

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МАТЕРИАЛЫ
XLIII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

«Студент и научно-технический прогресс»

ФИЗИКА

**Новосибирск
2005**

УДК 55
ББК Д.я 431

Материалы XLIII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Физика / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2005. 190 с.

Конференция проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 05-02-26052-г), президиума Сибирского отделения Российской академии наук.

© Новосибирский государственный университет, 2005

МАТЕРИАЛЫ
XLIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«Студент и научно-технический прогресс»

ФИЗИКА

Тезисы докладов печатаются в авторской редакции

Подписано в печать
Офсетная печать
Заказ №

Формат 60x84/16
Уч.-изд. л. 11,9
Тираж 210 экз.

Лицензия ЛР № 021285 от 6 мая 1998 г,
Редакционно-издательский отдел Новосибирского университета; участок
оперативной полиграфии НГУ; 630090, Новосибирск-90, ул. Пирогова, 2

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ.....	11
АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И МАШИННАЯ ГРАФИКА	12
И.А. Асламов	13
Е.К. Ахметбеков	14
Г.А. Ворончихин	15
М.Ю. Гамов.....	16
И.В. Дрезов	17
Е.В. Егорова	18
С.А. Зимица	19
Е.А. Зрюмов	20
И.Б. Лабутин	21
И.Е. Липов.....	22
К.Ф. Лысаков	23
А.В. Магдысюк.....	24
М.М. Макаров.....	25
С.В. Мовшук	26
А.Ю. Серен	27
А.В. Софронов.....	28
А.В. Урбаш	29
Д.В. Францев.....	30
В.Н. Цырюк.....	31
С.А.Чичиков, Р.Н. Столбунов	32
АЭРОФИЗИКА И НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ	33
Д.Г. Архипов.....	34
В.К. Хе.....	35
В.Н. Горев	36
И.С. Цырюльников.....	37
И.Ю. Коваль.....	38
В.В. Гузанов	39
Л.А. Захаров.....	40
В.С. Герасимов, И.Л. Исаев.....	41
В.С. Герасимов, И.Л. Исаев.....	42
Кан Су Ман	43
С.П. Козлов	44
А.С. Суртаев	45
П.Р. Каипов	46
М.В. Шестаков.....	47
В.М. Дулин	48
Г.С. Коренблит.....	49
К.А. Манайчев	50

А.В. Зайцев, Е.М. Смирнова.....	51
Г.В. Ермолаев	52
А.А. Будищев, Г.А. Тимофеева, С.В. Титов.....	53
Е.Е. Родякина.....	54
В.В. Пай.....	55
Д.А. Мищенко	56
Д.В. Смовж.....	57
БИОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА.....	58
Л.М. Акмалетдинова	59
К.П. Басанов.....	60
Д.А. Голощاپова	61
О.Г. Горяева	62
И.Н. Ермоленко	63
В.С. Ефремова	64
А.Н. Солдатов ^{1,2} , А.Г. Филонов ³ , А.В. Кузнецова ^{1,2} , И.В. Сидоров ¹	65
А.А. Ломзов	66
Е.В. Малова.....	67
Е.А. Меркулова.....	68
Ю.С. Муратова	69
Е.А. Озонов	70
С.В. Пыльник.....	71
Л.С. Солдатова.....	72
И.В. Фомичева	73
Л.А. Шульгина.....	74
КВАНТОВАЯ ОПТИКА	75
Д.С. Чуркин.....	76
Е.П. Коцюбинская	77
В.А. Исаченко, А.Л. Сухачев	78
А.О. Завьялов.....	79
А.Г. Кузнецов	80
И.В. Проць	81
Н.А. Дружинина	82
А.В. Волков.....	83
А. Зохидов.....	84
С.Р. Абдуллина ¹ , С.А. Бабин ¹ , А.А. Власов ² , С.И. Каблуков ¹	85
А.Е. Исмагулов	86
И.А. Кучин	87
РАДИОФИЗИКА.....	88
И.Н. Ваулин	89
О.А. Доценко	90
А.В. Дружков.....	91
Ю.Г. Иванов.....	92
М.В. Колмаков.....	93

А.А. Красовский	94
М.К. Куровская	95
П.Е. Маточкин	96
О.И. Москаленко	97
М.В. Пикалов	98
П.В. Попов	99
А.Е. Храмова.....	100
ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР, ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ И	
МАГНЕТИЗМА.....	102
Е.О. Голенков	103
С.В. Суслов	104
Д.С. Крупский.....	105
Т.И. Буряков	106
А.А. Лебедев	107
Е.Н. Ткачев.....	108
ФИЗИКА ПЛАЗМЫ.....	109
А.А. Листопад.....	110
А.Б. Евтушенко, А.С. Качко	111
С.Ю. Чепкасов	112
К.Н. Куклин	113
В.С. Тиханович	114
А.Р. Давлетшин	115
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ	116
Е.А. Довольнов, В.В. Кузнецов, Б.Ф. Ноздреватых	117
Е.А. Довольнов, Б.Ф. Ноздреватых, С.В. Устюжанин	118
Д.Г. Икусов	119
Х.Н. Томский	120
А.А. Колегов, А.С. Лапоухов	121
С.В. Шлыков, В.Г. Поляков.....	122
Д.В. Корабельников	123
В.Ю. Грицык, С.С. Назаров.....	124
М.С. Скакунов	125
А.Г. Журавлёв ¹ , А.А. Рябченко ²	126
С.В. Суслов	127
В.Г. Гришаев.....	128
Е.Е. Родякина.....	129
Д.А. Петухов.....	130
К.В. Торопецкий	131
М.А. Сатгоров.....	132
П.Г. Силаков	133
С.А. Ермаков.....	134
Р. Усманов.....	135
Г. Базарова	136

Д.Ф. Мажидов.....	137
ФИЗИКА УСКОРИТЕЛЕЙ И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ.....	138
М.И. Брызгунов	139
О.А. Зюкова	140
П.А. Иванов	141
А.В. Козлинский.....	142
А.В. Кузьмин	143
А.Е. Левичев	144
И.Н. Окунев	145
А.В. Попов	146
Ю.А. Роговский.....	147
М.В. Родякин	148
А.М. Семенов.....	149
Б.Н. Соломатин.....	150
М.В. Стручалин	151
И.И. Христофоров.....	152
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА	153
Т.И. Асыркин.....	154
С.С. Гребенкин	155
Ю.А. Ложкин	156
Н.П. Пожидаева.....	157
А.Н. Синюшкин.....	158
Е.В. Чесноков.....	159
И.А. Кирюшин	160
Р.Ю. Ракитин	161
А.В. Анисёнков.....	162
А.Ю. Антонов	163
В.Г. Ванданов	164
А.А. Гофман.....	165
Д.Ю. Доловов	166
И.О. Исмагилов	167
С.П. Катков	168
Р.Е. Кусков.....	169
И.О. Орлов, Д.А. Ерыгин.....	170
С.А. Пирогов.....	171
В.Л. Сергеев.....	172
М.П. Токарев.....	173
А.С. Чугуев	174
И.А. Корепанов.....	175
Н.А. Костин.....	176
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	177
И.В. Чмуж	178
П.С. Шерин	179

Ю.В. Лавская	180
С.В. Гайслер.....	181
Д.И. Колоколов.....	182
А.В. Ким	183
Н.Г. Брянцева.....	184
К.В. Филимонов, И.В. Табунщиков, П.О. Краснов	185
А.В. Воробьёв	186
В.Г. Киселев	187
А.А. Киприянов	188
А.А. Киприянов	189
В.В. Устюгов.....	190
И.В. Рыбицкая	191
П.Д. Поляков.....	192
А.С. Якимов	193

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ **СЕКЦИИ «ФИЗИКА»**

XLII Международной научной студенческой конференции
«Студент и научно-технический прогресс»

1. БОНДАРЬ Александр Евгеньевич, чл.-кор. РАН, проф. – председатель.
2. ЗАРВИН Александр Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, доц. – заместитель председателя.
3. АУЛЬЧЕНКО Владимир Михайлович, зав. кафедрой физико-технической информатики ФФ НГУ, д-р физ.-мат. наук, проф.
4. БАКЛАНОВ Алексей Васильевич, д-р хим. наук.
5. БОЯРСКИЙ Леонид Александрович, зав. кафедрой физики низких температур ФФ НГУ, д-р физ.-мат. наук, проф.
6. КООП Иван Александрович, зав. кафедрой физики ускорителей ФФ НГУ, д-р физ.-мат. наук, проф.
7. КОТЕЛЬНИКОВ Игорь Александрович, д-р физ.-мат. наук, проф.
8. МАЛЫЦЕВ Валерий Павлович, зав. кафедрой био-медицинской физики ФФ НГУ, д-р физ.-мат. наук, доц.
9. МЕДВЕДКО А.С., канд. техн. наук, доц.
10. ТИТОВ Владимир Михайлович, зав. кафедрой физики сплошных сред ФФ НГУ академик РАН, профессор.
11. ЧИКИЧЕВ Сергей Ильич, зам. зав. кафедрой физики полупроводников ФФ НГУ, канд. физ.-мат. наук, доц.
12. ШАДРИН Михаил Юрьевич, зам. зав. каф. АФТИ.
13. ШАЛАГИН Анатолий Михайлович, зав. кафедрой квантовой оптики ФФ НГУ, чл.-кор. РАН, проф.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КУЛЬТИВАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В МИКРОМАСШТАБЕ

И.А. Асламов

Иркутский государственный университет

Изготовлен и испытан макет инкубатора, позволяющий в контролируемых условиях выращивать диатомеи, в лунках пластиковых планшетов объемом 400 мкл. Установка представляет собой термостабилизированную камеру объемом 2 литра. Роль теплового насоса играют четыре элемента Пельтье. В разработанном устройстве реализовано двухуровневое управление температурным и световым режимами. На верхнем уровне установлен компьютер, служащий для задания необходимого режима работы термостата, передачи информации на нижний уровень и регистрации процесса охлаждения. Программное обеспечение позволяет архивировать оперативную информацию о состоянии термостата с возможностью просмотра тренда температур в реальном времени. Нижний уровень реализован на базе автономно работающего микроконтроллера PIC18F452, реализующего программу охлаждения. Микроконтроллер также обеспечивает заданный световой режим, управляя люминесцентной лампой при помощи частотно импульсной модуляции, и передает всю текущую информацию на компьютер через последовательный интерфейс RS-232. Для оцифровки данных с температурных датчиков использован 24 разрядный сигма-дельта АЦП AD7714 с последовательным трехпроводным интерфейсом SPI. Диапазон поддержания температуры в планшете составляет от +2°C до +20°C. Стабильность поддержания заданной температуры составляет $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.Г. Ченский

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОМ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY

Е.К. Ахметбеков

Новосибирский государственный университет

Целью работы является разработка и реализация программного комплекса для управления экспериментом и обработки данных полученных с применением методики Particle Image Velocimetry (PIV)

Метод PIV является современным инструментом измерения полей скорости жидкости и газа, нашедшим свое применение как в научных, так и в прикладных исследованиях. Суть метода заключается в следующем. В поток жидкости или газа добавляются частицы малого размера (трассеры). Измерительной областью потока считается плоскость, "вырезаемая" световым ножом. Картина распределений частиц, попавших в световой нож, регистрируется цифровой камерой. Последующая обработка изображений позволяет посчитать смещения частиц за время между вспышками источника света и построить двухкомпонентное поле скорости.

Установка состоит из следующих частей: персональный компьютер, лазер, регистрирующая цифровая камера, синхронизатор работы лазера и цифровой камеры.

В рамках выполненной работы реализованы следующие модули:

1. Модуль управления экспериментом, позволяющий полностью автоматизировать процесс проведения эксперимента.
2. Графический пользовательский интерфейс.
3. Визуализация нескольких типов данных.

Реализованный программный комплекс позволяет задавать необходимые параметры эксперимента, управлять процессом эксперимента, работать с экспериментальной базой данных (сохранять и редактировать результаты), обрабатывать их, экспортировать данные в виде текстового файла, визуализировать рисунки и векторные поля.

Разработка велась на объектно-ориентированном языке программирования C++, с применением технологии COM и библиотек MFC, STL, ATL. Платформа программирования – Microsoft Visual Studio 7.0.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Д.М. Маркович

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА СБОРА И ХРАНЕНИЯ ГИДРО-МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕТЕОПОСТА В ПОСЕЛКЕ ЛИСТВЯНКА

Г.А. Ворончихин
Иркутский государственный университет

В настоящее время исследования озера Байкал ведутся различными методами с научно-исследовательских судов, с ледового покрова озера, а также при помощи автономных береговых автоматизированных станций. Одной из таких станций является гидро-метеопост в п. Листвянка.

Оборудование этого метеопоста в настоящее время модернизируется. Для этого приобретена метеостанция WS 2305-11. В состав станции входит: два датчика температуры, датчик давления, датчик направления и скорости ветра. Предусмотрена возможность хранения во внутренней памяти данных о последних 175 . Но эта станция не удовлетворяет необходимым требованиям. Во-первых, предполагается проводить долговременные автономные исследования, поэтому необходимо увеличение объема памяти. Во-вторых, для полноты наблюдений необходимо расширить функциональные возможности поста, т.е. добавить новые датчики и иметь возможность впоследствии увеличивать их количество. На данном этапе станция дополняется датчиками уровня, температуры воды и освещенности.

Автономный комплекс сбора, обработки, хранения данных метеостанции и дополнительных датчиков выполнен с использованием современных разработок - микроконтроллеры pic18F452, pic18F4550 производства Microchip; АЦП AD7714 производства Analog Devices. Сопряжение с WS 2305-11 через COM порт, сопряжение с компьютером через COM порт (оба COM порта независимы), хранение данных (внешняя память) – flash USB (будет подключаться непосредственно к автономному комплексу).

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.Г. Ченский

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СИТУАЦИЙ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ПЕРЕКРЁСТКЕ

М.Ю. Гамов

Новосибирский государственный университет

Главная цель детектирования (распознавания) автомобилей – определение количества машин в той или иной точке для определения загруженности трафика и создания прогноза движения. В настоящий момент точечные сенсоры – то есть сверхзвуковые сенсоры или детекторы загоров, весьма эффективны для этих целей, и довольно широко используются. Но они позволяют лишь оценить количество машин проходящих через определённый участок дороги. Но для качественного описания дорожной ситуации требуются не только простейшая информация, но намного более подробные детали дорожного движения такие как: скорость автомобиля, местоположение, класс машины, порядок изменения полосы движения и даже информация о дорожно-транспортном происшествии. Такая информация важна для последующего воссоздания ситуации на дороге, например для определения виновника происшествия или разбора страхового случая. Таким образом, возникает задача разработки так называемой системы технического зрения, основанной на анализе видеоизображения снятого на наиболее активных участках дороги. Среди существующих проблем современного подхода к этой проблеме это частичное заграждение одних объектов другими и светотени.

Целью данной работы создание универсального ПО, позволяющего эффективно распознавать ситуацию на автомобильном перекрёстке и сохранять эту информацию в удобохранимом виде. Разработанную систему протестировать в реальных условиях.

В работе предлагается новый способ определения класса автомобиля (седан, хэчбэк) и возможность сохранения данных о ситуации на дороге в текстовом виде. Также предполагается и учитывается дальнейшая интеграция такой системы в централизованную базу данных.

Новизна такой системы в том, что впервые, такая система должна выполнять столь широкий круг задач и работа такой системы должна быть централизована. Также это ещё один шаг на пути к созданию искусственного интеллекта.

Практическая ценность данной работы заключается в создании главной части системы, которая позволит существенно упростить работу гаи, автостраховых компании и муниципальных служб.

Научный руководитель – канд. техн. наук Ю.Н. Золотухин

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА

И.В. Древов

Новосибирский государственный университет

Уравнения Максвелла являются фундаментальными уравнениями математической физики и имеют широкий спектр практических приложений. В данный момент существует множество конечно-разностных алгоритмов, однако, они применимы для численного моделирования в областях относительно простой формы, в которых можно ввести ортогональную систему координат. Вместе с тем потребности фундаментальной науки и прикладных исследований привели к необходимости использовать уравнения Максвелла для моделирования электромагнитных полей со сложной геометрией границ. В этих случаях границы расчетной области не совпадают с координатными линиями, что для конечно-разностных методов приводит к потере точности при постановке граничных условий и, как следствие, к потере точности получаемых численных решений. Кроме того, моделируемые объекты могут обладать сложной внутренней структурой, например, содержать области с различными значениями диэлектрической проницаемости, имеющими нетривиальную форму границ.

Наиболее универсальные алгоритмы решения подобных задач получаются введением в моделируемую область неструктурированной сетки и применением метода конечных объемов или метода конечных элементов для численной дискретизации исходных уравнений Максвелла.

В данной работе для расчета эволюции электромагнитных полей в средах с разрывными значениями диэлектрической проницаемости развит алгоритм второго порядка точности по временной и пространственным переменным, основанный на методе конечных объемов на неструктурированной треугольной сетке. Результаты тестовых расчетов подтверждают второй порядок сходимости предложенного алгоритма.

В связи с трудоемкостью данного алгоритма возникает задача распараллеливания данного алгоритма на произвольное число процессоров. Для реализации параллельного алгоритма выбрана технология Message Passing Interface (MPI), которая в настоящее время является основным средством программирования для кластерных систем и компьютеров с распределенной памятью.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук М.П. Федорук

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПРОЦЕССЕ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛА КРЕМНИЯ, ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО ДИАМЕТРА

Е.В. Егорова

Новосибирский государственный университет

подавляющее большинство всех полупроводниковых устройств в настоящее время изготавливается из монокристаллов кремния, основной технологией выращивания которых является метод Чохральского. Этот процесс требует контроля ряда параметров для получения кристаллов с необходимыми характеристиками. Одним из ключевых контролируемых параметров является диаметр монокристалла.

По этой причине в ИАиЭ СО РАН был разработан телевизионный датчик диаметра (ТДД) для ростовой установки «Кедр». Принцип работы используемого в установке прибора заключается в определении диаметра на основании наблюдения за мениском вокруг кристалла. Испытания показали, что датчик имеет ряд недостатков:

- на некоторых этапах выращивания монокристалла мениск отсутствует или очень мал, что затрудняет или делает невозможным определение диаметра кристалла;
- варьирование погрешности в измерениях диаметра на каждом этапе выращивания, которое требует ручного ввода поправок, в том числе и для каждой отдельной плавки;
- временная задержка получения данных, связанная с недостаточной производительностью процессора прибора;
- неправильная регистрация тенденции роста образца в некоторых случаях обусловленная ошибкой в алгоритме обработки.

Проводимые исследования имеют целью устранение имеющихся недостатков прибора и модернизацию алгоритма его работы. Полученные результаты анализа видеоизображений процесса плавки с применением методов цифровой фильтрации позволяют сделать вывод о необходимости применения различных алгоритмов вычисления диаметра в зависимости от этапа выращивания кристалла

Создаваемый алгоритм реализуется на платформе Wintel, что позволит решить проблему получения диаметра без временных задержек и обеспечить требуемую точность измерения диаметра на всех этапах.

Научный руководитель – канд. техн. наук К.И. Будников

ОПЕРАТИВНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ

С.А. Зими́на

Новосибирский государственный университет

В настоящее время широкое распространение получили приборы ночного видения, предназначенные для наблюдения в сумерках и ночью. Все они имеют свои недостатки, вытекающие из природы изображений и, соответственно, ограниченные возможности применения. В связи с этим представляется целесообразным создание многоканальных систем наблюдения, состоящих из отдельных каналов на базе известных типов приборов ночного видения и других приборов, таким образом, чтобы недостатки одних каналов компенсировались бы достоинствами других. Это обеспечивает круглосуточную и всепогодную работу.

Большой практический интерес вызывают исследования, связанные с разработкой методов визуализации информации, полученной от многоканальной системы наблюдения интегрального совмещения изображений, полученных от приборов тепловизионного и видимого спектральных диапазонов. В частности, прибор видимого спектрального диапазона обеспечивает хорошее качество изображения днём, тогда как прибор тепловизионного спектрального диапазона реагирует на собственное излучение тела. Однако изображение, полученное с тепловизора, специфично и не обеспечивает той детализации, которую создают телевизионные системы. Данная работа направлена на разработку методов формирования комбинированного изображения наиболее удобного для последующего восприятия оператором. В соответствии с этим необходимо представлять информацию в максимально привычном для оператора виде и дополнять ее информацией, полученной на этапах автоматической обработки и анализа изображений. В данной работе будет рассматриваться возможность оснащения интегрированных многоканальных систем наблюдения функциями встроенной обработки, позволяющими по команде оператора представлять информацию в виде некоторого комбинированного изображения. В основу формирования этого изображения положен следующий принцип: на основное изображение, накладывается в некотором виде вспомогательное изображение, полученное в результате обработки всего набора поступающей информации. При формировании вспомогательного изображения представляется целесообразным проводить обработку изображений с целью выделения объектов, удовлетворяющих некоторым требованиям, вытекающим из “природы” изображения. В результате все зоны, представляющие интерес оператору и требующие дальнейшего анализа, будут выделены.

Научный руководитель – канд. техн. наук С.М. Борзов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА, ПОСТУПАЮЩЕГО С ТЕЛЕВИЗИОННОЙ КАМЕРЫ ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Е.А. Зрюмов

Алтайский государственный технический университет

Применение телевизионной камеры цветного изображения в качестве измерителя перемещений, размеров, вибраций требует анализа поступающего сигнала, изучения апертурных характеристик ее интегрирующих элементов.

Цель работы – разработка специализированного программного обеспечения для решения выше обозначенных задач.

Экспериментальная установка для исследования сигнала, поступающего с телевизионной камеры цветного изображения, состоит из измерительного раstra, изображение которого формируется на ПЗС-фотоприемнике телевизионной камеры и поступает на плату обработки видеосигнала, а затем на экран монитора персонального компьютера. Далее это изображение анализируется с помощью специализированного программного обеспечения. Интерфейс основного окна программы приведен на рисунке 1.

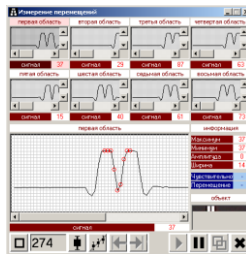


Рисунок 1

Отслеживание изменения сигнала в динамическом режиме осуществляется с помощью API функций WINDOWS. Для получения значения величины сигнала реализован алгоритм поиска в изображении объекта яркостного провала. В процессе исследования сигнала, поступающего с данной информационно-измерительной системы, осуществляется временная низкочастотная фильтрация изображения, позволяющая стабилизировать форму сигнала и уменьшить уровень случайных шумов.

Программное обеспечение также позволяет проводить исследование зависимости изменения величины сигнала от величины перемещения, строить градуировочную прямую, измерять перемещения.

Научный руководитель – д-р техн. наук С.П. Пронин

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБМЕНА ДАННЫМИ ДЛЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

И.Б. Лабутин

Новосибирский государственный университет

Одно из основных направлений современной биоинформатики – работа с геномными сетями. Геномные сети – это группа генов, координированное функционирование которых обеспечивает формирование определенного фенотипического признака организма.

Для работы с геномными сетями в Институте Цитологии и Генетики разрабатывается система представления и анализа геномных сетей. Система имеет архитектуру «клиент-сервер», где сервер - это функциональное ядро системы, обеспечивающее абстракцию от конкретной реализации базы данных через набор интерфейсов; клиент – это приложение, позволяющее визуализировать и редактировать модели, описывающие взаимодействия различного вида в молекулярно-генетических системах.

Основной функцией модуля является предоставление клиентскому приложению возможности взаимодействия с сервером в терминах бизнес логики, т.е. отображении на клиентское приложение API интерфейсов функционального ядра системы, реализуемое с помощью высокоуровневого сетевого протокола SOAP.

При реализации модуля возникают следующие проблемы: случайный характер запросов к серверу, а так же корректная обработка конкурентного доступа к базе данных. Так как данные предоставляют научную ценность для института, достаточно высокие требования предъявлены к безопасности.

В качестве реализации клиентской и серверной частей модуля выбрана технология Java. В качестве имплементации протокола SOAP выбрана open source имплементация apache/axis.

Научный руководитель – ст. науч. сотр. Н.Л. Подколотный

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

И.Е. Липов

Новосибирский государственный университет

Исследования последних лет в области искусственного интеллекта привели к большому прогрессу в разработке мощных компьютерных программ, известных как экспертные системы (ЭС). Новая дисциплина – инженерия знаний – требует создания соответствующего интеллектуального программного обеспечения, вооружения эксперта, не являющегося специалистом в области традиционного программирования, качественным инструментарием.

Одной из самых распространенных областей применения ЭС является задача диагностики.

Особую актуальность приобретает разработка технологии конструирования ЭС. Именно подход к конструированию ЭС, как к хорошо организованной производственной деятельности, а не как к незаурядному программистскому творчеству (что наблюдалось при создании первых ЭС), позволил создать качественные интеллектуальные системы. Создание специальных инструментальных средств – средств построения экспертных систем (СПЭС) – дает возможность строить ЭС непосредственным носителям знаний – экспертам.

В лаборатории Искусственного интеллекта ИСИ СО РАН разработан технологический подход, позволяющий рассматривать процесс создания ЭС как хорошо организованную производственную деятельность для эксперта. В предложенном подходе сделана попытка исключить инженера знаний из этого процесса. Точнее говоря, вся работа по инженерии знаний должна быть проделана заранее, на этапе конструирования самой оболочки.

Также определен общий формальный подход к решению задач диагностики в рамках предложенной технологии, разработаны формализмы знаний, позволяющие эксперту описывать свои предметные знания (фреймы и продукционные правила), определены методы трансформации содержимого фреймов в продукционные правила.

В качестве компонента оболочки, отвечающего за логический вывод, предполагается разработать машину вывода, не зависящую от прикладной области и задач, на которые будет рассчитана оболочка, будь то задача диагностики, прогноза или интерпретации.

Научный руководитель – канд. техн. наук Ю.А. Загорулько

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА БАЗЕ ПЛИС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПРИРОДНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

К.Ф. Лысаков

Новосибирский государственный университет

Существует ряд задач, в которых возникают большие потоки исходных данных и есть необходимость оперативно обрабатывать их для получения результатов с минимальными задержками. В данной работе предлагается метод, основанный на использовании программируемой логики – вентильных матриц программируемых пользователем (ВМПП).

Целью данной работы является разработка на базе ВМПП специализированного вычислителя для решения задачи обработки изображений с целью обнаружения малоразмерных объектов при мониторинге поверхности Земли посредством спутника в инфракрасном диапазоне. Также необходимым условием является возможность долговременной (годы) и стабильной автономной работы устройства. Одновременно с этим, необходимо предусмотреть радиационную устойчивость вычислителя.

Для решения поставленной задачи разработана и создана новая базовая плата, удовлетворяющая требованиям малого энергопотребления, малым габаритным размерам и массе и обладающая высокой производительностью при обработке изображений.

Задачей работы является аппаратная реализация математических алгоритмов обработки изображений. Также сопутствующей задачей является разработка необходимого обеспечения для разработанного базового модуля: контроллер шины PCI-X, памяти DDR, разработка внутренней архитектуры для возможности загрузки различных алгоритмов обработки.

Научная ценность работы состоит в аппаратной реализации нелинейных алгоритмов обработки данных на базе ВМПП и разработке способов построения конвейеров и использования ресурсов современных ВМПП для реализации многопроходных алгоритмов обработки.

В результате выполнения данной работы было разработано универсальное вычислительное устройство для высокопроизводительной обработки различными математическими алгоритмами последовательностей изображений с целью обнаружения малоразмерных объектов. При этом производительность созданного вычислителя в десятки раз превышает производительность полученную при использовании сигнальных процессоров и других универсальных процессоров (включая векторные процессоры).

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук М.М. Лаврентьев

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.В. Магдысюк

Новосибирский государственный университет

Одно из основных направлений современной биоинформатики – работа с генными сетями. Генные сети – это группа генов, координированное функционирование которых обеспечивает формирование определенного фенотипического признака организма. Для работы с генными сетями в институте разрабатывается система представления и анализа генных сетей.

Целью данной работы является разработка модуля визуализации генных сетей. Генная сеть должна отображаться в виде графа. Схема графа несет в себе атрибуты, описывающие расположение отдельных объектов. Для изображения объектов используется графическое представление, закладываемое на стадии построения предметной области моделирования. Каждому понятию предметной области при этом может сопоставляться несколько различных изображений, зависящих от значений атрибутов (свойств) данного объекта схемы. При этом возможна альтернативная визуализация геновой сети в виде дерева, отображающего иерархию расположения объектов на схеме. При этом необходимо найти решение, удовлетворяющее требованиям производительности и переносимости разрабатываемого ПО.

Одной из основных проблем, возникающих при реализации, является визуализация генных сетей с приемлемой производительностью при интерактивной работе с ними. Наилучшим выбором оказалось использование графической библиотеки SWT (Standard Widgets Toolkit) для Java совместно с MVC (Model –View – Controller) архитектурой редактора. Библиотека SWT разрабатывается в рамках Eclipse Project и является платформенно-зависимой реализацией графической библиотеки для Java. Написанные тесты показали приемлемую производительность библиотеки для больших генных сетей. Помимо этого SWT может быть использовано, как основа для пользовательского интерфейса клиентской части.

Результатом этой работы является разработка модуля визуализации. Этот модуль предоставляет интерфейс к редактору с возможностью загрузки данных из базы и сохранения произведённых изменений.

Научный руководитель – ст. науч. сотр. Н.Л. Подколотный

ДВУХБАЗОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ЗВУКА

М.М. Макаров

Иркутский государственный университет

Разработанный прибор, представляет собой гидрофизический зонд, управляемый микроконтроллером. Данный зонд позволяет вести сбор данных о температуре воды, давлении, скорости звука на короткой и длинной базах. Наличие в составе зонда скоростемера на длинной базе является отличительной чертой прибора от аналогичных гидрофизических зондов. Такой скоростемер предназначен для изучения распределения газовых пузырьков по глубинам озера. Применение современной элементной базы позволило получить характеристики прибора сопоставимые с зарубежными аналогами, а наличие интегральной программируемой схемы управления, делает прибор более гибким, позволяя настраивать режим измерения и дополнять его новыми датчиками. После окончания сбора данных, имеется возможность скопировать гидрофизические данные, средствами встроенного RS-232 интерфейса, без разгерметизации прибора.

Данный профилометр был разработан и изготовлен для изучения газовых факелов озера Байкал. В настоящее время проходит лабораторные испытания. Планируется в период весенних экспедиций на озеро Байкал провести эксперименты и получить первичную информацию.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.Г. Ченский

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНОГО ПРИЁМНИКА СОРМ

С.В. Мовшук

Новосибирский государственный университет

Одним из способов, который используют спецслужбы для выявления противоправных действий, является Система Оперативно-Розыскных Мероприятий (СОРМ). Основная функция СОРМ – это прослушивание телефонных разговоров. Каждая АТС предоставляет специальный канал, работающий по протоколу СОРМ, который является надстройкой над протоколом Е1 (синхронная шина с временным разделением, позволяющая передавать одновременно до 30 разговоров).

На данный момент для СОРМ используется аппаратура приема, обладающая рядом недостатков: затратное наращивание канальности, неустойчивость при обрыве Е1, недостаточный вывод диагностики, невозможность работы на пиковых нагрузках.

В ИЦ-7 ИАиЭ СО РАН было разработано устройство ТЭГЗ-2, позволяющее принимать потоки СОРМ и отправлять звуковые данные по ТСР/ІР в РС. Это устройство обладает устойчивостью при работе с Е1, сообщает о различных поломках (обрыв связи, переполнение буферов), и способно работать на больших нагрузках. Недостатки этого устройства – поддерживаются только простые виды сжатия звука (А-law и ADPCM); неудобно и дорого наращивать канальность, т.к. одно устройство способно принять только 2 потока СОРМ.

В 2004 году в ИЦ-7 ИАиЭ было разработано устройство МПС (многоканальный прием СОРМ), способное принять 5 потоков СОРМ. Моя работа заключалась в переносе ПО с устройства ТЭГЗ-2 на устройство МПС и устранении недостатков, присущих устройству ТЭГЗ-2. Предлагаемое аппаратно-программное решение обладает следующими преимуществами:

- более низкая стоимость приема одного канала СОРМ
- более удобное наращивание канальности
- вывод расширенной диагностики
- устойчивость при обрывах связи (как Е1, так и Ethernet)
- возможность работы на пиковых нагрузках
- возможность задания различных методов сжатия (А-law, ADPCM, CELP, CELP3) при передаче звука по ТСР/ІР в РС
- возможность записи разговора двух абонентов в режиме стерео.

Научный руководитель – канд. техн. наук В.Е. Зюбин

ОЦЕНКА ОРИЕНТАЦИИ СПУТНИКОВОЙ КАМЕРЫ И РЕЛЬЕФА ПО СЕРИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ КАРТЫ МЕСТНОСТИ СЪЕМКИ

А.Ю. Серен

Новосибирский государственный университет

На данный момент существует множество задач обработке информации полученной при спутниковом наблюдении. Одной из основных задач является точное восстановление рельефа местности спутниковой съемки и точная оценка координат объектов на снимке. Эти задачи могут быть решены при условии, что нам известны положение и ориентация спутниковой камеры в момент съемки. Информация об ориентации камеры получается от датчиков углового положения, установленных на спутнике. Однако датчики определяют ориентацию только космического аппарата, но не самой камеры, предполагая, что она жестко связана с аппаратом. Тогда как вследствие тепловых деформаций корпуса спутника камера может отклоняться от предполагаемого направления в космическом аппарате и ее ориентация в пространстве требует уточнения. В данной работе исследуются алгоритмы оценки ориентации спутниковой камеры по серии снимков с привлечением карты местности съемки и оценка погрешностей определения ориентации спутниковой камеры и восстановление рельефа местности.

Научный руководитель – канд. техн. наук Г.И. Перетягин

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСКАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧАМ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

А.В. Софронов

Новосибирский государственный университет

Задача повышения помехоустойчивости принимаемой информации не нова и сегодня существуют различные способы ее решения. Так для проверки целостности принятых данных в конце пакета обычно передают проверочный код, который позволяет обнаруживать ошибки при передаче, или применяют избыточное кодирование, которое позволяет восстанавливать ошибочные биты информации.

Эти методы повышают помехоустойчивость за счет увеличения объема передаваемых данных, но существуют и другие методы, повышающие качество восстановления искаженной информации на аппаратном уровне.

Для телемеханических систем наиболее характерны следующие искажения: смещение фронтов, изменение длительности сигналов, появление импульсных помех в сигнале. Данные искажения могут быть вызваны внешними помехами, нестабильностью параметров элементов аппаратуры или характеристиками используемого канала связи.

Если внешние помехи обычно распределены случайным образом, то характер аппаратурных искажений и искажений, вызванных характеристиками канала связи, слабо меняется в пределах одного пакета данных. Учитывая это, предлагается производить анализ принимаемого пакета и корректировать ожидаемую длительность сигналов, а также подстраивать тактовую частоту приемника.

Анализ пакета данных в процессе приема требует дополнительных вычислительных мощностей приемника. Благодаря тому, что скорости передачи телемеханической информации по ЛЭП довольно низки (50-100 бод), производительности современных аппаратных средств вполне достаточно для анализа искажений и подстройки при приеме данных.

Целью данной работы является разработка и реализация алгоритма восстановления искаженной информации при низкоскоростной передаче данных. Предлагается новый способ восстановления последовательности битов из зашумленного входного сигнала, ориентированный на характерные для телемеханических сигналов искажения. Использование предлагаемого алгоритма позволит уменьшить вероятность ошибки при приеме, повысить помехоустойчивость телемеханических систем и увеличить пропускную способность канала связи.

Научный руководитель – канд. техн. наук О.В. Сердюков

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ СЕРВИСОВ

А.В. Урбаш

Новосибирский государственный университет

В настоящее время все большей популярностью пользуются мобильные сервисы, предоставляемые операторами мобильной связи своим абонентам. Сервисы бывают развлекательные, например, SMS игры, и информационные, например, прогноз погоды, курс валют, определение координат при помощи GPS и другие. Постоянный рост числа клиентов мобильной связи увеличивает число потенциальных пользователей дополнительных услуг мобильных операторов.

В настоящий момент существуют программные библиотеки для разработки мобильных сервисов, которые не учитывают специфику их разработки и предполагают большую долю рутинной работы. Автоматизация процесса создания мобильных сервисов позволяет сократить срок разработки, снизить бюджет проекта и тем самым повысить конкурентоспособность конечного продукта.

В работе обсуждаются методология создания мобильных сервисов с учетом их специфики, и предлагается инструментальное программное обеспечение, упрощающее процесс создания сервисов, при использовании которого разработка системы сводится к конфигурированию и повторному использованию уже написанных компонентов, что значительно снижает сроки разработки мобильных сервисов.

Научный руководитель – канд. техн. наук В.Е. Зюбин

ОПТИМИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Д.В. Францев

Новосибирский государственный университет

Процессы разработки, приобретения и внедрения сложных систем, к которым относятся в частности программные комплексы, должны находиться под жестким управленческим контролем. Управление проектами подчиняется четкой логике, которая связывает между собой различные области знаний и процессы управления проектами. Существуют различные методологии управления разработкой программного обеспечения некоторые, из которых имеют специализированный уклон в той или иной области.

Цель данной работы состояла в том, чтобы попробовать на нескольких студенческих проектах поставить несколько разных методик управления проектом и сравнить метрики. Для этого необходимо было выяснить, какой набор метрик будет собираться, и насколько эти метрики осмысленны. Большинство традиционных метрик используются на этапе планирования и разработки. Ключевым для управления качеством при использовании метрик в разработке компонентных систем является выбор метрик качества применимых на всех этапах жизненного цикла и оценивающих как качество процесса, так и качество продукта. В связи с этим был сделан обзор существующих метрик для программных проектов, а так же сделана выборка метрик, по которым проводилась оценка методик управления. По оценкам выбранных метрик можно судить, насколько эффективна та или иная методология управления, а так же можно выявить её слабые и сильные стороны.

Результатом выполнения данной исследовательской работы является набор рекомендаций по использованию тех или иных метрик в различных областях разработки программного обеспечения для оптимизации работы и более эффективного управления проектами.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Д.Е. Пальчунов

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.Н. Цырюк

Новосибирский государственный университет

В лаборатории ИЦ-6 ИАиЭ СО РАН разработан ПТК «Торнадо», имеющий в своей основе распределенную, иерархическую архитектуру. В качестве средства визуализации технологического процесса используется программный компонент InTouch из инструментария FactorySuite компании Wonderware. InTouch имеет в своем составе программные инструменты для создания графических элементов (видеокадры) и разработки программ на внутреннем скриптовом языке, описывающем их поведение. Однако InTouch обладает наряду с несомненными достоинствами (удобство в использовании и широкий спектр предоставляемых возможностей) и некоторыми существенными недостатками, такими как:

- примитивные возможности отладки кода программ;
- закрытость интерфейса (отсутствие возможности добавления своих программных компонентов в средство разработки);
- отсутствие возможности создания программных компонентов человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) для дальнейшего их переиспользования;
- недостаточная русификация среды визуализации;
- отсутствие возможности групповой разработки;
- высокая стоимость.

В связи с этим было принято решение создать средство разработки (ЧМИ) визуализации технологических процессов, позволяющее осуществлять групповую работу над проектом, внедрять в инструментарий свои программные компоненты и содержащее удобное в использовании средство отладки кода программ.

Практическая ценность данной работы заключается в том, что создаваемое ПО позволит повысить скорость разработки ЧМИ, за счет возможности параллельной разработки проектов, уменьшить итоговую стоимость внедрения и тиражирования готовых решений АСУ ТП.

Научный руководитель – канд. техн. наук О.В. Сердюков

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ ЯМР РЕЛАКСОМЕТРА

С.А. Чичиков, Р.Н. Столбунов

Сибирский государственный технологический университет

Новые возможности использования методов ядерного магнитного резонанса (ЯМР), а также их развитие во многом определяется программируемым генератором специфических импульсных последовательностей.

Разработка и изготовление программируемого генератора была осуществлена с использованием современных программируемых логических интегральных микросхем (ПЛИС). Наиболее доступной для нас оказалось использование микросхем ПЛИС и программного обеспечения фирмы Altera. Для разработки генератора использовалась программа Quartus II 4.0.

Программируемый генератор реализован на интерфейсе обмена данными стандарта PCI [1], и полностью управляется от компьютера.

Аппаратная реализация программируемого генератора основана на использовании ПЛИС двух семейств. Это связано с тем, что у ПЛИС семейства Cyclone, имеющего достаточно большое количество вентилях и встроенное ОЗУ, напряжение на выводах может быть установлено не более 3,3В. На большинстве материнских плат электрические параметры интерфейса PCI соответствуют стандарту TTL, то есть, напряжение ввода/вывода равно +5В, что недопустимо для ПЛИС семейства Cyclone. Поэтому для обеспечения совместимости электрических параметров интерфейса PCI нами была использована ПЛИС MAX7128S, поддерживающая напряжение на выводах 5В и 3,3В. На ПЛИС Cyclone EP1C3T100C8 сформирована программа создания импульсных последовательностей.

Управление программируемым генератором прямоугольных импульсов осуществляется с помощью разработанного специализированного программного обеспечения, задающего импульсные последовательности, в виде набора длительности импульсов и задержек между ними, а также начальную фазу радиочастотного заполнения каждого импульса.

С помощью данного программного генератора возможно создание любой импульсной последовательности с минимальным временем импульса 10 нс при разрешении по времени 10 нс.

Реализованный лабораторный вариант аппаратуры позволил в автоматическом режиме определять время релаксации с выдачей «цифры» на дисплей для различных жидкостей.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 03-03-32819)

Научный руководитель – А.Г. Лундин

АЭРОФИЗИКА И НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПОТОКА НЕГЛУБОКОЙ ДВУХСЛОЙНОЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Д.Г. Архипов

Новосибирский государственный университет

В данной работе изучено влияние стационарного потока на эволюцию нелинейных возмущений границы раздела двухслойной жидкости. В канале, ограниченном жесткими крышкой и дном, движутся жидкости различные по плотности, вязкости и глубине. Под действием продольного градиента давления в каждом слое формируется параболический профиль течения. Ранее было получено уравнение, описывающее трансформацию плоских волн, распространяющихся только вдоль по потоку или против него [1]. Новое уравнение свободно от этих ограничений и позволяет рассматривать возмущения, бегущие под произвольным углом к течению.

Для линейных волн получена картина течения в зависимости от скорости стационарного потока и длины волны. В этом случае рассматривается разная геометрия основного течения: горизонтальное и наклонное стационарные, наклонное нестационарное. Изучены профили вертикальной и горизонтальной скорости для случаев как идеальных, так и вязких жидкостей. При расчете кривых нейтральной устойчивости решались два уравнения Орра–Зоммерфельда с соответствующей сшивкой на границе раздела.

Основными предположениями нелинейной модели являются: длина волны существенно больше глубин слоев, которые в свою очередь значительно больше амплитуды возмущения и толщин вязких пограничных слоев для возмущенного течения. С помощью этих допущений, а также предположения о линейности профиля вертикальной скорости исходная система уравнений гидродинамики сведена к одному нелинейному интегродифференциальному уравнению для возмущения границы раздела. Для одномерного случая, когда волна бежит в направлении потока или против него, получены численные решения модельного уравнения [2]. Показано, что коэффициент при интегральном члене, связанном с диссипацией, оказывает заметное влияние на эволюцию волн. При увеличении попутного течения «эффективная вязкость» возрастает, а противотока – убывает.

1. Архипов Д. Г., Хабахпашев Г. А. Изв. РАН. МЖГ, 2005, № 1, с. 149.

2. Архипов Д. Г., Литвиненко А. А., Хабахпашев Г. А. Международный конф. «Выч. и инф. тех. в науке, технике и образ.», Алматы, 2004, ч. I, с. 197–205.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ СЕДИМЕНТАЦИИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЁРЕН И ИХ АГЛОМЕРАТОВ

В.К. Хе

Новосибирский государственный университет

Скорость седиментации отдельных пыльцевых зёрен (ПЗ) и их агломератов является одной из главных аэродинамических характеристик, определяющих пространственно-временное изменение концентрации пыльцы в биосфере и эффективность её оседания на опыляемые растения [1].

Скорость седиментации пыльцы, как правило, определяется экспериментально. Следуя [2], исследовались восемь видов растений, растущих на территории Сибири. Измерены скорости седиментации ПЗ и их агломератов, содержащих до шести индивидуальных ПЗ.

Полученные средние значения скоростей седиментации агломератов ПЗ в зависимости от числа частиц в агломерате хорошо аппроксимируется степенной зависимостью:

$$\overline{V}_j = a * j^k, \quad \text{для } 1 \leq j \leq 6, \quad (*)$$

где \overline{V}_j - среднее значение скорости седиментации агломерата состоящего из j частиц, размерные коэффициенты a и показатель степени k находятся из экспериментальных данных для каждого вида растений.

В зависимости от вида растения r - коэффициент корреляции (*) принимает значения $0.982 \leq r \leq 0.999$, зафиксированный диапазон \overline{V}_j от 3,0 см/с для единичного ПЗ и до 14,7 см/с для агломерата состоящего из шести ПЗ.

Работа поддерживается интеграционным проектом СО РАН № 169 «Аэрозоли Сибири – 2»

1. Грегори Ф. Микробиология атмосферы. – М.: Мир, 1964. – 372 с.

2. Истомин В.Л., Куценогий К.П., Головкин В.В. Определение скорости седиментации пыльцевых зёрен берёзы, осины и их агломератов. // Теплофизика и аэромеханика – 2004, т. 11, № 4, С. 1 - 11.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. В.Л. Истомин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОДОЛЬНЫХ СТРУКТУР В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ПРЯМОГО КРЫЛА С ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ВИХРЕВЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

В.Н. Горев

Новосибирский государственный университет

В данной работе рассмотрены особенности развития продольных возмущений, возникающих в пограничном слое вследствие влияния повышенной степени турбулентности внешнего течения [1]. Исследования в “естественных” условиях не позволяют сегодня в полной мере ответить на поставленные вопросы в силу того, что появление возмущений в пограничном слое носит случайный характер и отследить поведение конкретного возмущения в большинстве случаев - задача невыполнимая. Продольные структуры, рассматриваемые в настоящем эксперименте, есть модельный аналог структур, возникающих в “естественных” условиях. Особое внимание в работе уделялось изучению взаимодействия стационарных продольных структур с высокочастотными вихревыми возмущениями. Исследована восприимчивость пограничного слоя искаженной продольной структурой к естественным флуктуациям внешнего потока, а также к возмущениям вводимым искусственно. Изучена пространственная геометрия и динамика развития колебаний вниз по потоку.

Эксперименты были выполнены в малотурбулентной дозвуковой аэродинамической трубе Т-324 (ИТПМ СО РАН). Продольные структуры генерировались в пограничном слое прямого крыла, расположенного под положительным углом атаки, таким образом, их развитие происходило в условиях градиентного течения.

В пограничном слое прямого крыла получены стационарные вихревые структуры и высокочастотные вихревые возмущения. В условиях градиентного течения изучены характеристики данных структур и механизм их взаимодействия.

Работа выполнена при финансовой поддержке по проекту 8292 в рамках научной программы Министерства образования РФ “Развитие научно-го потенциала высшей школы”.

1. Альфредссон П.Х., Катасонов М.М., Козлов В.В., Генерация и развитие “пассивных” возмущений в пограничном слое Блазиуса.- Новосибирск: Теплофизика и аэромеханика, 2001, том 8, №3.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. В.В. Козлов

МЕТОДЫ ВВЕДЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ГИПЕРЗВУКОВОЙ ПОТОК

И.С. Цырюльников

Институт теоретической и прикладной механики СО РАН

Для исследования устойчивости пограничного слоя при обтекании тел широко применяются методы создания контролируемых возмущений. Известным способом введения возмущений в гиперзвуковой поток является электрический разряд. Однако в условиях низкой плотности потока в гиперзвуковых аэродинамических трубах непрерывного действия мощность электрического разряда падает, и он теряет стабильность работы во времени. Проблема может быть решена с помощью использования стабильных пьезоэлектрических и газодинамических излучателей. В данной работе приведены результаты исследования волновых характеристик акустического поля, создаваемого пьезоэлектрическим излучателем, расположенным в форкамере сопла, и кососрезным свистком, расположенным в потоке рабочей секции гиперзвуковой аэродинамической трубы.

Эксперименты выполнены в аэродинамической трубе Т-327Б ИТПМ СО РАН при числе Маха 5, в диапазоне единичных чисел Рейнольдса потока в рабочей секции $(1,7 \div 2,8) \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$. Измерения проводились с помощью пьезокерамического датчика пульсаций давления и проволочного термоанемометра постоянной температуры. В работе измерялись волновые характеристики периодических пульсаций давления и массового расхода вдоль и поперек потока рабочей секции трубы. С помощью трубки Пито дополнительно исследовалось поле чисел Маха. В форкамере сопла был установлен блок пьезокапсюлей АК096 излучающий звук в диапазоне частот $8 \div 50 \text{ кГц}$. Максимальная величина акустических пульсаций давления в потоке не превышала 1 Па, и они оказались недоступны для измерений термоанемометром. Более высокие интенсивности акустических пульсаций (до 50 Па) достигнуты с помощью кососрезных газодинамических свистков диаметром $2 \div 6 \text{ мм}$. Основные результаты по характеристикам волнового поля были получены для свистка диаметром 2 мм на основной частоте ($\approx 26 \text{ кГц}$) и на частотах первой и второй гармоник колебаний.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (Грант № 04-01-00474).

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С.Г. Миронов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ПЛАЗМОТРОНЕ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

И.Ю. Коваль

Новосибирский государственный университет

Работа посвящена экспериментальному исследованию вольт-амперных характеристик дуги в плазмотроне с жидкометаллическими электродами. Актуальность исследования обусловлена тем, что дуга реализована между жидкометаллическими электродами. Расплавленные электроды определяют специфические свойства разряда. Жидкометаллические электроды не подвержены эрозии. Это позволяет наращивать ранее не достижимые мощности и исследовать дугу в мало изученном диапазоне критериев. Цель данной работы - выявить особенности дугового разряда, обусловленные жидкометаллическими электродами, и изучить, как влияет геометрия плазмотрона, расход плазмообразующего газа на вольт-амперные характеристики дуги в плазмотроне с жидкометаллическими электродами. Для этого полученные вольт-амперные характеристики приводятся к критериальному виду и сравниваются с аналогичными зависимостями, полученными для традиционных плазмотронов.

Получены вольт-амперные характеристики электрической дуги для различных расходов плазмообразующего газа: воздуха и пара. Вольт-амперные характеристики падающие во всём исследуемом диапазоне, т.е. с ростом тока напряжение на дуге уменьшается. Увеличение расхода плазмообразующего газа ведёт к увеличению напряжения на дуге. При работе на паре напряжение на дуге в 1.5-2 раза больше чем при работе на воздухе для одинаковых расходов газа и токов дуги. Измеренные вольт-амперные характеристики дуги представлены в критериальном виде. Проанализировав вольт-амперные характеристики дуги, представленные в критериальном виде, можно сделать следующие выводы: при работе на паре определяющим является критерий Рейнольдса определяющий течение в канале плазмотрона. Полученные результаты могут быть использованы для расчёта плазмотронов с жидкометаллическими электродами большей мощности.

Научный руководитель – чл.-кор. РАН М.Р. Предтеченский

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНО СТЕКАЮЩИХ ПЛЁНОК ЖИДКОСТИ

В.В. Гузанов

Новосибирский государственный университет

При умеренных числах Рейнольдса пленочного течения конечной стадией эволюции волн являются трёхмерные волны, непрерывно взаимодействующие друг с другом. Теоретическое решение, описывающее стационарную уединенную подковообразную волну, похожую по форме на наблюдаемые в эксперименте волны, получено в [1] для случая $Re \rightarrow 0$.

В то же время экспериментальное изучение характеристик детерминированных трехмерных волн затруднено по причине их хаотического взаимодействия друг с другом, а также из-за существенных технических трудностей, связанных с медленностью эволюционных процессов

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования трехмерных волн, возбуждаемых точечным источником на вертикально стекающей пленке водоспиртового раствора при числах Рейнольдса пленочного течения $1,2 < Re < 4,7$. Зарегистрированы стационарные подковообразные волны, измерены их характеристики.

Эксперименты проводились на вертикальной пластине из оптического стекла размерами 20 X 30 см. Для формирования пленки использовался щелевой распределитель. Волновая картина на стекающей пленке регистрировалась методом флуоресцентной визуализации [2]. В отличие от [2] при проведении экспериментов использовался адаптированный к экспериментом аппаратный комплекс PIV-системы, работающей в режиме двойного кадра, что позволяло определять мгновенные значения скоростей быстро эволюционирующих волн.

Форма зарегистрированных стационарных волн при $Re \sim 2$ близка к полученной в [1], однако уже при $Re \sim 3$ наблюдаются существенные отличия: изгиб гребня возрастает, его боковые стенки сильно удлиняются в продольном направлении, а между ними возникает узкая желобообразная впадина. Вместе с тем, амплитуды и скорости зарегистрированных в эксперименте стационарных волн для всех исследованных чисел Рейнольдса плёночного течения оказались близки к полученными в [1].

1. В.И. Петвиашвили, О. Я. Цвелодуб, Подковообразные солитоны на стекающей вязкой пленке жидкости. ДАН, т. 238, № 6, стр. 1321-1323 (1978).

2. Jun Liu, Jonathan D. Paul and J.P. Gollub, Measurements of the primary instabilities of film flows. *J. Fluid Mech.*(1993), vol 250, pp. 69-101.

Научный руководитель – науч. сотр. С.М. Харламов

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АБЛЯЦИИ ПОЛИМЕРОВ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В ИК-ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Л.А. Захаров

Новосибирский государственный университет

В последние годы лазерная абляция полимеров широко используется в качестве аналитического инструмента для MALDI (matrix-assisted laser ionization/desorption), для напыления полимерных пленок, модификации поверхности с формированием периодических структур и др. Однако в настоящее время публикуемые экспериментальные данные часто слабо опираются на теоретический анализ. Цель данной работы – получить более глубокое понимание процессов, протекающих при взаимодействии лазерного излучения с полимерами, и определить оптимальные условия для проведения экспериментов по испарению полиметилметакрилата (ПММК) с использованием CO_2 - лазера и лазера на свободных электронах (ЛСЭ) [1]. В диапазоне длин волн ЛСЭ многие вещества имеют сложный спектр поглощения, что обуславливает их разнообразную реакцию на импульсное лазерное воздействие и может быть использовано для управления процессом лазерной абляции.

В данной работе создана модель испарения ПММК под действием инфракрасного лазерного излучения на основе нестационарного уравнения теплопроводности с подвижной границей. Проведено моделирование испарения ПММК излучением CO_2 -лазера (длина волны) и ЛСЭ (120 мкм) с заданными характеристиками импульса (форма импульса, энергия, длительность) для экспериментальных условий. Получены данные по поведению температуры поверхности материала от времени, пространственные распределения температур в облучаемом образце в различные моменты времени, зависимости глубины и скорости абляции от времени. Созданная программа может быть использована для моделирования процесса абляции различных полимеров импульсным излучением инфракрасных лазеров в широком диапазоне параметров облучения.

I. V. P. Bolotin, V. S. Cherkassky, I. K. Igumenov, et al. Status of the Novosibirsk Free Electron Laser and First Experiments with High Power Terahertz Radiation, Proc. 1st Intern. Conf. on Submillimeter Science and Technology, October 13-15, 2004, Ahmedabad, India.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Н.М. Булгакова

ЛОКАЛЬНАЯ АНИЗОТРОПИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ И ЕЕ СВЯЗЬ С ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТЬЮ

В.С. Герасимов, И.Л. Исаев

Красноярский государственный технический университет

Исследования фрактальных наноструктур в дисперсных системах и, частности, в гидрозолях металлов, приобрели особую актуальность в связи с обнаружением у них нетривиальных физических свойств [1]. В настоящей работе обращается внимание на то, что наиболее фундаментальным отличительным признаком фрактальных агрегатов (ФА), обуславливающим резкое (до 10^2 и более раз) усиление в их резонансных доменах электромагнитных полей, является локальная анизотропия (ЛА) окружения частиц, входящих в состав ФА. ЛА определяет напряженность поля, создаваемого в произвольной точке остальными частицами агрегата. При анизотропном окружении частиц в ФА (цепочечные структуры являются их характерной особенностью [1]), локальное поле в коллинеарно (в проекции на направление поля) ориентированных парах частиц значительно возрастает. В основу количественной характеристики степени локальной анизотропии ближайшего окружения отдельной частицы ФА, может быть положено выражение: $S = 3/2 \langle 3(\vec{n} \cdot \vec{a})^2 - 1 \rangle$, где \vec{n} - единичный вектор, направленный от пробной частицы к соседней, \vec{a} - единичный вектор, задающий выделенное направление. Скобки означают усреднение по количеству вакантных мест вокруг данной частицы в пределах сферы заданного радиуса для случая расположения частиц по узлам кубической или гексагональной решетки, или по всем частицам ФА. Предложенное определение параметра S соответствует для коллинеарной вектору \vec{a} цепочки частиц значению $S=1$, а для ортогональной - $S=-1/2$ (фрактальная размерность цепочки $D=1$); для ортогонально ориентированного диска $S=-1$ ($D=2$), и $S=0$ для плотно упакованной сферы ($D=3$). В работе исследована зависимость $S(D)$ в диапазоне $1.01 \leq D \leq 2.9$. Исследования проведены с использованием вне-решеточного генератора агрегатов, структура которых наиболее точно воспроизводит морфологические свойства реальных коллоидных ФА [2]. Установлено, что существует радиальная зависимость $|S(r)|$, а параметр S уменьшается при приближении к центру агрегата.

1. Карпов С.В., Слабко В.В. Оптические и фотофизические свойства фрактально-структурированных золей металлов. - 2003. - Новосибирск: изд-во СО РАН. - 265 с.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С.В. Карпов

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕРАВНОВЕСНОГО РОСТА АГРЕГАТОВ НАНОЧАСТИЦ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ, ВОСПРОИЗВОДЯЩЕЕ ИХ ЕСТЕСТВЕННУЮ СТРУКТУРУ

В.С. Герасимов, И.Л. Исаев

Красноярский государственный технический университет

Разработка и совершенствование методов расчета оптических характеристик дисперсных систем является одной из наиболее актуальных задач современной оптики. Это позволяет развивать обоснованные расчетами непрямые методы экспресс-контроля свойств наночастиц и степени их агрегации по спектрам экстинкции в различных типах [1].

Среди большого числа факторов, определяющих адекватность расчетов спектров экстинкции экспериментальным данным, следует отметить точность воспроизведения морфологических особенностей исследуемых агрегатов при математическом моделировании структурообразования. Существует ряд известных моделей роста фрактальных структур. В подавляющем большинстве работ для этого используется модель блуждания частиц по узлам кубической решетки до момента их соединения, чем имитируется образование агрегатов при броуновском процессе. Однако эти модели обладают рядом недостатков, не позволяющих достичь удовлетворительного соответствия физическим свойствам реальных объектов и исследовать общие закономерности роста.

Цель настоящей работы состояла в разработке трехмерной внешешеточной модели генерации агрегатов сферических частиц, воспроизводящей естественные условия структурообразования. В модели учтен обмен между поступательными и вращательными степенями свободы агрегатов, суб-агрегатов и отдельных частиц при произвольном виде потенциала взаимодействия частиц, а также при произвольной функции распределения частиц по размерам, их форме и толщине адсорбционного слоя. Потенциал взаимодействия частиц включает в себя электростатические, упругие и Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия, позволяет учесть влияние внешних электрических, магнитных и гравитационных полей, а также диссипативные силы. Разработанная модель может быть использована для исследования кинетики агрегации золей в зависимости от объемной концентрации частиц, величины их заряда и его знака, вязкости дисперсионной среды.

Карпов С.В., Слабко В.В. Оптические и фотофизические свойства фрактально-структурированных золей металлов. - 2003. - Новосибирск: изд-во СО РАН. - 265 с.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С.В. Карпов

НОВЫЕ ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА

Кан Су Ман

Новосибирский государственный университет

В работе Кармана [1] впервые было получено точное автомодельное решение уравнений Навье-Стокса для течения несжимаемой жидкости над бесконечным вращающимся диском. Данная работа является продолжением работы Рыскина и Яворского [2]. В [2] показано, что при определенных параметрах наблюдается неединственность решений или их отсутствие. Возникновение вращения в подобных тепловых задачах может иметь отношение к проблеме появления смерчей в атмосфере и крупных водоворотов в океанах.

Рассматривается задача о течении жидкости (вода, параметр Прандтля $Pr=6.75$) над непроницаемым бесконечным диском (условие прилипания) с локальным источником тепла. На верхней границе ставится условие скольжения, что соответствует свободной границе и условие постоянной температуры. Решение ищется автомодельном виде, соответствующем классу Кармана. Для замыкания полной системы уравнений Навье-Стокса (в приближении Буссинеска) и теплопроводности профиль температуры также берется в автомодельном виде [2]. Обезразмеренная задача параметризуется двумя параметрами Pr (число Прандтля) и Gr (число Грассгофа), число Прандтля полагается равным $Pr=6.75$ (вода), и ищутся всевозможные решения при различных значениях параметра Грассгофа. Найдено, что стационарная краевая задача имеет 2 ветки решений (зависимости параметра Грассгофа от теплового потока на верхней границе), на одной из которых найдены 2 точки бифуркации вращения ($Gr=115$, $Gr=650$) и рассчитаны соответствующие параметры течений с вращением. На полученные решения стационарной задачи (с вращением и без) накладывалось произвольное возмущение амплитудой 1% и рассматривалась эволюция этих решений во времени. В обоих случаях точки бифуркации являются точками потери устойчивости безвращательного решения. Причем, начиная с первой бифуркации ($Gr>115$) устойчивым становится решение с вращением. После второй бифуркации ($Gr>650$) все решения (с вращением и без, соответствующие данному параметру Gr) теряют устойчивость и переходят в цикл.

1. Karman T.,.. Uber laminare und turbulente Reilbung: ZAMM., 1921, Bd. 1, P. 233-252.

2. Рыскин А.Б., Яворский Н.И.. Точные решения задачи о свободной тепловой конвекции между двумя дисками: Теплофизика и аэромеханика, 2001, том 8, № 1.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. Яворский

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ЭЛЕМЕНТЕ ПЛАСТИНЧАТОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

С.П. Козлов

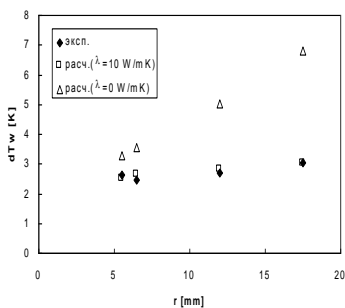
Новосибирский государственный университет

Щелевые каналы и микроканальные устройства – распространенные элементы современной техники. Щелевой дисковый теплообменник-реактор для получения, например, водорода представляет собой набор круглых пористых пластин (дисков), содержащих катализатор и расположенных с зазором для течения газа. При этом течение газа в каждом следующем зазоре чередуется по направлению от центра к периферии и от периферии к центру.

Используя пакет расчета гидродинамических и тепловых задач, было рассчитано течение и теплообмен в элементе исследуемого пластинчатого реактора для каталитической реакции с выделением тепла. Область решения включала пространство между двумя пластинами, включая входное и выходные отверстия. Для входной пластины задавалось объемное тепловыделение или плотность теплового потока на её внешней поверхности. Для выходной пластины задавались адиабатические граничные условия. Рассматривался ударный профиль скорости на входе в центральное отверстие

входной пластины. В результате получены поля скоростей и температур в расчетной области при ламинарном течении газа. Получено распределение температур поверхности каталитических пластин с учетом теплопроводности стенки. Наблюдается хорошее совпадение экспериментальных и расчетных значений. (Рис. 1)

Рис.1 Сравнение изменения температуры поверхности катализатора в эксперименте и в расчете для одинаковой мощности тепловыделения с учетом теплопроводности стенок и без нее.



Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук В.В. Кузнецов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ИСПАРЕНИИ В СТЕКАЮЩИХ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ВОЛНОВЫХ ПЛЁНКАХ ЖИДКОГО АЗОТА

А.С. Суртаев

Новосибирский государственный университет

При стекании плёнки жидкости по вертикальной стенке уже при очень малых плотностях орошения на свободной поверхности жидкости появляются волны. Теоретический анализ П.Л. Капицы показал, что появление регулярных синусоидальных волн, уже при очень малых числах Рейнольдса приводит к увеличению теплоотдачи по сравнению с безволновым ламинарным режимом течения плёнки. Увеличение интенсивности теплообмена в волновой плёнке связано с наличием дополнительного конвективного теплопереноса, вызванного волновыми возмущениями, и для его учёта применяют так называемый волновой коэффициент температуропроводности a_w . В работе Е.Г. Воронцова [1] была предпринята попытка расчёта волнового коэффициента температуропроводности с использованием среднестатистических характеристик наиболее крупных волн, которые оказывают решающее влияние на перемешивание плёночного потока по зависимости:

$$a_w = u_w \delta_{oc} = 2 f_w \delta_{oc} (\delta_{cp} - \delta_{oc}),$$

где u_w – скорость волнового возмущения, f – частота следования крупных волн, δ_{oc} , δ_{cp} – характерные значения толщины плёнки.

Исследования проводились на высокотеплопроводном нагревателе из дюралюминия при течении плёнки жидкости при различных числах Рейнольдса: $Re=38; 51; 82; 103$. Локальная толщина волновой плёнки измерялась с помощью ёмкостных датчиков. По полученным среднестатистическим волновым характеристикам с использованием расчётной формулы (1) была получена зависимость волнового коэффициента температуропроводности от плотности теплового потока. Анализ показал, что в области интенсивного испарения, на интенсификацию теплообмена решающее влияние оказывает локальное утонение плёнки, а вклад волновой температуропроводности в предкризисных режимах течения при высоких плотностях теплового потока сравнительно мал.

1. Воронцов Е.Г. Использование среднестатистических волновых характеристик в расчётах теплопереноса в плёнках. Тепломассобмен. ММФ-92. Минск, 1992. Т.2. С. 43.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук А.Н. Павленко

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА PROPER ORTHOGONAL DECOMPOSITION (POD) ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЛЕЙ СКОРОСТИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА

П.Р. Каипов

Новосибирский государственный университет

Наиболее распространенным методом анализа турбулентных полей скорости является рейнольдсова декомпозиция – разложение полей скорости на среднюю и стохастическую составляющие, а также применение различных вариантов тройной декомпозиции с искусственным выделением когерентной составляющей. Одним из основных методов исследования характеристик турбулентного потока является выделение, и дальнейшее изучение эволюции средней по времени (или по ансамблю) и пульсационной (стохастической) составляющей. В работах по исследованию слоев смешения также выделяется когерентная (квазипериодическая) составляющая потока.

В данной работе в качестве метода анализа структуры турбулентного потока использован метод POD. Основная идея метода заключается в представлении турбулентного поля скорости в виде конечного ряда произведений пространственных ортонормированных функций (базиса) с временными коэффициентами. Среднее значение временного коэффициента разложения (собственное число POD разложения) для каждой из базисных функций разложения пропорционально средней кинетической энергии. Это позволяет выделить в турбулентном потоке структуры (базисы), несущие основную часть кинетической энергии для дальнейшего изучения их эволюции.

Метод POD применен к анализу ансамбля мгновенных полей скорости турбулентного потока осесимметричной импактной струи, полученных при помощи методики PIV (Particle Image Velocimetry). Показано, что для импактной струи основная часть кинетической энергии турбулентности содержится в первых нескольких модах POD разложения (первая мода, соответствующая среднему течению, содержит до 80 % энергии). Первое из слагаемых данного разложения (1-ый базис) представляет собой среднее по ансамблю. Наличие выделенных структур (вихрей) в базисах POD разложения не связано со спецификой исследуемого объекта, а является следствием используемого метода разложения (исследуемый объект – вектор, основное свойство векторного пространства – наличие ортонормированного базиса). Таким образом, POD метод является обобщением классических вариантов разложения характеристик турбулентного потока.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Д.М. Маркович

ОСОБЕННОСТИ ИСТЕЧЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОЙ СТРУИ В ЩЕЛЕВОМ ЗАЗОРЕ

М.В. Шестаков

Новосибирский государственный университет

Течения жидкости или газа, в которых под влиянием тех или иных физических причин величина одной составляющей поля скорости существенно преобладает над другой, играют важную роль в природных и технических гидродинамических системах. К ним относятся, в частности, крупномасштабные движения океана и атмосфер вращающихся планет, течения с МГД – эффектами. В работе проведено экспериментальное исследование характеристик плоской затопленной струи в щелевом канале. Измерения проводились при помощи метода PIV. Данный метод позволяет бесконтактно получать мгновенные поля скорости. При помощи статистического анализа ансамбля мгновенных полей скорости получены распределения вектора скорости, рассчитаны значения статистических моментов пульсаций скорости различного порядка. По мгновенным полям скорости рассчитаны одномерные пространственные спектры пульсаций скорости. В течении, реализующемся в изучаемой геометрии, начиная с определенных значений чисел Рейнольдса, образуются крупномасштабные вихревые структуры. Это происходит, когда инерционные эффекты начинают преобладать над вязкими, что приводит к развитию свободно-сдвиговой неустойчивости Кельвина-Гельмгольца. Анализ рассчитанных характеристик позволяет сделать вывод о том, что в исследованном диапазоне параметров струйное течение в щелевом зазоре имеет два основных режима: квазидвумерное турбулентное течение которое соответствует невысоким числам Re и течение, которое является полностью развитым трехмерным турбулентным. Особенностью представленного щелевого течения является подавление поперечной составляющей пульсаций, что приводит к анизотропии течения вследствие чего закономерности развития когерентных (крупномасштабных) структур существенным образом отличаются от случая трехмерной свободной струи. Зафиксирован ряд характерных режимов течения в струе: ламинарный, переходной (квазидвумерный) и развитый турбулентный режимы. Для переходного режима характерны максимальные значения коэффициентов асимметрии и эксцесса в слое смешения из чего следует, что в этом режиме вихревые структуры слоя смешения являются сильно асимметричными, менее регулярными по сравнению с развитым турбулентным режимом.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Д.М. Маркович

БАЛАНС ТУРБУЛЕНТНОЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПРИБЛИЖЕНИИ МОДЕЛИ РЕЙНОЛЬДСА ДЛЯ СВОБОДНОЙ ЗАТОПЛЕННОЙ СТРУИ

В.М. Дулин

Новосибирский государственный университет

Наиболее распространенным методом описания турбулентных течений является метод статистических моментов. Используя декомпозицию поля скорости на среднюю и стохастическую составляющую в уравнениях гидродинамики, можно записать уравнение баланса для турбулентной кинетической энергии в приближении модели Рейнольдса (вторых моментов).

Одним из основных преимуществ PIV метода является возможность измерения мгновенных полей скорости, необходимых для расчета пространственных дифференциальных характеристик потока, входящих в уравнение баланса турбулентной кинетической энергии. Известно, что для минимизации погрешности в PIV измерениях, необходимо проводить отсев и интерполяцию ошибочных векторов в полях мгновенной скорости. Одним из наиболее значимых источников погрешности при расчете пространственных производных в PIV данных является наличие в данных некоррелированного шума [1].

В данной работе были разработаны алгоритмы замены плохих векторов и расчета пространственных дифференциальных характеристик в PIV данных, проведен эксперимент по изучению характеристик осесимметричной затопленной струи при различных режимах, используя методику PIV. Используя алгоритм замены плохих векторов и алгоритм отсева векторов, основанный на анализе функции плотности вероятности турбулентных пульсаций, были рассчитаны статистические моменты скорости до 4-ых включительно. Используя полученные результаты, был записан баланс турбулентной кинетической энергии для свободной затопленной струи, в котором диссипация турбулентной кинетической энергии является остаточным членом уравнения. Используя разработанный алгоритм расчета частных производных, напрямую рассчитана диссипация для исследуемого объекта. В работе представлен баланс турбулентной кинетической энергии для свободной затопленной струи жидкости и приведено сравнение с результатами, полученными в работе [2].

1. J. M. Foucaut, M. Stanislas “Some considerations on the accuracy and frequency response of some derivative filters applied to particle image velocimetry vector fields” J. “Measurement Science and Technology.” (2002), vol 13, pp. 1058-1071.

2. J. L. Lumley, N. P. Panchapakesan “Turbulence measurements in axisymmetric jets of air and helium. Part 1. Air Jet” J. “Fluid Mech.” (1993), vol. 246, pp. 197-223.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Д.М. Маркович

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ВОЛН В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Г.С. Коренблит
Иркутский государственный университет

На основе массива экспериментальных данных по давлению, температуре и солености воды в озере Байкал проведено численное моделирование распространения звуковых волн. Профили были измерены CTD зондом SB-25. Погрешность измерения температуры не более 0.002 градуса. Соленость озера 0.1 кг на литр, изменения солености по глубинам озера не превышает 20%, поэтому влияние этой составляющей на величину скорости звука практически очень мало. Главная причина изменчивости профилей скорости звука в озере это сезонные изменения температуры.

По формуле Чена-Миллеро [1] восстановлена зависимость скорости звука от глубины. В зимний период непрерывно увеличивающаяся с глубиной скорость звука приводит к образованию приповерхностного звукового канала. В августе – сентябре вертикальное распределение скорости звука соответствует асимметричному, расположенному близко к поверхности (50-70 метров) подводному звуковому каналу.

1. Chen C-T.A., Millero F.J. Precise thermodynamic properties for natural waters covering only limnological range//Limnol.Oceanogr.,31(3), 1986, 657-662.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.Г. Ченский

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОГО СПОСОБА ЛАЗЕРНОЙ СВС-СВАРКИ МЕТАЛЛОВ

К.А. Манайчев

Новосибирский государственный университет

Существует СВС-сварка тугоплавких и разнородных материалов, которая основана на экзотермическом взаимодействии компонентов реакционной смеси, расположенной в зазоре между соединяемыми материалами [1,2]. Недостатком электротепловой СВС-сварки является необходимость предварительного прогрева соединяемых деталей до температуры начала реакции, что неизбежно приводит к появлению остаточных деформаций всей конструкции после остывания.

Предлагаемый способ лазерной СВС-сварки лишен этого недостатка, так как основан на локальном динамическом лазерном нагреве и иницировании реакций синтеза порошковой смеси с выделением тепла непосредственно в зазоре между пластинами. Лазерная СВС-сварка особенно эффективна в случае соединения толстых материалов, так как позволяет понизить мощность излучения и исключить образование паровой полости, которая является источником возникновения различных дефектов в области сварного шва.

Проведены численные расчёты лазерной СВС-сварки алюминия, используемого в самолётостроении и других областях техники. В качестве СВС реагирующего материала использовалась мелкодисперсная смесь порошков алюминия с никелем. В расчётах определялись температурные поля в зоне сварки, положение внутренней границы плавления и форма ванны расплава. По результатам расчётов можно сделать прогноз и определить необходимую мощность лазера, количество и состав химически взаимодействующего порошка, для того чтобы получить достаточную по величине зону проплавления, и обеспечить сварку листового материала без образования парового канала.

1. Мержанов А.Г., Боровинская И.П., Штейнберг А.С. и др. Способ соединения материалов. Авторское свидетельство №747661. Бюллетень изобретений № 26, 1980, 55 с.

2. Scherbakov V.A., Shteinberg A.S., SHS Welding of Refractory Materials. International Journal of Self-Propagation High-Temperature Synthesis, Vol.2, N4, 1993, p.357-369.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. О.Б. Ковалев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОД ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОРМУ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКЕ МЕТАЛЛОВ

А.В. Зайцев, Е.М. Смирнова
Новосибирский государственный университет

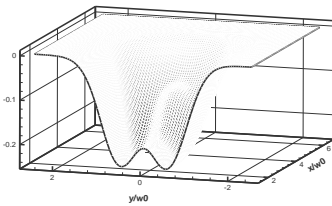
Газолазерная резка осуществляется посредством локального плавления металла и удаления расплава газовым потоком. На фронте реза, который подвергается воздействию газовой струи и излучения, расплавленный металл течет в виде тонкой пленки. В настоящее время представляет интерес исследование влияния различных мод излучения на форму и качество реза при лазерной резке толстых материалов. В работах на эту тему данный вопрос недостаточно исследован. На основе [1] в работе рассмотрена постановка задачи о форме и глубине реза при использовании лазерного излучения с различными модами (TEM_{01} , TEM_{10} , TEM_{11}). Математическая модель описания формы поверхности при взаимодействии лазерного излучения с металлом строится в предположении о том, что расплав полностью удаляется газовой струей, так что взаимодействие излучения происходит с твердой поверхностью металла. Модель [1] в данной работе дополнена расчетом интенсивности излучения с модой TEM_{mn} общего вида (1):

$$I_{mn}(x, y, z) = \frac{2P_{mn}}{\pi 2^{m+n} m!n! \omega_x \omega_y} H_m^2\left(\frac{\sqrt{2}x}{\omega_x}\right) H_n^2\left(\frac{\sqrt{2}y}{\omega_y}\right) \exp\left(-\frac{2x^2}{\omega_x^2}\right) \exp\left(-\frac{2y^2}{\omega_y^2}\right) \quad (1)$$

где P_{mn} - мощность TEM_{mn} -моды; ω_x, ω_y - полуоси эллипса, который характеризует размер пучка в плоскости $xу$; H_m - многочлен Эрмита степени m .

На рисунке представлен результат расчета формы поверхности, полученной при использовании излучения с модой TEM_{11} .

Модель позволяет рассчитать максимальную глубину, форму реза и оценить эффективность использования различных мод излучения в практическом применении.



1. Зайцев А.В., Ковалев О.Б., Оришич А.М., Фомин В.М. Численный анализ влияния типа поляризации TEM_{00} -моды излучения на форму поверхности реза при лазерной резке толстых листов металла // Квантовая электроника . 2005. Т. 35 № 2.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. О.Б. Ковалев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ, ПРИ КИСЛОРОДНОЙ ГАЗОЛАЗЕРНОЙ РЕЗКЕ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Г.В. Ермолаев

Новосибирский государственный университет

Кислородная газолазерная резка (ГЛР) применяется при раскрое листов малоуглеродистых сталей толщиной вплоть до 20-25мм. Использование кислорода, в качестве рабочего газа, позволяет увеличить скорость резки почти в 3 раза, по сравнению с нереагирующими с металлом газами [1]. Характерной особенностью ГЛР является наличие периодических структур (или штрихов) на поверхности реза. В работе предлагается физико-математическая модель возникновения штрихов с учетом влияния химических реакций окисления, при кислородной газолазерной резке малоуглеродистой стали.

Наиболее распространенной является качественная модель, в которой предполагается, что основным механизмом образования штриха является циклическая реакция окисления железа в кислороде [1,2]. Модель применима только при скоростях резки меньших линейной скорости окисления металла. Количественного описания явления в настоящее время в мировой литературе отсутствует, что связано со сложностью описания реакции окисления железа в высокоскоростной струей чистого кислорода.

Математическая постановка задачи основана на использовании метода фиктивных областей для нестационарного уравнения теплопроводности в плоскости пластины с каналом реза, без явного выделения границы фазового перехода. Движение границы канала происходит за счет плавления металла и гетерогенной химической реакции окисления железа. Лимитирующей фазой химической реакции является перенос кислорода к поверхности металла из пограничного слоя. Для решения использовалась явная консервативная разностная схема. Движение жидкой пленки не рассматривалось, ее толщина в расчетах задавалась 15 мкм.

Проведенное моделирование подтвердило физический механизм образования штрихов при небольших скоростях резки [1], и качественно согласуется с экспериментальными данными [2].

1. William M. Steen, Laser material processing. London: Springer-Verlag, 1991.

2. Ermolaev G.V., Malov A.N., Malov N.A., Some peculiarities of oxygen-laser cutting of mild steel. Proc. of XII Internat. Conference on Methods of Aerophysical Research, Novosibirsk, 28 June - 3 July 2004, part 3, p. 113-118.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук О.Б. Ковалев

ОПТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ В ЯКУТИИ

А.А. Будищев, Г.А. Тимофеева, С.В. Титов
Якутский государственный университет

Представлены результаты исследований атмосферного аэрозоля в Центральной Якутии по данным солнечного фотометра AERONET и стратосферного лидара ИКФИА СО РАН. Исследовалось поведение оптической толщины аэрозоля, распределение аэрозолей по размерам и концентрации водяного пара, их связь с различными геофизическими параметрами, а также температурой стратосферы по радиозондовым измерениям.

Обнаружена зависимость ($R=0,7$) концентрации водяного пара и АОТ с числом солнечных пятен, которая, по-видимому, связана с образованием ядер концентрации на крупных аэрозольных частицах, образовавшихся в результате воздействия солнечных вспышек на атмосферу Земли. При этом предполагается, что основные изменения аэрозольной концентрации происходят на уровне стратосферы. Лидарное зондирование показывает, что с начала зимы по настоящее время на высотах 13 и 17 км существуют долговременные аэрозольные слои. С учетом того, что местных источников стратосферного аэрозоля нет, предполагается, что данные слои возникли в результате приноса атмосферной циркуляцией аэрозолей тропического происхождения, либо в результате их образования под действием гелиогеофизических процессов.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. С.В. Николашкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ SI(111) ПОСЛЕ ОТЖИГА В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОГО КАПИЛЛЯРА

Е.Е. Родякина

Новосибирский государственный университет

В зависимости от термодинамических и кинетических условий кристалл имеет различную атомную структуру, что необходимо учитывать при предсказании изменения поверхностной морфологии при термических отжигах кристалла-подложки. Целью данной работы является изучение атомных процессов на поверхности кристалла при эпитаксиальном росте, сублимации и термодинамическом равновесии. Исследования проводились методом атомно-силовой микроскопии при атмосферных условиях.

Экспериментально реализовать равновесные термодинамические условия сложно, что объясняет отсутствие таких исследований в литературе. Существует только относительно узкий интервал температур для перехода системы в квазиравновесное состояние, когда диффузия достаточно быстрая, а сублимацией можно еще пренебречь.

Для реализации равновесного состояния на поверхности в более широком температурном интервале, нами применен метод плоского капилляра, состоящего из двух пластин кремния, параллельно расположенных на близком расстоянии и независимо нагреваемых прямым пропусканием электрического тока. Одна пластина служит объектом исследования, а другая источником атомов кремния. Предлагаемая конструкция позволила осуществлять плавный переход образца при постоянной температуре от сублимации к эпитаксии посредством изменения температур пластин. В процессе этого перехода в промежуточном состоянии может быть реализовано квази-термодинамическое равновесие: поток атомов с поверхности исследуемого кристалла будет компенсирован потоком атомов на исследуемую поверхность из другого кристалла, по крайней мере, в интервале высоких температур (более 900°C).

В данной работе показано, что, используя метод плоского капилляра, можно получать атомно-чистые поверхности кремния в условиях среднего вакуума (выше 10^{-6} Торр). Представлены результаты изучения рельефа поверхности кремния (111) после термического отжига в условиях плоского капилляра, в зависимости от расстояния между образцами и их температур. Полученные результаты обсуждаются в рамках различных теоретических подходов.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук А.В. Латышев

ТРУБЧАТЫЕ ДАТЧИКИ ДЛЯ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИИ

В.В. Пай

Новосибирский государственный университет

Одним из основных методов изучения параметров потока является термоанемометрия. Существует два типа термоанемометрических датчиков: проволочные и пленочные. Большая постоянная времени и недостаточное пространственное разрешение этих датчиков не позволяют решить ряд ключевых задач аэрогазодинамики. Например, таких как проблема ламинарно-турбулентного перехода и описание турбулентных течений при больших скоростях полета, а также измерение высокочастотных колебаний малой амплитуды на ранних стадиях ламинарно-турбулентного перехода. Для уменьшения тепловой инерции датчика было предложено заменить проволочный чувствительный элемент, на тонкостенную трубочку. Для создания такого датчика используется метод самоформирования твердотельных микро- и нанотрубок разработанный в ИФП СО РАН.

Проведены испытания прототипа датчика в пограничном слое с развитой турбулентностью. Сравнивались спектры, полученные в одной точке пограничного слоя в трех экспериментах с одинаковыми параметрами набегающего потока. В первом эксперименте использовался термоанемометр (усилитель с компенсацией тепловой инерции датчика и обратной связью) и стандартный датчик термоанемометра (чувствительный элемент датчика – вольфрамовая проволочка диаметром 5 мкм). Во втором эксперименте использовался только проволочный датчик термоанемометра, электрический мост и усилитель (без компенсации тепловой инерции датчика и обратной связи). И в третьем эксперименте использовался прототип нового датчика термоанемометра (чувствительный элемент – гибридная токопроводящая трубочка), электрический мост и усилитель (без компенсации тепловой инерции датчика и обратной связи). Получено, что из-за малой постоянной времени чувствительность к высокочастотным пульсациям трубчатого датчика много выше чувствительности проволочного.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.Н. Шиплюк

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ВОГНУТОЙ СТЕНКЕ К НЕСТАЦИОНАРНЫМ ВИХРЯМ ГЁРТЛЕРА

Д.А. Мищенко

Новосибирский государственный университет

Неустойчивость Гёртлера возникает в пограничных слоях над вогнутой поверхностью и приводит к усилению продольно ориентированных вихрей, которые могут вызывать турбулизацию течения, увеличение тепловых потоков и другие изменения, существенные для аэродинамики летательных аппаратов. В предшествующих исследованиях изучались только стационарные вихри Гёртлера, хотя в реальных условиях часто наблюдаются нестационарные. Более того, даже для стационарных вихрей до сих пор не удавалось получить согласования скоростей их нарастания с расчётами по теории устойчивости. В данной работе ставилась задача получения всех основных характеристик устойчивости пограничного слоя Блазиуса к нестационарным вихрям Гёртлера.

Эксперименты проводились в малотурбулентной аэродинамической трубе Т-324 ИТПМ СО РАН, на вогнутой поверхности пластины с радиусом закругления $R = 8,37$ м при скорости потока 9,18 м/с. Измерения выполнены с помощью термоанемометра в условиях возбуждения контролируемых возмущений, создаваемых специальным источником.

В результате удалось реализовать генерацию в пограничном слое контролируемых нестационарных вихрей Гёртлера и впервые получить все основные характеристики устойчивости течения по отношению к этим вихрям для трёх величин поперечного периода вихрей (8, 12 и 24 мм), соответствующих наиболее опасным возмущениям, и для 7 частот возмущений в диапазоне от 0,5 до 20 Гц. Показано, что для частот ниже 5 Гц скорости нарастания вихрей соответствуют квазистационарным и не зависят от частоты. При дальнейшем увеличении частоты нарастание ослабевает и прекращается. Наибольшее усиление обнаружено для вихрей с поперечным периодом 12 мм. Оказалось, что фазовые скорости возмущений близки к 0,6 от скорости потока и слабо возрастают с частотой. Профили амплитуд возмущений по нормали к стенке имеют максимум в критическом слое и форму, практически не зависящую от частоты и поперечного волнового числа. Фаза возмущений медленно падает при удалении от стенки. Сопоставление полученных результатов с расчётами по линейной теории устойчивости (выполненными А.В. Бойко) показало хорошее количественное согласование практически для всех изученных характеристик нестационарных вихрей Гёртлера.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.С. Качанов

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Д.В. Смовж

Новосибирский государственный университет

Большой интерес к методам получения наночастиц, возникший в последние годы, обусловлен необходимостью получения объектов с заданными свойствами, для создания различных классов наноприборов. Эти свойства могут изменяться в широком диапазоне и определяются методами получения, параметрами при которых происходит синтез, свойствами катализатора. Одним из перспективных направлений является исследование новых аллотропных форм углерода, в частности нанотрубок. На настоящий момент наиболее широкое распространение для синтеза углеродных нанотрубок получили методы: термического (TCVD) и термического в присутствии плазмы (PCVD) каталитического разложения углеводородов. Темой данного исследования является получение качественного сравнения роста углеродных наноструктур на свободных (без подложки) частицах катализатора при разных условиях на разряде или в его отсутствии. В основу предлагаемого метода, были заложены преимущества плазменного (повышение скорости реакции за счет потока положительных ионов углерода на отрицательно зараженные частицы катализатора) и термического (формирование наночастиц идет в потоке газа, отсутствует влияние подложки) методов.

В качестве источника углерода, был выбран ацетилен, который при атмосферном давлении пропускался через сосуд заполненный жидкий пентакарбонилем железа ($\text{Fe}(\text{CO})_5$) термостатированный при 0°C . В качестве буферного газа использовалась смесь Ar и H_2 (4:1). Смесь газа прокачивалась через прогреваемый полый цилиндр, который служил катодом газового разряда. Образовавшийся материал оседал на фильтре, расположенном на выходе катода.

Исследовались углеродные наноструктуры, полученные при различных давлениях газа и токах разряда. Получены углеродные нанотрубки, как одностенные, так и многостенные. Помимо нанотрубок в собранном материале были обнаружены мелко дисперсные частицы катализатора в виде металлических кластеров (размеры 1,5-3,5 нм), инкапсулированных в углеродные фуллерено-подобные частицы.

Обнаружено существенное влияние электрофореза нанотрубок на качественную структуру углеродного материала. При наличии электрического поля нанотрубки при достижении определенного размера начинают двигаться по направлению к аноду, против газового потока.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук О.А. Нерушев

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

ПОЛУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ ЯМР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

Л.М. Акмалетдинова
Казанский государственный университет

Для исследования взаимодействия антител к нуклеиновым кислотам с ДНК на молекулярном уровне целесообразно использовать физические методы, позволяющие обеспечить высокую точность анализа. Одним из таких методов является метод ядерного магнитного резонанса.

Влияние растворителя существенно затрудняет получение качественных спектров ЯМР биологических молекул. Эффективным методом подавления сигнала протонов воды является метод импульсного градиента магнитного поля. Его использование основано на различии коэффициентов поступательной (трансляционной) диффузии малых по размеру молекул воды и больших биологических молекул. В этом методе после воздействия импульса переменного поля H_1 прикладывают два импульса, создающие градиент магнитного поля H_0 . Однако вследствие теплового движения за время между двумя импульсами градиента ядра успевают сместиться на некоторое расстояние, и сигнал ЯМР восстанавливается не полностью: чем больше коэффициент поступательной диффузии, тем сильнее уменьшается сигнал ЯМР. Подвижность малых молекул воды значительно выше, чем больших биологических молекул, поэтому можно подобрать условия эксперимента таким образом, что затухание сигнала ЯМР от протонов воды будет значительно больше, чем затухание сигнала от протонов биологических молекул.

Нами показано, что методика импульсного градиента магнитного поля позволяет записывать спектры ЯМР водных растворов при более низких температурах (25-50 °С), тогда как, используя стандартную методику, качественный спектр можно получить при температуре не ниже 70 °С^[1]. Это оптимальная температура, так как чем больше вязкость исследуемого образца (а при понижении температуры она увеличивается), тем хуже будет разрешение спектра. Таким образом, найдя оптимальную величину градиента ($G=Tл/м$) и подобрав оптимальную температуру, можно получить качественный спектр ЯМР для биологических растворов, приготовленных в H_2O .

1. Бови Ф.А. ЯМР высокого разрешения макромолекул. М.: Химия, 1977.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. Д.А. Темников

ЭФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ ДНК В АГАРОЗНОМ ГЕЛЕ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ОТ 15 Т.П.О. ДО 160 Т.П.О.

К.П. Басанов

Новосибирский государственный университет

Одной из важнейших задач в современной биотехнологии и геномной инженерии является разделение фрагментов ДНК различной длины. Для этих целей широко применяется метод гель - электрофореза. Стандартный электрофорез в агарозном геле позволяет разделять фрагменты ДНК размерами только до 20 тысяч пар оснований (т.п.о.). За последние 20 лет были развиты мощные электрофоретические методы для анализа продуктов расщепления хромосомных ДНК или других протяженных фрагментов ДНК. На практике наибольшее распространение получили методы импульсного геля электрофореза FIGE.

Большинство методов разделения трудоемки из-за большой длительности эксперимента. Целью данной работы явилось развитие метода FIGE, позволяющее проводить разделения фрагментов ДНК в диапазоне длин от 15 до 160 т.п.о. в стандартных электрофоретических условиях при минимальной длительности эксперимента.

Первоначально была разработана и собрана установка для проведения экспериментов по пульс-форезу, не требующая усложнения конструкции камеры для электрофореза. Это управляемый источник напряжения, с помощью которого мы можем получить необходимые нам импульсы. Длительности всех импульсов и уровни напряжения контролируются компьютером. Был проведен ряд экспериментов по разделению смеси фрагментов ДНК в диапазоне длин от 15 до 160 т.п.о.

Было показано, что подвижности фрагментов ДНК в рассматриваемом диапазоне длин, при соответствующем выборе остальных параметров, будут максимально различаться в диапазоне длительностей прямого импульса от 0,1 до 4,5 с. Были рассмотрены различные модификации пульс-фореза с полем, изменяющимся на 180°, и была подобрана наиболее оптимальная схема при относительно небольшой длительности эксперимента. Результатом проведенных экспериментов явилась разработка и сборка прибора, доступного для широкого использования в лабораторных условиях, работающего автономно от компьютера. Кроме того, прибор позволяет варьировать параметры схемы в достаточно широком диапазоне, в зависимости от исследуемой смеси фрагментов.

Научный руководитель – д-р биол. наук С.Х. Дегтярев

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИРУСА С КЛЕТКОЙ

Д.А. Голощапова

Новосибирский государственный университет

Возрастающий интерес к вирусам - мельчайшим биологическим объектам, стоящим на самой границе между живой и неживой природой и не способным к проявлению каких-либо признаков живого вне клеток обусловлен двумя причинами. Первая заключается в том, что вирусы являлись в прошлом и остаются до сих пор одними из главных возбудителей многих инфекционных и неинфекционных заболеваний. Простейший пример - это заболевание гриппом, имеющее вирусную природу. Другая причина - в том, что, как показал опыт второй половины прошлого века, вирусы являются незаменимыми, самой природой созданными объектами и моделями, помогающими решать общебиологические, генетические, биохимические, молекулярно-биологические, эволюционные и другие проблемы. Так, выяснение фундаментальных принципов репликации, транскрипции, трансляции и способов регуляции генной активности, расшифровка генетического кода, структур белков и нуклеиновых кислот - все это делалось и продолжается делаться при постоянном использовании как целых вирусных частиц, так и их отдельных компонент.

Одной из главнейших областей, в которых ведутся исследования вирусов, является проблема начальных стадий взаимодействия вирусов и клеток, которое, как хорошо известно, включают в себя стадию адсорбции на клеточную мембрану и стадию проникновения вируса внутрь клетки. Понимание данных механизмов взаимодействия не только на качественном, но и на количественном уровне представляет собой несомненный интерес общебиологического характера, а также является принципиально важным для поиска новых методов борьбы с опасными вирусными инфекциями.

Для описания кинетики взаимодействия вируса с клеткой, был проведен ряд лабораторных исследований, при этом в качестве объекта исследования были выбраны: культура клеток *Vero* и вирус ВЭЛ ТС-83 (вирус венесуэльского энцефаломиелита лошадей). Одним из типов рецепторов, с которыми связывается вирус ВЭЛ ТС-83, является LBP (лименин-связывающий белок). Проведены эксперименты по подсчету количества этих рецепторов. Для чего использовали поликлональные кроличьи антитела против LBP, меченные FITS. Также исследовали наличие «конкуренции» между антителами против LBP и вирусом ВЭЛ ТС-83 за одни и те же посадочные места. Построена теоретическая модель сорбции вируса на поверхность клетки и его проникновения внутрь клетки.

Научные руководители – канд. биол. наук Е.В. Протопопова, канд. физ.-мат. наук А.Н. Швалов

ИССЛЕДОВАНИЕ СУТОЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОТОЗООПЛАНКТОНА В ЗОНЕ ХЕМОКЛИНА СОЛЕНОГО МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ШУНЕТ

О.Г. Горяева

Красноярский государственный университет

В ряде меромиктических водоемов, к которым относится соленое лечебное озеро Шунет (р. Хакасия), существует узкая зона водной толщи, называемая хемоклином. В этой зоне происходит переход от аэробных условий к анаэробным и наблюдаются резкие вертикальные градиенты влияния физико-химических факторов (кислорода, сероводорода, pH, Eh, света и др.) и благоприятных для развития различных типов планктонных организмов, как автотрофных, так и гетеротрофных.

Для изучения вертикального распределения и миграции планктона в зоне хемоклина был проведен гидробиологический мониторинг в течение суток, (18, 24, 6, 12 ч) 5-6 августа 2004 г. Пробы брались в центре озера из зоны хемоклина, расположенного на глубине 5,15-5,20 м с использованием тонкослойного пробоотборника (Рогозин, 2002).

В хемоклине оз. Шунет летом 2004 г обнаружено массовое развитие 4 видов свободноживущих инфузорий родов *Cyclidium*, *Prorodon*, *Oxitricha*, *Strombidium* и крупная популяция фитофлагеллят *Cryptomonas salina*. Максимум численности протозоопланктона наблюдался в 30-35 см слое зоны хемоклина, включающем слой пурпурных бактерий при содержании сероводорода от 0 до 5 мг.л⁻¹ и полном отсутствии кислорода.

В зоне хемоклина, инфузории вида *Oxitricha sp.* Находились исключительно на глубине 5,20-5,05 м, в зоне развития пурпурных бактерий и наличии сероводорода. Повышение концентрации происходило в темное время суток. Инфузории других видов, напротив, показывают достоверный максимум в 18 ч на глубинах 4,80-4,95 м.

Распределение *Cryptomonas salina* в зоне хемоклина также показывает достоверный максимум на глубине 5,10 м в 18 ч и сдвиг в зону пурпурных бактерий в 12 ч. Концентрация флагеллят снижается в темное время (0 ч. и 6 ч). Причины суточного распределения фитофлагеллят связаны с выбором оптимальной освещенности и избегании выедания хищниками, которые не могут обитать в условиях дефицита кислорода и наличии растворенного сероводорода.

Работа была выполнена при поддержке

CRDF и научно-образовательного центра «Енисей»,

Шифр гранта: CRDF Award No.KY-002-X1.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук Д.Ю. Рогозин, Е.Б. Хромечек

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗВУКОВЫХ ПУЧКОВ В ВОЗДУХЕ И В СЛУХОВОМ АППАРАТЕ ЧЕЛОВЕКА

И.Н. Ермоленко

Таганрогский государственный радиотехнический университет

В данной работе рассмотрены процессы генерации звуковых волн с использованием плоского параметрического излучателя (ПИ) и излучателя с фокусированными пучками волн накачки. Для двух случаев проведен расчет уровней волн разностной частоты (ВРЧ), образованных в результате взаимодействия волн накачки и выявлены различия в поведении таких звуковых колебаний для воздушной среды с учетом диссипации и нелинейных процессов. Теоретический расчет проводился с использованием уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова [1].

Фокусировка волн накачки позволяет получить существенно большие уровни звукового давления ВРЧ в фокальной плоскости т.е. в локальной области пространства, чем при использовании ПИ с плоским фронтом.

Расчет был проведен для высокочастотных волн накачки для воздушной среды, при различных радиусах фокусировки волн накачки.

Результаты расчета показали, что максимальное акустическое давление ВРЧ образуется на небольшом расстоянии от излучателя при небольшом радиусе фокусировки. Это объясняется тем, что в этом месте произошло наибольшее накопление нелинейных эффектов, а поглощение мало вблизи ПИ. С расстоянием процессы диссипации преобладают над нелинейными процессами, и происходит значительный спад уровней ВРЧ. В связи с процессами поглощения, максимальный уровень ВРЧ приходится на область фокуса до определенного радиуса фокусировки.

Полученные ВРЧ имеют достаточную интенсивность, поэтому взаимодействие ВРЧ, образованных двумя направленными ПИ с фокусированными пучками накачки способствует нелинейным процессам в слуховом аппарате человека, в результате особенного строения внутреннего уха [2]. Возможна скрытная передача информации по воздушному каналу. Пришедшие ультразвуковые, колебания от излучателей, взаимодействуют и преобразуются в определенную информацию, в результате нелинейности человеческого слуха.

1. Новиков Б. К., Руденко О. В., Тимошенко В. И. Нелинейная гидроакустика – Л.: Судостроение 1981-264 с.

2. Цвикер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приемник информации. Перевод с немецкого Б. Г. Белкина. М.: Связь 1970. 255 с.

МЕТОД ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ *IN SITU* ГИБРИДИЗАЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ СОЛЕННЫХ ОЗЕР ХАКАСИИ

В.С. Ефремова

Красноярский государственный университет

При изучении структуры водоема и в частности зоны хемоклина необходимо определять количественный и качественный состав микробных сообществ данной экосистемы. Возникает проблема специфического распознавания организмов, вплоть до вида.

Метод FISH посредством нуклеотидных зондов нацеленных на рибосомальную РНК (rRNA) используется для анализа структуры бактериальных сообществ в различных окружающих средах. Нуклеотидный состав рибосомных 16S РНК самых различных видов бактерий с самым различным составом ДНК очень мало варьируется, обнаруживая поразительное сходство. Однако, не консервативные участки рибосомных РНК специфичны для каждого конкретного вида бактерий. Такое свойство специфичности рРНК используется для исследований. Специфичные участки способствуют определению вида бактерий, например, пурпурные серные бактерии окрашиваются зондом GAM42a, а зеленые серные бактерии GSB532.

В качестве теста на специфичность нами были проведены эксперименты по гибридизации с зондами EUB338, GAM42a, GSB532, NON338 на чистой культуре пурпурных серных бактерий *Amoebobacter roseus*, выделенной из оз. Шира, а также на накопительной культуре зеленых серных бактерий из озера Шунет. В качестве отрицательного контроля для выявления неспецифического окрашивания использовался зонд NON338. В качестве отрицательного контроля для выявления аутофлуоресцентных свойств клеток использовались образцы без применения зондов. Нами была показана специфичность зондов к соответствующим группам и подобраны режимы гибридизации, что позволяет перейти к исследованию распределений этих организмов в хемоклине оз. Шира и оз. Шунет.

Работа была выполнена при поддержке

CRDF и научно-образовательного центра “Енисей”,

Шифр гранта: CRDF Award No.KY-002-X1.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Д.Ю. Рогозин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ В ДИАПАЗОНЕ 1 – 6,5 МКМ

А.Н. Солдатов^{1,2}, А.Г. Филонов³, А.В. Кузнецова^{1,2}, И.В. Сидоров¹

¹Томский государственный университет

²Западно-Сибирский филиал Российского государственного университета
инновационных технологий и предпринимательства

³Сибирский физико-технический институт

На сегодняшний день лазерная абляция в ИК-диапазоне активно исследуется в связи с возможностью аблирования живых тканей. Этот режим взаимодействия лазерного излучения с мишенью является перспективным методом в частности для хирургии, поскольку позволяет удалять биологическую ткань при минимальных побочных повреждениях, и что не мало важно, после подобной операции сокращается период реабилитации больных.

Анализ имеющихся литературных данных свидетельствует о том, что в определенных диапазонах лазерных параметров, например в области наносекундных импульсов и высоких интенсивностей, фундаментальные физические механизмы абляции до конца не понятны. Следует отметить, что в работе рассматривается резонансный механизм абляции, при котором абляция происходит из-за сильного поглощения излучения мишенью.

Основу лазерного оборудования, обеспечивающего получение мощного излучения на этих длинах волн для эффективного воздействия, составил многоволновой лазер на парах стронция (основные генерационные линии: 6.45; 3.06; 3.01; 2.92; 2.69; 2.60; 1.09 и 1.03 мкм) с наносекундной длительностью импульса генерации и энергией в импульсе 1 – 2 мДж [1].

Целью работы являлось экспериментальное исследование процесса лазерной резонансной абляции биологических тканей и полиамидов в области 1 - 6,5 мкм в зависимости от длины волны, частоты повторения импульсов и мощности лазерного излучения. Было отмечено, что линейная скорость абляции увеличивается с увеличением частоты повторения импульсов и при определенном значении частоты ее рост прекращается. При этом меняется характер и морфология аблированных кратеров и каналов.

1. Солдатов А.Н., Филонов А.Г., Ермолаев А.П., Кузнецова А. В. Разработка лазерной системы на длине волны $\lambda=6.456$ мкм для абляции полиамида с компьютерным управлением//Современные проблемы физики, технологий и инновационного развития: Сб. статей молодых ученых. - Томск: Изд-во ТГУ, 2004. – С.135 – 137.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. А.Н. Солдатов

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ ДНК С ОЛИГОНУКЛЕОТИДАМИ НЕСУЩИМИ НЕ-НУКЛЕОТИДНУЮ ВСТАВКУ

А.А. Ломзов

Новосибирский государственный университет

В настоящее время олигонуклеотиды находят широкое применение в качестве инструментов исследования молекулярно-биологических процессов и зондов для диагностики ДНК. Уникальность олигонуклеотидов и их производных обусловлена способностью их специфичного комплексообразования с комплементарными участками нуклеиновых кислот-мишеней.

Для эффективного использования олигонуклеотидов проводят предварительный расчет их комплексообразующих свойств, характеризуемых температурой плавления их комплексов с ДНК ($T_{пл}$), которая зависит от термодинамических параметров комплексообразования (ΔH^0 , ΔS^0 , ΔG^0).

В ИХБФМ СО РАН в качестве зондов для ДНК диагностики были предложены производные олигонуклеотидов, несущие нуклеотидную вставку на основе диэтиленгликоля (мостиковые олигонуклеотиды).

Целью работы являлось установление вкладов нуклеотидной вставки в энергию образования комплексов мостиковых олигонуклеотидов, и их параметризация, которая позволит предварительно рассчитывать стабильность модифицированных дуплексных структур. По данным термической денатурации олигонуклеотидных комплексов получены термодинамические параметры формирования дуплексных структур с участием как мостиковых (64 шт.), так и соответствующих нативных олигонуклеотидов (33 шт.). Показано, что вставка дестабилизирует спираль ДНК и величина этого эффекта существенно зависит от типа модифицированного динуклеотидного шага. Методом множественной линейной регрессии в рамках модели “ближайших соседей” выявлены величины вкладов нуклеотидной вставки в свободную энергию образования дуплексной структуры с участием мостиковых олигонуклеотидов. Относительная ошибка расчета величин ΔH^0 , ΔS^0 и ΔG^0 составляет 7%, 8% и 4%, соответственно. Точность предсказания температуры плавления комплексов составляет ± 1.6 °С.

Таким образом, в результате проделанной работы выявлена зависимость термодинамического эффекта вставки от структуры модифицированного динуклеотидного шага. Полученные данные позволяют проводить предварительный расчет стабильности ДНК/ДНК комплексов мостиковых олигонуклеотидов, содержащих вставку на основе диэтиленгликоля.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантами программы МКБ Президиума РАН и СО РАН № 126.

Научный руководитель – канд. хим. наук Д.В. Пышный

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СПЕКТРА ЯМР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ НУКЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Е.В. Малова

Казанский государственный университет

На сегодняшний день остается невыяснен вопрос биохимии - каким образом антитела взаимодействуют с нуклеиновыми кислотами. В последние годы метод ядерного магнитного резонанса все более активно используется при решении проблем биохимии. С его помощью возможно определить параметры структуры биологических молекул, выяснить характер движения их отдельных групп, изучить взаимодействие между молекулами. Преимуществом метода ЯМР является практически полное отсутствие влияния на исследуемый образец.

Получение спектра ЯМР высокого разрешения биологических молекул является нетривиальной задачей, так как основным растворителем для биологических образцов является вода-вещество содержащие большое количество протонов. В качестве подтверждения наших данных использовали спектры приведенные в работах Ф.Бови [1]. Вода дает сигнал ЯМР гораздо больший, чем сигнал от протонов биологических молекул. Поэтому в качестве растворителей обычно используют их дейтерированные аналоги где ^1H заменены ядрами ^2D . Но такая замена может приводить к изменению характера взаимодействия между молекулами и к нарушению нормального хода биохимических реакций.

В данной работе использовали методику основанную на различии времен релаксации протонов воды и протонов ДНК [1]. С помощью различных интервалов между импульсами, удалось получить спектры раствора ДНК, аденозинмонофосфата (АМФ), уридинмонофосфата (УМФ) в дистиллированной воде при нормальной температуре. Освоена методика регистрации спектра ЯМР раствора ДНК, позволяющая значительно ослабить фоновый сигнал растворителя и улучшить качество спектра. Проведена идентификация спектров нуклеотидов (АМФ, УМФ) на основе сравнения с данными литературы Ф.Бови [1]. Соответствие линии химических сдвигов с данными литературы подтверждает, что нами получены спектры ДНК в нормальных условиях. Показана адекватность использованных методик.

В перспективе по изменению характера спектра сможем судить об изменении конформации ее составных частей или другими словами об изменении химического окружения видимых на спектре групп.

1. Бови Ф.А. ЯМР высокого разрешения макромолекул. М.: Химия. 1977.

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. Д.А. Темников

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТОТЫ СРЕДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ В ДИНАМИКЕ

Е.А. Меркулова

Новосибирский государственный университет

Заболевания сердечно-сосудистой системы являются одними из самых распространенных в наше время, поэтому исследования ритмов сердца играет в биомедицинской физике немаловажную роль. До сих пор самым точным методом регистрации частоты сердечных сокращений принято считать электрический метод, регистрирующий сигнал с помощью электрокардиограммы сердца. Он имеет ряд недостатков в использовании, большие габариты прибора, сложность в применении и пр., но обладает неоспоримым преимуществом – точностью.

В связи с бурным развитием игровых биотехнологий возникла острая необходимость в использовании более удобных методов регистрации ЧСС. В лаборатории компьютерных систем биоуправления был разработан новый прибор, пульс детектор, регистрирующий ЧСС оптическим методом.. В связи с этим возникла новая задача – изучить, насколько точен новый метод регистрации ЧСС по сравнению со старым. Этот же метод регистрации ЧСС с помощью фотоплетизмограммы используется в ряде других приборах, но Пульс Детектор обладает неоспоримым преимуществом – он позволяет регистрировать сигнал пульсовой волны в течение длительного времени. А в игровом биоуправлении очень важно проследить динамику изменения функционального состояния, что возможно сделать только за какой-то достаточно длительный промежуток времени. Обычно период между двумя ударами сердца, кардиоинтервал, (величина, обратная ЧСС) усредняется по всему временному интервалу, в течении которого регистрировался сигнал и считается постоянным, что не отражает действительности. В Пульс Детекторе же считается текущее значение кардиоинтервала, т.е. непосредственно время между двумя соударениями сердца. Так сказать, «мгновенное значение кардиоинтервала». Понятия, «мгновенное значение кардиоинтервала» и «усредненное значение кардиоинтервала» аналогичны понятиям мгновенной и равномерной скорости в механике.

Задача изучения в сравнении оптического метода регистрации и является целью работы. Анализ отличий двух методов регистрации ЧСС, проводится на основе обширной экспериментальной базы с применением методов математической статистики. Проведено так же детальное исследование биофизических процессов, лежащих в основе природы происхождения сигналов и без которых невозможно понять суть происходящих явлений.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук О.А. Джафарова

КОЛОНКА ВИНОГРАДСКОГО КАК ИСКУССТВЕННАЯ СИСТЕМА ИМИТИРУЮЩАЯ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА В ХЕМОКЛИНЕ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА

Ю.С. Муратова

Красноярский государственный университет

В данной работе сделана попытка создания экспериментальной модели природной экосистемы, в частности для конкретного типа водоемов – меромиктических озер.

За прототип была взята колонка Виноградского (КВ), впервые описавшего подобную систему. Первым принципиальным отличием созданной нами системы является наличие вертикальной неоднородности содержания солей в водном столбе. Вторым принципиальным отличием является отсутствие твердой фазы, имитирующей донные отложения. Отсутствие ила на дне делает систему менее сложной, поскольку известно, что иловые отложения (даже искусственные) сами по себе являются вместилищем огромного разнообразия экологических ниш и связанных с ними микроорганизмов. Кроме того, градиент солености создает дополнительное условие существования планктонных микроорганизмов – наличие «жидкого дна», т.е. градиента плотности, позволяющего организмам и детриту «зависать» на определенной глубине.

Экспериментально показано, что за счет градиента солености возможно поддержание устойчивого градиента окислительно-восстановительных условий в водном столбе без донных отложений. Данное явление может быть использовано для создания особых условий культивирования микроорганизмов, населяющих зоны хемоклина стратифицированных водоемов. Показано, что данная система обладает хорошей воспроизводимостью в повторностях при одинаковых начальных условиях, что позволяет использовать ее в экспериментах для получения статистически достоверных данных. В зоне хемоклина в созданной нами системе доминирует та же группа фототрофных серных бактерий, что и озере Шунет (пурпурные серные бактерии рода *Lamprocystis*).

Таким образом, созданную нами модификацию КВ можно рассматривать как способ культивирования микроорганизмов в градиентных условиях и использовать в лабораторных экспериментах по исследованию взаимодействий планктонного сообщества (зоопланктона, фитопланктона, бактериопланктона) в зоне хемоклина стратифицированных водоемов.

Работа была выполнена при поддержке CRDF и научно-образовательного центра «Енисей», шифр гранта: CRDF Award №.KY-002-XI.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Д.Ю. Рогозин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗВУКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ

Е.А. Озонов

Новосибирский государственный университет

Метод биоуправления основан на эффекте биологической обратной связи. Целью биоуправления является отыскание оптимального статуса функционирования пациента по каким либо физиологическим величинам. Нейробиоуправление же является типом биоуправления, в котором физиологическими параметрами являются параметры электроэнцефалограммы (ЭЭГ) человека. Это могут быть мощность или амплитуда отдельных ритмов, их соотношение, когерентность и т.д. – то есть факторы, по которым можно объективно детерминировать то или иное функциональное состояние.

Эффективность нейробиоуправления зависит от того, насколько точно и быстро будет «натренирован» ЭЭГ паттерн оптимального статуса. Задача данного исследования состоит в разработке звуковой «подсказки» оптимального состояния, которая может способствовать эффективности тренинга. Такую подсказку я получил с помощью звукового преобразования тех ЭЭГ записей пациента, которые отражают его наилучшее функциональное состояние. Затем этот звуковой эквивалент наилучшего паттерна ЭЭГ предъявляли пациенту перед и во время сеансов нейробиоуправления.

В работе представлены результаты альфа-миографических тренингов, проводимых с применением бинауральной стимуляции в сравнении с контрольными данными – тренингами без использования «звуковой подсказки».

Научный руководитель – д-р биол. наук О.М. Базанова

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ БИОПЛЕНКИ

С.В. Пыльник

Томский государственный университет

Теоретическое моделирование протекания биологических процессов в биопленках [1, 2] тесно связано с целенаправленными экспериментами, цель которых не только тестирование разрабатываемых моделей, но и обеспечение расчётов величинами входящих в модели параметров. Кроме процессов потребления субстрата, роста и отмирания биомассы в биопленке, имеет место и процесс разрушения биопленки обтекающим потоком жидкости. Механизм разрушения далеко не ясен. Принято считать, что данный феномен является совокупностью трех процессов [3], ведущих к уменьшению толщины биопленки: чистая эрозия – поверхность фильма «шлифуется» потоком воды; сброс относительно больших фрагментов биомассы (связан, вероятно, с тем, что возникающие локальные напряжения превышают предел прочности биополимера именно на данном участке пленки); абразивный смыв (поток воды является многофазным: присутствуют твердые частички, способные разрушать материал биопленки).

Целью представляемой работы является экспериментальное подтверждение закона эрозии: $\frac{dL_f}{dt} = -rL_f$, где r – коэффициент эрозии, L_f – толщина биопленки; который был использован при моделировании развития биопленки в более ранних работах, в частности в [2].

После получения экспериментальных данных была найдена зависимость коэффициента эрозии от скорости омываемого потока жидкости, а также установлено, что использование выше представленного выражения при моделировании развития биопленки с учетом процесса эрозии правомерно.

1. Chang H.T., Rittmann B.T., Amar D., Ehlinger O., Lesty Y. // Biofilm detachment mechanisms in liquid-fluidized bed. *Biotechnol. Bioengr.* 38, 1991, pp.499-506.

2. Dueck J., Pylnik S., Minkov L. // Mathematical modelling of biofilm dynamics, 25-28 April 2004, Oostende, Belgium. ESEB 2004. pp.545-547.

3. Horn H., Reiff H., Morgengroth E. // Simulation of Growth and Detachment in Biofilm Systems Under Defined Hydrodynamic Conditions. *Biotechnol. Bioengr.* 81, 2003, pp.607-616

Научные руководители – d-r. rer. nat. J. Dueck (Германия), канд. физ.-мат. наук, доц. Л.Л. Миньков

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ОЛИГОНУКЛЕОТИДОВ ЗАДАННОЙ ДЛИНЫ ПО ЧАСТОТАМ
В ГЕНОМЕ *Encephalitozoon cuniculi*

Л.С. Солдатова
Красноярский государственный университет

Изучение статистических свойств нуклеотидных последовательностей позволяет проявить связь между их структурой (частотным словарём) и функцией (кодируемым белком или регуляторной функцией и проч.). Основным инструментом этих исследований является частотный словарь — список всех слов (подпоследовательностей) длины q нуклеотидов с указанием их частот. Известно, что нуклеотиды расположены вдоль по геному неслучайно, порядок в чередовании слов различной длины изучен меньше. Важным здесь является изучение наблюдаемого распределения слов одинаковой длины по числу копий (по частотам) [1].

Исследовалось распределение слов длины от 3 до 8 нуклеотидов, наблюдаемое в геномах различных организмов, по их частотам. Для этого составлялся частотный словарь, и затем изучалось распределение слов в нём по частотам. Основной задачей исследования было определение вида этого распределения. Для анализа был взят геном *Encephalitozoon cuniculi* (11 хромосом), для которого изучалось распределение слов указанной длины. Для каждого слова определялась как его реальная частота — по числу копий в геноме, так и ожидаемая [2]. Отношение реальной и ожидаемой частот называется информационным значением слова.

Распределения реальных частот и информационного значения были проанализированы по следующим параметрам распределения: среднее значение, медиана, мода, frequency of mode, минимум, максимум, стандартное отклонение, асимметрия и эксцесс.

1. Yu Shi, I.Kanter, D.Kessler Distributions of triplets in genetic sequences // *Physica A* 252 (1998) 48–60.

2. Садовский М.Г., Солдатова Л.С. Некоторые особенности распределения олигонуклеотидов по их частотам в геноме // *Математика. Компьютер. Образование*, 2005, №12, с.216.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук М.Г. Садовский

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗМА

И.В. Фомичева

Новосибирский государственный технический университет

Ранее проведённые исследования работы кровеносной системы относились к усреднённым антропометрическим характеристикам человека и не учитывали некоторые особенности морфологического строения. Вместе с тем для практических нужд наибольшее значение имеют конкретные особенности организма для различных возрастов, типа конституции, пола, а также состояния организма: гиподинамия, система мать-плод.

В настоящей работе был собран материал и выполнен анализ экспериментальных данных в области морфологических особенностей элементов кровеносной системы. На основании обзора сделана попытка обобщить данные об изменении с возрастом, полом и состоянием организма человека диаметров, длин аорты и основных артерий, артериол и капилляров, а также минутного объема крови, артериального давления в большом и малом круге кровообращения. Кроме того, собраны данные об особенностях конституции организма: рост, вес, пропорции тела.

Во второй части сделана модификация системы уравнений по расчету гемодинамических параметров большого круга кровообращения, направленное на включение в расчет морфологических особенностей аорто-артериального участка и тканей организма с учетом возраста, пола и состояния организма. Разработанный алгоритм позволяет определять давления и расходы крови на все основные органы человека.

В заключение приведено описание результатов первичных исследований, выполненных по предложенной модели. Исследовано влияние гидростатического столба жидкости на давление крови в участках сосудистого русла. Выполнено сравнение моделей расчета: без учета аорто-артериального участка (ААУ), с учетом ААУ, с учетом ААУ и артериол. Проведена проверка достоверности данной модели на примере двух тканей организма - головного мозга и миокарда. Отдельное исследование посвящено изучению особенностей распределения крови в системе мать-плод при наличии гиподинамии. Показана чувствительность и возможности предложенной модели.

Результаты расчетов качественно и количественно согласуются с известными физиологическими данными и дают представление о локальных особенностях распределения крови и давлений в организме человека.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. А.В. Чичиндаев

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНДУЦИРОВАННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ ГОДА

Л.А. Шульгина

Томский государственный университет

Работа посвящена созданию дистанционного оптического метода для выявления и исследования патологий в развитии древесных растений, а также ранних стадий угнетения при отсутствии внешних признаков такого угнетения. Известно, что спектр флуоресценции древесных растений имеет два характерных максимума на длинах волн 685 нм и 740 нм, а ответственным за красную область флуоресценции клеток является основной пигмент растений – хлорофилл [1]. Основная идея разрабатываемого метода в том, что молекулы хлорофилла могут служить естественным флуоресцентным датчиком, несущем информацию о структурно – функциональном состоянии фотосинтетического аппарата в интактной растительной клетке и, косвенным образом, о физиологическом состоянии самого растения.

В работе, на основе экспериментальных данных анализируется возможность зондирования хвойных лесов в холодное время года с помощью лазерно-индуцированной флуоресценции хлорофилла. В качестве объекта исследования была выбрана наиболее распространенная в Западной Сибири порода хвойных деревьев – сосна обыкновенная. Экспериментальные исследования были проведены с использованием лидара. Возбуждение флуоресценции проводилось второй гармоникой Nd:YAG лазера с длиной волны 532 нм, энергия лазерного излучения в импульсе не превышала 20 мДж. Спектральная регистрирующая аппаратура позволяла измерять интенсивности сигналов флуоресценции на двух длинах волн 685 нм до 740 нм с шириной полосы не меньше 10 нм, фиксируя максимум, а также на опорной длине волны 532 нм. Согласно нашей методике измерялось отношение линии флуоресценции хлорофилла на длине волны 685 нм к интенсивности опорного сигнала на длине волны 532 нм, и отношение 740 нм к 532 нм.

Обобщение результатов исследований показало, что температура окружающей среды не влияет на сигнал флуоресценции на длине волны 685 нм, но имеется существенная температурная зависимость для сигнала на длине волны 740 нм.

1. Lichtenthaler H. K. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants// J. Plant Physiol. 1996. Vol.148. P.4-14.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Г.Г. Матвиенко

КВАНТОВАЯ ОПТИКА

ИМПУЛЬСНЫЙ ИНДУКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР НА КРАСНЫХ ЛИНИЯХ АТОМОВ ФТОРА

Д.С. Чуркин

Новосибирский государственный университет

Для получения лазерной генерации на электронных переходах атомов и молекул предложено использование возбуждения газов индукционным разрядом. Для создания объемного индукционного разряда разработана и создана схема импульсного возбуждения, состоящая из LC – инвертора с искровым разрядником в качестве коммутатора, индуктора и разрядной трубки с внутренним диаметром 2 см и активной длиной 40 см. Лазер работал с частотой следования 1 – 5 Гц. В качестве активной среды использовалась газовая смесь $He:F_2 - 20:1$. Суммарная емкость конденсаторов в LC – инверторе была 50 нФ и заряжалась до напряжения 20 – 25 кВ. Резонатор был образован задним плоским Al зеркалом и передней плоскопараллельной пластиной.

В диапазоне давления 4 – 20 торр была получена генерация на переходах атомов фтора в красной области спектра в режиме сверхсветимости. Генерация наблюдалась на четырех линиях ($7057,5 \text{ \AA } 3p^2P^0_{3/2} \rightarrow 3s^2P_{3/2}$, $7127,9 \text{ \AA } 3p^2P^0_{1/2} \rightarrow 3s^2P_{1/2}$, $7202,3 \text{ \AA } 3p^2P^0_{3/2} \rightarrow 3s^2P_{1/2}$, $7311,0 \text{ \AA } 3p^2S^0_{1/2} \rightarrow 3s^2P_{3/2}$). Соотношение интенсивностей линий генерации зависело от состава смеси и давления.

Таким образом, создан первый импульсный индукционный лазер, работающий на красных линиях атомов фтора.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук А.М. Ражев

ВЫПОЛНЕНИЕ УСЛОВИЙ ФАЗОВОГО СИНХРОНИЗМА В НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛАХ $\text{LiIn}(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$

Е.П. Коцюбинская
Томский государственный университет

В последние годы продолжается поиск новых нелинейных кристаллов на основе тройных халькогенидов типа $\text{A}^1\text{B}^3\text{C}^6_2$, где $\text{C}=\text{Se}, \text{S}$ с высокой квадратичной нелинейностью и широким диапазоном прозрачности. В $\text{A}^1\text{B}^3\text{C}^6_2$ при замене атомов серы на атомы селена область прозрачности смещается в длинноволновую часть спектра, при этом также увеличивается нелинейная восприимчивость. Однако, упомянутые кристаллы в общем случае не позволяют выполнить условия не критичного фазового синхронизма для любой выбранной заранее длины волны накачки. Для решения этой проблемы наиболее подходят четырехкомпонентные двусосные кристаллы смешанного типа, представляющие собой твердые растворы исходных трехкомпонентных кристаллов. Они позволяют увеличить возможность одновременного выполнения условий фазового и группового синхронизмов. Это важно для преобразования частоты сверхкоротких импульсов.

В данной работе установлены коэффициенты дисперсионных уравнений Сельмейера, рассчитаны, построены и проанализированы диаграммы фазового синхронизма. Исследовано влияние процентного состава элемента C^6 (теллура, серы и селена) на реализацию условий синхронизма при параметрической генерации с накачкой излучением $\text{YAG}:\text{Ho}^{3+}$ ($\lambda=2,1$ мкм) лазера, $\text{YAG}:\text{Nd}$ ($\lambda=1,064$ мкм) и генерации второй гармоники CO_2 лазера. Также были написаны программы для расчетов угла сноса излучения и угловые ширины синхронизмов от угла синхронизма [1]. Усложнение состава кристаллов дает возможность варьировать в достаточно широком диапазоне их физические свойства и удовлетворять требованиям, предъявляемым на практике к нелинейным средам [2].

-
1. Petrov V., Badikov V, Shevyrdyaeva G., Panyutin V., Chizhikov V. Phase-matching properties and optical parametric amplification in single crystals of AgGaGeS_4 // Opt. Materials. 2004. V. 26. P. 217-222
 2. Гейко П.П., Коцюбинская Е.М. Оптические свойства и условия фазового синхронизма в твердых растворах $\text{AgGa}(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$. Межд. конф. «Современные проблемы физики и высокие технологии», Материалы, Томск, 2003, с.224-226.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, доц. П.П. Гейко

МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСИДНЫХ СТЕКОЛ, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ ДИСПРОЗИЯ

В.А. Исаченко, А.Л. Сухачев

Красноярский государственный университет

В последнее время стала актуальна проблема создания эффективных магнитооптических элементов для ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов. Эффективность магнитооптических элементов определяется сочетанием больших значений эффекта Фарадея с достаточно высокой прозрачностью материала в соответствующем диапазоне.

В представленной работе изучено оптическое поглощение для ряда электронных f-f переходов в ионах Dy^{3+} в стеклянных матрицах: ($P_2O_5-SiO_2-GeO_2$) и ($La_2O_3-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-GeO_2$). Концентрация Dy составляла 34.82 масс %, 42.31 масс % в первом случае (образцы Dy1 и Dy2, соответственно) и 61.81 масс % во втором случае (образец Dy3). Исследуемые стекла были изготовлены в ГОИ (Санкт-Петербург).

Были сняты спектры поглощения образцов Dy1-3 в УФ и ИК диапазонах. В УФ области спектра разрешено 7 полосы поглощения, которые мы сопоставили со следующими переходами: E1: ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4F_{9/2}$, E2: ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$, E3: ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4G_{11/2}$, E4: ${}^6H_{15/2} \rightarrow ({}^4F_{7/2} + {}^4I_{13/2})$, E5: ${}^6H_{15/2} \rightarrow ({}^4P_{3/2} + {}^4D_{3/2})$, E6: ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^6P_{7/2}$, E7: ${}^6H_{15/2} \rightarrow ({}^4G_{9/2} + {}^6P_{3/2})$. В ИК области: E8: ${}^6H_{15/2} \rightarrow ({}^6F_{1/2} + {}^6H_{5/2})$, E9: ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^6F_{5/2}$, E10: ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^6F_{3/2}$.

Отметим практически полное совпадение спектров для образцов Dy1 и Dy2 с одинаковой матрицей. Спектры образцов с разными матрицами отличаются по величине поглощения, но центры переходов соответствуют тем же энергиям. Сильное влияние матрицы на величину поглощения свидетельствует об изменении ближайшего окружения ионов Dy^{3+} и увеличении некубической составляющей кристаллического поля.

Для этих же образцов был измерен магнитный круговой дихроизм (МКД). Сравнение спектров поглощения и МКД, показывает совершенно необычное поведение МКД. Если интенсивность поглощения полосы E1 значительно меньше чем полосы E4, то значения МКД на этих двух переходах практически равны. Аналогичная ситуация имеет место и в инфракрасной области спектра. Интенсивность полосы поглощения E9 существенно меньше, чем полосы E8, а отношение площадей контуров под максимумами МКД противоположно. Такое поведение противоречит установленному представлению о том, что величина магнитооптических эффектов пропорциональна силе осциллятора соответствующего электронного перехода и разности заселенностей подуровней основного состояния. Рассматриваются возможные механизмы такого поведения.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, доц. И.С. Эдельман

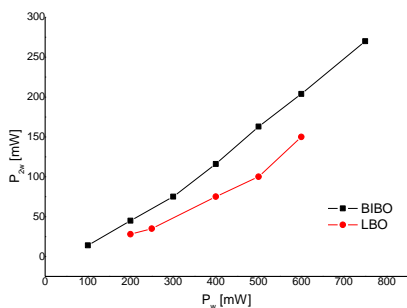
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ВНЕШНЕГО УДВОИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НЕПРЕРЫВНОГО Ti:SAPPHIRE ЛАЗЕРА

А.О. Завьялов

Новосибирский государственный университет

Необходимость в коротковолновом лазерном излучении стимулирует развитие устройств и методов по удвоению частоты. Прямая генерация непрерывного перестраиваемого узкополосного (или одночастотного) излучения в синем и УФ диапазонах спектра с длинами волн менее 450-430 нм трудно достижима, поэтому устройства и методы удвоения частоты имеющихся лазеров видимого и ближнего ИК диапазонов спектра являются хорошей альтернативой для генерации непрерывного излучения в синем и УФ диапазонах спектра.

Задачей данной работы было исследование режимов генерации второй гармоники излучения непрерывного одночастотного Ti:Sapphire лазера во внешнем резонаторе с нелинейными кристаллами LBO и ВВО. Используемая в работе длина волны излучения Ti:Sapphire лазера вблизи 850 нм была обусловлена необходимостью получения эффективной генерации на длине волны ~ 425 нм, необходимой для задач лазерного охлаждения атомов Sr.



В проведенных экспериментах с кристаллами LBO и ВВО получены следующие результаты. Коэффициент увеличения K для пустого резонатора составлял 130, для резонатора с кристаллом, но без генерации второй гармоники $K=123$ (ВВО), $K=100$ (LBO). Максимально достигнутая эффективность преобразования составила 25 %, для кристалла LBO при мощности накачки $P_w=600$ мВт на длине волны 844 нм. Для кристалла

ВВО эффективность преобразования составила 36 % при $P_w=750$ мВт на длине волны 854 нм. Измеренные коэффициенты γ составили $\gamma_{ВВО}=7.5 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}^{-1}$, $\gamma_{LBO}=6.5 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}^{-1}$.

Полученная максимальная мощность излучения второй гармоники с кристаллом ВВО (270 мВт) существенно превышает достигнутую ранее (130 мВт).

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С.М. Кобцев

НИЗКОЧАСТОТНАЯ ЧАСТЬ СПЕКТРА КРС В ТАНТАЛАТЕ ЛИТИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А.Г. Кузнецов

Новосибирский государственный университет

В работе исследованы спектры комбинационного рассеяния света (КРС) в сегнетоэлектрическом кристалле танталата лития ($T_c=878$ К).

Спектры КРС в танталате лития измерены при различных температурах от 300 до 1273 К. Был получен спектр в диапазоне частот от 4 до 500 см^{-1} . Кроме этого, спектр КРС был измерен при двух различных конфигурациях кристалла: $x(zz)y$ и $x(yz)y$. В первой конфигурации в спектре КРС проявляются моды $A_1(TO)$ симметрии, модулирующие сегнетоэлектрическую поляризацию, во второй – проявляются моды E – симметрии.

Целью проделанной работы было: исследование поведения мягкой моды и центрального пика как функции температуры, причем особое внимание было уделено температурам вблизи точки фазового перехода, где спектры снимались с интервалом температур ~ 5 К.

Полученные спектры КРС проанализированы в рамках модели затухающего осциллятора. Показано, что центральный пик, отражающий релаксацию колебаний, наблюдается в обоих сегнетоэлектрических фазах. При температурах меньших 800 К интенсивность и ширина центрального пика увеличиваются с ростом температуры.

Эти результаты показывают недостаточность стандартных моделей для описания центрального пика в сегнетоэлектриках, которые предсказывают уменьшение ширины центрального пика с ростом температуры ниже фазового перехода.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Н.В. Суровцев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ БЫСТРОЙ РЕЛАКСАЦИИ И БОЗОННОГО ПИКА В СТЕКЛЕ СЕЛЕНА

И.В. Проць

Новосибирский государственный университет

Изучены спектры Комбинационного рассеяния света (КРС) в стеклющемся материале селена в температурном диапазоне от 80 до 342 К. Температура стеклования селена около 300 К.

Низкочастотная часть спектра КРС в стеклах имеет две характерные особенности: колебательный спектр (бозонный пик) и, так называемое, квазиупругое рассеяние света (КУРС). Известно, что последнее отображает процессы быстрой, равновесной релаксации в аморфных структурах.

Целью работы являлось исследование низкочастотной части спектра, отражающего динамику материала на нанометровом масштабе. Были получены спектры вплоть до $\sim 5 \text{ см}^{-1}$, что позволило проанализировать параметры КУРС.

Из анализа спектров в рамках модели затухающего осциллятора были определены: сдвиг колебательного спектра с ростом температуры, интенсивность спектра быстрой релаксации и его ширина.

Показано, что интенсивность быстрой релаксации при температурах выше комнатной резко возрастает с увеличением температуры, а затем выходит на некоторый постоянный уровень при температурах $\sim 360 \text{ К}$.

Такое поведение находится в согласии с данными ранее исследованных стекол As_2S_3 и V_2O_3 .

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Н.В. Суровцев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО БРИЗЕРА С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОГО УШИРЕНИЯ РЕЗОНАНСНОГО КВАНТОВОГО ПЕРЕХОДА

Н.А. Дружинина

Саратовский государственный технический университет

Самоиндуцированная прозрачность [1] (СИП) является классическим примером нестационарных оптических процессов в резонансных средах. Теоретический анализ [2,3] показал, что СИП возникает не только при формировании оптического солитона 2π -импульса, но и при формировании особого вида 0π -импульса с огибающей бризерного типа. Экспериментальное изучение эволюции такого импульса в рубиновом стержне было выполнено в работе [4]. Ряд основополагающих теоретических результатов по описанию оптических бризеров был получен с использованием метода обратной задачи рассеяния для решения системы уравнений Максвелла-Блоха. Однако некоторые важные особенности эволюции 0π -импульсов, например, в случае квазирезонансного взаимодействия их с квантовым переходом, не были изучены.

В представленном сообщении приводятся итоги численного моделирования эволюции 0π -импульса в среде с неоднородным уширением резонансного квантового перехода. Основное внимание уделяется процессу формирования СИП из входного 0π -импульса как при точном резонансе взаимодействия излучения с квантовым переходом, так и в квазирезонансном случае. В качестве основы моделирования используется численное решение краевой задачи для уравнений, описывающих эволюцию медленных огибающих напряженности электрического поля импульса, состоящего из двух 2π -импульсов с разными несущими частотами. Представлены результаты численного анализа, относящиеся к эксперименту, описанному в работе [4]. Показано, что в этом эксперименте регистрировался оптический бризер на стадии превращения в затухающий 0π -импульс ввиду наличия необратимой релаксации.

-
1. McCall S.L., Hahn E.L. *Phys. Rev.*, **183**, 457 (1969).
 2. Lamb G.L., Jr. *Rev. Mod. Phys.*, **43**, 99 (1971).
 3. Hopf F.A., Lamb G.L., Jr., Rhodes C.K., Scully M.O. *Phys. Rev. A*, **3**, 758 (1971).
 4. Diels J.C., Hahn E.L. *Phys. Rev., A*, **10**, 2501 (1974).

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук, доц. О.М. Паршков, канд. физ.-мат. наук, доц. А.Е. Дмитриев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ДВОЙНОГО РЕЗОНАНСА В СХЕМЕ С ОБЩИМ ВЕРХНИМ УРОВНЕМ ПРИ НЕОДНОРОДНОМ УШИРЕНИИ КВАНТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

А.В. Волков

Саратовский государственный технический университет

Двойной резонанс — т.е. взаимодействие двухчастотного лазерного излучения с двумя резонансными квантовыми переходами, имеющими общий уровень, давно служит предметом экспериментальных и теоретических исследований [1]. Нестационарный режим этого явления возникает при длительностях импульсов, сравнимых или значительно меньших времен необратимой релаксации квантовых переходов. Теоретическое исследование нестационарного двойного резонанса при неоднородном уширении линий квантовых переходов породило в оптике понятие симултонов [2,3,4].

Цель представленного сообщения — численное моделирование нестационарного двойного резонанса в схеме с общим верхним уровнем в спектрально-неоднородной среде. Интересуясь только когерентными эффектами взаимодействия излучения со средой, мы игнорировали процессы необратимой релаксации. Рассматриваются как случай резонанса типа комбинационного рассеяния между частотами лазерных импульсов и частотами резонансных квантовых переходов, так и случай отклонения от резонанса этого типа. Показано, что при резонансе типа комбинационного рассеяния энергия импульса накачки расходуется на создание одного импульса на сигнальной частоте. В противном случае истощение импульса накачки сопровождается возникновением двух сигнальных импульсов, имеющих различные несущие частоты и распространяющихся в среде с различными скоростями.

1. Шимода К. В кн. *Лазерная спектроскопия атомов и молекул* (под ред. Г. Вальтера) (М: Мир, 1979 с. 236).

2. Большов Л.А., Елкин Н.Н., Лиханский В.В., Персианцев М.И. *Письма в ЖЭТФ*, **39**, 360 (1984); *Опт. Соттин.*, **51**, 201 (1984); *ЖЭТФ*, **88**, 47 (1985).

3. Большов Л.А., Лиханский В.В., Персианцев М.И. *ЖЭТФ*, **84**, 903 (1983).

4. Маймистов А. И. *Квантовая электроника*, **11**, 567 (1984).

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук, доц. О.М. Паршков, канд. физ.-мат. наук, доц. А.Е. Дмитриев

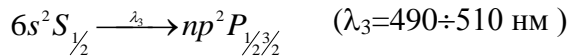
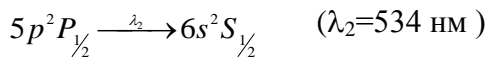
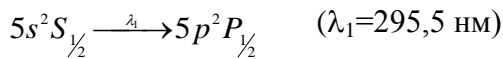
РИДБЕРГОВСКИЕ СПЕКТРЫ АТОМОВ СЕРЕБРА

А. Зохидов

Самаркандский государственный университет

Во всех аналитических экспериментах, проводимых на атомно-молекулярном уровне, начальным этапом исследования является определение спектроскопических параметров анализируемых элементов, таких как время жизни уровней, сила осцилляторов, сечение квантовых переходов, квантовых дефектов и тонких структурных состояний. Эти параметры позволяют определить оптимальные схемы возбуждения и ионизацию атомов лазерным излучением [1].

В данной работе сообщается о результатах исследования главных серий атомов серебра. Анализ диаграмм энергетических уровней и спектров показывают, что оптимальным являются трехступенчатые схемы возбуждения, как [2]



Для возбуждения квантовых переходов использованы узкополосные перестраиваемые лазеры на красителях, ширина линии которых равно $\Delta\nu_\lambda = 0,1\text{см}^{-1}$.

В результате обработки полученных спектров были определены значения энергий новых квантовых состояний с $n = 5 \div 40$. Найденные состояния отождествлялись с помощью квантовых дефектов, которые в среднем равнялись $\Delta = 3,01$.

Полученные результаты дают полезную информацию, для химиков-аналитиков и спектроскопистов при лазерном спектральном анализе.

1. Эшкобилов Н.Б. /Ж.П.С./ 2002, т.69, №3, с.411-413.

2. Козлов М.Г. Спектры поглощения паров металлов в вакуумном ультрафиолете. - М.: 1981, с.199-207.

Научный руководитель – проф. Н.Б. Эшкобилов

УДВОЕНИЕ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАЦИИ В ШИРОКОАПЕРТУРНОМ АРГОНОВОМ ЛАЗЕРЕ

С.Р. Абдуллина¹, С.А. Бабин¹, А.А. Власов², С.И. Каблуков¹
Институт автоматики и электрометрии СО РАН¹
Новосибирский государственный университет²

В настоящее время развитие технологии записи брегговских решёток интерференционными методами в волоконно-оптических системах связано с использованием непрерывных источников ультрафиолетового излучения. К ним предъявляют следующие требования: оптимальная для фотомодификации германосиликатных волокон длина волны ~ 240 нм, высокое качество пучка и мощность в сотни милливатт. Наиболее оптимальный путь для реализации этих требований – удвоение частоты излучения аргонового лазера в кристалле ВВО (бетаборат бария). Удвоение во внешнем резонаторе обеспечивает высокое качество пучка и длину когерентности 1-5 м ультрафиолетового излучения. При этом достаточно сложно обеспечить высокую мощность. При внутррезонаторном удвоении мощность второй гармоники значительно выше, и такой источник проще в эксплуатации. Меньшая длина когерентности (2-5 см) достаточна для решения большого круга задач. Коммерческая система “Coherent Innova Sabre Fred”, с внутррезонаторным удвоением, обеспечивает уровень мощности на длине волны 244 нм в 0.5 Вт. Выходная мощность на длине 488 нм - 6.5 Вт, и, соответственно, эффективность преобразования во вторую гармонику $\sim 8\%$.

В данной работе представлены результаты численного моделирования и экспериментального исследования четырёхзеркальной Z-схемы резонатора. Нами была продемонстрирована возможность значительного заполнения основной модой апертуры усиливающей среды одновременно с оптимальной фокусировкой в кристалл. Таким образом, в полной мере были использованы преимущества широкоапертурного лазера. Была реализована конфигурация резонатора с кристаллом длиной 1 см и с разрядной трубкой длиной 1 м. Проведено экспериментальное исследование области устойчивости и параметров фокусировки в кристалл. В результате оптимизации параметров достигнута мощность излучения на длине волны 244 нм ~ 1 Вт, а эффективность преобразования составила 18%, что в два раза больше аналогов.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С.И. Каблуков

ВЫНУЖДЕННОЕ БРИЛЛЮЭНОВСКОЕ РАССЕЯНИЕ ОДНОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОПТОВОЛОКНЕ

А.Е. Исмагулов

Новосибирский государственный университет

Известно, что нелинейные процессы рассеяния становятся значительными в оптическом волокне вследствие того, что излучение распространяется в малом сечении и на больших расстояниях без существенного поглощения. Так эффект вынужденного рассеяния Манделштама-Бриллюэна (ВРМБ) ограничивает проходящую через волокно мощность излучения с узким спектром, причем чем уже спектр, тем сильнее оказываемое влияние. Именно этот эффект является главным фактором, снижающим эффективность оптоволоконных усилителей[1]. Его изучение также представляет интерес для разработки оптоволоконных лазеров для нелинейной спектроскопии.

В этой работе нами изучался эффект ВРМБ для излучения со сверхузким спектром. Излучение Nd:YAG лазера с диодной накачкой (мощность до 1Вт, длина волны ~ 1064 нм, ширина спектра ~ 1 кГц) заводилось в одномодовое волокно с эффективностью $\sim 60\%$. Длина волокна L варьировалась. Мощность ВРМБ-излучения измерялась с помощью оптоволоконного ответвителя, отделяющего от основного пучка $\sim 1\%$ мощности. Для изучения спектра использовался сканирующий интерферометр Фабри-Перо. Заметное бриллюэновское отражение на сдвинутой частоте (≈ 17 ГГц) наблюдалось в 100-метровом волокне и составляло 10% от мощности введенного в волокно излучения. В волокне с длиной ≈ 1300 м отражение достигает 90%, при этом проходящая мощность насыщается на уровне $P(L) \approx 55$ мВт. Получено простое аналитическое выражение, описывающее эффект ВРМБ в среде без поглощения, которое согласуется с измерениями со 100-метровым волокном. Поведение эффекта в среде с поглощением описывается с помощью численного решения системы дифференциальных уравнений. Измерена ширина спектра бриллюэновского излучения (< 70 МГц), что хорошо согласуется с другими исследованиями[2].

1. A. Liem, J. Limpert, H. Zellmer, A. Tunnermann, Opt. Lett., 28, 1537-1539 (2003)

2. Yenyay, J.-M. Delavaux, J. Toulouse, *Spontaneous and Stimulated Brillouin Scattering Gain Spectra in Optical Fibers*, Journ. Of Light. Tech., 20(8), 1425-1432(2002).

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. С.И. Кабулков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ОПАЛОВ

И.А. Кучин

Новосибирский государственный университет

Фотонные кристаллы (ФК) – новый класс оптических материалов с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью, и характеризующихся наличием фотонной запрещенной зоны. Одним из классических примеров ФК являются синтетические опалы, представляющие собой трехмерную структуру, состоящую из плотно упакованных кварцевых шариков, диаметр которых соизмерим с длиной волны света. Технология их получения не гарантирует формирования строго заданной (например, гранцентрированной) кристаллической структуры. В связи с этим цель работы состояла в идентификации кристаллической структуры экспериментальных образцов опалов и определении степени ее совершенства путем анализа спектральных характеристик.

Исследованы несколько образцов синтетического опала, изготовленных в ИМиП СО РАН. Измерения спектров отражения выполнены в НИОХ СО РАН на компьютеризированном спектрофотометре. На рис. 1 представлен пример такого спектра. Помимо основного пика отражения, характеризующего наличие выраженной периодичности в направлении зондирования, виден дополнительный пик, свидетельствующий о присутствии структуры иного порядка.

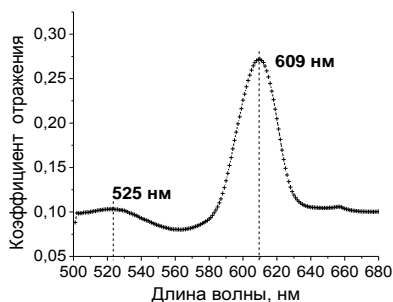


Рис.1. Спектр отражения синтетического опала.

Используя теоретические и модельные представления о строении опалов [1], сделаны оценки диаметра шариков и предположения о принадлежности наблюдаемых спектральных характеристик конкретным кристаллографическим осям.

Поскольку исследованные образцы не обладают пространственной однородностью, дальнейший интерес представляет создание и исследование тонких пленок синтетических опалов толщиной до 10 мкм.

1. A. Reynolds, et al. Spectral properties of opal-based photonic crystals having a SiO₂ matrix. Phys. Rev. B, v. 60, n. 16, pp.422-426 (1999).

Научный руководитель – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Е.Ф. Пен

РАДИОФИЗИКА

ПОГРЕШНОСТИ МНОГОТОЧЕЧНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ СХЕМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

И.Н. Ваулин

Томский государственный университет

В работе [1] исследовалась точность симметричной разностной трехточечной схемы численного решения параболического уравнения. Очевидно, что при увеличении порядка схемы должна увеличиваться точность расчетов. Основной трудностью при этом является достаточно обоснованный выбор коэффициентов многоточечной схемы (схемы высших порядков).

Цель работы - поиск наилучших значений этих коэффициентов и оценка точности схем высших порядков. Критерий точности - близость аналитической и численной функций Грина. Для этого ввели: а) коэффициент корреляции $|r|$; б) относительную среднеквадратическую ошибку σ .

При расчете погрешностей численных схем применялась методика анализа цифровых фильтров. Входные значения фильтров - значения напряженности электромагнитного поля в начале трассы, а выходные – значения в конце трассы. Основная задача – выбор весовых коэффициентов g ; цифровых фильтров соответствующих численных схем. Для этого коэффициент передачи фильтра аналитической схемы разложили в ряд Фурье. Коэффициенты разложения S_j предлагалось использовать в качестве коэффициентов многоточечной симметричной численной схемы. Пример результатов приведен в таблице (длина волны 0,1 м, шаг по высоте 0,25 м, ширина ДН около 3° , шаг по дальности 160 м). Для схем 200-го порядка $\sigma \approx 0,1$, $|r| \approx 0,996$, то есть предложенный метод пригоден для схем высших порядков.

Таблица – Точность разностной схемы 11-го порядка

Критерии точности	Дальность			
	5 км	50 км	100 км	200 км
$ r $, ед	0,69	0,287	0,305	0,259
σ , ед	1,717	1,411	1,398	1,445

1. Абрамов П.В., Акулиничев Ю.П., Ваулин И.Н. Выбор коэффициентов схемы Кранка – Николсон численного решения параболического уравнения. Научная сессия ТУСУР – 2003. Материалы региональной научно-технической конференции, Томск, Россия, часть 1, 2003г., с. 3 – 5.

Научный руководитель - д-р техн. наук, проф. Ю.П. Акулиничев

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СПЕКТРОВ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГЕКСАФЕРРИТОВ НЕРЕГУЛЯРНЫМ МИКРОПОЛОСКОВЫМ РЕЗОНАТОРОМ

О.А. Доценко

Томский государственный университет

В настоящее время возникла острая необходимость в магнитных материалах, способных работать в микроволновой области электромагнитного излучения, так как их использование в этом частотном диапазоне позволяет снизить размеры, уменьшить вес радиоустройств и энергопотребление. Они необходимы в качестве магнитных сердечников, а также для обеспечения электромагнитной совместимости. В первом случае требуются высокие значения действительной составляющей магнитной проницаемости, а во втором – большие значения мнимой составляющей. Этим противоречивым требованиям удовлетворяют ферриты с гексагональной структурой, которые проявляют магнитные свойства вплоть до 40 ГГц, в отличие от ферритов со структурой шпинели.

Мы исследуем поведение спектров магнитной проницаемости гексаферрита CoZnW в диапазоне температур $\pm 60^\circ\text{C}$. Измерение комплексной магнитной проницаемости $\mu^* = \mu' - i\mu''$ производится в диапазоне частот от 200 МГц до 1 ГГц. Для проведения электромагнитных измерений этот участок неудобен, так как находится на стыке методов с распределенными и сосредоточенными параметрами. В качестве измерительной ячейки используется нерегулярный микрополосковый резонатор, в котором на четных модах колебаний в воздушной полости располагается пучность магнитного поля и узел электрического. Широкополосность достигается применением набора резонаторов и использованием метода вариации частоты. Для скорости сбора данных и качества обработки результатов применяется персональный компьютер (ПК) [1].

В гексаферрите CoZnW в выбранной области температур и частот μ' изменяется в пределах $5,1 \div 10,7$ отн.ед., а $\mu'' - 0,2 \div 3,7$ отн.ед. Доверительные интервалы составляют для $\mu' - 10\%$ и $\mu'' - 20\%$ при доверительной вероятности 0,95.

1. Сусяев В.И., Журавлев В.А., Кочеткова Т.Д., Судаков С.В. Автоматизированная установка для исследования температурной зависимости спектров диэлектрической проницаемости полярных жидкостей в диапазоне 0.1–1.25 ГГц // Приборы и техника эксперимента.– 2003.– №5.– с. 1-5.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. В.И. Сусяев

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

А.В. Дружков

Новосибирский государственный университет

Для установки электронного охлаждения (г. Ланджоу, Китай) в ИЯФ СО РАН был разработан высоковольтный источник со следующими параметрами: выходной ток – до 3 мА, выходное напряжение – до 300 кВ с уровнем пульсаций не выше 10^{-5} и нестабильностью 10^{-5} .

Основу источника составляет многосекционный выпрямитель с возбуждением через конструктивные емкости (динаметрон). Его питание осуществляется от высокочастотного инвертора с собственным стабилизированным источником, повышающего трансформатора и резонансного контура.

Частота выходного сигнала инвертора может регулироваться от 300 до 400 кГц, амплитуда – до 150 В. Максимальное напряжение на резонансном контуре составляет 10 кВ.

Особенностью инвертора является возможность работать в различных режимах: в режиме холостого хода, на активную и реактивную нагрузку, в том числе – на резонансный контур. Выходная мощность инвертора – до 4 кВА. Отдельное внимание при его конструировании было уделено минимизации тепловых потерь.

Источник напряжения, питающий инвертор, имеет собственную (малую) петлю стабилизации. Вся система охвачена второй (большой) петлей стабилизации.

Научный руководитель – науч. сотр. Ю.А. Евтушенко

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ КРУГЛЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ВОЛНОВОДОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ И СРЕД

Ю.Г. Иванов

Томский государственный университет

Известно, что запредельные многослойные круглые волноводы и измерительные ячейки на их основе используются для контроля диэлектрических свойств материалов и сред [1]. Однако эти же структуры могут быть использованы и в устройствах контроля магнитной проницаемости веществ.

В работе [2] показано, что затухание волны E_{01} существенно зависит от отношения $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ диэлектрических проницаемостей слоев волновода. Это вызвано переотражением и интерференцией электромагнитного поля от границы раздела слоев и стенки волновода.

Нами проведены исследования зависимостей затухания волн E_{01} , H_{01} и HE_{11} от материальных и геометрических параметров слоев двухслойного круглого волновода. Установлено, что изменение диэлектрической проницаемости слоев слабо влияет на затухание волн H_{01} и HE_{11} . Однако на затухание этих волн сильно влияет изменение магнитной проницаемости слоев волновода. Обнаружено, что в зависимости от отношения радиусов слоев волновода затухание этих волн может быть как значительно больше, так и значительно меньше затухания волн H_{01} и HE_{11} в однородном волноводе. Выяснено также, что затухание волны E_{01} слабо зависит от магнитной проницаемости слоев.

Подобное поведение затухания рассмотренных типов волн вызвано особенностями структуры их полей. Изменение магнитной проницаемости одного из слоев приводит к перераспределению поля между слоями.

Установленные особенности затухания волн H_{01} и HE_{11} могут быть использованы при разработке устройств измерения магнитной проницаемости материалов и сред.

1. Устройство для измерения электрофизических свойств текучей среды в трубопроводе. РФ. Патент на изобретение №2203482. Зарегистрирован в Государственном реестре РФ 27.04.2003

2. Жуков А.А., Редькин Г.А., Мудров А.Е., Хасанов В.Я. Контроль электрофизических параметров текучих сред радиоволновыми методами на запредельных волноводах// Дефектоскопия. – 1998. – № 10. – с. 47–58.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.А. Жуков

ПРОТОТИП СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ НА ПУЧКАХ СИ

М.В. Колмаков

Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики СО РАН на накопителе ВЭПП-3 проводятся различные исследования с использованием синхротронного излучения (СИ). В частности, на канале 0 экспериментальной станции СИ проводятся изучение быстропротекающих процессов – например, распространение ударных и детонационных волн в различных средах, образование фракции ультрадисперсных алмазов при взрыве углеродосодержащих взрывчатых веществ с отрицательным кислородным балансом и др. Для регистрации СИ в этих экспериментах используются метод теневой рентгенографии и метод малоуглового рассеяния. При этом в зависимости от требований эксперимента применяются рентгеновские датчики различных типов и, соответственно, с сильно различающимися параметрами выходных сигналов – амплитудой импульса тока и его длительностью.

В настоящее время работает система регистрации, состоящая из отдельных блоков фильтров-формирователей и аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Эта система не дает возможности наращивания большого числа каналов и, кроме того, имеет определённые эксплуатационно-технические недостатки. Сейчас ведётся разработка прототипа системы, содержащей блок синхронизации и КАМАК-модуль 12-канального АЦП, совмещённого с фильтрами-интеграторами. Применение этих фильтров позволяет обрабатывать короткие импульсы (5-30 нс).

Предполагается, что новая система обеспечит эффективную обработку сигналов основных типов используемых датчиков – аналого-цифровое преобразование данных, их временное хранение в памяти и передачу в ЭВМ. К настоящему времени проверена работа фильтров-интеграторов, а также закончена разработка и начато изготовление печатной платы для нового КАМАК-модуля.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.
М.Г. Федотов

КОНТРОЛЛЕР МОЩНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРА ADuC845

А.А. Красовский

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в ИЯФ СО РАН для питания сверхпроводящих магнитов и других физических установок используются мощные источники питания со стабильностью тока 10^{-5} , напряжением питания 10В и током до 400А. Для управления источником питания разработан блок на базе микропроцессора ADuC845, который позволяет контролировать такие параметры источника как напряжение, ток, температура, линейность напряжения сети.

Кроме этого, обеспечено максимально удобное задание режимов работы в ручном режиме с передней панели блока или с помощью управляющей ЭВМ через интерфейс RS-422. В ручном режиме для редактирования параметров было решено ограничиться минимальной клавиатурой из 4-х клавиш и ЖК-индикатором для отображения информации.

Научный руководитель – канд. техн. наук В.В. Репков

ФАЗОВЫЙ СДВИГ МЕЖДУ НЕУСТОЙЧИВЫМИ СЕДЛОВЫМИ ОРБИТАМИ

М.К. Куровская
Саратовский государственный университет

В последнее время большое внимание исследователей привлекают неустойчивые периодические орбиты, «встроенные» в хаотический аттрактор динамической системы. Известно, что данные объекты играют важную роль в поведении хаотических динамических систем, в том числе и в случае хаотической синхронизации.

В настоящей работе изучается зависимость фазового сдвига между синхронизованными седловыми периодическими орбитами от значения параметра связи на примере двух взаимодействующих систем Ресслера со слегка различающимися параметрами.

Для получения неустойчивых седловых орбит использовался SD-метод, описанный в работе [1]. Исходя из временных реализаций, соответствующих первой и второй системам, определялась величина фазового сдвига между синхронизованными орбитами. Полученная зависимость фазового сдвига $\Delta\varphi$ от параметра связи ϵ описывалась степенным законом $\Delta\varphi \sim \epsilon^n$ с показателем степени $n = -1$. Данному степенному закону подчиняется также запаздывание между синхронизованными спектральными компонентами [2].

Таким образом, на основании полученных результатов можно судить о том, каким образом синхронизация неустойчивых седловых орбит двух взаимодействующих систем проявляется при синхронизации различных временных масштабов, что позволяет сопоставить различные подходы к изучению и описанию хаотической синхронизации и более полно понять сущность этого явления.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 05-02-16273), научно-образовательного центра «Нелинейная динамика и биофизика» (грант CRDF REC-006) и программы поддержки Ведущих научных школ РФ (проект НШ-1250.2003.2).

1. Pingel D., Schmelcher P., Diakonov F.K., Phys. Rev. E 64, (2001), 026214.

2. Короновский А.А., Москаленко О.И., Храмов А.Е., Письма в ЖЭТФ 80(1), (2004), с. 25-28.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.А. Короновский

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПУЧКА В ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ИНЖЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЭПП-5

П.Е. Маточкин

Новосибирский государственный университет

Система предназначена для измерения горизонтального и вертикального смещений пучков электронов и позитронов в линейном ускорителе. Система выполнена на основе датчиков полоскового типа и позволяет измерять положение каждого отдельного сгустка. Частота следования сгустков от 1 до 50 Гц, количество частиц в сгустке около 3×10^8 для позитронов и около 10^{10} для электронов. В настоящее время система работает с 5 датчиками, установленными в электронном канале ускорителя. Погрешность относительных измерений положения отдельного сгустка с количеством частиц более 3×10^9 не превышает 30 мкм. Доклад содержит описание системы, а также экспериментальные данные, полученные на работающей установке.

Научный руководитель – канд. техн. наук Г.В. Карпов

О СИНХРОНИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ В СВЯЗАННЫХ ХАОТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

О.И. Москаленко

Саратовский государственный университет

В настоящее время явление хаотической синхронизации в связанных динамических системах привлекает большой интерес исследователей, так как это фундаментальное явление имеет очень важное не только теоретическое, но и прикладное значение, например, для скрытой передачи информации, а также в радиотехнических, химических, биологических и других задачах.

В последнее время традиционно выделяют различные типы хаотической синхронизации. В работе [1] было показано, что все они тесно связаны между собой. При увеличении параметра связи увеличивается диапазон синхронизованных масштабов до тех пор, пока все они не окажутся синхронизованными, что соответствует возникновению режима лаг-синхронизации. Так как существует взаимосвязь между вейвлетным и фурье преобразованием, можно ожидать, что при хаотической синхронизации будет наблюдаться синхронизация спектральных компонент фурье-спектров взаимодействующих систем.

В представленной работе на примере двух взаимосвязанных систем Ресслера [2] исследовалась синхронизация спектральных компонент при переходе от несинхронного поведения к фазовой, а затем лаг-синхронизации. Было показано, что при увеличении параметра связи возрастает число синхронизованных спектральных компонент. Была введена количественная мера синхронизации, характеризующая долю энергии, приходящейся на синхронизованные спектральные компоненты, и обнаружен универсальный механизм, выявляющий взаимосвязь исследованных типов синхронизации друг с другом.

Работа выполнена при поддержке программы «Университеты России», Научного образовательного центра «Нелинейная динамика и биофизика» (грант CRDF REC-006) и программы поддержки Ведущих научных школ РФ (проект НШ-1250.2003.2).

1. A.E. Hramov, A.A. Koronovskii. *Chaos*. **14(3)**, 2004, 391.

2. M.G. Rosenblum, A.S. Pikovsky, J. Kurths. *Phys. Rev. Lett.* **89(26)**, 2002, 1804.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.А. Короновский

ВЗАИМОСВЯЗЬ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ ГЕОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ В КРАЙНЕНИЗКОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ

М.В. Пикалов

Томский государственный университет

В Сибирском физико-техническом институте несколько последних лет ведётся непрерывный мониторинг спектральных характеристик электромагнитного (ЭМ) фона крайненизкочастотного (КНЧ) диапазона и метеорологических параметров. Накопленные за эти годы базы данных дают возможность заниматься исследованием одной из самых актуальных проблем современной геофизики – взаимодействие трёх сред окружающей Землю – приземной атмосферы (тропосферы), ионосферы и магнитосферы.

В статье [1], которая послужила предпосылкой для выполнения данной работы, выдвинута гипотеза о том, что во время мощного циклона возникает ЭМ излучение с центральной частотой 2 Гц, опережающее, сопровождающее и следующее за его прохождением. Проведённый анализ данных мониторинга показал и подтвердил наличие взаимосвязи атмосферного давления с сигналами КНЧ-диапазона ЭМ фона. В итоге получены следующие результаты.

При понижении атмосферного давления ниже 980 мБ повышается уровень и нарушается суточный ход амплитуды ЭМ фона во всём диапазоне альвеновского и шумановского резонанса (1 - 40) Гц.

Также установлено, что во время прохождения мощного циклона с атмосферным давлением в центре циклона ниже 980 мБ, возникает электромагнитное излучение с центральной частотой порядка 2 Гц с вероятностью примерно 70%.

1. Щепетнов Р.В., Троицкая В.А., Довбня Б.В. «Электромагнитное излучение с центральной частотой 2 Герца во время мощного циклона 9 июня 1984 г.». «Доклады академии наук». – М.: Наука, 1986, том 290, №3.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. Колесник

ИЗУЧЕНИЕ ХАОТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДВУХ СВЯЗАННЫХ ЭЛЕКТРОННО-ВОЛНОВЫХ СРЕД С КУБИЧНОЙ ФАЗОВОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

П.В. Попов

Саратовский государственный университет

Синхронизация хаотических автоколебаний в настоящее время является актуальной задачей современной теории нелинейных колебаний и волн [1]. Весьма важным представляется изучение явления хаотической синхронизации в распределенных автоколебательных средах различной природы. Среди последних выделяются системы электронно-волновой природы, широко используемые в различных приложениях (например, при передаче информации с помощью хаотических колебаний [2]).

В докладе рассматриваются совместные хаотические колебания, включая установление хаотической синхронизации в связанных распределенных активных средах электронно-волновой природы с обратной волной. Каждая из активных сред представляет собой систему взаимодействующих встречных электромагнитной и электронной волн с кубичной фазовой нелинейностью и является простой моделью СВЧ-генераторов с обратной волной. Для исследования хаотической синхронизации используется подход, основанный на нахождении непрерывного множества фаз хаотических сигналов (синхронизация временных масштабов) [3].

Было изучено влияние различных типов связи между активными средами на режимы синхронизации хаотических колебаний электронно-волновых генераторов. Рассмотрены различные способы однонаправленной связи между системами: «сосредоточенная» связь, когда сигнал с выхода ведущей системы подается на вход ведомой автоколебательной среды) и «распределенная» связь, когда сигнал подается в каждую точку электронно-волновой среды (используя связанные волноведущие системы).

Работа поддержана РФФИ (проект № 05-02-16273), CRDF (грант REC-006) и ФНП «Династия».

1. Пиковский А., Розенблом М., Куртс Ю. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. М.: Техносфера, 2003.
2. Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. М.: Физматлит, 2002.
3. Hramov A.E., Koronovskii A.A., An approach to chaotic synchronization. *Chaos*, **14**, 3 (2004) 603–610.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.Е. Храмов

ЧАСТОТНО-ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ХАОТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ С ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ

А.Е. Храмова

Саратовский государственный университет

В последнее время синхронизация хаотических автоколебаний привлекает большое внимание исследователей. Явление синхронизации в системах с дискретным и потоковым временем принято описывать в различных терминах. Для динамических систем с дискретным временем анализ синхронизации – это, как правило, исследование поведения периодических орбит, встроженных в синхронный аттрактор [1], а для систем с непрерывным временем – выделение базовых частот хаотических колебаний и изучение захвата частот и фаз взаимодействующих хаотических осцилляторов [2].

В настоящей работе осуществляется попытка связать два столь различных подхода к исследованию синхронизации в системах с различным типом времени. Представляется интересным применить к отображениям наряду с традиционными методами их исследования, в частности, расчетом трансверсальных ляпуновских показателей, частотно-фазовый анализ. Также для исследования хаотической синхронизации в системах с дискретным временем используется новый подход, основанный на нахождении непрерывного множества фаз хаотических сигналов (синхронизация временных масштабов) [3]. Целью такого исследования является попытка показать связь между различными видами хаотической синхронизации в динамических системах с дискретным и потоковым временем.

Работа выполнена при поддержке научно-образовательного центра «Нелинейная динамика и биофизика» при Саратовском государственном университете имени Н.Г. Чернышевского (грант REC-006 CRDF), а также при финансовой поддержке Фонда некоммерческих программ «Династия».

-
1. Rosenblum M.G., Pikovsky A.S., Kurths J. Synchronization: a universal concept in nonlinear sciences. Cambridge University Press, 2001.
 2. Anishchenko V.S., Astakhov V., Neiman A., Vadivasova T., Schimansky-Geier L. Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems. Tutorial and Modern Developments. Springer-Verlag, Heidelberg, 2001.
 3. Храмов А.Е., Короновский А.А. Chaos, **14**, 3 (2004) 603–610.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.А. Короновский

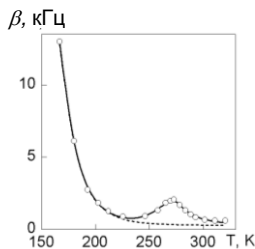
**ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР,
ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ И МАГНЕТИЗМА**

ЯМР-ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОТОННОГО ПЕРЕНОСА В КАРКАСНЫХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНЫХ АНИОНОВ МОЛИБДЕНА И РЕНИЯ

Е.О. Голенков

Новосибирский государственный университет

В последние годы исследования по химии кластерных соединений таких переходных металлов, как Mo, W, Re, получили значительное развитие. Для этих металлов наиболее характерно образование шестиядерных октаэдрических $[M_4Q_4]L$ металлокластерных комплексов ($Q = S, Se, Te$). Кластерные ядра можно модифицировать за счет замены атомов M (получая гетерометаллические кластеры) или лигандов Q и L. В данной работе было исследовано синтезированное в нашем институте новое кластерное соединение $LuH[Re_4Te_4(CN)_{12}] \cdot 10,5H_2O$, в котором комплексы $[Re_4Te_4(CN)_{12}]^{4-}$ и $[Lu(H_2O)_6]^{3+}$ объединены в одномерные цепочки. Эти цепочки образуют каналы, содержащие молекулы воды и сольватированные протоны. Была обнаружена нехарактерная зависимость формы спектра ЯМР от температуры. Мы склонны полагать, что это является следствием двухэтапного развития реакций протонного переноса между молекулами воды и кислотными протонами. Первое изменение начинается в области 150-170 К и, в довольно широком интервале с 170 до 230 К, спектр



выглядит как суперпозиция Пейковского дуплета с $\alpha \approx 23$ кГц, близкой к полученной из низкотемпературных спектров константе взаимодействия, и лоренцевой центральной линией с постоянной интегральной интенсивностью и шириной β , стремящейся к нулю при повышении температуры. Дальнейшее нагревание приводит к образованию широкого максимума при температуре 270 К и при температурах выше 280 К мы наблюдаем только центральную линию. Показано, что вышеописанные изменения происходят вследствие обмена между спектральными компонентами, вызванным вовлечением молекул воды из комплексов $[Lu(H_2O)_6]^{3+}$ в протонный обмен. Определены энергии активации протонного переноса 15 и 45 кДж/моль для молекул воды, расположенных в каналах структуры, и входящих в координационную сферу редкоземельного катиона.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Н.К. Мороз

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ТУННЕЛИРОВАНИЯ 6S-ЭЛЕКТРОНОВ И ИХ СВЯЗИ С ПОНИЖЕНИЕМ СИММЕТРИИ ОКСИДОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДАМИ КВАНТОВОЙ ХИМИИ

С.В. Сулов

Новосибирский государственный университет

Наиболее существенной структурной особенностью монооксидов свинца PbO является сильное отклонение их структур от идеальной кубической структуры типа NaCl. В PbO четко выделены плоские слои ионов кислорода, чередующиеся со вдвоенными слоями ионов свинца. Несмотря на явно выраженную слоистую структуру, характерных анизотропных свойств данные вещества не проявляют. В частности, не наблюдается существенной анизотропии коэффициентов теплового расширения, нет выраженных плоскостей спайности и т. д. Это дало основание для многостороннего исследования причин, обуславливающих перечисленные свойства. Одной из первых была сформулирована гипотеза о необычно сильном ван-дер-ваальсовском взаимодействии между слоями ионов свинца(II), осуществляемом "активными" неподеленными $6s^2$ электронными парами. Однако, как показали многочисленные теоретические исследования ван-дер-ваальсовском взаимодействием объяснить наблюдаемые эффекты не удалось. Другой гипотезой необычного связывания является гипотеза электронного туннелирования [1]. В настоящей работе проводится квантово-химический анализ структуры ближнего края рентгеновской абсорбции (XANES) оксидов свинца (PbO, Pb₂O₃, PbO₂ и др). На основании этого анализа получено прямое подтверждение существования возбужденного состояния электрона - $6s_{br}$. Сделан вывод об эффекте туннелирования электронов из этого состояния.

[1]. Габуда С.П. и др.// *Туннелирование $6s^2$ – электронов в PbO и Bi₂O₃: XANES-спектроскопия и DFT-расчеты*. Письма в ЖЭТФ, 2002, Т.76, №1, С.57-59.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук. С.Г. Козлова

РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАНОВОГО ГИДРАТА КУБИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ I. ЭФФЕКТ САМОКОНСЕРВАЦИИ

Д.С. Крупский
Новосибирский государственный университет

В связи с сокращением запасов используемого органического топлива (нефть, уголь, газ) на планете производится активный поиск других источников энергии. Одним из наиболее перспективных источников являются газовые гидраты. Это возобновляемый ресурс, месторождения газовых гидратов находятся на материковых шельфах и, по некоторым оценкам, газа уже разведанных месторождений достаточно для сжигания такого количества кислорода, которое сравнимо с кислородом атмосферы.

Существует множество методов, позволяющих получать и исследовать газовые гидраты в лабораторных условиях. Наиболее активно исследуется поведение гидратов при разных температурах и давлениях, а так же равновесие с другими фазами. В качестве таких фаз наиболее целесообразно рассмотрение льдов Ih и Ic, а также морской воды. Также активно используются методы численного моделирования.

В данной работе изучалось уравнение состояния гидрата метана кубической структуры I с помощью метода решеточной динамики. Получена зависимость объема от давления и температуры с использованием потенциалов SPC, TIP4P и модифицированного потенциала SPC, дающего большее соответствие экспериментальным данным в сравнении со стандартным потенциалом SPC. Так же исследовано поведение пустой решетки гидрата кубической структуры I и льда Ih.

Расчеты показывают большое отличие в абсолютной величине свободной энергии в зависимости от выбора модельного потенциала, но хорошее согласование в величине относительных изменений свободной энергии в зависимости от температуры и объема элементарной ячейки. Для гидрата метана, расширяющегося согласованно со льдом, получено увеличение давления на 15-20 атмосфер при повышении температуры на 1 градус Цельсия, что может служить объяснением обнаруженному экспериментально эффекту самоконсервации – сохранение твердого гидрата при температурах около нуля Цельсия. Предположительно, это происходит следующим образом: поверхность гидрата нагревается, метан уходит в окружающую среду, а пустая решетка гидрата превращается в лед, который препятствует дальнейшему выходу метана и образует защитную рубашку вокруг гидрата. Гидрат метана может существовать в такой ледяной рубашке практически до нуля градусов Цельсия.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук В.Р. Белослудов

ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД В МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБАХ

Т.И. Буряков

Новосибирский государственный университет

Углеродные нанотрубы - протяженные цилиндрические структуры, диаметром от одного до нескольких нанометров, длиной несколько микрон, состоящих из нескольких свернутых в трубку гексагональных графеновых слоев. В данной работе представлен результат исследования зависимости удельного электросопротивления бромированных многослойных углеродных нанотрубок (MWNT). В процессе исследования была обнаружена аномалия на температурной зависимости удельного электросопротивления $\rho(T)$ бромированных MWNT, при температуре порядка 470К.

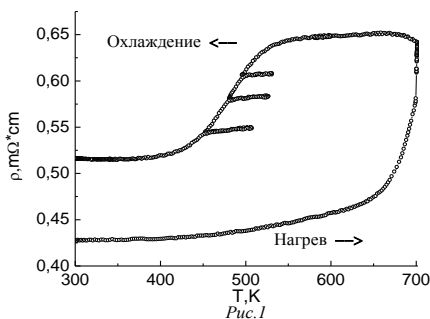


Рис.1

Исходный материал для образцов был изготовлен в ИНХ СО РАН в группе В.А. Окотруба электродуговым методом. Бромирование производилось в ИНХ СО РАН Н.Ф. Юдановым в парах Br_2 в течение нескольких дней при комнатной температуре. В дальнейшем образцы выдерживались в течение нескольких лет при комнатной температуре в парах брома с целью полного и

однородного насыщения образца бромом. После бромирования удельное электросопротивление образцов имеет металлическую зависимость от температуры, т.е. с увеличением температуры удельное электросопротивление линейно растет. На (Рис.1) представлена кривая $\rho(T)$ для одного из образцов. На основе полученных данных было сделано предположение, что в процессе нагрева, молекулы Br_2 десорбируются с поверхности MWNT в замкнутые области внутри образца, что объясняет нелинейный ход кривой нагрева. В это же время часть брома удаляется из этих замкнутых объемов в атмосферу за счет диффузии. Во время охлаждения при температуре около 500 К, оставшиеся молекулы Br_2 постепенно охлаждаются и снова адсорбируются на поверхности MWNT, что сопровождается падением удельного электросопротивления образца.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук А.И. Романенко

МАГНЕТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ
КОМПЛЕКСОВ Cu(II), Ni(II), Co(II), Fe(II)
С ПРОИЗВОДНЫМИ 1,2,4-ТРИАЗОЛА

А.А. Лебедев

Новосибирский государственный университет

Проведены исследования магнитных свойств комплексов Cu(II), Ni(II), Co(II), Fe(II) с 4-замещенными производными 1,2,4-триазола. Для всех исследованных комплексов определены параметры уравнения Кюри-Вейсса, обменные параметры, вычислены эффективные g -факторы. Проведено сравнение экспериментальных зависимостей намагниченности от поля с теоретическими кривыми по функции Брюллиэна.

Показано, что в исследованных соединениях наблюдаются антиферромагнитные обменные взаимодействия между ионами M^{2+} . Координационные соединения $Cu(L)_2A_2 \cdot 2H_2O$ ($A=NO_3^-, Cl^-$) демонстрируют магнитное поведение, характерное для линейных магнитных цепочек (Рис. 1а). Величина обменного взаимодействия в них порядка $J=-60 \text{ см}^{-1}$. Комплексы Ni(II), Co(II), Fe(II) состава $[M_3L_6(H_2O)_6]A_6$ представляют собой ионные трехъядерные соединения (Рис. 1б) с параметрами J от 0,5 до 20 см^{-1} .

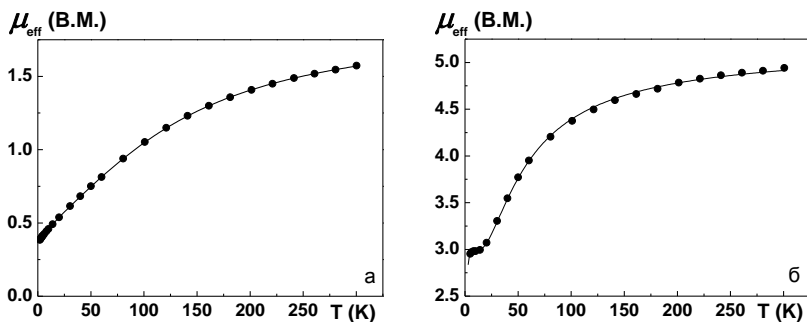


Рис.1. Зависимости μ_{eff} от температуры для $CuL_2(NO_3)_2 \cdot H_2O$ (а) и для $[Ni_3L_6(H_2O)_6](NO_3)_6$ (б). Сплошная линия – теоретическая кривая.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Ю.Г. Шведенков

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КАТАЛИТИЧЕСКИХ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБ

Е.Н. Ткачев

Новосибирский государственный университет

В данной работе исследовалась электропроводность $\sigma(T)$ и магнетосопротивление $\rho(H)$ образцов каталитических многослойных углеродных нанотруб (МУНТ). МУНТ были созданы методом термохимического разложения углеродосодержащих соединений на поверхности металлического катализатора (Chemical Vapor Deposition, CVD) в Институте катализа СО РАН в лаборатории Кузнецова В.Л. Согласно данным электронной микроскопии, полученные МУНТ обладают малым содержанием аморфного углерода в отличие от каталитических МУНТ, синтезированных ранее. С другой стороны, данный метод синтеза обеспечивает большее количество дефектов структуры в отличие от метода распыления графита в электрической дуге. Для эксперимента получены два типа МУНТ: первый - с использованием буферного газа азота, второй - аргона. Первый тип является более дефектным. Исследуемые образцы, представляющие собой порошок, запрессовывались в ампулу. Контакты к ампуле подводились прижимным методом. Измерение проводимости $\sigma(T)$ проводилось по четырехконтактной схеме в интервале температур 4.2 – 300 К. Измерение магнетосопротивления $\rho(H)$ проводилось при температуре 4.2 К в интервале магнитных полей до 11 кГс.

В области температур от 4.2К до 55К у всех образцов наблюдается логарифмическое падение электропроводности $\sigma(T) \sim \ln(T)$ с понижением температуры. При понижении температуры длина диффузии электрона за время сбоя фазы его волновой функции L_ϕ растет, если она становится больше чем характерная толщина стенки труб, то квантовые поправки можно считать двумерными, при этом

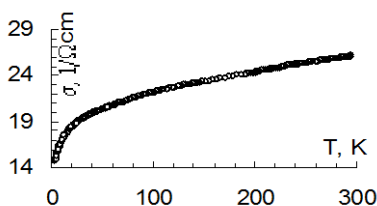


Рис.1 Зависимость электропроводности от температуры

для двумерных квантовых поправок характерна логарифмическая зависимость кривой электропроводности от температуры. Из полученных данных можно сделать вывод, что в синтезированных каталитических многослойных углеродных нанотрубках наблюдается вклад двумерных квантовых поправок к проводимости.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук А.И. Романенко

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГОСОДЕРЖАНИЯ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ

А.А. Листопад

Новосибирский государственный технический университет

Одним из направлений деятельности ИЯФ СО РАН является разработка инжекторов для современных термоядерных установок с магнитным удержанием. При испытаниях и настройке инжекторов очень важно иметь информацию о параметрах пучка: профиле плотности тока, энергосодержании, положении фокуса и т. д.

В работе представлена калориметрическая диагностика, разработанная для исследования основных параметров пучков быстрых нейтральных частиц. Данная диагностика позволяет измерять как суммарное энергосодержание пучка, так и его пространственное распределение, а также отслеживать изменение параметров пучка во времени.

Устройство представляет собой проволочный многоканальный калориметр, выполненный из вольфрамовой проволоки.

Диагностики на основе калориметров позволяют измерять абсолютное значение поглощенной энергии, в отличие, например, от вторично-эмиссионных датчиков или цилиндров Фарадея, кроме того сигнал не зависит от соотношения нейтральной и заряженной фракций в пучке.

Одно из основных свойств проволочных калориметров – это возможность проводить измерения практически сразу после выстрела (необходимо только дождаться выравнивания профиля температуры поперек проволочек), не дожидаясь продольного выравнивания. Таким образом, выбрав диаметр проволочек достаточно малым, можно свести к минимуму погрешность, связанную с тепловым излучением.

Поскольку проволочный калориметр имеет высокую прозрачность (диаметр проволочек много меньше шага между ними), он практически не вносит возмущений в исследуемый пучок.

В настоящее время диагностика используется в лаборатории 9.1 ИЯФ для тестирования инжекторов на стенде.

Научный руководитель – науч. сотр. Н.В. Ступишин

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОГО ТОКА ИЗ ИСТОЧНИКА НА ОСНОВЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

А.Б. Евтушенко, А.С. Качко
Новосибирский государственный университет

Ионно-лучевые технологии используются во многих областях науки и современной техники [1,2]. Одна из задач – создание установок для проведения экспериментов, в которых есть возможность изменять параметры в широких пределах. В данной работе исследуется ток ионов из источника на основе тлеющего разряда в зависимости от различных параметров: расстояния и потенциала между анодом и катодом, а также свойств газа и его давления. Полученные данные об ионном токе могут быть полезны для поиска оптимальных условий синтеза тонких плёнок из ионных пучков. В наших экспериментах в качестве рабочего газа использовались аргон и пары ацетона и спирта. Аргон выбран как тестовый газ. Свойства измеренного пучка ионов аргона могут быть сравнены с известными данными. Также ионы аргона могут быть использованы для очистки поверхности при синтезе плёнок. Ацетон и спирт выбраны как вещества, которые могут быть использованы для синтеза плёнок. Электрический разряд зажигался в кварцевой трубке с внутренним диаметром 36 мм. Анод – латунный диск, катод выполнен из металлической сетки в виде диска, прозрачностью примерно 70%, соединённого с сетчатым цилиндром, внутри которого расположен металлический диск – коллектор, изготовленный из меди. Он установлен на постоянном расстоянии от сетки – катода равном 8мм. Измерения токов проводились в диапазоне давлений газов: от 0,1 мм. рт. ст. до 0,025 мм. рт. ст., напряжений – от 400 В до 1500 В. В результате установлено, что ионный ток аргона сохраняет, примерно, постоянную величину при давлении аргона 0,1 мм. рт. ст. на расстояниях анод-катод 8 см. Его величина максимальна при данном давлении в режиме нормального тлеющего разряда при минимальном потенциале. При увеличении расстояния ток уменьшается. Этот результат позволил определить оптимальный геометрический параметр ионного источника – порядка двух диаметров трубки. Максимальные токи в тлеющем разряде: для аргона ~1,5 мА, ацетона ~ 8 мкА, спирта ~ 6 мкА. Результаты работы планируется использовать при напылении алмазоподобных плёнок.

[1]. 13th International Symposium on High Current Electronics: Proceedings. Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS, 2004. 475 pp.

[2]. 7TH International Conference On Modification Of Materials With Particle Beams And Plasma Flows, Tomsk, Russia, 25-29 July 2004, 519 pp.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.С. Золкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОГО ИСТОЧНИКА НА ОСНОВЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

С.Ю. Чепкасов

Новосибирский государственный технический университет

Источники ионов на основе тлеющего разряда разрабатываются и используются в научных исследованиях и различных технологиях, включая высокие технологии [1]. В данной работе проведены измерения тока ионов аргона в зависимости от расстояния между электродами и разности потенциалов между анодом и катодом при давлениях аргона: $P = 0,015 - 0,2$ торр. Диапазон потенциалов между анодом и катодом $U = 400 - 1500$ В. Особенность эксперимента в том, что коллектор ионов, находящийся за сеткой-катодом на фиксированном расстоянии совместно перемещается относительно анода. Это позволяет определить оптимальное расстояние, при котором ионный ток будет максимальным, и проводить многократные измерения для выявления эффектов, связанных с возможным изменением тока ионов при многократном изменении расстояния анод-катод. Часть потока ионов проходит сквозь сетчатый катод; из их общего потока в центр части детектора с помощью диафрагмы вырезается пучок диаметром 7 мм, который и попадает на измерительную пластину. На рис. 1 представлены результаты для аргона при давлении 0,15 торр. Даны объяснения полученным результатам.

Результаты планируется использовать при плазменном синтезе тонких плёнок.

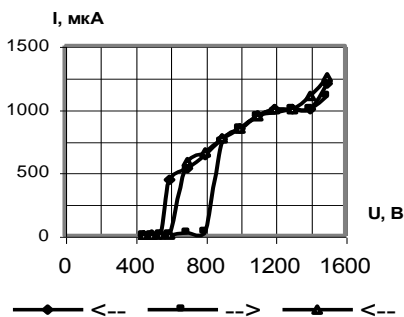


Рис.1. Зависимость тока ионов аргона от напряжения между анодом и катодом. Давление: $P = 0,15$ торр. Расстояние между электродами $L = 2$ см. Стрелками показано: <-- - уменьшение напряжения между электродами; --> - увеличение.

1. Р.Т.Галаутдинов, Н.Ф.Кашапов, Г.С.Лучкин Физические процессы в аномальном тлеющем разряде при нанесении оксидных покрытий. Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС. г. Звенигород, 14-18 февраля 2005 г. – М.: ЗАО НТЦ “ПЛАЗМАИОФАН”, 2005 г. С. 328.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.С. Золкин

ТОМОГРАФИЯ ПЛАЗМЫ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ

К.Н. Куклин

Новосибирский государственный университет

На установке ГОЛ-3 проводятся исследования по удержанию плазмы в открытой ловушке в гофрированном магнитном поле. Плазма нагревается релятивистским электронным пучком. Одним из направлений исследований на установке является исследование взаимодействия потока электроно-горячей плазмы с веществом. Основная цель данных исследований выбор материала для диверторных пластин реактора ИТЕР, изучение распространения холодной плотной плазмы вдоль линий магнитного поля, поперечного переноса примесей в плазменном шнуре, динамики остывания плазмы при взаимодействии с мишенью.

Одной из составляющих исследований являются эксперименты по инжекции маленьких твердотельных мишеней ($d \sim 0.1-2$ мм). Для определения положения мишени в момент инжекции релятивистского электронного пучка была создана томографическая система с временным разрешением (3 мкс). Она состоит из электронно-оптического преобразователя (ЭОП), используемого в качестве усилителя яркости и для временного экспонирования (от 3 до 5 мкс), и цифровой ПЗС-камеры. С помощью этой системы было определено двумерное расширение облака холодной плотной мишенной плазмы и поперечная диффузия примесей. Также с помощью такой системы легко определить скорость мишени и её изменение при не симметричном испарении вещества с поверхности при воздействии релятивистского электронного пучка и температуру поверхности мишени.

Научный руководитель – мл. науч. сотр. И.А. Иванов

ЧИСЛЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КИЛЬВАТЕРНОГО УСКОРИТЕЛЯ

В.С. Тиханович

Новосибирский государственный университет

Современные ускорители заряженных частиц имеют ограничение на величину ускоряющего поля. Поэтому в последнее время большое внимание уделяется методам ускорения частиц в плазме. Одним из них является ускорение частиц полем кильватерной волны летящего в плазме релятивистского электронного пучка. В данной работе проведена численная оптимизация кильватерного ускорителя, основанного на данном методе. Такой ускоритель в настоящее время строится в Институте ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН. Полученные результаты будут использованы при его проектировании и проведении экспериментов.

Численная оптимизация проводилась с использованием программы Lcode, моделирующей прохождение релятивистского пучка в плазме. Оптимизация проводилась методом целевой функции. Основные параметры функции: количество ускоренных частиц, их набор энергии, эмиттанс и энергоразброс. При проектировании функции оказалось, что она сильно зашумлена. Модернизовав целевую функцию, шум удалось значительно уменьшить.

В результате проведенной работы были определены оптимальные режимы работы ускорителя и оценены возможные допуски отклонений по параметрам.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. К.В. Лотов

БЕСКОНТАКТНАЯ ПИРОМЕТРИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

А.Р. Давлетшин

Уфимский государственный авиационный технический университет

На основе методики, использующей выражение 1 [1], спроектировано устройство, позволяющее определять температуру газообразных сред с неравновесностью – пламени и низкотемпературной плазмы без ограничения температуры и используемой спектральной области.

Излучение от источника сравнения 1 (модель абсолютно черного тела) фокусируется на исследуемой точке плазмы 3 (рисунок 1). Излучение плазмы фокусируется на оптический монохроматор 4. Оптический монохроматор выделяет спектральную линию излучения с длиной волны λ . Модулятор 2 перекрывает поток излучения от источника сравнения на определенные промежутки времени, вследствие чего на вход оптической системы попадает поочередно либо поток излучения от объекта измерения, либо суммарный поток от объекта измерения и источника сравнения.

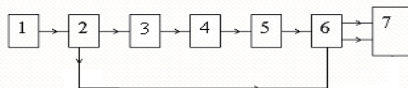


Рисунок 1 – Функциональная схема прибора

Потоки излучения от источника сравнения и плазмы регистрируются фотоприемником 5, выходной сигнал которого, состоящий из непрерывной последовательности импульсов, представляется в виде двух напряжений, пропорциональных потокам излучения плазмы - I_p и суммарной интенсивности плазмы и источника сравнения - I_{p+i} . С выхода блока разделения каналов 6 сигналы поступают в вычислительное устройство 7, которое осуществляет расчет температуры по выражению, полученному на основе формулы Планка:

$$T = \frac{c_2 / \lambda}{\ln \left[\frac{c_2}{e^{\lambda T_{ii}} - 1} \cdot \frac{I_n + I_u - I_{n+u} + 1}{I_n} \right]} \quad (1)$$

1. Шарфштейн А.Х. Оптическая пирометрия высокоскоростных потоков газа по излучению азота // Теплофизика и аэромеханика, т.1, №1. Новосибирск, "Наука", 1994.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. А.Х. Шарфштейн

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЁТОК В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ С УЧЁТОМ ЭФФЕКТОВ САМОДИФРАКЦИИ

Е.А. Довольнов, В.В. Кузнецов, Б.Ф. Ноздреватых
Томский университет систем управления и радиоэлектроники

В настоящее время дифракционные решётки (ДР) в фотополимеризующихся жидкокристаллических композиционных материалах (ФПМ) находят широкое применение в области телекоммуникаций, что связано с возможностью динамического управления их дифракционными характеристиками. Целью данной работы являлось создание динамической модели голографической записи ДР в ФПМ с учетом двухпучкового взаимодействия записывающих световых волн с существенно разными интенсивностями. Для описания нелинейного диффузионно - фотополимеризационного процесса записи ДР использовались кинетические уравнения фотополимеризации, дополненные дифракционным уравнением, описывающим динамическое изменение пространственного распределения записывающего поля в результате дифракции сильной волны на записываемой решетке [1]. Решение данных уравнений с параметрическими начальными условиями получено в аналитическом виде. Решение описывает динамику пространственного распределения амплитудно-фазового поля ДР. Проведенный численный анализ на основе данной модели показал, что самодифракция записывающих пучков приводит к формированию ДР с существенно неоднородным амплитудно-фазовым распределением пространственного профиля, что оказывает влияние на ее дифракционные характеристики. Важно отметить, что пространственная локализация профиля, вызванная пространственной неоднородностью записывающего поля как результата самодифракции, приводит к уширению полосы пропускания и увеличению боковых лепестков угловой и спектральной селективности ДР.

Представленная модель, учитывающая эффект самодифракции, является основой для разработки алгоритмов параллельной записи наложенных дифракционных решёток в ФПМ и композиционных материалах на их основе для практически важного случая, когда пучки существенно различны по интенсивности. Работа выполнена в рамках гранта программы «Развитие научного потенциала высшей школы» Федерального агентства по образованию РФ на 2005г.

1. Коваленко Е.С., Шарангович С.Н. Динамическая дифракция света на голографических решетках в фотополимерных материалах // Изв. вузов. Физика. - 2001.- Т.44. -№10. –С.53-59.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. С.Н. Шарангович

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУМЕРНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР ПРИ ДВУХПУЧКОВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Е.А. Довольнов, Б.Ф. Ноздреватых, С.В. Устюжанин
Томский университет систем управления и радиоэлектроники

Дифракционные структуры (ДС), записанные в фотополимерных материалах (ФПМ), представляют значительный интерес в связи с изучением особенностей голографического формирования наноразмерных ДС в фотополимеризующихся жидкокристаллических композиционных материалах и динамического управления их дифракционными свойствами.

Целью данной работы являлось создание динамической модели голографической записи дополнительных дифракционных решёток (ДДР) в ФПМ, сформированных в результате двухпучкового взаимодействия слабых световых волн, дифрагированных на высших пространственных гармониках поля основной дифракционной решетки (ОДР), с сильными опорными световыми волнами, участвующими в процессе ее формирования. Для описания нелинейного диффузионно-фотополимеризационного процесса записи ОДР использовалась модель с учетом взаимодействия трех гармоник [1]. Получены дифференциальные уравнения формирования ДДР, описывающие процесс формирования четырех дополнительных решеток на каждой, начиная со второй, гармонике ОДР. Найдены их аналитические решения с параметрическими начальными условиями, описывающими пространственно-временную динамику высших пространственных гармоник ОДР. На основе численного моделирования было определено, что для пропускающей симметричной геометрии записи ОДР в ФПМ, уровень ДДР может быть сопоставим с уровнем высших пространственных гармоник ОДР. Характерной особенностью их формирования является существенная неоднородность амплитудно-фазового профиля ДДР. При этом амплитудный профиль ДДР имеет существенно выраженную квазипериодическую составляющую, отражающую особенности двухпучкового взаимодействия в условиях отклонения от фазового синхронизма. Это показывает возможность создания двумерно-квазипериодических фотонных структур в ФПМ и композиционных материалах на их основе. Работа выполнена в рамках гранта программы «Развитие научного потенциала высшей школы» Федерального агентства по образованию РФ на 2005 г.

1. Sharangovich S., Dovolnov E. // Proc of Forth Asia - Pacific Conf. "Fundamental problems. of opto and microelectronics" (APCOM'2004). - Khabarovsk September 13-16, 2004, Russia. –pp.147-151.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. С.Н. Шарангович

МОРФОЛОГИЯ И КАЧЕСТВО КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПЛЕНОК CdTe

Д.Г. Икусов

Новосибирский государственный университет

В качестве подложечного материала для производства высококачественных эпитаксиальных пленок $Cd_xHg_{1-x}Te$ (КРТ) методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) широко используются “альтернативные” подложки (в первую очередь буферные слои CdZnTe на подложках из GaAs, Si). Структурное совершенство таких подложек, морфология и дефекты поверхности оказывают существенное влияние на свойства пленок КРТ.

Проведено исследование влияния условий выращивания (температура выращивания (Т) и соотношение потоков Cd и Te (К)) на структурное совершенство, морфологию и плотность прорастающих дефектов пленок CdTe, выращенных методом МЛЭ на подложках ZnTe/GaAs с ориентацией (013). Т и К варьировались в интервале $260 \div 315$ °С и $0,5 \div 28$ соответственно. Скорость роста - 2мкм/час, а толщина пленок составляла 6 мкм.

Структурное совершенство выращенных буферных слоев CdTe исследовалось с помощью измерения полной ширины на полувысоте (ПШПВ) кривых качания рентгеновской дифракции. Зависимости ПШПВ от К и Т имеют явные минимумы при $K = 2 \div 7$, причем при $K < 2$ наблюдается резкий рост ПШПВ, что свидетельствует о резком ухудшении структурного совершенства. При $K > 7$ наблюдается незначительное увеличение ПШПВ причем оно больше для низких температур. Минимальное значение ПШПВ наблюдалось при $T = 260$ °С, $K = 7$ и составило 160 arcsec. Плотность прорастающих дефектов (ППД) исследовалась с помощью оптического микроскопа. Зависимости ППД от К для разных температур довольно четко разделяются и имеют явные минимумы. Морфология поверхности выращенных пленок исследовалась с помощью атомно-силового микроскопа. При $K < 2$ наблюдается резкое развитие рельефа на поверхности плёнки. При увеличении $K > 7$ морфология поверхности также ухудшается. Оптимальной температурой роста с точки зрения морфологии поверхности является $T = 280$ °С. С учётом совокупности полученных данных были определены оптимальные условия роста CdTe на ZnTe/(310)GaAs: $T = 280 \div 300$ °С и $K = 5 \div 7$. Резкое ухудшение структурного совершенства и морфологии пленок обусловлены трехмерным механизмом роста пленок CdTe при $K < 2$ для различных температур. При $K > 2$ наблюдается смена механизма роста на двумерный, что приводит к резкому улучшению качества пленок CdTe.

Научные руководители – вед. инженер-технолог Н.Н. Михайлов, канд. физ.-мат. наук С.А. Дворецкий

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КНИ-СТРУКТУР НА ЧАСТОТНОМ АНАЛИЗАТОРЕ ИМПЕДАНСОВ

Х.Н. Томский

Физико-технический институт Якутского государственного университета
им. М.К.Аммосова

В последнее время все более возрастает интерес к структурам кремний-на-изоляторе (КНИ). Это обусловлено быстродействием, радиационной стойкостью и термостабильностью приборов, изготавливаемых на основе таких структур.

В данной работе изучались электрофизические характеристики КНИ-структур на частотном анализаторе импедансов Hewlett Packard 4291A со следующими параметрами: $\Delta U=0 - 1В$, $\Delta f=1МГц$ до 1.8ГГц. Проведены измерения зависимости емкости структуры от напряжения и частоты. В работе проводится анализ полученных результатов.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Е.П. Неустроев

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХПУЧКОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В КРИСТАЛЛЕ ТИТАНАТА ВИСМУТА СРЕЗА (100)
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ КРИСТАЛЛА
ИНТЕНСИВНОСТЯХ ЗАПИСЫВАЮЩИХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ

А.А. Колегов, А.С. Лапоухов

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники

Фоторефрактивные кристаллы титаната висмута благодаря малому времени отклика перспективны для использования в различных приложениях динамической голографии[1,2]. Для излучения с длиной волны 633 нм в них достигается высокая эффективность двухпучкового взаимодействия в отражательной геометрии даже в отсутствие внешнего электрического поля[3].

В настоящем сообщении представлены результаты экспериментального исследования двухпучкового взаимодействия на отражательных голографических решетках, формируемых лазерным излучением с длиной волны 633 нм в кристалле титаната висмута ($Bi_{12}TiO_{20}$) при разных интенсивностях входного излучения и температуре кристалла.

В ходе эксперимента были получены графики зависимости коэффициента Γ от времени при разных интенсивностях входного излучения и температуре кристалла. Рост коэффициента двухпучкового усиления до некоторого максимума обуславливается быстрой записью электронной решетки. Как видно из полученных результатов с повышением интенсивности входного излучения скорость записи такой решетки увеличивается. Убытие коэффициента Γ связано с тем, что далее продолжает записываться медленная решетка положительных зарядов. Зависимости поведения коэффициента Γ со временем при различных температурах позволяют сделать предположение, что в процессе формирования пространственной решетки используются электронные и дырочные механизмы переноса заряда, которые имеют температурную зависимость.

-
1. S. Stepanov, Repts. Progr. Phys., 57, 39-116, (1994).
 2. N.V. Kukhtarev, B.S. Chen, P. Venlateswartu, G. Salamo, M. Klein, Opt. Commun., 104, 23-28, (1993).
 3. Е.Ю. Агеев, С.М. Шандаров, С.Ю. Веретенников, А.Г. Мартьянов, В.А. Карташов, А.А. Камшилин, В.В. Прокофьев, В.В. Шепелевич, Квантовая электроника, 31, № 4, 343-345, (2001).

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. С.М. Шандаров

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФFUЗИОННОЙ ЗАПИСИ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ГОЛОГРАММЫ В КРИСТАЛЛЕ ТИТАНАТА ВИСМУТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ СО СЛОЖНЫМ СПЕКЛОВЫМ РАСПЕРЕДЕЛЕНИЕМ ИНТЕНСИВНОСТИ.

С.В. Шлыков, В.Г. Поляков

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования физических процессов диффузионного формирования в фото-рефрактивном кристалле ВТО среза (100) отражательной динамической решетки спекловым полем. Показано, что световая волна со сложным распределением интенсивности может эффективно записывать голографическую решетку в ФРК без приложения внешнего электрического поля.

В нашей работе, лучи, формирующие отражательную голограмму, производятся из входного пучка путем его частичного отражения от выходной грани кристалла. Это делает интерферометрическую измерительную систему, построенную на основе такой голограммы, более устойчивой по отношению к случайным механическим воздействиям или вибрациям по сравнению с геометрией, в которой используется два независимых луча[1].

В ходе эксперимента были получены графики зависимости коэффициента Γ от времени при разных углах поляризации входного излучения. Значения экспоненциального коэффициента двухпучкового усиления Γ для угла поляризации входного излучения $40^\circ - 2,08 \text{ см}^{-1}$ и $50^\circ - 2,09 \text{ см}^{-1}$. Относительно невысокие значения экспоненциального коэффициента двухпучкового усиления Γ объясняются малым временем записи отражательной голографической решетки. Надо заметить, что при использовании когерентного монохроматического излучения, полученного непосредственно от лазера, для используемого нами образца экспоненциального коэффициент двухпучкового усиления Γ может достигать значения в $6,8 \text{ см}^{-1}$.

1. Ромашко Р.В., Шандаров С.М., Кульчин Ю.Н., Буримов Н.И., Лимарев Д.А., Кргин Ю.Ф., Волков В.В. Адаптивный спеклинтерферометр на основе динамической отражательной голограммы, сформированной в кристалле ВТО среза (100). // Труды третьей международной конференции "Фундаментальные проблемы оптики". Санкт-Петербург. 18-21 октября 2004. / Под ред. Проф. В.Г. Беспалова, проф. С.А. Козлова. СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. - 344с., ил. - Санкт-Петербург, 2004, - С. 217-219. - Рус.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. С.М. Шандаров

РАСЧЁТ ПЛОТНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ В AgBr

Д.В. Корабельников

Кемеровский государственный университет

В исследовании электронной структуры твердых тел и интерпретации экспериментальных данных важную роль играют интегральные величины, к числу которых относятся плотности электронных состояний. Существует ряд методов вычисления интегральных характеристик зонного спектра, в частности методы тетраэдров и специальных точек. Метод тетраэдров заключается в разбиении зоны Бриллюэна на тетраэдры и линейной интерполяции энергии по её значениям в вершинах тетраэдров. Это позволяет использовать лишь неприводимую часть зоны Бриллюэна и аналитически рассчитать по ней интеграл. Сущность метода специальных точек заключается в определении таких точек, которые дают основной вклад в плотность состояний. Это позволяет ограничиться расчетами в довольно малом количестве точек, которые и называются специальными. В интерполяционной схеме используются симметризованные ряды Фурье. Для численного вычисления интеграла по зоне Бриллюэна применяются кубатуры Гаусса. В данной работе методы тетраэдров и специальных точек применялись для расчёта плотностей электронных состояний AgBr. Точность расчётов определялась по соответствию результатам теоретических и экспериментальных работ [1]-[3] ряда авторов и малости изменения плотности состояний с увеличением числа опорных точек. В хорошем согласии с работами [1]-[3], максимумы полной плотности состояний для AgBr соответствовали энергиям: -14.84, -4.58, -3.93, -3.00, -2.59, -1.40, -0.5, 3.63, 6.00 эВ.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Метод тетраэдров даёт лучшие результаты при равномерном разбиении неприводимой части зоны Бриллюэна на тетраэдры.
2. Метод тетраэдров позволяет точнее метода специальных точек рассчитать плотность состояний за счёт возможности увеличения числа опорных точек в 48 (число элементов симметрии) раз.
3. Для расчётов с неплохой точностью плотности состояний целесообразно использовать метод тетраэдров с пятнадцатью опорными точками. Увеличение их числа в 2 раза приводит к смещению максимумов плотности состояний лишь на 1 %.

-
1. Mason M., Miller T., Kunz A. Phys. Rev. B. 1990. V. 42. P. 2996-3003.
 2. Onwuagba B. Solid state Communications. 1996. V. 97. P. 267-271.
 3. Oleshko V., Amkreutz M. Phys. Rev. B. 2003. V. 67. P. 5409-5416.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Н. Журавлёв

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КРЕМНИЕВЫХ МОП-ДИОДОВ

В.Ю. Грищук, С.С. Назаров

Томский государственный университет

Известно, что кремниевые МОП- структуры (МОП- конденсаторы, полевые транзисторы, МОП- диоды) обнаруживают чувствительность к восстановительным газам, если затвор или барьерный электрод выполнены из каталитически активных металлов (Pt, Pd, Ir). Электрические характеристики МОП- структур определяются величиной и знаком поверхностного потенциала ϕ_s . Если по какой-либо причине изменяется ϕ_s , то увеличиваются или снижаются прямой и обратный токи МОП- диодов, емкость и активная проводимость. Именно этот эффект лежит в основе использования МОП- диодов в качестве газочувствительных элементов. Как правило, диоды Pd- SiO₂- *n*-Si с туннельно тонким слоем SiO₂ наиболее чувствительны к водороду, но они также обладают чувствительностью и к другим восстановительным газам. Целью данной работы явилась разработка способа получения структур, селективных к аммиаку.

Диоды Pd- SiO₂- *n*-Si, изготавливали на основе эпитаксиальных слоев *n*-Si с удельным сопротивлением *n*-слоя $\rho = (5-7)$ Ом·см. Готовые образцы отжигали на воздухе при температурах $T_{от} = 200, 300, 400, 500$ и 610°C в течение 10 минут. Измерены вольт-амперные характеристики (ВАХ) на постоянном токе и вольт-фарадные характеристики (ВФХ) на частоте 1 МГц в воздушной среде и в газовых смесях аммиак/воздух и водород/воздух. Найден временные зависимости изменений емкости в газовой среде при фиксированных напряжении на диоде и температуре. Поверхность палладиевого электрода для каждой серии диодов с фиксированной температурой отжига исследовалась с помощью атомного силового микроскопа.

Показано, что с помощью термического отжига можно целенаправленно изменять электрические и газочувствительные свойства диодов Pd-SiO₂-*n*-Si. Кремниевые структуры, отожженные при 200°C , обладают чувствительностью как к H₂, так и к NH₃, и значения отклика на эти газы сопоставимы. После отжига при $T_{от} \geq 300^\circ\text{C}$ отклик на аммиак снижается, но одновременно за счет изменений структуры и химического состава барьерного электрода исчезает чувствительность диодов к водороду. Отжиг при 400°C , 500°C и 610°C вызывает снижение крутизны ВФХ и дальнейшее уменьшение отклика емкости диодов на аммиак. Показано, что для получения кремниевых диодов, селективных к NH₃, оптимальным является отжиг при 300°C в течение 10 минут. Измерена зависимость изменений емкости от концентрации NH₃, определены параметры быстрой реакции.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. В.М. Калыгина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ И ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯДА В ДЕТЕКТОРЕ НА ОСНОВЕ GaAs:Cr ПОСЛЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ГАММА-КВАНТА

М.С. Скакунов

Томский государственный университет

На основе координатных детекторов изготавливаются модули получения цифрового изображения в рентгеновских и гамма-лучах, которые используются в медицине (рентгенодиагностическая аппаратура), в науке и технике (неразрушающий контроль изделий, досмотровые системы в аэропортах, дефектоскопия) и других областях применения. Детекторы рентгеновского и гамма-излучений на основе компенсированного хромом арсенида галлия обладают высокой эффективностью регистрации, высокой эффективностью сбора заряда и повышенной радиационной стойкостью.

В данной работе проводится моделирование процессов в детекторе ионизирующего излучения, созданном на основе компенсированного хромом арсенида галлия.

Осуществлено совместное решение уравнения Пуассона и уравнения непрерывности с учетом захвата избыточных носителей заряда на глубокие центры двух типов. Изучалось движение и разделение неравновесных носителей заряда в активной области детектора после поглощения гамма-кванта. Изучено также изменение профилей заполнения ловушек – атомов хрома и антиструктурных дефектов EL2 - в активной области и их действие на свободные носители заряда.

Установлено, что пакеты созданных носителей заряда не задерживаются перед началом своего движения, а сразу начинают разделяться. Дрейф пакетов электронов, созданных γ -квантами, можно описывать обычным линейным выражением с небольшой поправкой.

Показано, что электроны и дырки в активной области детектора на основе GaAs:Cr захватываются, в основном, на уровень хрома. При этом захват дырок атомами хрома превалирует над захватом электронов. Рассчитаны времена жизни носителей заряда в пакетах. Расчетные значения хорошо согласуются с экспериментальными, полученными при анализе амплитудных гамма-спектров.

На основе полученных результатов можно делать выводы о зависимости величины эффективности сбора заряда от параметров активной области детектора. Результаты работы позволяют рассчитывать выходные токи детектора с большой степенью точности, что важно для создания электроники, обрабатывающей выходной сигнал.

Научный руководитель – асп. М.В. Биматов

СПЕКТРОСКОПИЯ СИСТЕМЫ С ПАРАМЕТРАМИ,
МЕНЯЮЩИМИСЯ ВО ВРЕМЕНИ: ФОТООТРАЖЕНИЕ
ПОВЕРХНОСТИ Cs-GaAs.

А.Г. Журавлёв¹, А.А. Рябченко²

¹Новосибирский государственный университет

²Специализированный учебно-научный центр при
Новосибирском государственном университете

Использование спектроскопических методов для исследования объектов, параметры которых зависят от времени, ограничивается минимальным временем измерения одного спектра. В данной работе, на примере спектроскопии фотоотражения (ФО) поверхности GaAs с адсорбированными атомами цезия, реализован новый алгоритм измерения и обработки спектральных зависимостей, позволяющий преодолеть это ограничение.

При адсорбции атомов Cs, на поверхности полупроводника возникают электронные состояния в запрещенной зоне. Захват носителей заряда на эти состояния приводит к появлению поверхностного электрического поля F_s . Это поле можно определить по периоду осцилляций Франца-Келдыша, наблюдающихся в спектрах ФО. Традиционный способ определения зависимости F_s от величины цезиевого покрытия θ_{Cs} , в котором нанесение цезия и измерение спектров ФО проводятся раздельно по времени, позволяет получить ~ 10 точек по величине покрытия за один цикл измерений, что недостаточно для детального изучения эволюции поверхностных состояний. Новый алгоритм эксперимента состоит в измерении спектров ФО одновременно с непрерывным нанесением цезия. В результате получается двумерный массив величин сигнала ФО как функция энергии фотонов и времени нанесения цезия, которое определяет величину θ_{Cs} . Каждый из непосредственно измеренных таким образом спектров не может быть использован для определения F_s , поскольку величина покрытия и поле непрерывно изменяются во времени. Однако, интерполяцией полученного массива данных можно получить спектр ФО и величину F_s , которые соответствуют любому заданному моменту времени и, следовательно, любому покрытию.

Предложенный алгоритм позволил в несколько раз сократить полное время эксперимента, существенно повысить точность измерения зависимости $F_s(\theta_{Cs})$ и детально исследовать "тонкую структуру" этой зависимости, обусловленную различными адсорбционными состояниями на поверхности Cs/GaAs.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. Альперович

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ТУННЕЛИРОВАНИЯ 6S-ЭЛЕКТРОНОВ И ИХ СВЯЗИ С ПОНИЖЕНИЕМ СИММЕТРИИ ОКСИДОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДАМИ КВАНТОВОЙ ХИМИИ

С.В. Сулов

Новосибирский государственный университет

Наиболее существенной структурной особенностью монооксидов свинца PbO является сильное отклонение их структур от идеальной кубической структуры типа NaCl. В PbO четко выделены плоские слои ионов кислорода, чередующиеся со двоянными слоями ионов свинца. Несмотря на явно выраженную слоистую структуру, характерных анизотропных свойств данные вещества не проявляют. В частности, не наблюдается существенной анизотропии коэффициентов теплового расширения, нет выраженных плоскостей спайности и т. д. Это дало основание для многостороннего исследования причин, обуславливающих перечисленные свойства. Одной из первых была сформулирована гипотеза о необычно сильном ван-дер-ваальсовском взаимодействии между слоями ионов свинца (П), осуществляемом "активными" неподеленными $6s^2$ электронными парами. Однако, как показали многочисленные теоретические исследования, ван-дер-ваальсовским взаимодействием объяснить наблюдаемые эффекты не удалось. Другой гипотезой необычного связывания является гипотеза электронного туннелирования [1]. В настоящей работе проводится квантово-химический анализ структуры ближнего края рентгеновской абсорбции (XANES) оксидов свинца (PbO, Pb₂O₃, PbO₂ и др). На основании этого анализа получено прямое подтверждение существования возбужденного состояния электрона - $6s\bar{p}$. Сделан вывод об эффекте туннелирования электронов из этого состояния.

1. Габуда С.П., Козлова С.Г., Эренбург С.Б., Бауск Н.В., Давидович Р.Л., Зырянов В.В., Юхин Ю.М. «Туннелирование $6s^2$ – электронов в PbO и Vi_2O_3 : XANES-спектроскопия и DFT-расчеты» Письма в ЖЭТФ, 2002, т. 76, №1, с.57-59.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С.Г. Козлова

РАЗРАБОТКА КООРДИНАТНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ДЕТЕКТОРА СПИНОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

В.Г. Гришаев

Новосибирский государственный университет

Работа посвящена разработке и созданию детектора, позволяющего детектировать продольную компоненту среднего спина электронов в произвольной точке поперечного сечения электронного пучка. В основе принципа работы детектора лежит зависимость коэффициента отражения поляризованных по спину электронов ферромагнитным материалом от относительной ориентации векторов (псевдовекторов) спина электронов и намагниченности ферромагнетика.

Детектор состоит из микроканальной пластины (МКП), поверхности каналов которой покрыты тонким слоем ферромагнитного металла, люминофорного экрана и ПЗС- телекамеры. Коэффициент пропускания электронов каналом МКП зависит от величины проекции среднего спина электронов $\langle S \rangle$ на вектор намагниченности поверхности канала. Поэтому пространственное распределение прошедших МКП электронов будет отражать распределение $\langle S \rangle$ в поперечном сечении электронного пучка на входе МКП. Прошедшие микроканальную пластину электроны ускоряются однородным электрическим полем в направлении люминофорного экрана и в результате катодолуминесценции создают на нем световое пятно, яркость свечения которого повторяет пространственное распределение электронов. Световое пятно с люминофорного экрана считается ПЗС-телекамерой и записывается в память компьютера. Измеряя пространственные распределения яркости светового пятна на люминофорном экране при различных направлениях намагниченности поверхности каналов можно восстановить пространственное распределение $\langle S \rangle$ в поперечном сечении электронного пучка.

Для выбора материала ферромагнитного покрытия микроканальной пластины, которое должно выдерживать вакуумный отжиг и сохранять ферромагнитные свойства, были изучены магнитные свойства тонких пленок Ni и Co. Для измерения кривых намагничивания был использован меридиональный эффект Керра. Для его измерения была создана установка на основе эллипсометра ЛЭФ-3М, соленоида с источником питания и 2-х координатного самописца. Измерены форма и параметры петель гистерезиса пленок Ni и Co до и после вакуумного отжига. Изучен химический состав пленок.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. А.С. Терехов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ SI(111) ПОСЛЕ ОТЖИГА В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОГО КАПИЛЛЯРА

Е.Е. Родякина

Новосибирский государственный университет

В зависимости от термодинамических и кинетических условий кристалл имеет различную атомную структуру, что необходимо учитывать при предсказании изменения поверхностной морфологии при термических отжигах кристалла-подложки. Целью данной работы является изучение атомных процессов на поверхности кристалла при эпитаксиальном росте, сублимации и термодинамическом равновесии. Исследования проводились методом атомно-силовой микроскопии при атмосферных условиях.

Экспериментально реализовать равновесные термодинамические условия сложно, что объясняет отсутствие таких исследований в литературе. Существует только относительно узкий интервал температур для перехода системы в квазиравновесное состояние, когда диффузия достаточно быстрая, а сублимацией можно еще пренебречь.

Для реализации равновесного состояния на поверхности в более широком температурном интервале, нами применен метод плоского капилляра, состоящего из двух пластин кремния, параллельно расположенных на близком расстоянии и независимо нагреваемых прямым пропусканием электрического тока. Одна пластина служит объектом исследования, а другая источником атомов кремния. Предлагаемая конструкция позволила осуществлять плавный переход образца при постоянной температуре от сублимации к эпитаксии посредством изменения температур пластин. В процессе этого перехода в промежуточном состоянии может быть реализовано квази-термодинамическое равновесие: поток атомов с поверхности исследуемого кристалла будет компенсирован потоком атомов на исследуемую поверхность из другого кристалла, по крайней мере, в интервале высоких температур (более 900°C).

В данной работе показано, что, используя метод плоского капилляра, можно получать атомно-чистые поверхности кремния в условиях среднего вакуума (выше 10^{-6} Торр). Представлены результаты изучения рельефа поверхности кремния (111) после термического отжига в условиях плоского капилляра, в зависимости от расстояния между образцами и их температур. Полученные результаты обсуждаются в рамках различных теоретических подходов.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук А.В. Латышев

СВЕРХСТРУКТУРНЫЕ ПЕРЕХОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ GaAs(001), ИНДУЦИРОВАННЫЕ АТОМАРНЫМ ВОДОРОДОМ

Д.А. Петухов

Новосибирский государственный университет

Изучение взаимодействия атомарного водорода с поверхностью GaAs(001) является важной задачей физики полупроводников, а также важнейшим технологическим этапом изготовления многих приборов. Среди множества возможных поверхностных реконструкций GaAs(001) наиболее используемыми являются структуры (2×4) и (4×2) . Известно, что при взаимодействии атомарного водорода (H^*) с реконструкциями (2×4) и (4×2) GaAs(001) происходит насыщение H^* болтающихся связей мышьяка и галлия. Дальнейшее увеличение дозы H^* может способствовать разрушению поверхностных димеров с образованием в конечном счете таких летучих соединений, как GaH_3 и AsH_3 . В результате такого взаимодействия теоретически становится возможным послойное удаление атомов мышьяка и галлия при низкотемпературных прогревах в вакууме. Однако, в литературе отсутствуют экспериментальные данные, касающиеся проверки такой возможности.

Целью данной работы является экспериментальное изучение сверхструктурных переходов на поверхности GaAs(001), индуцированных атомарным водородом и низкотемпературным прогревом в вакууме.

В качестве образцов использовались пленки GaAs(001), выращенные методом жидкофазной эпитаксии. Эксперименты проводились в сверхвысоковакуумной камере при различных температурах образца и экспозициях H^* . Структура поверхности GaAs(001) изучалась методом дифракции медленных электронов. Состав и стехиометрия поверхности контролировались методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

В работе приведены результаты взаимодействия H^* с реконструкциями (2×4) и (4×2) поверхности GaAs(001) при различных дозах H^* и температурах подложки. На основании результатов проведенных экспериментов построена зависимость сверхструктурных переходов на поверхности GaAs(001) от температуры и дозы H^* обработки.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук О.Е. Терещенко

МЕХАНИЗМ АДСОРБЦИИ O₂ НА ПОВЕРХНОСТЬ Cs/GaAs(001) (4×2)/c(8×2)

К.В. Горопецкий
Новосибирский государственный университет

Покрытия на основе (Cs,O) используются для приготовления фото-эмиттеров из GaAs с отрицательным электронным средством. Для фото-эмиттеров с высоким квантовым выходом используется Ga-стабилизированная поверхность p-GaAs(001) с реконструкцией (4×2)/c(8×2). Активирующее покрытие на такой поверхности создаёт дипольный слой, понижающий уровень вакуума и создающий отрицательное эффективное электронное средство. Основной задачей является увеличение квантового выхода путём создания структурно упорядоченного покрытия. Для этого необходимо знать механизм адсорбции O₂ на поверхность Cs/GaAs(001). В настоящее время остаётся открытым вопрос о микроскопическом механизме адсорбции O₂ на поверхность Cs/GaAs(001), и, в частности, места адсорбции O₂ на поверхность Cs/GaAs(001).

Целью данной работы является выяснение механизма адсорбции O₂ на поверхность Cs/GaAs(001)-(4x2) и построение микроскопической модели строение границы раздела (Cs,O)/GaAs(001) (4x2).

Эксперименты проводились на сверхвысоковакуумном (СВВ) электронном спектрометре ADES-500. Состав поверхности изучался методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Структура поверхности изучалась методом дифракции медленных электронов. Измерения изменения работы выхода Cs/GaAs(001) при адсорбции O₂ были проведены методом измерения порога вторичной эмиссии.

В работе изучена кинетика адсорбции O₂ на поверхность GaAs(001) с субмонослойными покрытиями Cs. Для всех исследуемых покрытий поверхности Cs адсорбция кислорода носит насыщающийся характер, причём уровень насыщения увеличивается пропорционально количеству Cs на поверхности. Для поверхности покрытой 0.9 ML Cs экспонирование в атмосфере кислорода при дозе D=1÷2 L приводило к образованию оксидов As₂O₃ и Ga₂O₃, а при малых покрытиях образование объёмной фазы оксидов не наблюдалось. Обнаружен эффект возврата электронной плотности на атомы Cs при адсорбции O₂. Таким образом, наблюдаемое при адсорбции O₂ насыщение и передача электронной плотности к атомам Cs говорит о локальном характере адсорбции O₂ вблизи атомов Cs. В работе обсуждается микроскопический механизм адсорбции O₂, взаимодействие кислорода с поверхностными атомами As, Ga, Cs.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук О.Е. Терещенко

К ТЕОРИИ ПОГЛОЩЕНИЯ ЗВУКА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ С ВЫСОКОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ

М.А. Сатторов

Самаркандский государственный университет

В последние годы интенсивно исследуются акустические свойства полупроводников с высокой подвижностью и малой эффективной массой, аналогичных n-InSb. В таких полупроводниках время релаксации энергии τ_e становится довольно большим уже при температуре жидкого азота [1, 2]. Поэтому при частотах в несколько сот мегагерц, представляющих технический интерес, выполняется условие $\omega\tau_e \gg 1$ (ω - частота звука). Как показано в [1, 2] в полупроводниках с высокой подвижностью существенным механизмом нелинейности является разогрев электронов электрическим полем звуковой волны.

В данной работе представлены результаты исследования взаимодействия звуковой волны с электронами проводимости в полупроводниках, типа n-InSb, в области частот

$$\omega\tau_e \gg 1, \quad \omega\tau_{ee} \gg 1$$

(τ_{ee} – время межэлектронных столкновений).

В отсутствие внешнего электрического поля быстроменяющаяся часть функции распределения f находится из кинетического Больцмана:

$$f = e\varphi \frac{q^2 D_q(\varepsilon)}{-i\omega + q^2 D_q(\varepsilon)} \cdot \frac{d\bar{F}}{d\varepsilon}.$$

Переменная часть концентрации электронов $n_q(\omega)$ связана с внешним возмущением $\varphi_q(\omega)$:

$$n_q(\omega) = e\varphi_q(\omega) K_q(\omega).$$

Используя уравнение Пуассона и с учетом уравнения теории упругости, находится дисперсионное уравнение

$$\frac{q_0^2 - q^2}{q^2} = \chi \left[1 - \frac{4\pi e^2}{\varepsilon_0 q^2} K_q(\omega) \right]^{-1}$$

С помощью дисперсионного уравнения вычислены коэффициенты поглощения звука в различных случаях.

-
1. Гальперин Ю.М., Дричко И.Л., Лайтман Б.Д. ФТТ, 12, 1970, с.1437.
 2. Бугаев А.С., Гуляев Ю.В., Шкердин Г.Н. ФТТ, 12, 1970, с. 2654.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.П. Пардаев

ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА В КРИСТАЛЛАХ ТИТАНАТА ВИСМУТА ЛЕГИРОВАННЫХ БОРОМ

П.Г. Силаков

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники

Фоторефрактивные кристаллы титаната висмута являются перспективными материалами для динамической голографии благодаря высокой чувствительности к излучению из видимой области спектра и быстрому отклику на световое воздействие [1]. На величину и скорость фоторефрактивного отклика значительное влияние может оказывать наблюдаемое в этих кристаллах фотоиндуцированное поглощение света. Его физической причиной принято считать перезарядку дефектных центров с различными сечениями фотоионизации под действием видимого света [2].

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований динамики фотоиндуцированного поглощения в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Bt}$ при их последовательном облучении квазимонохроматическим светом от полупроводниковых светодиодов с центральными длинами волн $\lambda = 660$ и 505 нм. Изучено влияние подсветки на одной длине волны на изменение поглощения света кристаллом на другой длине волны. Эксперименты проводились на монокристаллическом образце $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Bt}$ среза (100) и толщиной 0.45 мм. Эксперименты с последовательным облучением кристалла показали, что скорость фотоиндуцированных изменений поглощения существенно выше для зеленого света, чем для красного излучения, хотя выполняется условие $I_{R0} > I_{G0}$.

Мы провели два эксперимента по облучению образца светом с одной длиной волны при подсветке излучением с другой длиной волны. Подсветка зеленым излучением кристалла, освещаемого красным светом, приводила к увеличению фотоиндуцированного поглощения для красного света $\Delta\alpha_R$ на величину $\sim 0.7 \text{ см}^{-1}$ за время ~ 200 с. Подсветка красным излучением образца, облучаемого зеленым светом, уменьшает $\Delta\alpha_G$ для зеленого света на величину $\sim 0.03 \text{ см}^{-1}$.

На основе анализа экспериментальных данных предложена модель перезарядки дефектных центров, описывающая наблюдаемые эффекты.

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб., 1992.

2. Малиновский В.К., Гудаев О.А., Гусев В.А., Деменко С.И. Фотоиндуцированные явления в силленитах. Новосибирск, 1990.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.Е. Мандель

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ

С.А. Ермаков

Воронежский технический университет

Благодаря большой удельной поверхности нитевидные кристаллы (НК) являются уникальными модельными объектами для установления условий получения различных поверхностных дефектов и определения их влияния на свойства твердых тел. Ростовые, и «искусственные» поверхностные дефекты являются эффективными концентраторами и приводят к неоднородному распределению напряжений по объему НК, чем способствуют снижению его упругих свойств и началу зарождения пластичности. Экспериментально получено, что эффект генерации дислокаций и явление микропластичности всегда предшествует разрушению НК.

Эксперименты по разрушению сосредоточенной нагрузкой позволили выявить влияние поверхностных дефектов на снижение упругих свойств и изменение рельефа поверхности разрушения НК германия в хрупком состоянии. В процессе деформации участвовал малый объем НК практически полностью исключавший вероятность попадания естественного поверхностного дефекта, способствовавшего снижению прочности. В этих условиях удавалось сохранять осколки после разрушения НК. Установлено, что в большинстве случаев разрушение сосредоточенной нагрузкой при 300К НК различных диаметров происходило по поверхности со сложным рельефом, содержащим веерообразно расходящиеся ступеньки.

Обнаружены три существенно различающиеся области на поверхности рельефа разрушения, который во всех трех областях свидетельствовал в пользу процесса зарождения и движения дислокаций, а также о явлении микропластичности, предшествующем разрушению НК. Это свидетельствовало о генерации дислокаций в условиях их малой подвижности.

В экспериментах изучено влияние на упругие свойства и прочность НК поверхностных и объемных дефектов, специально созданных локальными высокоинтенсивными внешними механическими и немеханическими воздействиями. Обнаружено, что обработка исходной и полированной поверхности уколом, царапаньем, высокоинтенсивным локальным тепловым или некогерентным световым излучением электрической дуги, электротокowym воздействием приводит к снижению прочности НК.

Сделан вывод, что за снижение прочности ответственны не отдельно взятые единичные или групповые дефекты поверхности, являющиеся эффективными концентраторами напряжений, или дефекты объема, являющиеся носителями пластической деформации, а их взаимодействие.

Научный руководитель — д-р техн. наук, проф. А.П. Ермаков

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЖПРИМЕСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРЫ С КОБАЛЬТОМ В КРЕМНИИ

Р. Усманов

Самаркандский государственный университет

Для кобальта в кремнии характерно образование пяти глубоких акцепторных уровней, а его растворимость в кремнии близка к растворимости серы и при температуре легирования 1250°C составляет $2 \cdot 10^{16}$ атом/см³. Образцы монокристаллического кремния марки КДБ-10, выращенного по методу Чохральского предварительно диффузионно легировались серой при 1250°C из газовой фазы при давлении паров диффузианта $\sim 10^5$ Па, что обеспечивало равномерное легирование. После легирования были получены перекомпенсированные образцы $n\text{-Si}\langle B, S \rangle$ с удельным сопротивлением $\rho = 2$ Ом·см. Затем образцы $n\text{-Si}\langle B, S \rangle$ дополнительно легировали кобальтом из напыленного слоя под давлением аргона в интервале температур $1050\text{-}1250^{\circ}\text{C}$ с шагом 50°C . Для сравнения в каждом случае при тех же условиях отжигали контрольные образцы $\text{Si}\langle B, S \rangle$ без добавки примесей кобальта, а также исходный кремний $p\text{-Si}\langle B \rangle$ с кобальтом. Исследования полученных результатов показали, что параметры образцов $\text{Si}\langle B, S, Co \rangle$ независимо от температуры отжига сравнимы с параметрами контрольных образцов $n\text{-Si}\langle B, S \rangle$, оттоженных при тех же условиях. При этом по мере понижения температуры отжига ρ перекомпенсированных образцов $\text{Si}\langle B, S, Co \rangle$ и $\text{Si}\langle B, S \rangle$ повышается, что касается образцов $\text{Si}\langle B, Co \rangle$, то их параметры независимо от температуры отжига были близки параметрам исходного материала. Столь слабое влияние кобальта на электрические параметры кремния связано с малостью концентрации их электроактивных атомов в кремнии, что и подтверждает литературные данные и подавлением ТЗД дефектов в процессе легирования кремния кобальтом. Возможно эти интервалы температур соответствуют условиям возникновения электронейтральных химически связанных комплексов различной природы, в частности CoS и CoS_2 . В заключение необходимо отметить, что, если верхний интервал температур взаимодействия серы и кобальта в кремнии соответствует интервалу температур распада твердого раствора Si-S и наличие примесных атомов кобальта как бы "ускоряет" процесс распада серы, то нижний интервал температур расположен там, где сера практически не распадается. Кроме того, практически все исследованные элементы переходной группы железа в кремнии образуют с серой электронейтральные химически связанные комплексы именно в том интервале температур, где имеет место распад твердого раствора Si-S .

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. Т.У. Тошбоев

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖПРИМЕСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРЫ С НИКЕЛЕМ В КРЕМНИИ

Г. Базарова

Самаркандский государственный университет

Известно, что никель в кремнии образует два акцепторных уровня с энергиями ионизации $E_c - 40$ и $E_v + 0,21$ эВ. Растворимость никеля при температуре легирования 1250°C составляет $4 \cdot 10^{17}$ атом/см³, а концентрация электроактивных атомов составляет $5 \cdot 10^{14}$ см⁻³. В качестве исходного материала использовали монокристалл кремния марки КДБ-10. После легирования получили перекомпенсированные образцы $Si\langle B,S\rangle$ с удельным сопротивлением $\rho \approx 2$ Ом·см. Затем образцы $n-Si\langle B,S\rangle$ дополнительно легировали никелем из напыленного слоя под давлением аргона в интервале температур $1050-1250^\circ\text{C}$ с шагом 50°C . Сравнимость параметра образцов $Si\langle B,S,Ni\rangle$ и $Si\langle B,S\rangle$ при высокотемпературных отжигах свидетельствует об отсутствии взаимодействия серы с никелем. Для выяснения этого вопроса образцы $Si\langle B,S,Ni\rangle$, а также контрольные $Si\langle B,S\rangle$, подвергали последующему отжигу в интервале $600-800^\circ\text{C}$ с различной длительностью. В процессе последующего отжига происходит частичный распад твердого раствора системы $Si-S$, вследствие чего, по мере повышения температуры отжига, удельное электрическое сопротивление образцов $Si\langle B,S\rangle$ возрастало с последующей инверсией типа их проводимости на p -тип и снижением удельного электрического сопротивление образцов до параметров исходного материала. Действительно, в процессе последующих термоотжигов, в интервале температур $600-800^\circ\text{C}$, концентрация электроактивных атомов никеля в кремнии возрастает примерно на порядок и достигает концентрация $5 \cdot 10^{15}$ см⁻³. Как показывают расчеты, в случае образцов $Si\langle B,S,Ni\rangle$, для полной компенсации донорных центров серы необходимо повысить концентрацию электроактивных атомов никеля с акцепторными уровнями $E_v + 0,21$ эВ до $5 \cdot 10^{17}$ см⁻³. Однако, как показали многократные исследования свойств образцов $Si\langle B,Ni\rangle$, отожженных в интервале температур $600-800^\circ\text{C}$, столь большая концентрация электроактивных атомов Ni не наблюдается. Если концентрация электроактивных атомов Ni достигает $5 \cdot 10^{17}$ см⁻³, то удельное сопротивление материала $Si\langle B,Ni\rangle$ должна быть ~ 1 Ом·см. Тогда остаётся предположить, что наблюдаемый характер изменения параметров образцов $Si\langle B,S,Ni\rangle$ относительно контрольных образцов $Si\langle B,S\rangle$ связан с образованием электронейтральных химически связанных комплексов серы с никелем, что имело место в случае взаимодействия серы с другими примесями.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. Т.У. Тошбоев

РАДИАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ ГРАНАТА, АКТИВИРОВАННЫХ Dy^{3+}

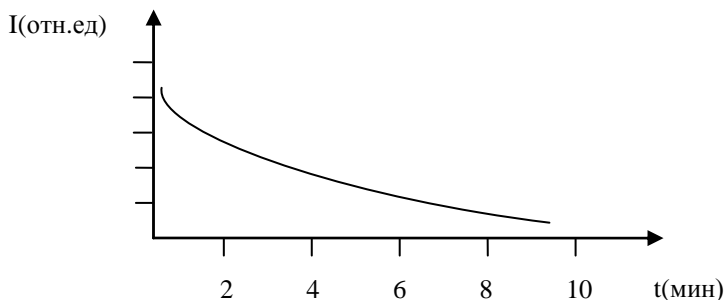
Д.Ф. Мажидов

Самаркандский государственный университет им. А. Навои

В данной работе представлены итоги изучения оптических и радиационно-оптических характеристик кристаллов ИАГ - Dy^{3+} . В спектре поглощения образуются группы линий в области 395-398, 400-405, 423-432, 452-465 нм обусловленные переходами соответственно (${}^6H_{15/2}-I$), (${}^6H_{15/2}-I$), (${}^6H_{15/2}-{}^4G_{11/2}$) и (${}^6H_{15/2}-{}^4I_{15/2}$). При возбуждении лучами ${}^{60}Co$ в спектре радиолуминесценции ИАГ- Dy^{3+} обнаружены три группы линий в видимой области спектра 490, 580, и 680 нм. Наиболее интенсивной среди них является группа линий с центром 490 нм. При возбуждении УФ светом в области 365 нм обнаружена фотолуминесценция, идентичная спектру радиолуминесценции. Линии свечения в областях 490 и 580 нм связаны с переходами ${}^4F_{9/2} - {}^6H_{15/2}$ и ${}^4F_{9/2} - {}^6H_{13/2}$, а свечение с максимумом 680 нм может быть связана с переходом ${}^3F_{9/2} - {}^6H_{11/2}$.

Возбуждение УФ лучами, по-видимому, приводит к релаксации с верхних возбужденных уровней на ${}^4F_{9/2}$ и последующим переходом на компонент основного мультиплета 6H_1 . ФЛ отдельных групп связано с различной эффективностью заселения отдельных уровней Dy^{3+} , обусловленной энергией возбуждения.

Выводы: 1) Кристаллы ИАГ - Dy^{3+} достаточно радиационно-стойкие к γ возбуждению; 2) γ и УФ излучения являются эффективными источниками возбуждения РЛ и ФЛ; 3) Полученные результаты не указывают на возможность валентных переходов в ионах Dy^{3+} ; 4) Выявлена зависимость интенсивности РЛ от времени облучения γ -лучами при 77К, представленная на рисунке.



Научный руководитель – доц. А.А. Юсупов

**ФИЗИКА УСКОРИТЕЛЕЙ
И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

М.И. Брызгунов

Новосибирский государственный университет

Основная часть экспериментов в ядерной физике и в физике элементарных частиц связана с использованием пучков ускоренных заряженных частиц. Важнейшими параметрами пучка являются ток и эмиттанс. Для накопления тока и уменьшения эмиттанса пучка тяжелых ионов часто используется метод электронного охлаждения.

Для эффективного электронного охлаждения необходимо чтобы в системе отсчета пучка скорости электронов были малы. Поэтому при прохождении пути от пушки до секции охлаждения в пучке не должно возбуждаться движение электронов, либо это возбуждение должно быть затем скомпенсировано.

Целью данной работы являлось рассчитать и исследовать движение электронов в системах электронного охлаждения на примере установки проектируемой для синхротрона COSY. COSY (COoler SYnchrotron, т. е. ускоритель “холодных” частиц) является не только ускорителем но и накопителем и используется для экспериментов с протонами на внутренней мишени в диапазоне энергий 175–2880 MeV.

Система электронного охлаждения для COSY должна работать в диапазоне энергий электронов 25–2000 keV с электронным током до 3 А, длина секции охлаждения 3 м, магнитное поле в ускоряющей секции 500 Гс, в тороидах и в секции охлаждения 2 кГс.

В ходе работы были сделаны численные расчеты движения электронов в системах электронного охлаждения.

Проведено исследование возникновения резонансов при движении электронов в магнитной системе и даны рекомендации для их избежания.

Так же была решена проблема перевода электрона из одного значения магнитного поля в другое и организовано специальное согласующее устройство для всего диапазона энергий.

Проведены исследования движения отраженных от коллектора вторичных электронов. Показана возможность частичной компенсации дрейфа вторичных электронов полем основного пучка, и для сравнения приведены результаты измерений коэффициента рекуперации на установке ЭХ-40 для накопителя LEIR.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В.Б. Рева

МОНТЕ-КАРЛО ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ДВУХ ЧАСТИЧНОЙ e^+e^- -АННИГИЛЯЦИИ

О.А. Зюкова
Новосибирский государственный университет

Данная работа посвящена Монте-Карло генераторам BABAYAGA и PHOKHARA, и моделированию с их помощью процессов e^+e^- аннигиляции в две частицы (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, $\pi^+\pi^-$) в эксперименте BELLE на В-фабрике KEKB в лаборатории КЕК, Япония. Генератор BABAYAGA [1] разработан для моделирования квантовоэлектродинамических процессов и процесса $\pi^+\pi^-$. Моделирование реализовано на основе метода Партонных ливней (The Parton Shower algorithm), который даёт точность лучше 0.5% и может использоваться в прецизионных экспериментах, например, на установке LEP (ЦЕРН). В настоящее время он используется для моделирования экспериментов с детектором KLOE на ϕ -фабрике во Фраскати.

Генератор PHOKHARA [2] разработан для моделирования процессов e^+e^- аннигиляции, сопровождаемых излучением фотонов, в экспериментах с использованием метода радиационного возврата на коллайдерах с высокой светимостью. Метод заключается в том, что исследуется процесс вида $e^+e^- \rightarrow \gamma + hadrons$, где фотон излучается одной из начальных частиц и уносит энергию частицы, так что во взаимодействии участвуют частицы с меньшей энергией. Если отбирать события, в которых излучен жесткий фотон ($E > 50$ МэВ), то каждой энергии фотона соответствует своя энергия e^+e^- взаимодействий и при одной и той же энергии коллайдера можно изучать зависимость сечения процесса от энергии в широком диапазоне. Достоинство метода в том, что систематические погрешности эксперимента оцениваются один раз для номинальной энергии коллайдера.

Генераторы адаптированы для использования в эксперименте BELLE, проведена проверка распределений по параметрам конечных частиц (энергии, импульсам, углам, инвариантным массам). Планируется, что в эксперименте BELLE генератор BABAYAGA 3.5 будет использован для определения интегральной светимости с точностью лучше 1%, PHOKHARA 4.0 будет применен при изучении двухчастичных процессов рождения адронов, например, $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, K^+K^- при энергии от порога рождения до 2-3 ГэВ.

-
- [1]. С.М. Carloni Calame, et al, Nucl. Phys. Proc. Suppl. 131 (2004) 48.
[2]. H. Czyz, A. Grzelinska, J.H. Kuhn, G. Rodrigo, Eur. Phys. J. C 39(2004) 411

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С.И. Эйдельман

МОДЕЛИРОВАНИЕ Z-КАМЕРЫ ДЕТЕКТОРА КМД-3 (ВЭПП-2000)

П.А. Иванов

Новосибирский государственный университет

Целью данной работы является моделирование Z-камеры детектора КМД-3 (ВЭПП-2000) [1]. Z-камера это двухслойная многопроволочная пропорциональная камера. В КМД-3 служит для измерения Z-координаты трека заряженной частицы (256 \times 2 катодных каналов). Сигналы с анодных секторов (24 \times 2 каналов) дают «СТАРТ» для первичного заряженного триггера. Для привязки событий к моменту столкновения пучков Z-камера должна обладать высоким временным разрешением и высокой эффективностью регистрации частиц [2]. В результате моделирования планируется получить следующие характеристики Z-камеры:

1. Временное разрешение в двух режимах: без учета магнитного поля (калибровка по космике) и при наличии магнитного поля (Z-камера находится внутри магнита).
2. Эффективность срабатывания камеры (регистрация события происходит при одновременном срабатывании двух слоев камеры). Планируется учесть поглощение первичной ионизации при дрейфе, а также получить зависимость эффективности регистрации частиц от порога дискриминаторов.
3. Координатное разрешение камеры (с магнитным полем и без него).

На сегодня полностью описана "геометрия" и материалы камеры. Временное разрешение смоделировано двумя способами: в приближении, что ионизация распространяется по прямой с постоянной скоростью, и более точно, с использованием пакета Garfield. Для учета зависимости скорости дрейфа от электрического и магнитного полей была построена карта поля в ячейке, построены изохроны для дрейфа ионизации в газовой смеси.

[1] Э.В. Анашкин и др., Z-камера детектора КМД-3. Препринт ИЯФ 99-84, Новосибирск 1999

[2] E.V. Anashkin et al., Nucl. Instr. And Meth. A323 (1992) 178-183

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Г.В. Федотович

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ НА ДЕТЕКТОРЕ КМД-2
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ 700-980 МЭВ

А.В. Козлинский
Новосибирский государственный университет

Исследования e^+e^- аннигиляции в адроны при низких энергиях проводятся уже более 30 лет. Несмотря на значительный прогресс, эта область все еще далека от полного понимания. Процесс аннигиляции, в котором рождаются четыре π -мезона, является одним из доминирующим в многоадронных процессах. Точное измерение сечения процесса аннигиляции в четыре заряженных π -мезона позволит увеличить точность расчета аномального магнитного момента мюона.

В работе представлены результаты измерения сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ в интервале энергий в с.ц.м 700-980 МэВ на детекторе КМД-2. Предыдущие данные по сечению данного процесса были получены с использованием половины имеющейся статистики (3 пб^{-1}) и выделением только четырехтрековых событий[1]. В данной работе была обработана полная статистика, набранная детектором КМД-2 в данном интервале энергий. В анализе использовались как 4-х, так и 3-х трековые события. Это позволяет уменьшить статистическую и систематическую погрешности измерения сечения.

1. R.R.Akhmetshin et al., Phys. Lett. B475 (2000) 190

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С.И. Эйдельман

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛСЭ НОВОСИБИРСКОГО ЦЕНТРА ФОТОХИМИИ И СРАВНЕНИЕ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ

А.В. Кузьмин

Новосибирский государственный университет

В Сибирском Центре Фотохимических исследований запущена первая очередь проекта субмиллиметрового ЛСЭ (Лазера на Свободных Электронах), на котором в апреле 2003 года была получена генерация излучения на длине волны около 140 микрон. Для объяснения зависимости параметров излучения от режима работы установки было проведено численное моделирование работы ЛСЭ, результаты которого представлены в данной статье. Для расчетов использовалась простая одномерная модель, основанная на возбуждении продольных мод излучения заряженными дисками с гауссовским распределением плотности заряда. В данной модели рассматривается только нулевая поперечная мода, что в нашем случае является хорошим приближением. В работе так же приводятся сравнения результатов моделирования с данными, полученными из эксперимента.

Научный руководитель – мл. науч. сотр. О.А. Шевченко

РАСЧЕТ ДИНАМИКИ ЧАСТИЦ В СИЛЬНОТОЧНОМ ЛИНЕЙНОМ ИНДУКЦИОННОМ УСКОРИТЕЛЕ

А.Е. Левичев

Новосибирский государственный технический университет

В Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера разрабатывается проект по созданию линейного сильноточного индукционного ускорителя (ЛИУ) для рентгенографической установки. В ЛИУ пучок электронов должен ускоряться до 10 МэВ. Ток пучка составляет 1 кА, длительность импульса – 300 нс. На выходе системы необходимо иметь фокусное пятно радиусом 1 мм и эмиттанс равный 0.01 см*рад.

Для обеспечения транспортировки пучка использованы короткие аксиально-симметричные линзы. Выбор расположений и параметров линз осуществлялся с помощью анализа динамики пучка в ЛИУ.

Как показали предварительные расчеты электронной пушки, пучок будет иметь неоднородное распределение заряда. Поэтому расчет движения частиц проводился с помощью программы, которая решает дифференциальные уравнения динамики заряженных частиц в электромагнитных полях, а не с помощью уравнения для огибающей пучка. Программа написана на языке программирования C++. Для численного решения дифференциальных уравнений, используется метод с перешагиванием [1].

Были подобраны необходимые значения величин магнитных полей и расположения фокусирующих линз. Конечная энергия пучка составила 10 МэВ, энергетический разброс 2.5%. Лучшее, что было достигнуто во время конечной фокусировки - радиус фокусного пятна 2 мм, эмиттанс ~0.04 см*рад. Было предположено, что большое влияние на пучок оказывают сферические aberrации магнитных полей.

Разработан метод для анализа воздействия сферических aberrаций магнитного поля на движение частиц и продемонстрировано, что сферические aberrации действительно оказывают большое влияние на пучок.

После этого, был найден метод, который позволяет аналитически находить магнитное поле с коэффициентом сферических aberrаций меньшим, чем заданное значение. Далее, планируется определить с помощью этого метода наиболее оптимальное магнитное поле, исходя из которого, разработать магнитную линзу.

[1]. Ч. Бэдсел, А. Ленгдон. Физика плазмы и численное моделирование. М: Атомиздат, 1989.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук П.В. Логачев

НЕЛИНЕЙНОЕ ВЛИЯНИЕ ЗМЕЕК И ОНДУЛЯТОРОВ НА ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ В ЦИКЛИЧЕСКОМ УСКОРИТЕЛЕ

И.Н. Окунев

Новосибирский государственный технический университет

На современных циклических ускорителях часто используются специальные магнитные устройства, не являющиеся частью магнитной структуры ускорителя, так называемые вставные устройства (Insertion Devices) — змейки или ондуляторы. Они представляют собой набор полюсов (это может быть электромагниты или постоянные магниты) с чередующимся направлением поля. Во многих случаях, магнитное поле в змейках и ондуляторах имеет следующую зависимость $B_{\sigma} = B_0 \sin 2\pi z/\lambda_p$, где λ_p период поля.

Эти устройства широко используются в качестве генераторов синхротронного (СИ) излучения. Такие устройства являются обязательным элементом для источников синхротронного излучения третьего поколения, магнитная структура которых специально согласуется для постановки их в длинные прямолинейные промежутки с нулевой дисперсионной функцией.

Однако такие устройства обладают достаточно большим магнитным полем, что приводит к возмущению параметров пучка в циклическом ускорителе. Это влияние можно разделить на линейное (искажение оптических функций и замкнутой орбиты, сдвиг бетатронной частоты, хроматизма частот и проч.) и нелинейное (появление зависимости частоты бетатронных колебаний от амплитуды, новых нелинейных резонансов, уменьшение динамической апертуры, проч.) Все вышеперечисленные эффекты могут привести к уменьшению времени жизни пучка и даже к его гибели.

В данной работе было получено описание поведения частицы с учетом нелинейных членов: для многополюсной змейки с синусоидальным магнитным полем, а затем получения решения для случая произвольного магнитного поля, симметричного относительно эквипотенциальной плоскости $z = 0$. Проведено моделирование движения заряженной частицы в змейке, расчет основных параметров пучка в накопителе и оценка влияния змейки. Также были проведены эксперименты по изучению влияния дипольной змейки на динамику пучка в коллайдере ВЭПП-4М. Результаты экспериментов хорошо согласуются с результатами моделирования.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Е.Б. Левичев

КОНДЕНСАТ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ В КАЛЬЦИИ

А.В. Попов

Алтайский государственный университет

В работе представлены результаты теоретического исследования конденсированного возбужденного состояния (КВС) в кальции. Возбуждения описаны в рамках метода Хартри-Фока с учетом ширины атомных уровней. Идея учитывать ширину атомных уровней впервые использовалась при вычислении возбужденных водородных волновых функций. Мы применили эту идею для вычисления волновых функций возбужденных состояний многоэлектронных систем.

При стандартном решении спектральной задачи предполагается, что волновая функция многоэлектронного атома регулярна и непрерывна по угловым переменным. Это требование приводит к решениям с целочисленными значениями орбитального и магнитного квантовых чисел $l=0,1,2,\dots$ и $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$. Произвольное поведение волновой функции по азимутальной переменной снимает ограничение на целочисленные значения параметра l . Будем считать его, в общем случае, комплексным $L=l+x+iy$, где l , как и прежде, пусть пробегает целочисленные значения. Тогда область изменения добавки $x+iy$ может быть определена как $|x|<0.5$ и $|y|<0.5$. Отказ от выше указанных ограничений позволяет включить в рассмотрение и движение электронов с орбитальным затуханием. В этом случае, задача отыскания спектра возбужденных состояний атома может быть сведена к проблеме собственных значений стационарного уравнения. Заметим, что при $y \neq 0$ она является существенно неэрмитовой с комплексными значениями энергий.

Перебирая все возможные значения $|x|<0.5$ и $|y|<0.5$ в процессе поиска самосогласованных решений, мы проследили по минимуму полной энергии возбужденного атома за его спектральными характеристиками. Показали, что в оптическом диапазоне энергий возбуждения создаются условия для возникновения конденсата возбужденных состояний атомов. Обнаружили долгоживущие возбуждения в Ca_2 при расстояниях между атомами порядка 7 боровских радиусов, существенно больших, чем в Be_2 – при 4 боровских радиусах, однако меньших, чем в Mg_2 – при 9 боровских радиусах. В целом же, из трех рассмотренных систем Be_2, Mg_2, Ca_2 последняя, на наш взгляд, является наиболее перспективной в смысле практического поиска конденсата долгоживущих возбужденных состояний.

Работа выполнена при поддержке фонда некоммерческих программ «Династия» и МЦФФМ.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. А.И. Нажалов

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПУЧКОВ ВЭПП-2000

Ю.А. Роговский

Новосибирский государственный университет

Система диагностики параметров пучков на ускорительном комплексе ВЭПП-2000 (ИЯФ СО РАН) состоит из двух основных частей: оптической и пикап диагностики.

Основные параметры пучков на новом накопителе ВЭПП-2000 будут определяться по синхротронному излучению (СИ). Обработка изображений, создаваемых оптической компонентой СИ, позволяет получать сразу ряд параметров электронных (позитронных) пучков – вертикальный и радиальный размеры, наклон осей, положение в вакуумной камере и т.д. Причем такая диагностика не вносит в пучок дополнительных возмущений и, в отличие от пикап диагностик, может работать при предельно малых токах накопителя (вплоть до обращения единичных частиц).

Для вывода СИ из вакуумной камеры О-образных поворотных магнитов ВЭПП-2000 предлагается использовать металлические зеркала (полированная медь с напыленным алюминием), установленные внутри камеры. Этот способ вывода СИ опробован на накопителе БЭП и хорошо зарекомендовал себя. Свет выводится в 8 местах (в каждом поворотном магните) и после прохождения через стеклянное вакуумное окно будет попадать в станцию оптической диагностики, где с помощью полупрозрачных зеркал будет распределяться по диагностической аппаратуре. В каждой станции предполагается разместить по 2 ПЗС камеры для электронного и позитронного пучков соответственно. В некоторых станциях часть света будет использована для измерения токов и продольных размеров пучков. Токи пучков будут измеряться с помощью ФЭУ, а продольные размеры - с помощью диссекторов с высокочастотной разверткой.

Для контроля величины дисперсионной функции и симметрии в кольце, положение пучка измеряется еще в нескольких дополнительных местах - здесь используются пикапы, совместно с быстрой электроникой, что позволяет разрешать пооборотный сигнал. Сигнал с пикапов используется для измерения бетатронных частот, измерения положения пучка, изучения эффектов встречи.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.А. Валишев

РАСЧЕТ ФОНОВЫХ УСЛОВИЙ ДЕТЕКТОРОВ НА УСКОРИТЕЛЕ ВЭПП-2000

М.В. Родякин

Новосибирский государственный университет

В экспериментах на встречных электрон-позитронных пучках источником фона служат потери частиц и связанные с этим ложные срабатывания детектирующей системы. Для разработки эффективной логической схемы эксперимента, позволяющей свести к минимуму частоту ложных запусков, необходим качественный и количественный анализ источников потерь частиц и способов их уменьшения.

Потери электронов и позитронов в основном вызываются различными однократными процессами, приводящими к увеличению амплитуды бета-тронных или синхротронных колебаний. Частицы с амплитудами колебаний выше предельных выбывают из пучка, вследствие ограниченности динамической апертуры. Выбывшие частицы могут попасть в регистрирующую систему или, погибнув на стенке вакуумной камеры, родить ливень вторичных частиц, которые, в свою очередь, могут попасть в детектор. Среди однократных процессов в электрон-позитронных коллайдерах можно выделить следующие основные:

Упругое рассеяние на атомах остаточного газа.

Тормозное излучение на атомах остаточного газа.

Тормозное излучение на частицах встречного пучка.

Рассеяние частиц внутри сгустка (эффект Тушека).

Данная работа посвящена написанию программы, которая позволяет производить трекинг частиц, выбывших из пучка, регистрацию их гибели на стенке вакуумной камеры и набор статистики по потерянными частицам. На основе полученных данных будет проведен расчет и анализ фоновых условий детекторов на ускорителе ВЭПП-2000 ИЯФ СО РАН. Программа так же может быть использована и для решения аналогичных задач для других ускорителей с произвольной геометрией.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Ю.М. Шатунов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВАЦИОННЫХ И ГАЗОПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ НЕРАСПЫЛЯЕМОГО ГЕТТЕРА СИСТЕМОЙ Zr-V-FE

А.М. Семенов

Новосибирский государственный технический университет

Для достижения высокого вакуума в электронном куллере для CERN предложен геттерный насос в виде картриджа с внешним прогревом, не требующий дополнительных тоководов и внутренних нагревателей. Экспериментальный образец выполняется в виде картриджа для достижения большей удельной сорбционной емкости. В насосе константановая лента с нанесенным Zr-V-Fe уложена в виде звездочки в слоты. Картридж состоит из 5 слотов. Температура активации нераспыляемого геттера 350°C. Время активации 4 часа.

Получено давление примерно 10^{-11} Торр. Коэффициент прилипания H₂ к геттеру, рассчитанный методом угловых коэффициентов, равен 2-3%. Скорость откачки по CO совпадает с результатами работы [1].

Полученные результаты удовлетворяют требованиям для работы электронного куллера для CERN.

[1]. C. Benvenuti, P. Chiggiato. Pumping characteristics of the St'707 non-evaporable getter (Zr 70- V24.6- Fe 5.4 wt%) / Vacuum, 1993, v. 44, № 5-7, p. 511-513.

Научный руководитель – науч. сотр. А.А. Краснов

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО МНОГОПОЛЮСНОГО ВИГГЛЕРА ДЛЯ СИБИРЬ-2

Б.Н. Соломатин
Новосибирский государственный университет

В рамках данной работы рассчитаны характеристики синхротронного излучения из 19-полочного вигглера, с пиковым полем 7.5 Тесла, который планируется установить на накопительное кольцо Сибирь 2.

Из-за высокого поля в вигглере и малого вертикального зазора (апертуры) лайнер накопителя сильно и неравномерно греется пучком синхротронного излучения. В данной работе проведен расчет распределения выделяющейся мощности, что поможет создать эффективную систему охлаждения лайнера.

Кроме того рассчитаны:

- Продольное распределение мощности СИ
- Угловое распределение мощности СИ
- Траектория пучка внутри вигглера
- Спектральные характеристики пучка СИ

Все расчеты проводились с учетом “хвостов распределения” мощности СИ, то есть предполагалось, что СИ (в вертикальной плоскости) излучается в угол больший, чем гамма в минус первой степени. Это уточнение было сделано так как при данной мощности пучка СИ эти “хвосты” начинают вносить заметный вклад в нагрев системы.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Н.А. Мезенцев

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ МНОГООБОРОТНЫХ ТУШЕКОВСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ПОЛЯРИМЕТРА НА ВЭПП4-М

М.В. Стручалин

Новосибирский государственный технический университет

В ИЯФ СО РАН действует электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-4М. Для экспериментов требуется прецизионное измерение энергии пучка. Энергия измеряется методом резонансной деполяризации: на поляризованный пучок действуют переменным электрическим полем, изменяя частоту поля, отслеживают частоту внутрисгусткового рассеяния. При определенной частоте поля происходит деполяризация пучка, частота внутрисгусткового рассеяния скачком возрастает. По частоте деполяризации находится энергия пучка.

В старой схеме для измерения частоты внутрисгусткового рассеяния регистрировались частицы, которые, рассеявшись друг на друге, одновременно переходили в зону, где их пролет может быть зафиксирован. В результате экспериментов выяснилось, что возможны акты рассеяния при которых одна частица переходит в такую зону на один или несколько оборотов позже другой («многооборотные тушековские электроны»). Регистрация таких актов позволит повысить статистику, что увеличит скорость калибровки. Данная работа посвящена исследованию «многооборотных тушековских электронов»: зависимости их количества от номера оборота.

Научный руководитель – мл. науч. сотр. И.Б. Николаев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ФОТОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ 10^{15} - 10^{18} ЭВ НА ЯКУШАЛ

И.И. Христофоров
Якутский государственный университет

Исследование первичного космического излучения (ПКИ) с энергией выше 10^{17} эВ возможно только методом изучения широких атмосферных ливней. Наиболее перспективным в этом плане является изучение пространственных характеристик электронно-фотонной компоненты ШАЛ, т.к. оно чувствительно к параметрам модели взаимодействия нуклонов и массовому составу первичных частиц космического излучения.

Якутская комплексная установка ШАЛ предназначена для исследования космического излучения сверхвысоких энергий и является одной из крупнейших в мире. Реализован комплексный подход - на уровне наблюдения измеряется одновременно электроны, мюоны, черенковское излучение.

Целью данной работы является исследование пространственного распределения электронно-фотонной компоненты ШАЛ в области энергий 10^{15} - 10^{18} эВ. Создание программы для обработки, отбора и анализа индивидуальных ливней и получение характеристик электронно-фотонной компоненты ШАЛ в области энергий $E_0 = 10^{15} \div 10^{18}$ эВ. На основании сравнения расчетов, выполненных для разных ядер и экспериментальных данных, получить предварительные результаты о массовом составе ПКИ.

Исследовано пространственное распределение электронно-фотонной компоненты ШАЛ в граничной для обеих установок области энергий. Реализованы алгоритмы определения параметров ливней методом максимального правдоподобия для малой установки на языке Pascal, расширена программа для использования показаний всех станций большой установки, отобраны совместные для установок ливни, переобработаны и построены усредненные функции пространственного распределения для заряженной и черенковской компонент ливня.

В данной работе получены следующие результаты:

1. Создан пакет программ для обработки, отбора и анализа экспериментальных данных и обработан большой массив ливней. Пакет внедрен на Якутской установке ШАЛ.

2. Изучены средние функции пространственного распределения черенковской и заряженной компонент в ливнях с $E_0 > 10^{15}$ эВ.

3. Установлено, что эти функции изменяют свою форму в интервале энергий $10^{15} \div 10^{18}$ эВ и зависят от массового состава первичных частиц;

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. З.Е. Петров

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

САМОДИАГНОСТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ОСРВ OS/9

Т.И. Асыркин
Новосибирский государственный университет

В настоящее время активно развиваются направление АСУ ТП, разрабатываются новые, более мощные и функциональные аппаратные средства и соответствующее программное обеспечение (ПО). Общеизвестным является то, что разрабатываемое ПО может содержать ошибки, причем покомпонентное тестирование не позволяет обнаружить их все, т.к. в процессе реальной работы, приложения различным образом могут влиять на работу друг друга. Таким образом, некоторые ошибки в программном обеспечении проявляются только на стадии ввода объекта в эксплуатацию, что может значительно увеличить сроки сдачи объекта.

В связи с этим актуальной стала задача самодиагностики промышленных контроллеров, решение которой позволило бы обнаруживать ошибки времени исполнения в приложениях и фиксировать причины их возникновения.

В инженерном центре ИЦ-6 ИАиЭ был разработан новый промышленный контроллер MIF-PPC, работающий под управлением ОСРВ OS/9, который был выбран в качестве целевого устройства. На контроллере, как правило, исполняются технологические программы, драйвера, различные коммуникационные и сервисные приложения.

Аппаратные средства MIF-PPC предоставляют только возможности перезгрузки в случае «зависания» контроллера (сторожевой таймер). Операционная система в случае обнаружения ошибки при исполнении приложения завершает исполняющийся процесс, не сохраняя никакой информации о месте возникновения ошибки и ее причинах.

В связи с этим в лаборатории ИЦ-6 ИАиЭ СО РАН было принято решение разработать программный комплекс для самодиагностики промышленных контроллеров, обеспечивающий мониторинг исполняющихся приложений, сохранение информации о месте возникновения ошибки и сохранение предыстории сбоя. Также в разрабатываемый комплекс входит набор информационных утилит, позволяющий сохранять различную системную информацию о процессах исполняющихся на контроллере.

Практическая ценность данной работы заключается в возможности оперативного обнаружения сбоев и быстрого их устранения, что позволяет уменьшить риски при переходе на новое аппаратное обеспечение и способствует уменьшению времени наладки объекта.

Научный руководитель – А.Н. Скворцов

КОНТРОЛЛЕР СПЕКТРА ФЕМПТО-СЕКУНДНОГО ТИТАН-САПФИРОВОГО ЛАЗЕРА

С.С. Гребенкин

Новосибирский государственный университет

В институте лазерной физики создали фемто-секундный титан-сапфировый лазер, обладающий особыми характеристиками. Основной характеристикой лазера является спектр его излучения. Ввиду особых характеристик лазера потребовалось создать новый прибор для измерения его спектра.

Ввиду короткой длительности сигнала, рядовые устройства регистрации не позволяют с необходимой точностью измерить его амплитуду.

Цель – создание устройства, умеющего оцифровывать сигнал с частотой следования вспышек лазера (~80 МГц).

В качестве регистратора используется лавинный фотодиод, сигнал с которого подается на контроллер. Сигнал, снимаемый с фотодиода, представляет собой последовательность коротких импульсов (~1 нс).

При реализации проекта использовались системы автоматического проектирования Altera MaxPlusII. А также использовался пакет Atmel AVR Studio. Для реализации клиентской части на компьютере использовался пакет MS Visual C++.

Научный руководитель – В.В. Жуланов.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКАЛЯРНЫХ ПОЛЕЙ В ПОТОКАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ PLANAR LASER-INDUCED FLUORESCENCE

Ю.А. Ложкин

Новосибирский государственный университет

Planar laser-induced fluorescence (PLIF) – это бесконтактный метод получения полей температуры или концентрации в потоках жидкости и газа. Методика состоит в следующем: в исследуемый поток добавляется флуоресцентный краситель, далее поток освещается лазерным ножом. Свет, эмитированный красителем, регистрируется цифровой камерой со светофильтром. Интенсивность флуоресценции зависит от температуры красителя, что позволяет проводить соответствующие измерения. Обработка изображений с камеры позволяет получить поле температуры или концентрации в сечении потока.

В рамках выполненной работы разработаны алгоритмы для обработки калибровочных изображений, построения калибровочной кривой и восстановления скалярных полей измеряемой величины на основе изображений, полученных в процессе эксперимента. Алгоритмы реализованы в виде СОМ-компонентов и предназначены для использования совместно с ПО ActualFlow, частью 3DPiV/PLIF измерительного комплекса «ПОЛИС» (разработка ИТ СО РАН).

Приведены результаты применения разработанных алгоритмов к экспериментально полученным изображениям. Проведен анализ методики PLIF в целом, в том числе сравнительный анализ различных реализаций алгоритмов.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Д.М. Маркович

РАЗВИТИЕ ПОДХОДА К ПОСТРОЕНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ВУЗА В ОБЛАСТИ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА ОСНОВЕ БАЗ ДАННЫХ

Н.П. Пожидаева

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в сети Интернет можно найти довольно много ресурсов, посвященных той или иной предметной области, но среди них очень редко встречаются электронные учебные ресурсы естественнонаучного профиля. На наш взгляд, это не связано с отсутствием интереса или потребности в них, а, прежде всего, объясняется многочисленными трудностями, связанными с их разработкой.

Одна из основных проблем – присутствие математической или другой научной нотации, большое количество разнообразной графики.

Таким образом, необходима специализированная среда для создания и поддержки ЭСО естественнонаучного профиля, удовлетворяющая ряду требований: предоставлять средства для работы с форматированными текстами, научной графикой; предоставлять возможность работы авторский коллективов; получать ЭСО в различных представлениях (CD-версия, оригинал-макет печатного издания).

В Мультимедиа Центре НГУ создан прототип Инструментального портала [www.i-portal.nsu.ru], удовлетворяющий всем описанным ранее требованиям. Это сетевая инструментальная среда разработки и поддержки информационных ресурсов образовательного, научного и культурного назначения. Автор работает при помощи только лишь браузера, при необходимости используя плагины к нему.

В базах данных портала используется оригинальная документарно-фактографическая модель, сочетающая в себе достоинства реляционного и объектного подхода с элементами XML технологий и механизмами гипертекстовых систем.

Для хранения математической нотации был выбран язык MathML. Это позволило отделить данные от представления, а так же обеспечить множественное представление (электронная версия, печатное издание).

Для хранения научной графики предложен формат SVG. Его использование позволило значительно сократить размер файлов изображений, при этом значительно увеличить их качество, получить возможность масштабирования.

Все описанные решения были опробованы при создании электронного учебника «Физика атомов и молекул» [www.i-portal.nsu.ru/atom] и показали свою эффективность.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В.Г. Казаков

ПРОГРАММА МОНИТОРИНГА CAN-СЕТИ И ДИАГНОСТИКИ CAN-УСТРОЙСТВ

А.Н. Синюшкин

Новосибирский государственный университет

Была поставлена задача написания программы мониторинга и диагностики CAN-сети, по которой осуществляется связь и управление с ЦАП и АЦП и др. управляющими устройствами, имеющими CAN-интерфейс связи. Структурно программа должна состоять из двух частей:

1) CAN-монитор, который должен включать: возможность выбора CAN-интерфейса и задания режимов его работы (скорость, номер контроллера и др.), возможность отправки и приема CAN-сообщений. Также программа должна иметь возможность осуществлять опрос в режиме реального времени всех имеющихся в сети CAN-устройств с помощью широковещательного запроса и отображать их наличие(или отсутствие) в виде таблицы адресов CAN-сети и соответствующих им устройств.

2) Набор подпрограмм для диагностики CAN-устройств и их основных функциональных возможностей, используя функции CAN-монитора (прием и отправка сообщений).

Научный руководитель – С.С. Середняков

СРЕДА РАЗРАБОТКИ ИНТЕРФЕЙСА ПРИЛОЖЕНИЙ

Е.В. Чесноков

Новосибирский государственный университет

Язык программирования Java предоставляет в стандартных библиотеках два набора конструирования пользовательских интерфейсов – AWT и Swing. Оба эти набора используются для построения пользовательских интерфейсов, но получающийся в результате код весьма объемен. Без строгого подхода к именованию объектов и другим аспектам разработки, с таким кодом сложно работать в дальнейшем. При этом существует частный, широко распространенный случай пользовательского интерфейса, ориентированного на структуру диалоговых окон. Автоматизация процесса его создания является проблемой, решение которой в значительной степени упростило бы код.

Задача была поставлена следующим образом: необходимо было создать среду, которая позволила бы автоматизировать рутинные действия при создании пользовательского интерфейса, и полностью разделить графическое представление и внутреннюю структуру данных в соответствии с моделью MVC. Так же конструируемый инструментарий должен был быть платформенно-независимым и легко расширяемым.

Разработанная нами в качестве решения библиотека VMap использует элементы Java и XML для создания сложных клиентских приложений, ориентированных на обработку информации. Основой решения является построение пользовательского интерфейса на основе описания в документах формата XML.

Эта идея не нова. Ее практичность уже доказали такие проекты как SwingML, XUL, XAML. Однако эти разработки удовлетворяют лишь части требований задачи. Именно поэтому возникла необходимость в разработке новой библиотеки.

Применение полученного решения, согласно постановке задачи, ограничено интерфейсами, ориентированными на структуру диалоговых окон. Библиотека является платформенно-независимой. Структура ее обеспечивает возможность компактного описания самого интерфейса; автоматизирует обработку данных в представлении, например, валидацию данных в процессе редактирования. Автоматизированное связывание данных, реализованное в VMap, обеспечивает работу приложения всеми преимуществами модели MVC.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. И.Н. Скопин

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ВНЕШНЕГО ТЕЧЕНИЯ МЕТОДОМ ГЛАДКИХ ЧАСТИЦ SPH

И.А. Кирюшин

Уральский государственный технический университет

Для широкого круга практических задач, связанных с внутренними или внешними обтеканиями сплошной средой тел конечных размеров получение аналитических решений затруднительно и даже невозможно, поэтому зачастую прибегают к помощи численных методов. Представляет интерес рассмотреть возможности и основные особенности использования для данного класса задач, получившего в последние годы бурное развитие, метода SPH. Основоположниками метода являются Lucy [1], Gingold и Monaghan [2], а в его основу положена интерполяционная теория, базирующаяся на понятии обобщенной функции, вводимой как:

$$\langle f(\mathbf{r}) \rangle = \int_V f(\mathbf{r}') \cdot W(\mathbf{r} - \mathbf{r}', h) d\mathbf{r}'$$

где $f(\mathbf{r}')$ - значение произвольного физического параметра в точке с радиус-вектором \mathbf{r}' , определённого в области задачи V ; $W(\mathbf{r} - \mathbf{r}', h)$ - *интерполяционное ядро*, а h - *носитель интерполяционного ядра*.

Таким образом, применяя приведенное выше равенство к основным уравнениям эволюции сплошной среды и получая соответствующие SPH-аппроксимации, осуществляется переход от дифференцирования к интегрированию, которое в плане математического моделирования является существенно более выгодным.

В работе рассмотрено решение задач внешнего течения газа методом SPH, а также рассмотрены некоторые аспекты его применения. На ряде тестовых задач при сопоставлении численных, полученных с помощью SPH, и аналитических решений метод показал приемлемую точность. Было также произведено сравнение полученных результатов численного моделирования с результатами решения тех же задач методом Монте-Карло, и в этом случае наблюдается удовлетворительное совпадение. На основании всего вышесказанного можно сделать вывод о перспективах использования SPH-методики для подобного класса задач.

1. Lucy L.B. A numerical approach to the testing of the fission hypothesis // Astron. J. 1977. V. 82. № 12. P. 1013-1024.

2. Gingold R.A., Monaghan J.J. Smoothed particle hydrodynamics: theory and application to nonspherical stars.// Mon. Not. R. Astron. Soc. 181, 1977. P. 375-389.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Б.Т. Породнов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ПО ГРАНИЦАМ ЗЕРЕН В ДВУМЕРНЫХ МЕТАЛЛАХ

Р.Ю. Ракитин

Алтайский государственный технический университет

Как показывают исследования, границы зерен являются областями высокой диффузионной проницаемости и характеризуются коэффициентом диффузии значительно превышающим коэффициент диффузии в объеме кристалла [1]. В данной работе методом молекулярной динамики исследовались механизмы диффузии по границам зерен в двумерных металлах. Компьютерный эксперимент проводился на расчетном блоке содержащем около 8000-10000 атомов в течение 300 пс ($3 \cdot 10^4$ итераций). Межзеренная граница создавалась путем поворота относительно друг друга двух кристаллических блоков и последующего сопряжения. Взаимодействие атомов рассчитывалось по потенциалу Морзе. Движение атомов описывалось исходя из дифференциальных уравнений Ньютона. Эксперимент проводился для чистых двумерных металлов Ni, Al, Cu.

В ходе эксперимента были получены зависимости коэффициента диффузии вдоль границы от температуры. Полученные результаты показали, что диффузия в двумерном металле, содержащем границу зерна, осуществляется с помощью двух различных механизмов, в связи с чем для рассматриваемых металлов наблюдалось отклонение от закона Аррениуса. Первый механизм заключается в образовании цепочек смещенных атомов вдоль границы между ядрами дислокаций. Аналогом этого механизма при большеугловых границах является смещение атомов от одной области сжатия (растяжения) к другой. Такое смещение атомов является не устойчивым и способно испытывать обратный откат. Второй механизм заключается в циклическом обмене местами атомов вблизи одного ядра дислокации. Для большеугловых границ – вблизи дефектной области. В данном механизме может участвовать три и более атомов.

Проведенные исследования позволили вычислить энергии активации описанных механизмов диффузии для исследуемых металлов. Полученные данные позволяют утверждать, что преобладающим механизмом диффузии в металле при температуре меньше 0,7 от температуры плавления, является смещение атомов вдоль границы от одной дефектной области к другой, так называемое «переползание» атомов. При температурах больше 0,7 от температуры плавления, более значимым в диффузию становится вклад циклического механизма.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук М.Д. Старостенко

СИСТЕМА БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ДЕТЕКТОРА КМД-3 (ИЯФ)

А.В. Анисёнков

Новосибирский государственный университет

В работе описывается система баз данных, разработанная для проведения экспериментов на детекторе элементарных частиц КМД-3 в ИЯФ СО РАН. Базы данных используются для хранения параметров эксперимента, калибровочной информации, данных мониторинга, конфигурации систем сбора и обработки данных и т.д.

В качестве системы управления используется СУБД PostgreSQL. Разработана общая структура баз данных и реализован комплекс программного обеспечения, включающий пользовательский API (C/C++) и WEB интерфейс.

Система баз данных активно используется в системах сбора данных, медленного контроля, моделирования и обработки данных.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук И.Б. Логашенко

ПРОТОТИП БАЗЫ ДАННЫХ АППАРАТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСА ВЭПП-5

А.Ю. Антонов

Новосибирский государственный университет

На ускорительном комплексе ВЭПП-5 Института Ядерной Физики существует необходимость централизованного учета имеющихся ресурсов. Это нужно для эффективной работы прикладных программ, удобного конфигурирования системы в целом, а также общего учета всех ресурсов комплекса. В данном случае к ресурсам относятся: САМАС-блоки, контроллеры CanBus, дополнительные устройства.

До сегодняшнего дня данные хранились в текстовых файлах, что влекло за собой ряд недостатков: отсутствие централизованного каталога, отсутствие контроля целостности на уровне хранилища данных, недостаточное описание системы.

Для решения этой проблемы был разработан прототип системы хранения данных, состоящий из базы данных, веб-интерфейса и приложений, обеспечивающих связь с серверами комплекса. Одним из требований являлась переносимость разработанной системы между операционными системами, использующимися на комплексе на сегодняшний день (Windows, Linux Red Hat).

В качестве основной задачи был поставлен гибкий переход от старой системы учета ресурсов (через текстовые файлы, заполнявшиеся оператором вручную) к новой, более удобной и эффективной системе.

Для реализации системы были выбраны: база данных PostgreSQL, веб-сервер Apache, язык программирования PHP (для создания веб-интерфейса).

Реализованная система успешно функционирует на комплексе ВЭПП-5. Она рассчитана на работу с САМАС-блоками, контроллерами CanBus и дополнительными устройствами.

Научные руководители – Д.Ю. Болховитянов, канд. физ.-мат. наук
П.В. Логачев

НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ 3D СРЕД

В.Г. Ванданов

Новосибирский государственный университет

В последнее время все большую популярность приобретают мобильные навигационные системы, построенные на базе персональных GPS приемников. Основным недостатком существующих навигационных систем, является недостаточная точность определения географического местоположения пользователя ~ 30 м. Это обстоятельство сильно усложняет навигацию на местности с развитой сетью дорог – если пользователь перемещается на автомобиле, то он легко может пропустить нужный перекресток или разъезд.

Выгодным отличием представленной навигационной системы является построение 3D–сцены на основе географического местоположения мобильного терминала и видеоизображения, поступающего с близлежащих камер видеонаблюдения. Построенная 3D–сцена представляет собой 3D–карту местности, на которой отображены расположения мобильного терминала и камер видео наблюдения. Этот аспект системы позволяет пользователю, просмотрев видеоизображение, не только уточнить свое географическое местоположение, но и выбрать маршрут своего движения (на основании информации о состоянии дорог и оживленности движения на них).

Разработанная навигационная система работает на коммуникаторах, построенные на базе платформы PocketPC 2003 и работающих под управлением WinCE 4.2.

В работе проведены исследования производительности выполнения арифметических операций на платформе PocketPC 2003 и было выявлено, что операции с целыми числами выполняются в 10 раз быстрее, чем операции с числами с плавающей точкой. Поэтому был разработан программный 3D–растеризатор построенный на основе арифметики с фиксированной точкой. Это позволило ускорить процесс растеризации 3D сцены, в среднем, в 4-5 раз.

Научный руководитель – канд. техн. наук Б.С. Долговесов

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ

А.А. Гофман

Новосибирский государственный университет

В настоящее время развито использование программных тренажеров при подготовке водителей и пилотов. В процессе исследований разработаны программные модули и библиотеки для реализации автомобильного тренажера на существующей системе 3d-визуализации реального времени. Основными частями разработанного тренажера являются: модель динамики автомобиля; взаимодействие с поверхностью и взаимодействие с другими объектами сцены.

В основе моделирования динамики автомобиля лежит отдельная обработка продольных и боковых сил. Продольные силы заставляют автомобиль ускоряться либо замедляться, это – сила тяги, сила трения и сила сопротивления воздуха. Боковые силы позволяют автомобилю поворачиваться. Эти силы вызваны поперечным трением на колесах. Так же рассмотрен эффект динамического перемещения веса при движении. Отдельное внимание уделено зависимости мощности от количества оборотов двигателя. Полученная модель имеет набор коэффициентов, позволяющих моделировать различные типы автомобилей.

Алгоритм, реализующий взаимодействие с поверхностью, использует данные непосредственно из 3d-сцены. Высоты находятся из поверхности заданной набором треугольников. Необходимые для моделирования физические характеристики поверхности хранятся в дополнительном массиве. Для повышения быстродействия расчетов высот и обработки массива строится бинарное дерево из ограничивающих прямоугольников, ориентированных по осям.

За основу алгоритма collision detection взят алгоритм разделяющей плоскости с использованием дерева ориентированных ограничивающих объемов. Для увеличения точности расчетов данный алгоритм был модифицирован для нахождения времени первого пересечения движущихся тел в заданном интервале времени. Закон движения в каждом интервале может быть приближен либо линейной функцией, либо полиномом.

Научный руководитель – канд. техн. наук Б.С. Долговесов

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ САМОРЕГУЛИРУЮЩИХСЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СИСТЕМНОМ АДМИНИСТРИРОВАНИИ

Д.Ю. Доловов

Новосибирский государственный университет

В связи с быстрыми темпами развития сферы информационных технологий возникла потребность в повышении технологического уровня для развертывания и администрирования больших информационных систем. Если ранее такого рода задачи полностью возлагались на специалистов–системных администраторов, то сейчас, с использованием технологии саморегулирующихся вычислений, появилась возможность выделять класс наиболее общих и часто встречающихся симптомов (проблем), возникающих при работе системы, и способов воздействия на систему для их разрешения.

На данный момент технология саморегулирующихся вычислений используется в нескольких программных продуктах для решения задач системного администрирования. Наиболее интересными из этих продуктов являются пакеты прикладного ПО «OptimalGrid» [1] и «Autonomic Computing Toolkit» [2] от компании IBM.

Для изучения возможности применения технологии саморегулирующихся вычислений на практике и проведения сравнительного анализа этих двух пакетов прикладного ПО было решено разработать набор тестовых компонентов.

К настоящему времени реализован набор компонентов, работающих с использованием программного интерфейса «Autonomic Computing Toolkit», предназначенных для решения задач по наблюдению за программами, используя их лог–файлы. Кроме того, реализован комплекс программ для анализа сообщений, поступающих от внешней распределенной системы мониторинга сети, и принятия решений на основе алгоритмов «Worm Detection» (определение сетевого узла, потенциально зараженного вирусом, используя данные о потреблении ресурсов на этом узле) и «Root Cause Analysis» (определение подграфа сетевых узлов, ставших недоступными для внешней сети по причине выхода из строя промежуточного узла).

1. Kaufman J.H., Lehman T.J., Deen G., Thomas J. OptimalGrid – autonomic computing on the Grid. IBM. 2003. – <http://www-106.ibm.com/developerworks/library/gr-opgrid/>.

2. Autonomic Computing Toolkit Developer’s Guide. IBM. 2004. – <ftp://www6.software.ibm.com/software/developer/library/fpy0mstr2.pdf>.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С.П. Ковалев

СОЗДАНИЕ КОНТРОЛИРУЕМОГО ДОСТУПА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ИНТЕРНЕТ

И.О. Исмагилов
Новосибирский государственный университет

Администраторам сети в любой организации необходимо иметь некую систему, позволяющую устанавливать ограничения на объем информации, получаемой из Интернет пользователями. Во-первых, это позволяет не расходовать трафик организации впустую. Во-вторых, дает возможность распределять трафик организации между сотрудниками согласно с их реальными потребностями.

Целью работы является разработка архитектуры и написание соответствующего программного обеспечения, в функции которого входит: обеспечение безопасной аутентификации пользователей Интернет с различных операционных систем, слежение за исчерпанием квот на объем получаемых данных, предоставление возможности изменять значения квот у пользователей и просматривать статистику посещений ресурсов Интернет.

В работе исследована возможность и написано программное обеспечение, позволяющее производить аутентификацию пользователей безопасным способом, вести учет объема ресурсов, полученных из Интернет, управлять пользовательскими квотами и отображать статистику посещений через веб-интерфейс.

Для создания единой базы всех пользователей использована служба каталогов eDirectory. В качестве сервиса, позволяющего осуществлять контролируемый доступ пользователей во внешнюю сеть, выбран прокси-сервер Squid. Система управления пользовательскими квотами и отображения статистики посещений реализована с помощью серверных java-технологий и реляционной базы данных PostgreSQL.

Научный руководитель – С.В. Дубров

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ ВЭПП-2000

С.П. Катков

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики СО РАН ведется модернизация ускорительного комплекса со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-2М для повышения светимости и увеличения максимально достижимой энергии до 2 ГэВ, что позволит существенно улучшить возможности проведения экспериментов на коллайдере. Этот проект получил название ВЭПП-2000.

В ходе модернизации разрабатывается автоматизированная система управления комплексом, функции которой реализуются с помощью электроники и программного обеспечения. Программное обеспечение позволит автоматически менять режим работы комплекса в соответствии с разработанными схемами и облегчить комплексное изменение параметры в ходе работы.

Целью данной работы являлось разработка архитектуры программного обеспечения для ВЭПП-2000. Архитектура системы включает в себя: разработку структуры базы данных, построение алгоритмов работы комплекса в различных ситуациях, а также разработку схем взаимодействия программного обеспечения с электроникой и пользователем.

В настоящее время создана архитектура программного обеспечения согласно требованиям, предъявленным к системе, и ведется ее реализация.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук А.А Валишев, Д.Е Беркаев

МЕТОДЫ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕНОСИМЫХ СРЕДСТВ

Р.Е. Кусков

Новосибирский государственный университет

В настоящее время существует большое количество графических библиотек, позволяющих создавать многофункциональные программы для отображения и обработки экспериментальных данных. К сожалению, они практически не связаны между собой, и переход с одной библиотеки на другую достаточно проблематичен. Для решения данной проблемы была разработана универсальная графическая библиотека, позволяющая создавать программы, легко переносимые в дальнейшем на новые средства разработки.

Для реализации универсальной GUI-библиотеки были выбраны два самых распространенных на сегодняшний день средства разработки под операционную систему Linux – Qt и Motif. Таким образом, написанные с ее помощью программы легко переносимы в дальнейшем с одного средства разработки на другое.

Использование данной библиотеки позволит создавать программы, независимые также и от используемой операционной системы (кросс-платформенность). Необходимо будет только перекомпилировать исходный код программы для новой операционной системы.

Для удаленного управления ускорительным комплексом используются системы VNC и NX, позволяющие подключиться к удаленному графическому X-серверу и получить доступ к ресурсам комплекса с другого компьютера.

В дальнейшем планируется реализовать универсальную GUI-библиотеку с использованием других средств разработки, например Gtk. Планируется также реализовать единую систему хранения и управления исходными кодами всего программного обеспечения на основе безопасного CVS-сервера.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук П.В. Логачев, Д.Ю. Болховитянов

ONLINE-ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА КЕДР

И.О. Орлов, Д.А. Ерыгин
Новосибирский государственный университет

Комплекс программного обеспечения детектора элементарных частиц КЕДР (ИЯФ СО РАН) состоит из 20-30 прикладных задач управления и обработки и средств организации взаимодействия, в том числе:

1. система управления прикладными задачами,
2. система передачи сообщений,
3. средства программно-аппаратного сопряжения.

Система управления задачами эксперимента – программный комплекс, позволяющий оператору с любого терминала в локальной сети контролировать работу программ управления аппаратурой. На каждом компьютере комплекса запущен *локальный агент*, отвечающий за процессы компьютера, работу комплекса в целом контролирует *центральный агент* на компьютере-сервере.

Оператор может *присоединиться* к любому процессу системы с помощью специальной программы PILOT. При присоединении оператор получает данные из потока стандартного вывода программы и передавать ей данные. С помощью библиотеки построения *панелей управления* задачами (меню) можно непосредственно изменять переменные из адресного пространства задачи, управляя её исполнением.

Система передачи сообщений решает задачу интеграции аппаратуры, систем контроля и обработки данных. Система состоит из независимых модулей: серверы обработки и передачи сообщений, библиотека для построения клиентских приложений. С помощью специальных алгоритмов синхронизации все серверы объединяются в единую сеть и могут обслуживать как локальных, так и удалённых клиентов.

Работа посвящена реализации системы управления задачами и системы передачи сообщений для управления экспериментом на детекторе элементарных частиц КЕДР ИЯФ СО РАН, но может быть использована и для управления другими системами независимо от конкретной направленности прикладных задач.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.Г. Шапов.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ДОСТУПА К ДАННЫМ ДЛЯ ДЕТЕКТОРА КМД-3

С.А. Пирогов

Новосибирский государственный университет

В ИЯФ СО РАН создается новый ускорительный комплекс – ВЭПП-2000, который является модернизацией предыдущего комплекса ВЭПП-2М. Модернизация комплекса ВЭПП-2М позволит повысить светимость и увеличить суммарную энергию электрон-позитронных пучков до 2 ГэВ в системе центра масс, что позволит существенно расширить физическую программу эксперимента. Одним из детекторов нового коллайдера будет детектор КМД-3.

Замене и усовершенствованию подлежат как отдельные подсистемы детектора и электроника системы сбора данных, так и система обработки данных. Повышение чувствительности регистрирующей электроники и повышение светимости коллайдера увеличит поток информации с регистрирующей аппаратуры детектора. Как следствие этого производится замена управляющего и обрабатывающего программного обеспечения.

Данная работа проводилась в рамках разработки нового программного обеспечения детектора КМД-3. Целью работы является проектирование и создание подсистемы ввода-вывода и пользовательского интерфейса для пакета программного обеспечения offline и online обработки данных. Основные задачи работы:

- Проектирование и реализация иерархии классов для работы с различными форматами экспериментальных событий: raw («сырое»), реконструированное и событие, полученное от первичного генератора (пакета CmdEvent/CmdEvent_Core);
- Создание модулей ввода-вывода объектов с использованием программных пакетов ROOT и Cmd3Fwk (пакета CmdEvent/CmdEvent_RootIO);
- Проектирование и реализация визуализатора логической структуры экспериментального события.

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук Е.П. Солодов, А.С. Зайцев

РАЗРАБОТКА NATIVE-МОДУЛЕЙ ДЛЯ TINI ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПЛАТАХ IVA, ИДД

В.Л. Сергеев
Новосибирский государственный университет

Плата "IVA-TINI" предназначена для работы с шестнадцатью ДИВ (ДИВ – источник питания магниторазрядного вакуумного насоса).

Интерфейс датчиков дозиметрии (ИДД) предназначен для подключения блоков детектирования непрерывного радиационного контроля к системе управления электрофизической установки. Блоки детектирования представляют собой первичные детекторы излучения и конструктивно совмещенные с ними блоки предварительной обработки их сигналов.

Платы были разработаны с использованием TINI.

TINI представляет из себя стандартный 72-х пиновый SIMM-модуль, на котором установлен TINI Chip Set, базой которого является микроконтроллер DS89C390, программно совместимый с 8051. На TINI установлена операционная система со встроенной Virtual Java Machine, с возможностью работы на высоком уровне на языке Java по портам ввода/вывода RS-232, CAN, 1-Wire, Ethernet, а также с возможностью работы по параллельной шине. Для доступа к оборудованию на низком уровне или написанию критичных по времени участков программы используются native-модули, то есть модули, реализованные на языке ассемблера. Так плата IVA-TINI работает с данными с периодичностью 200мс, при этом выполнение необходимых действий средствами Java по времени превышает это временное ограничение. В плате ИДД необходимо в течение 300 мс получить уровни излучения. Применение native-модулей значительно уменьшает время обработки данных.

Научный руководитель – канд. техн. наук С.В. Тарарышкин

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ ПОЛЕЙ СКОРОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY

М.П. Токарев

Новосибирский государственный университет

В основе методики Particle Image Velocimetry (PIV) лежит измерение перемещений трассеров в потоке, дважды освещенных импульсным источником света. Свет, отраженный трассерами регистрируется на цифровую камеру высокого разрешения. Дальнейшая обработка таких изображений позволяет получить мгновенное двух- или трехкомпонентное поле скорости в сечении потока.

В работе разработаны алгоритмы корреляционной обработки PIV изображений, которые включают в себя как стандартные, так и адаптивные процедуры расчета. Алгоритмы реализованы в виде бинарных СОМ компонентов и используются в программном обеспечении ActualFlow измерителя полей скорости жидкости и газа «ПОЛИС» (разработка ИТ СО РАН). Программные модули включают в себя также процедуры: отсева векторов (по отношению сигнал/шум, по локальному среднему и по абсолютному значению скорости), статистической фильтрации ансамбля векторных полей, интерполяции полей скорости, расчёта статистики.

Представлены результаты применения разработанных алгоритмов к искусственно сгенерированным изображениям и изображениям, полученным в эксперименте. Проведен сравнительный анализ точности различных алгоритмов.

Работа поддержана грантами РФФИ № 02-02-08081-инно и INTAS YSF 02-240.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Д.М. Маркович

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИАНОСТИКИ ПУЧКА ФОРИНЖЕКТОРА ВЭПП-5

А.С. Чугуев

Новосибирский государственный университет

В Институте Ядерной Физики им. Будкера строится ускорительный комплекс ВЭПП-5. В него входит форинжектор с высокой производительностью, состоящий из линейного ускорителя и кольца накопителя-охладителя.

Система диагностики пучка является важнейшим инструментом при настройке установки в рабочий режим. На выходе каждой ускоряющей секции расположен полосковый датчик, с которого снимается информация по заряду пучка и его положению внутри вакуумной камеры. Дополнительно в пролетных промежутках установлены вторично-эмиссионные сеточные датчики положения пучка. Для измерения энергетического спектра пучка и настройки фазы ускоряющей СВЧ-волны используется магнитный спектрометр.

На кольце накопителя-охладителя установлены 16 координатных “pick-up”-ов, которые используются для определения координат пучка в накопителе-охладителе.

Автоматизация данной системы производится на базе пакета программ `sc-server`, разработанного группой автоматизации ВЭПП-5, и интеллектуального КАМАК крейт-контроллера СМ5307, разработанного в ИЯФ.

Для автоматизации сеточных датчиков и спектрометра используется связка блоков ИРР-32М и КАМАК-блока Б-0634, а также блоки для привязки запусков ИРР к пролету пучка. Для автоматизации полосковых датчиков была собрана новая система быстрых АЦП разработанная в ИЯФ. Для автоматизации “pick-up”-ов кольца накопителя-охладителя использованы те же АЦП, что и для полосковых датчиков линейного ускорителя.

Научные руководители – Р.Г. Громов, канд. физ.-мат. наук П.В. Логачев

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ДЛЯ АСУТП НА БАЗЕ ПТК ТОРНАДО

И.А. Корепанов

Новосибирский государственный университет

Поставленной передо мною задачей является разработка и создание распределенной системы калибровки измерительных каналов для автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) построенных с использованием программно-технического комплекса (ПТК) “Торнадо”.

Главной идеей, положенной в основу системы является автоматизирование процесса калибровки каналов. Это позволит упростить процесс производства пуско-наладочных работ при развертывании системы на промышленном объекте, а так же при ее дальнейшей эксплуатации, поскольку количество калибруемых каналов в системах теплоэнергетики может достигать нескольких тысяч.

В процессе работы мной была определена структура такой распределенной системы, в которой выделяется мобильный АРМ метролога и стационарный АРМ. В процессе калибровки участвует всего один человек, оснащенный мобильным АРМ метролога.

В состав мобильного АРМ метролога входят:

Карманный персональный компьютер (КПК).

Программируемый генератор аналоговых сигналов, с помощью которого формируется калибровочный сигнал на входе канала.

Блок для обеспечения беспроводной связи КПК со стационарным АРМ.

Сформулированы требования к программному обеспечению системы. Все управление устройством-калибратором полностью ложится на программу стационарного АРМ. Инструкции поступают через беспроводную связь в программу, установленную на мобильном АРМ, которая и управляет калибратором. Управление всем процессом ведется с помощью программы на мобильном АРМ через беспроводное соединение.

Предусматривается наличие файла с готовым набором параметров калибровки в зависимости от кода/наименования канала (погрешности датчика, класс точности, шкала и единицы измерений). Ранее предполагалось ручное задание параметров калибровки самим калибровщиком, что усложняло его работу и требовало времени. Теперь же, калибровщику требуется выбрать наименование канала из готового списка и программа на стационарном АРМ сама сделает нужные настройки, используя готовую информацию.

Научный руководитель – И.В. Сорокин

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ-КЛИЕНТА ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ РЕЗОНАТОРАМИ ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ

Н.А. Костин

Новосибирский государственный университет

По решению Президиума СО РАН в специализированном отдельном корпусе Института химической кинетики и горения СО РАН создается Сибирский Центр фотохимических исследований на базе мощного лазера на свободных электронах (ЛСЭ). ЛСЭ включает в себя инжектор электронов и микротрон, высокочастотные резонаторы которых вместе с периферией (питание, управление) образуют высокочастотную систему (ВЧС), являющуюся одной из ключевых систем ЛСЭ. ВЧС инжектора обеспечивает продольную группировку и ускорение электронного пучка до энергии инжекции в микротрон, а ВЧС микротрона, в свою очередь, - повышение энергии электронного пучка до рабочей и понижение энергии отработавшего пучка до уровня энергии инжекции для сброса в поглотитель.

Управление ВЧС ЛСЭ осуществляется через ЦАП-АЦП, соединённые с ЭВМ, и программным обеспечением (ПО) специально разработанными для этих целей. Поставленной задачей было разработать и реализовать модуль, позволяющий вести мониторинг и управлять ВЧС удалённо, реализующий часть возможностей управляющего ПО, а также некоторую новую функциональность. Для этих целей были выбраны: компонент SCADA системы EPICS – Channel Access, реализующий архитектуру клиент-сервер и обеспечивающий сетевое взаимодействие, а также библиотека классов для математических расчётов и визуализации данных Measurement Studio фирмы National Instruments.

В рамках выполненной работы проведён анализ задачи и возможностей, предоставляемых выбранными средствами, разработаны и реализованы объектная оболочка для компонента Channel Access, архитектура приложения в целом, а так же GUI на основе выбранной графической библиотеки.

Научный руководитель – А.В. Овчар

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

И.В. Чмуж

Новосибирский государственный университет

Большой интерес в современной науке представляет изучение систем малых ферромагнитных частиц. С одной стороны – это позволяет выявить фундаментальные особенности свойств магнетиков на сверхмалых масштабах. С другой стороны интерес к исследованию подобных объектов обусловлен возможностью их технологических применений, прежде всего для создания сред для сверхплотной (свыше 10^{10} бит см^{-2}) записи информации.

Известно, что причиной ферромагнетизма является существование в веществе системы сильно взаимодействующих электронов. Хотя само обменное взаимодействие при условии однородной намагниченности кристалла не оказывает непосредственного влияния на электронный магнитный резонанс, оно создает большую результирующую намагниченность, а вместе с ней и большие локальные магнитные поля. Это приводит к особенностям в ферромагнитном резонансе (ФМР) по сравнению с электронным резонансным поглощением изолированных магнитных моментов.

Метод ФМР был использован для изучения коллективных эффектов в периодических двумерных решетках малых ферромагнитных частиц различной геометрии и размера, которые представляют собой пленки ферромагнитного вещества, нанесенные на кварцевую подложку. Были исследованы пленки с размеров ферромагнитных островков от 200 до 800 нм. В данной работе показано, что одним из важнейших факторов, определяющих поведение магнитной дисперсной системы, является магнитное межчастичное взаимодействие. Рассмотрен возможный механизм межчастичного взаимодействия. Оказывается, достаточно упрощенная модель точечных диполей хорошо описывает характер сложного межчастичного взаимодействия в рассматриваемых пленках. Проведено сравнение экспериментальных данных с величинами, рассчитанными в рамках этой теории.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук О.Н. Мартыанов

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРИПЛЕТНОГО СОСТОЯНИЯ КИНУРЕНИНА

П.С. Шерин

Новосибирский государственный университет

Кинуренин, природный метаболит триптофана, играет важную роль в человеческом организме, выполняя функцию ультрафиолетового фильтра в хрусталике глаза, защищая сетчатку глаза от вредного ультрафиолетового излучения. Однако фотохимические реакции с участием кинуренина могут приводить к развитию такой болезни, как катаракта хрусталика глаза. К сожалению, на сегодняшний момент почти ничего не известно о фотохимии кинуренина. В связи с этим актуальным является исследование фотохимических свойств интермедиатов кинуренина, образующихся при облучении кинуренина ультрафиолетовым излучением.

В данной работе было установлено, что под воздействием ультрафиолетового излучения (прямой и сенсibilизированный фотолиз) единственным наблюдаемым интермедиатом является триплетное состояние кинуренина. При прямом фотолизе кинуренина в кислой среде квантовый выход триплетного состояния близок к единице. В нейтральной среде квантовый выход данного процесса составляет величину $\Phi_T = 0.018 \pm 0.004$. В ходе работы были измерены константы кислотно-основного равновесия кинуренина в основном и триплетном состояниях. Для основного и триплетного состояния кинуренина были получены спектры оптического поглощения в кислой и нейтральной средах. Определены значения коэффициентов экстинкции для триплетного состояния кинуренина в протонированном и депротонированном состояниях, а также константа скорости переноса триплетной энергии от ацетона к кинуренину (реакции, протекающей в ходе сенсibilизированного фотолиза). Установлены константы скорости тушения триплетного состояния кинуренина различными соединениями (молекулярным кислородом и некоторыми аминокислотами).

Научный руководитель – д-р хим. наук Ю.П. Центалович

РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ФТОРИРОВАННОГО ФУЛЛЕРЕНА

Ю.В. Лавская

Новосибирский государственный университет

Фторирование является эффективным способом модификации электронной структуры фуллерена C_{60} . Атомы фтора присоединяются к углеродному каркасу с образованием ковалентных C-F связей, изменяя π -систему, перестраивая электронную структуру, следовательно, и реакционную способность C_{60} .

В результате анализа C1s-спектра, полученного методом рентгено-электронной спектроскопии, был определен элементный состав исследуемого образца $C_{60}F_x$, где $x \approx 24$. Для этого соединения возможно 10^{16} изомеров. В связи с этим возник вопрос определения положения 24-х атомов фтора на поверхности фуллерена C_{60} , и является ли исследуемое вещество чистым изомером или же их смесь.

Целью настоящей работы является совместное использование методов рентгеновской спектроскопии и квантовой химии для исследования электронного строения и определения структуры молекулы $C_{60}F_{24}$.

Для графита, C_{60} и $C_{60}F_{24}$ были получены экспериментальные СК α -спектры. Сопоставление спектров графита и C_{60} , и $C_{60}F_{24}$ выявило следующие изменения :

- интенсивность высокоэнергетического максимума ($E \approx 280.2$ эВ) фторированного фуллерена уменьшается по сравнению с графитом и C_{60} , что объясняется уменьшением плотности π - состояний в валентной полосе соединения.

- понижение симметрии углеродного каркаса $C_{60}F_{24}$ по сравнению с C_{60} приводит к расщеплению ранее вырожденных молекулярных орбиталей и сглаживанию основного максимума ($E \approx 276.2$ эВ).

Для $C_{60}F_{24}$ были построены 5 изомеров с различным местоположением атомов фтора на поверхности углеродного каркаса, для которых были рассчитаны теоретические СК α -спектры, методами Hartree-Fock, B3LYP и Half&Half с использованием 6-31G** базисного набора атомных орбиталей. Обнаружено изменение характера взаимодействия между углеродом и фтором в зависимости от исследуемого приближения.

Показано, что изомер с симметрией Th (самый энергетически выгодный и наиболее ожидаемый) не удовлетворительно согласуется с экспериментальным данным.

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук А.В. Окотруб, канд. хим. наук Л.Г. Булушева

КР-СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОНОН-СПИНОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОЛИВИНАХ

С.В. Гайслер

Новосибирский государственный университет

В природе практически невозможно найти чистые кристаллические минералы – большая их часть представляет собой смеси – твердые растворы. Одним из примеров таких твердых растворов служат оливины $(\text{Fe}_x\text{Mg}_{1-x})_2\text{SiO}_4$, где x меняется непрерывно в пределах от 0 до 1, то есть оливины формируют непрерывный ряд твердых растворов. Свойства оливина представляют значительный интерес с точки зрения геофизики, поскольку этот минерал является важнейшим элементом мантии Земли.

Целью данной работы является прояснение природы аномалий в КР-спектрах оливинов. Для этого было предпринято исследование спектров комбинационного рассеяния для всего ряда твердых растворов $(\text{Fe}_x\text{Mg}_{1-x})_2\text{SiO}_4$ ($x=0\dots 1$).

Исследуемые образцы представляют собой поликристаллический порошок, таким образом, мы получаем неполяризованные рамановские спектры. Измерения производились при различных температурах (от 4К до 1200К).

Спектры КР были получены в диапазоне $50\dots 1400\text{ см}^{-1}$ с разрешением $\sim 2\text{ см}^{-1}$. Измерение спектров при различных значениях x позволяет проследить эволюцию рамановских спектров в ряду твердых растворов. На основании полученных экспериментальных данных, можно сделать вывод об одномодовом поведении в ряду твердых растворов.

Также в работе вычислен предел перколяции x_p для структуры оливина, которому сопоставляется особенность на концентрационных зависимостях рамановских частот.

Особенности рамановских спектров оливинов связаны с характерной для этой структуры корреляцией электронной (магнитной) и ядерной (колебательной) подсистем.

Научный руководитель – д-р хим. наук Б.А. Колесов

²H ЯМР СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЛИНЕЙНЫХ АЛКАНОВ В ЦЕОЛИТЕ 5А

Д.И. Колоколов

Новосибирский государственный университет

Работа посвящена изучению молекулярной динамики линейных алканов, адсорбированных в поры цеолита 5А. Интерес к данной задаче, обусловлен широким применением цеолита 5А в нефтеперерабатывающей промышленности, в частности - для разделения линейных и разветвленных алканов, а также обнаруженной ранее аномальной диффузии для изучаемых алканов в пористой структуре цеолита 5А.

Образец состоял из дейтерированных молекул алканов, адсорбированных в поры цеолита 5А.

При помощи ²H ЯМР-спектроскопии твёрдого тела, были получены времена поперечной и продольной релаксации ядер дейтерия метильных и метиленовых групп адсорбированных алканов состава C₆D₁₄ - C₁₆D₃₄, а также их спектры, в диапазоне температур от 100 до 413 К. Исходя из полученных данных, была предложена модель динамики метильных групп и молекулы как целого, адсорбированных молекул. Сделан вывод, что молекулы, адсорбированные в полостях цеолита, характеризуются двумя видами движения: быстрое, представляющее собой конформационную изомеризацию (характерное время $\tau \sim 10^{-11}$ сек.); медленное, соответствующее изотропной переориентации молекулы ($\tau \sim 10^{-7}$ сек.). Получены значения скоростей и энергий активации, характеризующих динамику каждого из видов движения.

Научный руководитель – д-р хим. наук А.Г. Степанов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЕННАРД-ДЖОНСОВСКИХ СИСТЕМ

А.В. Ким

Новосибирский государственный университет

Создана эффективная компьютерная программа, реализующая метод молекулярной динамики в NVE-ансамбле для моделирования различных термодинамических состояний больших систем Леннард-Джонсовских частиц. С помощью этой программы изучено плавление кристалла, а также гомогенная кристаллизация жидкости. При моделировании плавления кристалла получены конфигурации системы при различных температурах от нуля до температуры плавления. Показаны структурные особенности кристаллической фазы при различных температурах нагрева. Вначале появляются локализованные дефекты в решётке, затем возникают дислокации, и наконец, наблюдается распад кристалла на отдельные части. При охлаждении жидкой фазы исследуется возникновение кристаллических ядер. Характер структурных изменений при охлаждении принципиально иной, чем наблюдается при плавлении.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Н.Н. Медведев

ВЛИЯНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ФОТОПРОЦЕССЫ В СЕНСИБИЛИЗАТОРАХ НА ОСНОВЕ ФУРОКУМАРИНОВ

Н.Г. Брянцева

Томский государственный университет

Фурукумарины широко применяются в медицине. Они в комбинации с УФ-облучением успешно используются для лечения псориаза и других заболеваний кожи, однако происходящие при этом механизмы химических превращений еще во многом не ясны.

Данная работа посвящена одной из актуальных проблем химической физики. Ее задачей является установление связи констант скоростей фото-процессов и спектрально-люминесцентных свойств фотосенсибилизаторов для фурукумариновой терапии с особенностями их электронного строения.

В ходе работы изучены фотофизические свойства и специфические межмолекулярные взаимодействия (ММВ) псоралена и 4'-гидрокси-метил-4,5',8'-триметилпсорален с помощью методов квантовой химии (методом частичного пренебрежения дифференциальным перекрытием со спектроскопической параметризацией). Кроме того, был рассмотрен Н-связанный комплекс данных соединений с молекулами воды и ионами гидроксония (H_3O^+).

В результате проведенного расчета был получен ряд результатов: определена природа молекулярных орбиталей, энергии состояний, соответствующие максимумам поглощения, силы осцилляторов, поляризации переходов.

Из полученных данных можно сделать вывод, что для нижнего синглета $\pi\pi^*$ -типа характерен красный сдвиг уровня для обоих соединений при взаимодействии с ионом H_3O^+ . Причем для соединения 4'-гидрокси-метил-4,5',8'-триметилпсорален величина этого сдвига является более существенной по сравнению с молекулой псоралена. У молекулы псоралена при взаимодействии с ионом гидроксония происходит инверсия 2 и 3 уровней. $\pi\pi^*$ -уровень претерпевает синий сдвиг. В соединении 4'-гидрокси-метил-4,5',8'-триметилпсорален при взаимодействии с ионом происходит изменение природы состояния.

При взаимодействии с ионом значения констант скоростей интеркомбинационной конверсии получились более низкими. Вследствие чего квантовые выходы флуоресценции для двух изученных соединений увеличились по сравнению с изолированными молекулами.

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук, проф. И.В. Соколова, мл. науч. сотр. Н.Е. Ковальская

МОЛЕКУЛЯРНАЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА МОНО-, ДИ-, ТРИ- И ТЕТРАБЕНЗОПОРФИРИНАТОВ ЖЕЛЕЗА (II)

К.В. Филимонов, И.В. Табунщиков, П.О. Краснов
Красноярский государственный университет
Красноярский государственный технический университет

Металлокомплексы порфиринов, а также их производные, вызывают огромный интерес в различных отраслях современной науке, включая биофизику и химическую физику. Особый интерес представляет применение данных веществ в медицине. Порфириновые молекулы используются в лечении онкологических заболеваний в качестве фотосенсибилизаторов при фотодинамической терапии (ФДТ).

Один из предполагаемых механизмов действия фотосенсибилизаторов основан на генерации активной формы кислорода, находящегося в синглетном спиновом состоянии. Он оказывает разрушающее действие на пораженные клетки, не вызывая изменения здоровых. Синглетный кислород образуется из триплетного в результате изменения спинового состояния взаимодействующего с ним порфиринового комплекса под воздействием лазерного излучения.

Биофизические процессы, обуславливающие клинические эффекты ФДТ опухолей различных локализаций, изучены недостаточно, что делает медицинскую технологию ее практического применения крайне неоднозначной, что побуждает к исследованию электронной структуры и спинового состояния рассматриваемых соединений. Это позволит открыть новые возможности в плане создания оптимальных фотосенсибилизаторов, которые будут эффективно применяться в медицине.

Целью данной работы явилось теоретическое исследование молекулярной и электронной структуры моно-, ди-, три- и тетрабензопорфиринатов железа (II), как потенциальных моделей для ФДТ.

Для достижения поставленной цели были проведены квантово-химические расчеты на базе метода теории функционала плотности V3LYP с использованием атомного базиса 6-31G**. Исследуемые объекты рассматривались в трех спиновых состояниях: $S=0$, $S=1$, $S=2$.

В результате работы были установлены основные спиновые состояния изучаемых объектов, исследована электронная структура их валентных областей, установлено каким образом бензольные кольца и их месторасположение влияют на свойства порфиринового комплекса в целом.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С.Г. Овчинников

ИЗУЧЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ МНОГОФОТОННОЙ ДИССОЦИАЦИИ МОЛЕКУЛ ВИНИЛФТОРСИЛАНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО CO₂ ЛАЗЕРА

А.В. Воробьёв

Новосибирский государственный университет

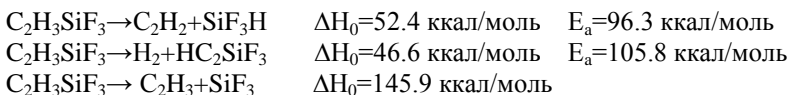
В последние годы в мире растет интерес к материалам из изотопически чистого кремния. Интерес возник из перспектив применения таких материалов в полупроводниковой технологии, в частности в компьютерах. Инфракрасная многофотонная диссоциация (ИК МФД) лежит в основе одного из способов разделения изотопов.

В данной работе изучается ИК МФД молекул SiF₃C₂H₃ под действием излучения импульсного CO₂-лазера с помощью масс-спектрометра.

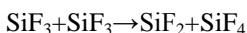
Основными задачами данной работы являются:

- 1) идентификация конечных продуктов ИК МФД молекул SiF₃C₂H₃ с помощью масс-спектрометрического анализа.
- 2) определение каналов ИК МФД, которые приводят к образованию конечных продуктов.

По данным масс-спектрометрического анализа основными продуктами диссоциации оказались: H₂, C₂H₂, SiF₃H, SiF₄, SiF₃C₂H. Чтобы установить, по каким каналам идет распад молекулы с образованием вышеперечисленных продуктов, были проведены квантово-химические расчёты энергий активации, структур и частот переходных комплексов распада исходной молекулы по различным каналам. Расчёты проведены с помощью программы Gaussian 98 с использованием процедуры QST2, методом B3LYP в базисе 6-31G**. Согласно расчёту, каналы с наименьшими энергиями активации оказались:



Эти реакции приводят к образованию всех продуктов, кроме SiF₄, образование которого можно объяснить вторичными реакциями радикала SiF₃:



Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С.Р. Горелик

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ТРИНИТРОМЕТАНА

В.Г. Киселев

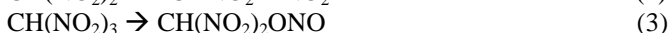
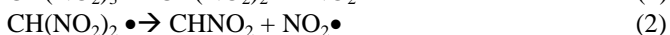
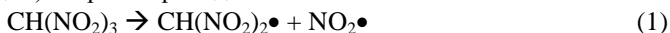
Новосибирский государственный университет

Тринитрометан (нитроформ, НФ) участвует в качестве промежуточного соединения в реакциях разложения некоторых высокоэнергетических материалов. Для построения кинетических моделей сложных процессов горения высокоэнергетических материалов необходимо знание констант скоростей всех элементарных стадий. Такая информация в литературе обычно отсутствует, поэтому расчет констант скорости реакций из первых принципов в настоящее время является очень актуальным.

Настоящая работа посвящена теоретическому изучению механизма термического распада $\text{CH}(\text{NO}_2)_3$ неэмпирическими квантовохимическими методами. Для этого проведены квантовохимические расчеты структуры и термодинамических характеристик НФ и ряда промежуточных продуктов его разложения, локализованы переходные состояния для реакций активных интермедиатов. Для получения более точных значений электронных энергий исследуемых частиц использовали многоуровневые квантовохимические методики, в основном G2M(CC5) метод. В некоторых случаях для сравнения проводили также расчеты методом G2.

С использованием описанных квантовохимических методов и представлений статистической термодинамики были рассчитаны энтальпии образования НФ и некоторых промежуточных соединений его распада и проведено сравнение с имеющимися экспериментальными данными с целью определения точности используемых методик.

Для ряда реакций диссоциации и изомеризации (например, (1)-(4)), протекающих в ходе термического распада нитроформа с использованием теории функционала плотности в варианте гибридного метода B3LYP/6-311G** найдены равновесные конфигурации реагентов и продуктов, локализованы переходные состояния. Константы скорости реакций (1) - (4) в пределе высоких давлений и в диапазоне температур от 300 до 2000 К рассчитаны по канонической или вариационной (в случае безбарьерных реакций) теории переходного состояния.



Научный руководитель – д-р хим. наук Н.П. Грицан

Т-ОПЕРАТОР ПРИ НАЛИЧИИ СИЛОВОГО И ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ РЕАГЕНТАМИ В РАСТВОРАХ

А.А. Киприянов

Новосибирский государственный университет

Теоретическое рассмотрение физико-химических процессов в веществе требует по крайней мере детального описания эволюции двух частиц. Такое описание обычно осуществляется парным пропагатором (функцией Грина), который в отсутствие взаимодействия между частицами упрощается до свободного пропагатора. Учет взаимодействия приводит к появлению дополнительного слагаемого (“рассеянная волна”), которое описывает искажения в эволюции двух частиц, обусловленные их взаимодействием. “Рассеянная волна” имеет универсальную структуру, существенной частью которой является Т-оператор. Т-оператор является микроскопической наблюдаемой величиной, поскольку кинетические коэффициенты, описывающие протекание физико-химических процессов, и измеряемые физические величины в задачах рассеяния выражаются непосредственно через него. Поэтому парный Т-оператор играет ключевую роль в многочастичном выводе кинетических бинарных немарковских уравнений реакций в жидких растворах.

При таком выводе необходим анализ задачи рассеяния, описывающей бинарную встречу реагентов в растворе. На пространственно-временных масштабах протекания бинарной кинетики размеры реакционной зоны и время встречи реагентов микроскопически малы. Это позволяет для Т-оператора развить точечное приближение. Явный расчет точечного Т-оператора требует модельного описания структуры реагентов, их парного взаимодействия и пространственной подвижности. Учет силового взаимодействия между реагентами при расчете точечного Т-оператора является актуальной задачей для дальнейшего развития многочастичных методов теории реакций в жидких растворах.

В случае диффузионной подвижности реагентов и слабой их реакционной способности при произвольном силовом взаимодействии аналитически рассчитан точечный Т-оператор. Показано, что его вид существенно отличается от известного точечного Т-оператора, описывающего реакцию точечных реагентов. Рассмотрение более общего характера пространственной миграции (посредством стохастических прыжков) приводит к диффузионному результату (с коэффициентом диффузии равным коэффициенту макродиффузии). Рассмотрен точечный Т-оператор при наличии силового и реакционного взаимодействий.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук А.А. Киприянов, д-р физ.-мат. наук А.Б. Докторов

МНОГОЧАСТИЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ В РЕКОМБИНАЦИИ РАДИКАЛЬНЫХ ПАР С УЧЕТОМ СИНГЛЕТ-ТРИПЛЕТНЫХ ПЕРЕХОДОВ

А.А. Киприянов
Новосибирский государственный университет

При описании элементарных реакций в жидких растворах рассмотрение точно решаемых многочастичных моделей позволило прояснить многие аспекты их кинетики и установить тип пространственно-временных корреляций, которые необходимо учитывать при малых плотностях реагентов. Подобных исследований в многочастичных моделях в рамках спиновой химии с учетом изменения спинового состояния реагентов проведено не было. Поэтому возникла необходимость исследования реакционных систем, в рамках многочастичных моделей, представляющих интерес с точки зрения спиновой химии. С этой точки зрения большой интерес представляет изучение кинетики рекомбинации в переходной области, когда геминальная рекомбинация завершается и начинается объемная рекомбинация. Но и сама объемная рекомбинация радикальных пар с учетом синглет-триплетных переходов не является хорошо изученной с точки зрения многочастичных эффектов.

Рассмотрена геминальная реакция между бирадикалом и акцептором с учетом изменения спинового состояния реагента. В результате была получена кинетика, описывающая гибель бирадикала с начальной заселенностью только синглетного состояния и начальным распределением в реакционной зоне, совпадающая с известным в литературе. Данный результат был обобщен на произвольное начальное состояние и произвольное начальное распределение. Была сформулирована точно решаемая многочастичная модель для данной системы. Эта модель позволяет описать как объемную, так и геминально-объемную рекомбинацию бирадикала с учетом синглет-триплетных переходов.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук А.А. Киприянов, д-р физ.-мат. наук П.А. Пуртов

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ПРОПАНА НА НИКЕЛЕ МЕТОДАМИ ТЕРМОГРАФИИ, МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ И *IN SITU* РФЭС

В.В. Устюгов

Новосибирский государственный университет

Известно [1], что при температурах от 650 до 750 °С и давлении порядка 1 торр реакция окисления пропана на никеле может протекать в режиме автоколебаний. Целью нашей работы было установление механизма формирования автоколебаний в данной реакции.

Согласно данным масс-спектрометрии в ходе автоколебаний система периодически переходит из неактивного состояния, в течение которого скорости образования продуктов как полного, так и парциального окисления пропана минимальны, в активное состояние, в течение которого скорости образования всех продуктов максимальна.

Методом *in situ* РФЭС было показано, что активное и неактивное состояния системы связаны с различным химическим состоянием поверхности катализатора.

С использованием метода термографии, который позволяет регистрировать пространственные неоднородности температуры поверхности работающего катализатора, было показано, что механизм формирования автоколебаний, скорее всего, не связан с тепловыми процессами на поверхности катализатора.

На основании полученных экспериментальных данных предложена модель формирования автоколебаний в реакции окисления пропана. Проведено численное моделирование предложенного механизма.

1. A.Yu. Gladky, V.K. Ermolaev, V.N. Parmon, Catal. Lett. 77 (2001) p. 103.

Научный руководитель – А.Ю. Гладкий

ИЗУЧЕНИЕ ИНГИБИРОВАНИЯ МЕТАНО- И ПРОПАНО-ВОЗДУШНЫХ ПЛАМЕН РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА ДОБАВКАМИ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

И.В. Рыбцкая

Новосибирский государственный университет

Изучение химии горения углеводородных пламен с добавками фосфорорганических соединений (ФОС) представляет большой интерес в связи с перспективами использования последних в качестве ингибиторов горения и пламегасителей. Кроме того, исследование структуры пламени является одним из основных источников информации о детальной кинетике процессов горения. Обычные методы не позволяют исследовать свободно-распространяющиеся пламена, так как стабилизация осуществляется через теплопотери в плоскую горелку. В данной работе впервые изучены структура и температурные профили в пламенах с близкими к адиабатическим условиями. Стабилизация осуществлялась методом нулевого потока тепла в горелку, предложенным K.J Bosschaart and L.P.H. de Goeij [1], позволяющим с достаточной точностью определять скорости свободного распространения пламен в широком диапазоне состава горючих смесей.

В данной работе методом [1] при атмосферном давлении исследованы скорости распространения CH_4 и C_3H_8 /Воздушных пламен в диапазоне состава горючих смесей от 0.7 до 1.4 без добавки и с добавкой 600 ppm триметилфосфата (ТМФ). В бедном (0.8) пропано-воздушном пламени без добавки измерены температурные профили Pt-Pt+10%Rh термопарой покрытой SiO_2 общим диаметром 28 микрон. Профили концентраций реагентов C_3H_8 , O_2 , продукта горения CO_2 и свободного радикала OH измерены масс-спектрометрическим методом с молекулярно пучковой системой отбора пробы. Проведено моделирование тепловой и химической структуры исследуемых пламен с помощью пакета программ PREMIX и CHEMKIN и различных кинетических механизмов окисления углеводородов и деструкции ТМФ. Сопоставление экспериментальных данных и результатов моделирования по скорости распространения и структуре пламен показало удовлетворительное согласие в пламенах без добавки и некоторые расхождения в пламенах с добавкой ТМФ. Это свидетельствует о том, что механизм деструкции ФОС требует дальнейшего развития.

1. K.J Bosschaart and L.P.H. de Goeij, Combust. Flame 136 (2004) 261-269.

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук, проф. О.П. Коробейничев, канд. хим. наук А.Г. Шмаков

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛАМЕНИ ГЕКСОГЕНА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНО-ПУЧКОВОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

П.Д. Поляков

Новосибирский государственный университет

Изучение горения конденсированных систем (КС) представляет значительный интерес как с фундаментальной, так и с практической точек зрения. Знание реальных физико-химических процессов, происходящих при горении, необходимо для построения модели горения КС.

Гексоген является энергетическим материалом, широко используемым в качестве окислителя в твердых ракетных топливах. В литературе представлены данные по структуре пламени гексогена при давлении 0,05 МПа при его самоподдерживающемся горении и под действием лазерного излучения при 0,1 МПа. Однако, из-за больших экспериментальных трудностей, химия горения гексогена, особенно в наиболее важной области, прилегающей к поверхности горения, до сих пор исследована недостаточно. Поэтому в существующей модели горения предполагалось, что в конденсированной фазе имеет место только испарение гексогена. Однако тепловыделение в конденсированной фазе, полученное путем обработки данных по тепловой структуре, опровергает это предположение.

В данной работе исследование структуры пламени гексогена, включая область, прилегающую к поверхности горения, проводилось методом молекулярно-пучкового масс-спектрометрического зондирования пламен КС. В пламени были идентифицированы 12 продуктов газификации (включая пары гексогена), а также измерены их профили концентраций в зависимости от расстояния до поверхности горения. Впервые экспериментально прямым методом подтверждена гипотеза о существовании паров гексогена вблизи поверхности горения. В пламени гексогена зарегистрированы 3 зоны химических реакций. Первая и вторая зоны связаны с расходом CH_2O , NO_2 , N_2O и паров гексогена с образованием NO , H_2 , H_2O , CO и N_2 . Третья зона связана с окислением HCN окисью азота с образованием конечных продуктов пламени. Моделирование структуры пламени гексогена, используя в качестве граничных условий экспериментально измеренные потоки продуктов с поверхности горения, позволяет достичь лучшего согласия с экспериментальными данными чем в работе. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего совершенствования и развития моделей горения гексогена и смесевых топлив на его основе.

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук О.П. Коробейничев, канд. хим. наук А.А. Палецкий

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРОВАНИЯ И ГАШЕНИЯ ДИФФУЗИОННЫХ ПЛАМЕН ДОБАВКАМИ ФОСФОР- И ФТОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

А.С. Якимов

Новосибирский государственный университет

Одной из актуальнейших проблем безопасности является задача эффективного тушения очагов пламени при аварийных ситуациях, которые угрожают жизни человека. В настоящее время ведется активный поиск эффективных, экологически безопасных и малотоксичных пламегасителей для замены хладонов, запрещённых к использованию международными соглашениями. Одними из наиболее эффективных пламегасителей являются фосфорорганические соединения (ФОС). Основной задачей данной работы является поиск новых летучих и эффективных фосфорорганических пламегасителей, обладающих низкой температурой кипения, которые способны заменить широко используемый хладон 1301 (CF_3Br). Основным недостатком ряда ФОС является низкое давление паров, а также горючесть некоторых из них. Устранить эти недостатки можно путем фторирования этих соединений. Однако их синтез представляет определенные трудности, поэтому они мало исследованы как пламегасители. В данной работе исследованы более 20 различных ФОС (фосфаты, фосфонаты, фосфиты и их фторированные производные), а также их смесей с фторорганическими и металлоорганическими соединениями. Для определения эффективности исследуемых ФОС и смесей на их основе использованы 2 метода: 1) Метод чашечной горелки (определение гасящей концентрации ФОС для пламени н-гептана в спутном потоке воздуха), 2) Испытания на стенде с турбулентным очагом пламени и импульсным вводом ФОС в поток воздуха (ТОПИВ).

Результаты исследований с помощью чашечной горелки показали, что в диапазоне концентраций до 0.7% (объемн.) эффективность различных ФОС близка и выше эффективности CF_3Br в 2-6 раз. При дальнейшем увеличении концентрации эффективность различных ФОС меняется различным образом, что связано с горючестью некоторых из них. С помощью метода чашечной горелки были отобраны наиболее эффективные летучие и негорючие ФОС а также смеси на их основе с фторорганическими и металлоорганическими соединениями и определены их гасящие концентрации. Испытания на стенде ТОПИВ показали, что выбранные соединения и смеси на их основе могут быть эффективно использованы для замены CF_3Br .

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук, проф. О.П. Коробейничев, канд. хим. наук А.Г. Шмаков

