

B3
C880

**МАТЕРИАЛЫ
XXXIX МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ
СТУДЕНЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**"Студент
и научно-технический
прогресс"**



ФИЗИКА

2001.

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

**МАТЕРИАЛЫ
XXXIX МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«Студент и научно-технический прогресс»,
посвященной 70-летию академика В.А. Коптюга**

ФИЗИКА

**НОВОСИБИРСК
2001**

УДК 55
ББК Д.я 431

Материалы XXXIX Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Физика / Новосибирский гос. ун-т. Новосибирск, 2001. 192 с.

Спонсоры конференции

Российский фонд фундаментальных исследований (грант № 01-01-10032)
Федеральная целевая программа «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки»

Международная ассоциация содействия сотрудничеству с учеными из новых независимых государств бывшего Советского Союза (INTAS)
(грант № МО-01-155)

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук
Международная Соросовская программа образования в области точных наук

Редакционная коллегия

Председатель – проф. И.Ф. Гинсбург

Зам. председателя – канд. физ.-мат. наук А.Е. Зарвин

Члены бюро – чл.-кор. А.К. Ребров, д-р физ.-мат. наук А.А. Иванов,
И.В. Тимофеев, канд. физ.-мат. наук, доц. Б.А. Шварц,
канд. техн. наук, доц. Е.В. Козырев, канд. физ.-мат. наук А.Г. Погосов,
доц. С.И. Чикичев, науч. сотр. М.Ю. Шадрин,
д-р физ.-мат. наук Е.Г. Багрянская, д-р хим. наук В.В. Храмцов,
доц. Л.А. Боярский, проф. А.Ф. Курбацкий,
чл.-кор. С.Г. Раутиан, проф. В.М. Аульченко

524448

БИБЛИОТЕКА
НГУ

© Новосибирский государственный
университет, 2001

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

Председатель – д-р физ.-мат. наук А.А. Иванов
Секретарь – И.В. Тимофеев

Институт ядерной физики,
здание 20, блок Д, комн. 322

ЛОКАЛЬНЫЕ ЗОНДОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕНОСА ПЛАЗМЫ В СОЛЕНОИДЕ УСТАНОВКИ АМБАЛ-М

П.А. Поташов

Новосибирский государственный университет

В работе проведены измерения поперечных потерь плазмы в центральном соленоиде аксиально-симметричной амбиполярной ловушки АМБАЛ-М для выяснения роли этих потерь по сравнению с продольными.

В условиях эксперимента при работе источника плазмы развивается низкочастотная турбулентность, и основной вклад в поперечные потери вносит перенос, вызванный корреляциями между флуктуациями азимутального электрического поля и плотности плазмы. Измерения проводились подвижным комбинированным зондом, одновременно измеряющим азимутальное электрическое поле и плотность плазмы. Плотность плазмы определялась по ионному току насыщения двойного лентчуровского зонда, а азимутальное электрическое поле в той же точке определялось по разности плавающих потенциалов между электродами другого двойного зонда.

В результате был измерен радиальный профиль плотности плазмы, найдены частотные спектры флуктуаций плотности и электрического поля, определен радиальный профиль поперечного потока плазмы и соответствующий ему коэффициент диффузии. Приводится оценка отношения полных поперечных потерь плазмы к продольным потерям через магнитные пробки соленоида.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Т.Д. Ахметов

ИЦР-НАГРЕВ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ПЛАЗМЫ В ГДЛ

В.В. Приходько

Новосибирский государственный университет

Газодинамическая ловушка (ГДЛ) представляет собой длинный аксиально-симметричный пробкотрон с высоким пробочным отношением для удержания двухкомпонентной плазмы [1]. Одна компонента – столкновительная, или “мишенная” плазма с ионной и электронной температурами

до 130 эВ и плотностью до 10^{14} см⁻³. Длина свободного пробега иона относительно рассеяния в конус потерь много меньше расстояния между пробками, что обеспечивает газодинамический режим удержания этой компоненты. Вторая компонента – популяция быстрых ионов с плотностью до 10^{13} см⁻³ и энергиями 2-17 кэВ, создаваемая инжекцией нейтральных пучков под углом 45° к оси ловушки [2]. Быстрые ионы удерживаются магнитным полем как в классическом пробкотроне и имеют точки поворота в координате с пробочным отношением $R = 2$.

В предыдущих экспериментах на установке ГДЛ [3] проводился ИЦР-нагрев мишенной плазмы в режиме “магнитного берега”. Однако увеличившийся радиальный перенос уменьшал плотность нагреваемой компоненты до порядка 10^{13} см⁻³. Эксперименты с такой плотностью плазмы не представляли интереса.

В данной работе предполагается схема с двухкомпонентной плазмой в ГДЛ: водородная мишенная плазма и небольшая тяжелая добавка (дейтерий). ИЦР нагрев планируется проводить на частоте чуть ниже области резонансных частот водорода, что соответствует резонансу дейтерия вблизи точек с пробочным отношением $R = 2$. Такой нагрев приведет к образованию сильно анизотропной популяции ионов дейтерия между точками поворота, которые совпадают с зонами резонанса. В качестве тяжелой добавки могут быть использованы быстрые дейтроны, образованные в результате инжекции нейтральных пучков. Тогда данная схема может использоваться для поддержания энергобаланса быстрой компоненты в ГДЛ.

1. Мирнов В.В., Рютов Д.Д. Газодинамическая ловушка. // Вопросы атомной науки и техники. Серия термоядерный синтез. 1980. Вып. 1, № 5. С. 57 - 66.
Anikeev A.V., Bagryansky P.A., Ivanov A.A., Karpushov A.N., Korepanov S.A., Maximov V.V., Murakhtin S.V., Smirnov A.Yu., Noack K., Otto G., Fast ion relaxation and confinement in the gas dynamic trap, Nuclear Fusion. 2000 Vol.40, Number 4. P.753 - 765.

Abdrashitov G.F., Bagryansky P.A. at al. US-USSR Workshop on RF Heating Experiments on Small Tokamaks, Madison, W, USA, December 1990.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.В. Аникеев

СОЗДАНИЕ ТРЕХЭЛЕКТРОДНОЙ ИОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СТАЦИОНАРНОГО ПУЧКА Н ТОКОМ 5 . 10 МА

М.И. Ширшов

Новосибирский государственный университет

В последнее время несколько лабораторий Института ядерной физики им. Г.И. Будкера активно занимаются созданием машины для бор-нейтронозахватной терапии рака. Одним из узлов этого аппарата должен

стать стационарный источник отрицательных ионов водорода. Получаемый при помощи него пучок (в проекте током до 50 мА) будет вводиться в тандемный ускоритель с узкой перезарядной трубкой, и поэтому важным параметром является его яркость. В связи с этим в качестве прототипа такого источника был выбран пеннинговский источник с поверхностно-плазменной генерацией отрицательных ионов водорода, который позволяет получать пучок с наименьшим эмиттансом. Система ионной оптики должна работать в стационарном режиме устойчиво, без срывов и пробоев в течение нескольких часов. Создание осложняется наличием внешнего магнитного поля в вытягивающем зоре.

Была установлена и прошла испытание двухэлектродная ионно-оптическая система. Экспериментально были получены зависимости тока пучка и тока в цепи вытягивания от вытягивающего напряжения на втором электроде. При напряжении 15 кВ стационарная тепловая нагрузка на электроды составляет около 0,5 кВт. При этом система работала надежно в течение нескольких часов. После этого мы приступили к созданию третьего, формирующего яркий пучок электрода. Для этой системы были проведены численные расчеты по нахождению оптимальной конфигурации. Полученные результаты помогут наилучшим образом сформировать пучок.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Ю.И. Бельченко

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНЖЕКТОРА АТОМОВ ВОДОРОДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПЛАЗМЫ В ТОКАМАКАХ: РАСЧЕТЫ И ЭКСПЕРИМЕНТЫ

А.В. Сорокин

Новосибирский государственный университет

Для диагностики параметров плазмы в установке RFX (Падуя, Италия) потребовалось создание инжектора нейтральных атомов со следующими основными параметрами пучка:

1. энергия частиц пучка – 20-50 кэВ;
2. максимальная длительность импульса – 50 мс;
3. ток пучка – >2 А в основной компоненте в мишень $R = 50$ мм на расстоянии 4 м при энергии частиц 50 кэВ;
4. Фокусное расстояние – $F = 4$ м.

Таким образом, к расходимости пучка предъявляются высокие требования: $\alpha \leq 10^{-2}$ рад. Исходя из этого в Институте ядерной физики был спроектирован и изготовлен инжектор на основе дугового генератора плазмы и 4-сеточной ионно-оптической системы. В данной работе представлены результаты экспериментальных измерений параметров пучка, которые показывают, что были получены пучки с требуемой расходимостью и длительностью, необходимым током во всех диапазонах энергий.

Проведено компьютерное моделирование формирования пучка в ионно-оптической системе. Оно хорошо согласуется с результатами эксперимента. Также были проделаны расчёты по дальнейшей оптимизации ионно-оптической системы инжектора.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук. П.П. Дейчули

АКТИВНАЯ КОРПУСКУЛЯРНАЯ ДИАГНОСТИКА ПЛАЗМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО СОЛЕНоиДА АМБАЛ-М

И.О. Беспмятнов, Р.И. Тимшанов
Новосибирский государственный университет

На аксиально-симметричной амбиоплярной ловушке АМБАЛ-М подготовлен и начат эксперимент по получению и исследованию плотной горячей плазмы в длинном соленоиде. После завершения серии экспериментов на концевой системе ловушки АМБАЛ-М к ней был пристыкован центральный соленоид. Создание горячей плазмы в соленоиде и концевой системе производится за счет заполнения плазменной струей с развитой низкочастотной турбулентностью и продольным электронным током, генерируемой газоразрядным источником плазмы, расположенным в запробочной области соленоида. Термоизоляция плазмы соленоида обеспечивается электронным термобарьером, возникающим в области входной пробки.

Использование нейтральных пучков является распространенным методом диагностики плазмы в магнитных ловушках. Измерение ослабления пучка атомов вследствие перезарядки на ионах плазмы дает информацию о плотности плазмы, проинтегрированной по траектории пучка. Многоходовое измерение линейной плотности плазмы позволяет определить радиальное распределение плотности плазмы в осесимметричном приближении. Электронная температура измеряется сравнением ослабления пучка атомов водорода и аргона. Измерения ионной температуры и направленной скорости проводится методом резерфордовского рассеяния.

В работе описывается применяемая методика активной корпускулярной диагностики и представляются экспериментальные результаты определения плотности плазмы многоходовым зондированием пучком быстрых атомов и температуры электронов ослаблением пучков водорода и аргона.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С.Ю. Таскаев

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА МГД-УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАЗМЫ В ГДЛ

А.Л. Соломахин
Новосибирский государственный университет

Работа проведена в Институте ядерной физики на установке ГДЛ (газодинамическая ловушка), являющейся прототипом источника нейтронов, т. е. термоядерного реактора с низким КПД. ГДЛ представляет собой обычный пробкотрон с большим пробочным отношением. При этом длина свободного пробега ионов относительно рассеяния на угол больше единицы, много меньше длины установки. Данная ловушка является осесимметричной, следовательно, очень важным вопросом является МГД-устойчивость плазмы.

Плазма на своей внешней границе имеет контакт с металлическими частями установки. Из-за этого возникает градиент температуры электронов вдоль радиуса, что приводит к образованию градиента амбиоплярного потенциала плазмы, а это означает возникновение электрического поля в плазме, направленного вдоль радиуса. Плазма в скрещенных электрическом и магнитном полях начинает вращаться. Вращение плазмы приводит к развитию МГД-неустойчивости.

В данной работе предприняты следующие попытки:

1. устранить стабилизирующее влияние плазменной пушки путем баланса частиц, поддерживаемого методом поддува холодного газа в осевую область плазмы;
2. установить секционированные приемники плазмы, на которые подается потенциал для создания благоприятного и неблагоприятного для устойчивости плазмы распределения потенциала;
3. для измерения амбиоплярного потенциала плазмы использовать вспыхивающий зонд;
4. использовать лэнгмюровские и многосеточные зонды для определения пространственного спектра возмущений плазмы.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук П.А. Багрянский

ПЛАЗМЕННАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ЭФФЕКТОВ ВСТРЕЧИ В КОЛЛАЙДЕРАХ

И.В. Тимофеев
Новосибирский государственный университет

В работе изучается возможность компенсации полей встречных пучков в коллайдерах, что приведет к увеличению их светимости. Пучки пролетают в плазме и вызывают обратный ток плазменных электронов. За счет

него и осуществляется компенсация полей. В предыдущих работах на эту тему использовалась теоретическая модель реакции плазмы на пучок, в которой ионы считались неподвижными и плазма – бесстолкновительной. Была произведена оценка области применимости этой модели, и оказалось, что интерес с точки зрения компенсации представляет граница области, где уже нельзя пренебрегать столкновениями и подвижностью ионов.

В данной работе решается задача о движении ионов в поле пучково-плазменной системы. Под действием этого поля ионы выталкиваются с оси пролета пучка. Компенсация исчезнет в момент времени, когда плотность ионов станет меньше плотности пучка. Размеры пучка ограничиваются за счет учета подвижности ионов. Столкновения в плазме приводят к расширению компенсирующего тока, а значит, к ухудшению локальной токовой компенсации. Получено решение системы уравнений, включающей в себя уравнения Максвелла и уравнения переноса в столкновительной плазме. Причем коэффициенты вязкости и теплопроводности вычислены для холодной плазмы, когда направленная скорость электронов больше тепловой. Результатом работы является область параметров пучка, при которых достигается требуемое значение компенсации.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ДИСКЕ ГАЛАКТИКИ МЕТОДОМ ЧАСТИЦ В ЯЧЕЙКАХ

А.В. Снытников

Новосибирский государственный университет

В астрофизике большой интерес представляет задача формирования структуры галактики. Цель данной работы – проследить влияние неоднородностей первоначального распределения частиц на возникновение глобальных неустойчивостей в галактическом диске. Одним из примеров такой неустойчивости является процесс, приводящий к образованию бар-мощной, ярко светящейся центральной перемычки в спиральной галактике. Для моделирования этого процесса необходима численная модель диска галактики, пригодная для расчетов с высоким пространственным разрешением в течение длительного времени.

Описание динамики диска галактики представляет собой задачу многих тел в самосогласованном гравитационном поле. Вещество диска подчиняется системе уравнений гравитационной динамики, состоящей из уравнения Пуассона и уравнения Власова – Лиувилля. При этом основную сложность представляет решение уравнения Пуассона, описывающего распределение потенциала гравитационного поля. Для решения уравнения Власова, определяющего динамику вещества диска в данной работе использу-

ется метод частиц в ячейках. В такой постановке задача аналогична моделированию бесстолкновительной электростатической плазмы. Программа, реализующая численную модель, предназначена для расчетов на многопроцессорных компьютерах.

Тестирование построенной вычислительной модели было выполнено сравнением с аналитическим критерием Тумре. В этом критерии утверждается, что неустойчивости не могут возникать, если дисперсия скоростей звезд превышает определенное значение, которое можно принять за единицу. В вычислительных экспериментах диск с дисперсией скоростей, близкой к нулю, быстро распадался на части. При значениях дисперсии 3,0 или 5,0 диск оставался эффективно стабильным все время, что соответствует теоретическим предсказаниям, так как в динамически горячем диске волны плотности незначительны.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что гравитационно-вращательная неустойчивость может возникать лишь в динамически холодном диске.

Для моделирования распада диска, связанного с физическим процессом развития неустойчивости необходима дальнейшая доработка программы, направленная на расчеты в течение десятков оборотов диска.

При этом влияние особенностей численного алгоритма должно быть контролируемым и минимальным.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Г.И. Дудникова

РЕГИСТРАЦИЯ ПРОДУКТОВ D-D-РЕАКЦИИ НА ГДЛ

В.Н. Корнилов

Новосибирский государственный университет

Регистрация потоков продуктов синтеза является одним из основных методов диагностики термоядерной плазмы, позволяющих извлечь обширную информацию о плазме и процессах в ней.

Для моделирования источника термоядерных нейтронов на основе газодинамической ловушки на установке ГДЛ проводятся эксперименты с инжекцией пучков атомов дейтерия энергией ≈ 15 кэВ в холодную мишенную плазму с плотностью до 10^{14} см⁻³[1]. В результате столкновений захваченных быстрых дейтронов в d-d-реакции образуются нейтроны с энергией 2.45 МэВ и протоны с энергией 3 МэВ.

Для регистрации потоков нейтронов и протонов были разработаны детекторы на основе органического сцинтиллятора, помещаемые внутрь вакуумной камеры ГДЛ, вблизи плазменного столба. Проводить измерения в сильном (до 1 Т) продольном магнитном поле позволило использование фотоэлектронного умножителя "Hamamatsu H2611" с диодной системой "fine mesh". Датчики работают в режиме счета отдельных частиц, сигнал

регистрируется в виде осциллограммы на "АЦП 824А" с постоянной отсчетов 5 нс. При этом ширина отдельного пика около 45 нс, длительность записываемого сигнала 1,3 мс. Разделение потоков протонов и нейтронов проводится с помощью подвижной заслонки и анализа амплитудных спектров сигналов [2].

Продольный профиль интенсивности d-d-реакции четко отражает общие характеристики функции распределения быстрых ионов, позволяет определять некоторые параметры функции распределения быстрых ионов. Одновременное использование нескольких датчиков, расположенных в различных положениях по оси установки, позволит оперативно контролировать продольный профиль потока продуктов d-d-реакции. Для создания комплекса датчиков предложено использовать ФЭУ на микроканальных пластинах вместо дорогостоящего ФЭУ "Hamamatsu H2611".

Одной из особенностей нового датчика является насыщение МКП и большое (~ 10 мс) "мертвое время", что накладывает ограничение на нагрузку. ФЭУ на МКП обладает отличными характеристиками фотокатода по сравнению с использовавшимся ранее, что может повлиять на амплитудные спектры сигналов.

1. Аникеев А.В., Багрянский П.А., Иванов А.А., Карпушов А.Н., Максимов В.В., Мурахтин С.В. // Физика плазмы. 1999. Т. 25. № 6. С. 499.
2. Корнилов В.Н. Доклады конкурса молодых специалистов ИЯФ. Новосибирск: Ин-т ядерной физики СО РАН, 2000. С. 3.

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

ИЗМЕРЕНИЕ ИОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКЕ ГДЛ ПО РАССЕЙНИЮ ПУЧКА БЫСТРЫХ АТОМОВ

Е.Ю. Колесников

Новосибирский государственный университет

Газодинамическая ловушка (ГДЛ) – это осесимметричный пробкотрон с большим пробочным отношением и длиной, которая превосходит среднюю длину пробега ионов относительно рассеяния в конус потерь [1] рис 1. Двухкомпонентная плазма в ГДЛ состоит из относительно холодной мишенной плазмы с температурой до 100 эВ и быстрых ионов, образующихся при захвате в ловушку атомарных пучков с энергией 12-17 кэВ. Быстрые ионы тормозятся преимущественно на электронах, нагревая их до температуры ≈ 100 эВ. В результате парных кулоновских столкновений происходит обмен энергией между электронами и ионами мишенной плазмы. Мишенная плазма в ГДЛ удерживается в газодинамическом режиме, время продольных потерь плазмы через пробки определяется температурой мишенных ионов. Наряду с продольными потерями, в мишен-

ной плазме имеются каналы потерь поперек магнитного поля. В условиях ГДЛ темп нагрева мишенной плазмы, время обмена энергией между электронами и ионами мишенной плазмы и характерные времена продольных потерь сравнимы. Это должно приводить к существенному различию между электронной и ионной температурами. В ходе работы проведены измерения временного поведения температуры ионов мишенной плазмы в ГДЛ, при различных экспериментальных условиях. С этой целью создан диагностический комплекс для измерения ионной температуры на основе резерфордского рассеяния, состоящий из атомарного инжектора и 45-градусного электростатического анализатора.

Научный руководитель – мл. науч. сотр. С.В. Мурахтин

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА В ИНЖЕКТОРАХ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ С ДУГОВЫМ И ВЧ-ИСТОЧНИКАМИ ПЛАЗМЫ

Д.В. Усольцев

Новосибирский государственный университет

Инжекторы нейтральных частиц широко используются на современных плазменных установках для нагрева и диагностики плазмы. В Институте ядерной физики разработаны диагностические инжекторы для таких крупных установок, как TCV (Лозанна, Швейцария), TEXTOR (Юлих, Германия), MST (Мэдисон, США). Фракционный состав пучка (содержание компонент с энергией E , $E/2$, $E/3$) является одним из наиболее важных параметров инжектора и определяется содержанием ионов H^+ , H_2^+ , H_3^+ в плазменном источнике.

Состав пучка определяют либо с помощью магнитной масс-спектропии, либо оптической диагностикой, регистрируя доплеровски смещенные линии, соответствующие разным фракциям. Достоинством второго метода является бесконтактность, что позволяет определять состав пучка одновременно с его использованием в диагностических и других целях. Эта методика широко применяется в основном на нагревных инжекторах, так как ток диагностических в 10 - 50 раз ниже, что повышает требования к регистрирующей аппаратуре.

Для регистрации спектра при больших длительностях (~100 мс) использовалась система механического сканирования, при малых длительностях (~10 мс система электрического сканирования - диссектор. Излучение (H_α) инжектируемых частиц, возбужденных столкновениями с фоновым газом, из окна в установке, расположенного после нейтрализатора и направленного под 30° к оси пучка, через оптическую систему попадает на входную щель монохроматора. При использовании механической системы спектр разворачивался вдоль выходной щели вращающейся плоскопарал-

лельной стеклянной пластиной и регистрировался ФЭУ-84. При использовании диссектора Ли-602 выходная щель монохроматора удалялась, изображение спектра с помощью объектива проектируется на фотокатод, электронное изображение разворачивается вдоль внутренней щели отклоняющими пластинами. При работе на малых длительностях для повышения интенсивности осуществляется дополнительный импульсный напуск газа (H_2) в область наблюдения.

Собрана диагностика, позволяющая оперативно определять состав пучка. Получены результаты для дугового и ВЧ плазменного источника в различных режимах работы. Диагностика позволяет учитывать влияние изменения состава на периферии пучка и оптимизировать работу как плазменного источника, так и сеточной системы.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук П.А. Багрянский, В.В. Максимов

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПЛОТНОСТИ ПЛАЗМЫ В ВЧ-ПЛАЗМЕННОМ ЭМИТТЕРЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ИНЖЕКТОРА

С.Ф. Дрибинский

Новосибирский государственный технический университет

Для диагностики плазмы на термоядерных установках широкое распространение получили спектроскопические диагностики, основанные на инжекции в плазму нейтрального пучка. В Институте ядерной физики СО РАН (Новосибирск) разработаны диагностические инжекторы атомов водорода с эквивалентным током 1 А, энергией 50 кВ и длительностью до 4 сек для пучково-эмиссионной спектроскопии на токамаках TEXTOR (Юлих, Германия) и TCV (Лозанна, Швейцария).

В данной работе описывается измерение плотности плазмы и электронной температуры в одной из основных частей инжектора – плазменном эмиттере на основе высокочастотного (ВЧ) индукционного разряда.

Основные параметры плазменного эмиттера:

средняя плотность тока $j_{cp} = 120 \text{ mA/cm}^2$;

однородность $\Delta j/j_{cp} < 10\%$;

радиус $r_{эм} = 3.6 \text{ см}$;

электронная температура $6 \div 8 \text{ эВ}$;

концентрация плазмы $10^{11} \div 10^{12} \text{ см}^{-3}$;

давление водорода $\approx 10^{-3} \text{ Торр}$;

поглощаемая разрядом мощность $\approx 3 \text{ кВт}$.

Измерения пространственных распределений плотности и электронной температуры плазмы производились с помощью тройного ленгмюровского

зонда, который позволяет одновременно измерять электронную температуру и плотность плазмы.

Согласно зондовым измерениям, плотность плазмы в центральной части ВЧ камеры равна $1 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$, а электронная температура около 6 эВ.

Плотность плазмы растет прямо пропорционально потребляемой разрядом мощности. Также с увеличением мощности растет электронная температура плазмы. Измерена зависимость температуры плазмы от плотности ионного тока насыщения.

Измерения зависимости от потока газа в разрядную камеру показывают незначительное уменьшение электронной температуры.

Научный руководитель – мл. науч. сотр. И.В. Шиховцев

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗЛЕТА ОБЛАКА ПЛАЗМЫ В НЕОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л.А. Кутнякова

Новосибирский государственный университет

Данная работа посвящена исследованию процессов и механизмов бесплотковительного взаимодействия плазменных потоков в неоднородном магнитном поле, которые играют основную роль в динамике нестационарных космофизических явлений, таких как обтекание солнечным ветром магнитосферы Земли, активные эксперименты в космосе, а также в лабораторных экспериментах с лазерной плазмой.

Ранее в работах других авторов было проведено численное моделирование поведения облака плазмы в однородном магнитном поле [1, 2], однако учет неоднородности магнитного поля приводит к существенной перестройке структуры течения, к изменению процессов обмена энергией облако – фон, облако – магнитное поле, к изменению поведения облака как целого.

Исходная система уравнений включает в себя уравнения Власова для ионной компоненты плазмы, гидродинамическое приближение для электронов и систему уравнений Максвелла. Метод решения основан на использовании метода частиц в ячейках и конечно-разностных схем расщепления.

В работе проведено численное исследование динамики процесса взаимодействия и обмена энергией облака плазмы с замагниченной фоновой плазмой, структуры и характера возмущений, генерируемых облаком и распространяющихся в фоновой плазме под разными углами к магнитному полю, исследование структуры и эволюции магнитной каверны. Показано, что структура возбуждаемых волн зависит от числа Маха – Альвена разлетающегося плазменного облака, величины градиента магнитного поля и параметра магнитного ламинарного взаимодействия. При определенных

параметрах наблюдается расслоение частиц облака на убегающие вперед более быстрые и более медленные.

1. Исследование процессов бестолкнательного взаимодействия облака плазмы с замагниченным фоном при больших числах Альвена-Маха / Вшивков В.А., Дудникова Г.И., Захаров Ю.П., Оришич А.М., Пономаренко А.Г. // Физика космической и лабораторной плазмы. Новосибирск, 1989.

2. О бестолкнательном торможении плазменного облака в неоднородном замагниченном фоне / Березин Ю.А., Вшивков В.А., Дудникова Г.И., Федорук М.П. // Физика плазмы. 1992. Т. 18. Вып. 12.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Г.И. Дудникова

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА В КАНАЛЕ ИМПУЛЬСНОГО МОДЕЛЬНОГО МГД-ГЕНЕРАТОРА “ПАМИР-0-КТ” НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАЗМЫ

В.А. Бураков, А.А. Смирнов, И.В. Еремин
Томский государственный университет

В работе [1] показано, что параметры плазмы можно обеспечивать при сгорании в воздухе порошков металлов Mg, Al или их смесей. Процесс горения газогенераторного газа продуктов сгорания КТ в воздухе организуется в новом по отношению к схемам, используемым ранее, конструктивном элементе – камере дожигания, представляющей собой цилиндрический канал, выполненный из кварцевой керамики.

Кроме того, численно исследуется влияние вдува паров и капель SiO₂ с разрушающихся стенок КД из кварцевой керамики на подвижность электронов и проводимость плазмы в газодинамическом тракте МГД-генератора “Памир-0-КТ” на комбинированном плазмообразующем топливе 0,7MgO + 0,3KNO₃ + воздух. Рассматривается трехфазное (газ + κ-фаза MgO + капли SiO₂) двухкомпонентное (газообразные электропроводные продукты сгорания КТ + неэлектропроводные пары SiO₂) неравновесное течение продуктов сгорания КТ по газодинамическому тракту модельного МГДГ “Памир-0-КТ” в области от начального сечения камеры дожигания до выходного сечения канала. Расходы паров и капель SiO₂, величина коэффициента теплопотерь считаются заранее известными и соответствующими экспериментальным данным ТРИНИТИ.

Установлено, что принятые во внимание факторы теплообмена в КД существенно влияют на величину электрофизических параметров плазмы. Расчеты показали, что принятые во внимание факторы теплообмена в КД «загрязняют» поток, отрицательно влияя на электрофизи-

ческие параметры плазмы и тем самым уменьшают снимаемые интегральные характеристики МГД-генератора.

Gomozov V.A., Dyogtev Yu.G., Dogadaev R.V., Ivanenko A.A., Panchenko V.P., Yakushev A.A. Combined Propellant for Pulsed MHD Generators. Proc. 12th Intern. Conf. on Electrical Power Generation. Japan, Yokohama, 15-18 okt., 1996. Vol.1. P. 61-70.

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

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ МОЩНЫХ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОННОГОРЯЧЕЙ ПЛАЗМЫ С МЕТАЛЛАМИ НА УСТАНОВКЕ ГОЛ-3

А.А. Шошин
Новосибирский государственный университет

Работа посвящена исследованию воздействия мощных потоков электронов на металлы. Эти исследования важны для оптимального выбора материалов дивертора большого токамака-реактора ИТЭР. Дивертор ИТЭРа будет подвергаться большим тепловым нагрузкам: в стационарных условиях до 5 МВт/м² и импульсно до 100 МДж/м² за 1 мс при срывах. При срывах очень опасными для материала дивертора являются убегающие электроны с энергией до 100 МэВ. Уникальностью установки ГОЛ-3 является то, что она позволяет моделировать воздействие убегающих электронов на материалы.

Установка ГОЛ-3 имеет полную длину 17 м и предназначена для нагрева и удержания плотной ($10^{15} \div 10^{17}$ см⁻³) плазмы в аксиально-симметричной магнитной системе [1]. Плазма нагревается мощным электронным пучком с полным энергосодержанием до 200 кДж.

Работа состояла из нескольких частей.

1. Моделирование распределения энерговыделения от электронов ИТЭРа и ГОЛа-3 по глубине металла (вольфрам, тантал, титан) и последующего охлаждения образца.

2. Предварительные эксперименты по облучению фольг, проведенные для калибровки аппаратуры, определения нагрузки на материалы и сравнения с расчетами.

3. Облучение 12 образцов материала дивертора ИТЭР.

4. Анализ полученных результатов (глубина эрозии, состояние поверхности, скорость разлета капель и т.д.).

Результаты испытаний позволяют выбрать оптимальный материал для дивертора ИТЭР.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЙЯНИЯ ИОНОВ НА МОЛЕКУЛАХ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА

С.В. Сулов, С.А. Постников
Новосибирский государственный университет

Исследуется зависимость тока ионов от давления остаточного газа и напряжения на электродах в тлеющем разряде между плоским анодом и сетчатым катодом. Ионы из газоразрядного промежутка проникают сквозь катод, движутся сквозь газ, рассеиваются на нейтральных молекулах и взаимодействуют с поверхностью коллектора. Ионы рассеиваются в результате упругих и неупругих столкновений с молекулами: перезарядка, ионизация, рекомбинация на электронах, возбуждение. Измеряемый ток зависит от расстояния катод–коллектор и позволяет определить длину свободного пробега иона. Если предположить, что наибольший вклад в процессы рассеяния вносят столкновения и перезарядки, после которых ион можно считать вышедшим из пучка, то появляется возможность использовать для определения длины свободного пробега иона классическую модель Борна, основой которой является экспоненциальная зависимость концентрации пучка нейтральных частиц от расстояния [1].

Цель работы – исследование зависимости тока ионов от расстояния при различных давлениях и напряжениях и вычисление длины свободного пробега иона с помощью модели Борна.

Получены зависимости логарифма тока ионов от расстояния катод–коллектор. Замечено, что при больших давлениях ($p \sim 0,1$ torr) зависимость не линейная, а при малых давлениях ($p \sim 0,04$ torr) – линейная. Данное обстоятельство позволяет использовать модель Борна и вычислить длину свободного пробега ионов азота в пучке от давления при малых давлениях и различных напряжениях. При больших давлениях, нелинейная зависимость заменена линейной, методом наименьших квадратов.

Обнаружены особенности, не описываемые моделью Борна: при малых давлениях, на малых расстояниях виден "излом", обусловленный, возможно, дополнительным током эмитированных с коллектора электронов.

Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. М.: Наука, 1976.

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

ИЗУЧЕНИЕ КОГЕРЕНТНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ МАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ

А.Н. Шиханов
Новосибирский государственный университет

На установке У-3 (ИЯФ СОРАН, Новосибирск) ведутся исследования по генерации мощных импульсов 4-мм излучения в планарном мазере на свободных электронах. Для накачки электромагнитных колебаний в этом мазере используется ленточный электронный пучок с энергией электронов до 1 МэВ и током до трёх кА, формируемый в микросекундном магнитно-изолированном диоде. Раскачка поперечных колебаний электронов пучка производится активным магнитным ондулятором с пространственным периодом 4 см. Селекция излучения по частоте осуществляется с помощью двухзеркального планарного брэгговского резонатора с рабочей частотой 75 ГГц. Синхронизация электромагнитных колебаний в различных частях мазера, и тем самым получение одномодового одночастотного режима генерации, достигается с помощью двумерно-распределённой обратной связи, реализующейся на двоякопериодической нарезке зеркал брэгговского резонатора. В настоящее время на этом мазере получены импульсы излучения длительностью до 1 мкс и мощностью до 100 МВт. Целью данной работы является измерение поперечной когерентности излучения такого мазера. Для этого используется схема диагностики, основанная на регистрации интерференционной картины от двух квазиточечных источников, образованных излучением мазера при падении его на поглощающий экран с отверстиями. Дополнительная селекция по частоте для отсеки паразитного излучения мазера осуществляется с помощью цилиндрического зеркала с прямоугольной нарезкой. Интерференционная картина регистрируется с помощью набора СВЧ-диодов, подключенных к АЦП.

При подготовке экспериментов проведены аналитический и численный расчёты ожидаемого распределения интенсивности. Также проведены тестовые измерения от двух маломощных источников излучения, результаты которых с хорошей точностью совпадают с расчётами.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С.Л. Сеницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТОКА ПО ПОВЕРХНОСТИ ПОЛОГО КАТОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ДЛИНЫ

М.С. Чашин, Е.И. Солдаткина, А.В. Резниченко
Новосибирский государственный университет

Широкое применение полого катода при генерации ионных пучков создает необходимость подробного исследования большого числа пара-

метров разряда. В работе [1] исследуется распределение тока положительных ионов по радиусу полого катода, при котором наблюдается резкий максимум в центре. Для детального исследования процессов в плазме газового разряда необходимы знания о распределении плотности тока по всей поверхности катода. Данная работа посвящена изучению этой характеристики в зависимости от его длины при постоянном диаметре катода.

Использовался цилиндрический секционированный полый катод, состоящий из 10 секций по 5 мм длиной, диаметром 31 мм. Напряжение пробоя на участке катод-анод выбиралось на основании результатов работы [2]. Зажигался разряд и регулировкой положения коллектора устанавливалась необходимая длина катода. Зависимости распределения тока при различных длинах катода получены путем последовательного заземления секций через измерительный прибор.

Установлено, что на первой секции наблюдается максимальное значение плотности тока. Вероятно, это связано с близостью первой секции к аноду и ток газового разряда поступает на ближайший электрод. При увеличении длины катода распределение становится более равномерным: на все секции полого катода величины токов близки. Изменение давления в пределах 0,1 – 0,07 торр приводит лишь к незначительным смещениям значений тока.

Отмечено образование нескольких максимумов величин тока по всей длине катода. При увеличении длины эти максимумы становятся менее выраженными. Результаты экспериментов показывают, что в полой катод ток ионов распределен неравномерно. Это приводит, в частности, к неоднородному распылению внутренней поверхности катода, что может быть существенно в экспериментах по образованию микрочастиц в плазме газового разряда.

1. Баберцян Р.П., Бадалян Э.С., Егиазарян Г.А., Тер-Геворкян Э.И., Оганнисян В.Н. // Ж. Т. Ф. 2000, Том 70. Вып 4. С. 24 – 28.

2. Петренко А.В. Влияние длины полого катода на вольт-амперную характеристику разряда: Курсовая работа. НГУ, физ. фак. 1999. (Науч. рук. А.С. Золкин).

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

ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ СВОБОДНОГО ПРОБЕГА АТОМОВ МЕДИ В РАЗРЕЖЕННОМ ГАЗЕ МЕТОДОМ РАССЕЯНИЯ АТОМНОГО ПУЧКА

И.В. Рыбичкая, Ю.А. Роговский

Новосибирский государственный университет

Важность измерения длины свободного пробега ионов и нейтральных частиц обусловлена широким использованием этого понятия в современных технологиях. Например, в плазменных, направленных на синтез тонких пленок или покрытий или в молекулярно-пучковой эпитаксии. Поэтому в университетских курсах общей физики работа по определению длины свободного пробега является обязательной [1]. Однако при выполнении лабораторной работы студенты часто получают не совпадающие с теорией, а иногда и отрицательные значения λ . Выяснению причин этого факта и посвящается данная работа.

На основе многочисленных результатов сделан анализ возможных источников ошибок. Теория предполагает идеальность (точечность) источника, а также то, что все нерассеявшиеся атомы достигают детектора. Данные предположения в реальном эксперименте достаточно трудно реализовать. Существует вероятность того, что интенсивность пучков из термического источника заметно зависит от его геометрии, что приводит к нарушению равномерности пространственного распределения потока атомных частиц. Кроме того, если детектором является стекло, то коэффициент конденсации сложным образом зависит от условий на поверхности и от угла падения атомов металла на подложку, и, как следствие, атомы поразному осаждаются на поверхности. Коэффициент конденсации может меняться от нуля до единицы. Всё это влияет на рост пленки металла и, как результат, – на непрозрачность слоёв, которая присутствует в расчётной формуле.

Нами установлено, что причиной неверных значений λ является случайная ошибка, связанная с процессами на поверхности стеклянной пластинки, которая обычно используется в лабораторной работе. В отдельных экспериментах толщина напыленного слоя металла на дальних расстояниях оказывается больше, чем на ближних. Это и приводит к получению отрицательных и нулевых результатов.

В данной работе предложен усовершенствованный метод измерения длины свободного пробега основанный на использовании сферически симметрических пучков и статистической обработке результатов экспериментов, проведенных при одинаковых условиях системы пучок-детектор. Подробные результаты представлены в работе [2], выполненной в плазменной лаборатории 9-1 Института ядерной физики СО РАН.

1. Ивероновой В.И. М.: Наука, 1967.С. 311, 352.

2. Рыбичкая И.В., Роговский Ю.А. Анализ ошибок измерения длины свободного пробега атомов меди в разреженном газе методом рассеяния атомного пучка. Курсовая работа // НГУ, физ. фак-т – КОФ, 2000. С. 20 (Науч. рук. – А.С. Золкин).

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

РАСЧЕТ РАЗЛЕТА ОБЛАКА ПЛАЗМЫ В ПОЛЕ МАГНИТНОГО ДИПОЛЯ В ОДНОЧАСТИЧНОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

К.Б. Ганенко

Новосибирский государственный университет

На стенде КИ-1 проводятся исследования по моделированию космических нестационарных процессов взрывного характера. Для этого создается разлетающееся сферически облако плазмы путем воздействия мощного CO_2 излучения на твердую мишень. Одна из серий экспериментов на стенде посвящена разлету облака плазмы в поле магнитного диполя. Для лучшего понимания физики процессов проводился ряд расчетов.

В работе представлен результат расчета разлета облака плазмы в одночастичном приближении для условий эксперимента. В эксперименте мишенью для лазерного излучения служил капролоновый шарик диаметром ~ 4,5 мм. Диагностика эксперимента показывает, что в разлетающейся плазме мы имеем в основном ионы C^{+4} и H^+ . При расчете предполагалось, что ионы вылетают из одной точки равновероятно во всех направлениях без кулоновского влияния друг на друга. Рассматривались случаи вылета частиц с точки, удаленной от диполя на 22 см и 35 см, а времена расчета брались 1, 2 и 3 мкс. Результат расчета – траектории частиц. Выделены особенности неадиабатического движения ионов в магнитном поле диполя. Произведены сравнения результатов расчета с экспериментальными данными и с расчетами разлета облака, учитывающих гидродинамические особенности разлета и влияние вытеснения магнитного поля плазмой на разлет облака. Наблюдается хорошее совпадение, что говорит о том, что метод одночастичного приближения применим для некоторых физических оценок.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук А.Г. Пономаренко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОГО КОЛЬЦЕВОГО РАЗРЯДА В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ НА УСТАНОВКЕ ГОЛ-3

А.С. Максяшин

Новосибирский государственный университет

Цель работы – исследование зондовым методом процессов, протекающих в расширителе установки ГОЛ-3 при создании предварительной плазмы, а именно: распределения плотности тока и потенциала в расширителе, а так же измерение электронной температуры. Зонд помещается в области между кольцевым катодом, куда во время эксперимента подается импульс напряжения длительностью 70 мкс с величиной напряжения до -30 кВ относительно корпуса установки («земли») и графитовым коллектором, находящимся под плавающим потенциалом и соединенным с «землей» сопротивлением 0,5 Ом, через которое во время эксперимента протекает ток амплитудой 5 кА. Регистрация осуществляется системой с оптической развязкой, состоящей из светодиода, сигнал от которого через световод поступает в фотоэлектронный умножитель и далее на АЦП КАМАК – крейта, управляемого РС. Проведена калибровка системы регистрации, которая заключалась в определении коэффициента передачи известного сигнала, подававшегося на светодиод. Определены рабочий ток светодиода (100 – 200 мА) и питание ФЭУ (1400 – 1700 В), при которых передача сигнала происходит линейно. Регистрирующая цепь обеспечивает временное разрешение 100 нс. Измерен уровень наводок, подразделяющихся на электрическую наводку в линии связи и емкостную наводку от высоковольтных частей установки. Суммарный уровень наводок составляет 5 – 10 % от измеряемого сигнала. Вначале предполагается измерить временную зависимость потенциала коллектора в ходе эксперимента. Затем будет измерено распределение потенциала в расширителе относительно коллектора и электронная температура предплазмы в расширителе. Результаты работы дадут важную информацию о создании предплазмы и о взаимодействии электронного пучка с плазмой в расширителе.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, доц. А.В. Бурдаков

ФИЗИКА УСКОРИТЕЛЕЙ И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Председатель – канд. физ.-мат. наук, доц. Б.А. Шварц
Секретарь – студент И.Б. Николаев

11 апреля, 9.30, Институт ядерной физики, ауд. 600

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РОЖДЕНИЯ КАЛИБРОВОЧНЫХ БОЗОНОВ ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ ФОТОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Д.А. Анипко, А.В. Пак
Новосибирский государственный университет

Электрон-позитронные коллайдеры проектируются как линейные. Потенциал их электрон-позитронной моды изучен мировым сообществом. Потенциал фотонных мод изучен значительно меньше. Ожидается, что при изучении таких процессов удастся не только проверить стандартную модель, но и обнаружить отклонения от неё. Применяется параметризация операторов 6-го порядка, исчерпывающаяся аномальным магнитным моментом W -бозона Δk и квадрупольным моментом λ . Вычисляются сечения процесса $e\gamma \rightarrow W\nu \rightarrow \mu\nu\nu$. Используется пакет CompuNER и методы моделирования процессов, учитывающие реалистические параметры коллайдера и детектора.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук И.Ф. Гинзбург

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ π -МЕЗОНОВ В (P, D, α , C) С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 4,2 ГЭВ/С НА НУКЛОН

Д. А. Акчурина, Т. Нуримов
Самаркандский государственный университет им. А. Навои

В работе анализируются распределения π -мезонов по продольной скорости в зависимости от поперечного импульса пионов для pC , $-dC$, $-\alpha C$, b СС-взаимодействий при 4,2 ГэВ/С на нуклон. Экспериментальные данные сравниваются с расчетами по модели кварк-глюонных струн. Показано, что модель КГС удовлетворительно описывает экспериментальные распределения π -мезонов. С помощью модели определены вклады π -мезонов от распада Δ^0 -изобар, p^0 , ω^0 , η^0 и η^1 -мезонов и «прямых» π -мезонов в быстрые распределения для различных интервалов поперечного импульса.

Научный руководитель – доц. С. Шарипова

КАНАЛ ПЕРЕПУСКА НАКОПИТЕЛЬ-ОХЛАДИТЕЛЬ — БУСТЕРНОЕ КОЛЬЦО БЭП

И.М. Землянский
Институт ядерной физики СО РАН

В Институте ядерной физики СО РАН ведется разработка нового ускорительного комплекса ВЭПП-2000 на основе существующего комплекса ВЭПП-2М. Существующая система конверсии не позволяет получать достаточно большого числа позитронов для обеспечения проектной светимости установки на уровне $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. В связи с этим предполагается использовать накопитель-охладитель комплекса ВЭПП-5 в качестве источника электронов и позитронов. Пучки из охладителя будут поступать в бустер БЭП, где будет происходить подъем их энергии до энергии эксперимента, и затем перепускаться в основное кольцо. Настоящая работа посвящена проектированию канала инжекции из накопителя-охладителя в бустерное кольцо БЭП.

В основу проекта положена идея о периодичности канала, которая обеспечивается периодичной FODO-структурой вдоль всего канала. Выбрана FODO-ячейка с 90° набегом бетатронной фазы по каждой координате x , z . Необходимые повороты осуществляются установкой в FODO-структуру пар поворотных магнитов таким образом, чтобы набег фазы между ними составлял ровно π , что позволяет нам достичь ахроматичности поворота (локализации дисперсионной функции на участке между парой магнитов). Последнее условие позволяет не выдвигать жестких требований к точности источников питания при последовательной запитке магнитов. Периодичность канала, в свою очередь, обеспечивает нам «гладкое» прохождение частиц – «гладкие» бетта-функции. Периодичная FODO-структура обладает еще одним преимуществом: несогласованность бетта-функций в начале приведет лишь к незначительным (~ 10 %) биениям бетта-функций вдоль всей периодичной FODO-структуры канала.

Научный руководитель – асп. А.В. Отбоев

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ В ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЕ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВВ С ПОМОЩЬЮ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.М. Карташов
Новосибирский государственный университет

Существующие методики исследования не достаточны для детального изучения физики детонационных и ударно-волновых процессов в конденсированных средах. Поэтому появление новых методик, позволяющих

прямое экспериментальное исследование с помощью синхротронного излучения (СИ), представляет значительный интерес.

В докладе описана реализация нового метода дистанционного исследования детонационных и ударно-волновых процессов с помощью СИ. Приведено описание экспериментальной установки, на которой выполнены первые эксперименты по измерению плотности и малоуглового рентгеновского излучения при детонации конденсированных взрывчатых веществ.

Рентгеновское излучение давно и успешно применяется в статических измерениях для определения структуры и плотности широкого класса веществ. Возможности рентгеновских методик существенно расширились с появлением принципиально новых источников излучения – сгустков электронов, движущихся в ускорителях по замкнутым траекториям. Такое излучение получило название синхротронного (СИ). От классических источников, где рентгеновские кванты рождаются при торможении ускоренных электрическим полем электронов при их взаимодействии с металлическим анодом, синхротронное излучение выгодно отличается малой угловой расходимостью ($\alpha = 10^{-3} - 10^{-5}$ рад.) при высокой интенсивности потока ($\approx 10^{16-21}$ фотонов/с см²), генерацией импульсов излучения, следующих друг за другом со стабильным временным интервалом (5 – 250 нс) в течение длительного времени, малой длительностью импульса излучения (менее 1 нс), широким спектральным диапазоном излучения (4 – 100 кэВ). Такие свойства СИ позволили осуществлять измерения в динамических экспериментах, в которых результаты взаимодействия излучения с веществом фиксируются в последовательные моменты времени.

При падении излучения на объект исследования часть излучения поглощается самим веществом. Проходящий без отклонения луч имеет наибольшую интенсивность и несет информацию об изменении плотности вещества. Лучи, отклоняемые на малый угол, несут информацию о флуктуации плотности в зоне регистрации. Их интенсивность уже на несколько порядков ниже. И наконец, третий тип лучей – дифрагированное излучение – имеет еще более низкую интенсивность и несет информацию о параметрах периодических структур в веществе. В данной работе приводятся экспериментальные исследования проходящих лучей.

Величина излучения, поглощаемая веществом, пропорциональна начальной его величине и количеству вещества в этом слое. Интегрируя по малым слоям, получаем следующее выражение для интенсивности прошедшего луча: $J = J_0 e^{-\alpha d \rho}$, где J_0 – начальная интенсивность, α – коэффициент поглощения, зависящий от вещества и длины волны, d – толщина слоя, ρ – плотность. В проведенных экспериментах эту формулу мы не можем применять с полным правом, так как, во-первых, в эксперименте использовалось немонахроматичное излучение, а во-вторых, чувствительность детекторов тоже зависит от длины волны. Поэтому впоследствии пришлось делать их калибровку.

Для исследования взрывных процессов с помощью синхротронного излучения на канале СИ ВЭПП-3 был создан экспериментальный стенд. Стенд состоит из специализированной взрывной камеры на 15 г ВВ, системы синхронного инициирования ВВ, детекторов рентгеновского излучения и усилителей сигналов, системы юстировки детекторов относительно пучка СИ, системы синхронизации и стойки КАМАК для записи полученных сигналов.

В процессе работы были получены зависимости проходящего излучения от времени для различных ВВ. Для получения плотности продуктов детонации требовалась калибровочная кривая. Для этого просвечивались СИ готовые заряды. Калибровочные кривые с хорошей точностью аппроксимируются параболой. После по вычисленным коэффициентам парабол было воспроизведено распределение плотности в ударной волне.

Научные руководители – К.А. Тен, П.И. Зубков

ИЗМЕРЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ В ВАКУУМНЫХ КАМЕРАХ КОЛЛАЙДЕРОВ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Р.В. Достовалов

Новосибирский государственный технический университет

Предложенный в Институте ядерной физики СО РАН новый метод измерения плотности остаточных газов в вакуумных камерах в присутствии синхротронного излучения (СИ) основан на использовании фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) для регистрации люминесценции остаточного газа стимулированной СИ, пропорциональной плотности остаточного газа и интенсивности СИ. Для изучения возможности применения этого метода на практике в Институте ядерной физики на канале вывода СИ из накопителя ВЭПП-2М собрана экспериментальная установка с 12-диодным ФЭУ со спектральной чувствительностью в диапазоне длин волн от 112 до 365 нм. В диапазоне давлений от 10^{-5} до 10^{-3} Па при критической энергии СИ $E = 96$ эВ и среднем токе в накопителе $I = 15$ мА получены линейные зависимости средней частоты импульсов ФЭУ от давления основных остаточных газов, представленных в вакуумной камере коллайдера (H_2 , CO_2 , CO , N_2 , Ar и O_2). Чувствительность метода не хуже $5 \cdot 10^{-5}$ Па при интенсивности СИ в канале 10^{13} фот/(с·мА). Для всех газов также были проведены измерения зависимостей средней частоты импульсов от величины внешнего электрического поля (до 70 В/см). Заметную зависимость проявила только люминесценция водорода ($P = 3 - 10^{-3}$ Па). Этой зависимости соответствует уменьшение времени жизни метастабильного уровня $H(2s)$ в электрическом поле вследствие эффекта Штарка. Относительное изменение интенсивности люминесценции в электрическом поле показы-

вает, что основная часть фотодиссоциированных атомов водорода оказывается в состоянии $H(2s)$.

Предполагается, что возможность модуляции люминесценции электрическим полем и применение методов синхронного детектирования полезного сигнала могут значительно повысить чувствительность метода по измерению парциального давления H_2 . Для экспериментальной проверки этого предположения начата подготовка к новым экспериментам, для чего внесены необходимые изменения в схему автоматизации измерений и разрабатывается новая программа на языке C++ для ОС MS DOS для управления крейтом САМАС.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, чл.-кор. Г.Н. Кулипанов

ИЗУЧЕНИЕ АЛЬБЕДО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ТРЕХСЛОЙНЫХ РАССЕИВАТЕЛЕЙ

А. Парфилов

Самаркандский государственный университет им. А. Навои

В работе исследовались спектры вторичного гамма-излучения генерируемого пучком тормозного излучения 22 МэВ-х электронов микротрона МТ-22С в трехслойных рассеивателях ($\varnothing = 200$ мм) из стеклотекстолита ($d = 5$ мм), алюминия ($d = 8$ мм) и свинца ($d = 15$ мм).

Зондирующий тормозной пучок формировался с помощью свинцовых коллиматоров, очищался магнитом от электронов и через амбразуру в 1,5 м бетонной стене падал на рассеиватель, установленный на расстоянии 8 м от тормозной мишени. Размеры зондирующего пучка на поверхности рассеивателя составлял $\varnothing = 90$ мм. Измерения проводились на автоматизированном четырехдетекторном сцинтилляционном спектрометре с кристаллами NaI (Тl) ($\varnothing 63 \times 63$ мм).

В спектрах рассеянного гамма-излучения (РГИ) проявились компоненты характеристического рентгеновского излучения вещества рассеивателя, комптоновского рассеяния, аннигиляционного излучения и тормозного излучения электронов в рассеивателе. В результате анализа спектров РГИ выявлены закономерности формирования вторичных полей гамма-излучения в зависимости от углов рассеяния и чередования слоев вещества рассеивателя.

ИЗМЕРЕНИЕ ФОРБУШ-ПОНИЖЕНИЙ НА КОМПЛЕКСНОЙ УСТАНОВКЕ НЕЙТРОННОГО СУПЕРМОНИТОРА САМГУ

Е. Скрипник

Самаркандский государственный университет им. А. Навои

По экспериментальным данным интенсивности нейтронной компоненты космических лучей (КЛ), зарегистрированных нейтронным супермонитором СамГУ [1], исследован форбуш-понижений КЛ.

В работе показано, что в периоды форбуш-эффекта ход интенсивности от времени можно разделить на два типа: резкое понижение и плавное нарастание или плавный спад и плавное повышение. Важной особенностью форбуш-понижения периода высокой солнечной активности является заметно большая амплитуда эффекта, сопровождающаяся увеличением амплитуды суточной волны.

С целью более полного анализа форбуш-понижений, согласно работам [2, 3], проводились расчеты выборочных спектров мощности флуктуаций КЛ. Анализ полученных спектров показал наблюдение статистически значимых флуктуаций с периодами, 10, 20 и 30-100 мин.

1. Махмудов Б.М., Алиев Т.А. и др. // Изв. АН. России, Сер физики. 1993. Т. 7. С. 23.
2. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М. Мир. 1972. С. 287
3. Либин И.Я. Труды ИЗМИРАН. М.: ИЗМИРАН, 1980. С. 34.

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

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ РАССЕЯННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ДЕТЕКТОРА СЧД НА ВЭПП-2М

А.А. Дроздецкий

Новосибирский государственный университет

При переходе от уравнений Максвелла к квантовому описанию частиц и их полей среди прочих нелинейных процессов выделяют события, обусловленные взаимодействием двух фотонов. На e^+e^- -коллайдерах можно изучать класс событий $e^+e^- \rightarrow e^+e^- \gamma^* \gamma^* \rightarrow e^+e^- + F$, где γ^* – виртуальный фотон, F – конечное состояние рожденное в результате $\gamma^* \gamma^*$ -взаимодействия

Эти процессы позволяют получать важные и представляющие интерес физические результаты по двухфотонным адронным сечениям, структурной функции фотона, измерять двухфотонные ширины S -четных резонансов: $\pi^0, \eta, \eta', f_0, a_0, \{\dots\}$.

В связи с модернизацией комплекса ВЭПП-2М (увеличением максимальной энергии в пучке до 1 ГэВ, увеличением светимости до 10^{32} см⁻²сек⁻¹ при максимальной энергии) исследуется возможность дополнения детектора СНД системой регистрации рассеянных электронов (СРРЭ). Использование СРРЭ позволит эффективно отделить двухфотонные события от событий однофотонной аннигиляции и пучкового фона, восстановить кинематику событий. Детекторы СРРЭ размещаются внутри поворотных магнитов накопителя. Расчетная эффективность регистрации, например, для $F = \pi^0, \eta, \eta'$ составляет 5 – 15 % и 20 – 40 % для режима double и single tag соответственно. В качестве детекторов предполагается использовать микроструктурные газовые детекторы. Для координатного разрешения этих детекторов 0,5 мм можно получить точность восстановления энергии рассеянной частицы около 10 МэВ. Ожидаемая фоновая нагрузка СРРЭ по оценкам не превысит нескольких МГц и не скажется на работоспособности системы.

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

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ТУШЕКОВСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ПОЛЯРИМЕТРА НАКОПИТЕЛЕЙ ВЭППЗ И ВЭПП4М

И.Б. Николаев

Новосибирский государственный университет

Прецизионное измерение массы τ важно для проверки лептонной универсальности. На сегодняшний день среднемировое значение составляет PDG 1998: $m_\tau = 1777,05^{+0,29}_{-0,26}$. Результат фактически основан на одном эксперименте, проведенном на китайском детекторе BES.

BES 1996: $m_\tau = 1776,96^{+0,18+0,25}_{-0,21-0,17}$. Масса измерена по пороговому поведению сечения рождения пар τ . Существенный вклад в погрешность измерения массы заключается в погрешности определения энергии пучков ускорителя. В китайском эксперименте энергия пучков определялась по положениям J/Ψ и Ψ' резонансов, в предположении линейной зависимости энергии пучков от значения токов в магнитах. В связи с этим у нас есть возможность улучшить китайский результат, если реализовать на ускорителе ВЭПП-4М метод резонансной деполяризации, позволяющий определять энергию пучков с точностью $\approx 0,1$ МэВ.

Небольшая энергия ускорителя позволяет реализовать измерение поляризации пучков с использованием процесса внутрисгусткового рассеяния электронов (эффекту Тушека). Проведены численный расчет скорости счета и величины поляризационного эффекта при регистрации тушековских электронов, когда рассеяние происходит на всем протяжении кольца ускорителя, соответствующее программное обеспечение, промерены эффективности сцинтиляционных счетчиков, проведены предварительные изме-

рения поляризации пучков на накопителе ВЭПП-4М с использованием двух счетчиков, расположенных снаружи вакуумной камеры ускорителя.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В.Е. Блинов

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЫ ДЕТЕКТОРА СНД

А.Г. Скрипкин

Новосибирский государственный университет

Для измерения координат треков заряженных частиц, рождающихся в электрон-позитронных взаимодействиях, в сферическом нейтральном детекторе (СНД) в Институте ядерной физики им. Будкера, используется дрейфовая камера (ДК). Для восстановления трека в дрейфовой камере одновременно измеряются расстояние от трека до анодной проволоочки и продольная координата (Z). Расстояние до трека определяется по времени дрейфа ионизации до анодной проволоочки, Z координата определяется методом деления заряда. В предыдущих экспериментах с детектором СНД для регистрации сигнала с дрейфовой камеры использовалась электроника, которая обеспечивала требуемые временное и пространственное разрешение, однако имели большое время оцифровки. Это приводило к тому, что при попадании двух частиц в одну ячейку ДК, Z координата восстанавливалась только для одной (ближайшей). В связи с модернизацией ускорительного комплекса ВЭПП-2М возрастет светимость – увеличится нагрузка анодных проволоочек, что приведет к увеличению просчетов до 7-10 %. Для решения этой проблемы было предложено использовать АЦП, работающий в режиме непрерывной оцифровки и записи в память.

В данной работе представлены результаты тестирования и оптимизации блока АЦП на основе четырех аналогово-цифровых преобразователей flash ADC. Для тестирования блока использовалась однопроволочная дрейфовая камера. Засветка производилась коллимированным источником Fe^{55} . Разрешение измеренное методом деления заряда составляет 0,25 %. Показано, что предельное разрешение по Z координате, получаемое с данным блоком АЦП (0.2 %), определяется шумами электроники.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук. В.Б. Голубев, В.В. Шарый

КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

М.Н. Нагорный

Самаркандский государственный университет им. А. Навои

Как известно, динамика спектров мощности короткопериодических вариаций (КПВ) космических лучей (КЛ) связана с прохождением ударных волн в межпланетной среде. Обычно во время сильной вспышки в межпланетной среде распространяется ударная волна, влияющая на распространение КЛ и вызывающий пульсации интенсивности космических лучей. Пульсации КЛ возникает при нарушении структуры межпланетного магнитного поля (ММП) и магнитосферы Земли. Поэтому короткопериодические вариации КЛ служат косвенным способом исследования межпланетного магнитного поля, структуры фронтов крупномасштабных возмущений солнечного ветра и околоземного пространства.

В работе использовались исправления на давления пятиминутные данные Самаркандской установки нейтронных супермониторов (высота 750 м над уровнем моря, $R_c = 7,4$ ГВ, полная скорость счета нейтронов 710 тыс. импульсов в час).

Приведены результаты предварительного анализа возрастания КЛ 29.09.99 г. – второе по величине возрастание интенсивности КЛ (GLE) в истории их наблюдений – составило, по данным Самаркандской установки, порядка 70 % и, в отличие от данных других станций, имело достаточно малую продолжительность (~3 ч).

Научный руководитель – проф. Б.М. Махмудов

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ПО ДАННЫМ САМАРКАНДСКОЙ УСТАНОВКИ

С.С. Солеев

Самаркандский государственный университет им. А. Навои

В работе приводятся результаты эксперимента по изучению первичного спектра космических лучей в области энергии $E_0 = 2 \cdot 10^{15} - 10^{16}$ эВ ($10^{15} - 10^{16}$) и флуктуаций числа частиц в ливнях с фиксированной частичной энергией. Характер исследуемых флуктуаций чувствителен к модели развития ШАЛ и к составу космического излучения. Предполагается, что наблюдаемая форма энергетического спектра может быть объяснена данными о звёздной анизотропии в рамках галодисковой стационарной модели происхождения космических лучей, а также диффузией космических лучей в нашей Галактике, с учётом зависимости коэффициента диффузии от энергии.

На основе полученных данных о глубине максимума развития ШАЛ и её зависимости от E_0 сделан вывод для астрофизики космических лучей, в частности, о том, что частицы космических лучей – незаряженные пылинки, а ускоренные в галактических электромагнитных полях релятивистские частицы и ядра. Показана чувствительность, положения максимума развития ШАЛ к химическому составу первичного космического излучения. Доказано, что, в силу как экспериментальных, так и расчётных неопределённостей, не удаётся выявить то сравнительно слабое изменение химического состава, которые предсказываются диффузной моделью в области излома ($E_0 > 3 + 5^{15}$ эВ) первичного спектра.

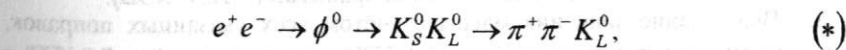
ПРЕЦИЗИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ НЕЙТРАЛЬНОГО КАОНА

А.С. Зайцев

Новосибирский государственный университет

Цель данной работы – прецизионное определение массы нейтрального каона K_S^0 на основе статистики, набранной детектором КМД-2 на ускорительном комплексе ВЭПП-2М в окрестности резонанса ϕ^0 по суммарной энергии встречных e^+e^- – пучков в системе центра инерции $\sqrt{s} = M_{\phi^0} \pm 20$ МэВ. Уточнение значения массы K_S^0 представляет интерес, поскольку погрешность её в два раза превышает аналогичную величину для заряженных каонов K^\pm (ранее измеренные значения масс: $M_{K_S^0} = 497.672 \pm 0.031$ МэВ; $M_{K^\pm} = 493.677 \pm 0.016$ МэВ). Это существенно ограничивает точность определения величин расщепления $|M_{K^\pm} - M_{K_S^0}|$ и $M_{K^\pm}^2 - M_{K_S^0}^2$. Последняя может быть использована, например, для определения отношений масс u , d и s кварков в некоторых моделях. В качестве примера нами показано, что сделанное нами уточнение величины массы K_S^0 влечёт за собой существенное уменьшение погрешностей величин M_u/M_d и M_d/M_s , вычисленных в низшем порядке кильной пертурбативной теории.

В качестве источника нейтральных каонов был выбран процесс



относительная вероятность которого

$$B = B_{\phi^0 \rightarrow K_S^0 K_L^0} \cdot B_{K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-} = 0.341 \cdot 0.686 = 0.234 \pm 0.007.$$

Особенностью данного процесса является однозначная связь энергий начальных частиц с характеристиками конечных пионов (отношением их

импульсов и углом разлёта). В течение 1994 и 1996 гг. было проведено несколько сканирований ϕ^0 - мезона, в том числе и сканирования, совмещённые с определением энергии пучков методом резонансной деполяризации в начале и в конце каждого захода. Интеграл светимости, набранный в использованных нами заходах, составляет $193,3 \text{ нб}^{-1}$, что соответствует числу событий $\sim 86 \cdot 10^3$. Причём даже после наложения условий отбора эта величина более чем на порядок превышает количество событий, использованных в предыдущей работе, выполненной с детектором КМД в 1987 г.

В ходе выполнения данной работы были пройдены следующие этапы и получены некоторые предварительные результаты

1. Аналитическое рассмотрение и анализ кинематики процесса, построение метода определения массы, использующего всю статистику и только лишь геометрические характеристики конечного состояния; демонстрация существенного преимущества данного метода (отсутствие существенного зарезания статистики) перед использованными ранее.

2. Построение системы условий отбора интересующего нас процесса (*), оптимизация этой системы, оценка неопределённостей величины массы, вносимых фиксацией критериев отбора (~ 0 , КЭВ).

3. Проверка имеющихся данных об угловом и импульсном разрешении детектора КМД-2 с помощью избранной статистики; вычисление величин парциальных вкладов в статистический разброс значений массы с учётом условий отбора; выделение доминирующих вкладов.

4. Выбор параметризации функции распределения по величине массы K_s^0 , оценка неопределённостей, связанных с этим выбором (~ 6 КЭВ).

5. Вычисление радиационных поправок к величине массы с учётом разброса частиц в пучках по энергии, оценка связанной с ними систематики ($\sim 15,6$ КЭВ); нахождение величины радиационного уширения распределения по измеренной массе каона.

6. Определение поправок на конечное разрешение детектора в нелинейном случае, нахождение точностей вычисления этих поправок ($\sim 3,4$ КЭВ);

7. Введение температурных поправок к величине суммарной энергии встречных пучков на основе данных температуре элементов ускорителя, оценка систематики, связанной с этими поправками ($\sim 12,9$ КЭВ).

8. Вычисление значения массы с учётом всех указанных поправок, определение её систематической ($\sim 21,4$ КЭВ), статистической ($\sim 7,8$ КЭВ) и полной ($\sim 22,8$ КЭВ) погрешностей.

Научный руководитель – д-р -физ.-мат. наук Е.П. Солодов

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

О. Вихляев

Самаркандский государственный университет им. А.Навои

С помощью гамма-спектрометра с Ge(Li)-детектором ($V = 100 \text{ см}^3$, $\Delta E_\gamma = 6,2 \text{ кэВ}$ на $E_\gamma = 1332 \text{ кэВ}$) исследовались радиоактивность объектов окружающей среды Самаркандского региона Республики Узбекистан.

Определение малых активностей радионуклидов проводился по специальной методике, описанной в работе [1].

Регистрация, набор и обработка спектров проводилась на IBM PC. Для калибровки детектора по эффективности регистрации использовались эталонные объёмные источники ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K ОМАСН с различными наполнителями упакованные в сосуды Маринелли с объёмом $V = 1 \text{ л}$.

Результаты исследований приведена в таблице.

Нуклид	Pb-212	Pb-214	Tl-208	Bi-214	Ac-228	K-40
E_γ , кэВ	239	352	593	609	968	1461
Почва A_s (Бк/кг)	35	36	20	43	44	1100
Вода A_s (Бк/л)	2	2	5	10	2	25

Мухаммедов А.К., Хазратов Т. и др. γ -Спектрометрические определения концентрации естественных радионуклидов в воде. // Атомная энергия. 1999. Т. 86. № 1. С. 36 – 40.

Научный руководитель – доц. Т. Хазратов

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ШД-5

О.В. Беликов

Новосибирский государственный университет

Современный электропривод представляет собой конструктивное единство электромеханического преобразователя энергии (двигателя), силового преобразователя и устройства управления. Оно обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую в соответствии с алгоритмом работы технологической установки. Разработка высокопроизводительных, компактных и экономичных систем привода является приоритетным направлением развития современной техники [1].

В данной работе рассматривается электропривод для шагового двигателя ШД-5. К сожалению, сейчас разработками электроприводов для шаговых двигателей, занимаются в основном за рубежом. Но широкое применение двигателей ШД-5 на установках в Институте ядерной физики (около 200 экземпляров) и в промышленности для ЧПУ послужило основанием для разработки нового электропривода, взамен старому ПШД-5/80 (разработка Института ядерной физики) на морально устаревшей элементной базе.

Использование программируемых логических матриц фирмы Altera позволяет компактно выполнить схемотехнику управления коммутации обмоток двигателя со стабилизацией тока с точностью до нескольких процентов. Кроме того, удалось выполнить дробление шага на четыре, что позволит отказаться от механического демфера двигателя и повысить динамические свойства двигателя. Оптимизированная коммутация токов в обмотках позволила увеличить моментные свойства. Смоделирована схема управления током в одной фазе двигателя. На основе проведенных исследований спроектирована новая схема управления и трассируется печатная плата для первых опытных образцов.

СНIP NEWS. 1999. № 1.(34).

Научный руководитель – науч. сотр. Ш.Р. Сингатулин

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЫ В КОМПЛЕКСЕ С ЯМР

М.А. Бизин

Новосибирский государственный университет

В Институте химической кинетики и горения СО РАН проводятся исследования ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) в геомагнитном поле. Этот метод применяется в разведке и поиске подземных вод до глубины

100 и более метров. Для возбуждения и приёма сигнала ЯМР на поверхности земли располагается антенна обычно в форме одной или двух окружностей диаметром около 100 м. При наличии электропроводности почвы сигнал ЯМР дважды экранируется и ослабевает при возбуждении и при приёме.

Проектируемое устройство позволяет определить электропроводность среды на месте измерения сигнала ЯМР. В основу работы устройства заложен метод частотного зондирования, смысл которого заключается в том, что через антенну пропускается гармонически изменяющийся ток определенной частоты и измеряется импеданс антенны, зависящий от частоты тока и электропроводности почвы. Частотой тока определяется глубина проникновения создаваемого электромагнитного поля в электропроводящую среду. Таким образом, измеряя импеданс антенны с различными значениями частоты тока, можно определить распределение электропроводности почвы по глубине.

Второй задачей для обсуждаемого устройства является выявление анизотропии почвы, когда подземные слои располагаются под углом к плоскости поверхности земли.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук О.А. Шушаков, В.М. Фоменко

ГАУССМЕТР НА МАГНИТОРЕЗИСТОРАХ В ИНТЕГРАЛЬНОМ ИСПОЛНЕНИИ

М.В. Гладков

Новосибирский государственный университет

На данный момент наиболее распространенным датчиком магнитного поля является гауссметр на эффекте Холла. Но у датчиков такого типа есть определенные недостатки. В данной работе рассматривается разработанный датчик магнитных полей на магниторезистивных элементах (магниторезистивные – это элементы, внутреннее сопротивление которых зависит от внешнего магнитного поля, в области которого они находятся). Датчик представляет собой микросхему фирмы «Honeywell», внутри нее находятся описанные выше элементы, собранные по схеме моста Винстона. Этот датчик имеет меньший температурный дрейф, по сравнению с датчиками Холла, более чем на один порядок. Также одним из преимуществ датчика являются его размеры в применении. Теоретическая точность датчика при питании моста 5 В составляет 85 мГс. Датчик рассчитан на максимальные поля в несколько гаусс. Чувствительность датчика при питании моста также в 5 В 1мВ/В/Гаусс.

Научный руководитель – Ш.Р. Сингатулин

ВЕКТОРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ТВЁРДЫХ ТОПЛИВ

В.П. Гридасов

Новосибирский государственный университет

На сегодняшний день важной задачей является тестирование качества твёрдых ракетных топлив, а именно: наблюдение процессов полимеризации топлива в ходе изготовления зарядов ступеней ракет, деструкции входящих в состав зарядов полимерных материалов под воздействием агрессивных сред, а также измерение скорости горения образцов топлива в нестационарных условиях. Для решения данной задачи в Институте химической кинетики и горения разработана микроволновая схема экспериментальной установки на основе элементов 8 мм диапазона длин волн и элементов квазиоптики. Основным достоинством метода является возможность измерения полного вектора информационного сигнала в виде синусной и косинусной компонент.

Векторный измеритель с квадратурным детектором и импульсной частотной модуляцией зондирующего сигнала позволяет получить полную информацию об амплитуде и фазе отраженного микроволнового сигнала в виде $A_0(t) \exp [j\varphi(t)]$. Изменение амплитуды сигнала соответствует изменению микроволнового затухания топлива или изменению толщины слоя топлива. Изменение фазы сигнала соответствует изменению диэлектрической проницаемости топлива или изменению толщины слоя топлива. В схеме используются микроволновый генератор на диоде с эффектом междолинного перехода электронов (диод Ганна), а также балансные смесители на диодах Шоттки с коэффициентом шума 4 дБ в 8 мм диапазоне длин волн.

С помощью разработанной схемы достигается требуемая информативность, обеспечивается неразрушающий контроль параметров топлива и непрерывное наблюдение технологических процессов.

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

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ УЧПУ-СТАНКОВ

В.А. Журавлев

Новосибирский государственный университет

Не только в нашей стране, но и в мире существует своего рода индустрия по модернизации станков, оборудованных устройствами числового программного управления (УЧПУ). По сравнению с заменой станков на новые модернизация выгодна экономически и имеет ряд преимуществ: отсутствие необходимости переобучения персонала, использование разработанных методов технологической подготовки производства и т. д. В на-

шей стране в силу известных причин станочный парк в промышленности и экспериментальном производстве за последние 10-15 лет практически не обновлялся, вследствие чего проблеме модернизации уделяется особое внимание.

В Институте ядерной физики СО РАН для модернизации УЧПУ были разработаны связанные интерфейсы и программное обеспечение (ПО) для замены перфоленточных устройств ввода/вывода. Кроме того, разработан одноплатный микроконтроллер Д 60, заменяющий в УЧПУ до 11 плат из микропроцессорного комплекта на базе микроЭВМ МС1201.02 и Электроники-60.

МикроЭВМ этого типа практически не выпускаются, так как вытеснены персональными компьютерами (ПК), соответственно отсутствует и сервисное оборудование для диагностики, ремонта и подготовки ПО для УЧПУ. Для реализации этих функций разработан стенд на базе ПК. В микропроцессорном комплекте УЧПУ вместо штатных интерфейсов пультового терминала и перфоленточных устройств используются интерфейсы связи с ПК, что позволяет в режиме эмуляции терминала и внешних устройств сравнительно простым и дешевым способом обеспечить разнообразные средства работы. В частности, ресурсами ПК обеспечивается не только пультовой режим работы микроконтроллера Д60, но и поддержка работы операционной системы RT-11 с использованием дискового пространства ПК в качестве внешней памяти микроЭВМ.

Использование готового или ранее разработанного ПО позволило в короткие сроки создать рабочую среду в системе ПК – УЧПУ.

Научный руководитель – канд. техн. наук Э.Л. Неханевич

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ ШИМ-МОДУЛЯЦИЕЙ

С.И. Зверев

Новосибирский государственный университет

На инжекторе тяжёлых ионов необходимо измерять слабые сигналы системы диагностики энергии ионов и стабилизации напряжения и тока, находящиеся под высоким потенциалом порядка 30 КВ. Поэтому была поставлена задача – разработать систему передачи аналоговых сигналов с гальванической развязкой. Требования на устройство: погрешность передачи – 0,1 %, полоса сигнала – 0 – 30 кГц. Аналогичная задача возникает при измерениях в условиях сильных электромагнитных помех. Эта задача может быть решена многими способами: во-первых, измеряемый сигнал можно преобразовать в частоту, ШИМ-сигнал или – в цифровой код; во-вторых, преобразованный сигнал можно передать через изолирующий импульсный трансформатор, высоковольтные изолирующие конденсаторы

или через волоконно-оптическую линию связи. В настоящее время с появлением специализированных интегральных схем стало возможным собирать компактные, экономичные устройства, в которых по оптическому каналу передается ШИМ-сигнал. Входное напряжение преобразуется в ШИМ-сигнал специализированной микросхемой фирмы MAXIM MAX048, затем через компаратор ШИМ-сигнал подается на светодиод и излучается в оптическое волокно. По паспортным данным MAX 048 обеспечивает преобразование с точностью до 2 – 3 %, что недостаточно для поставленной задачи, поэтому для увеличения точности используется дополнительный операционный усилитель с отфильтрованным ШИМ-сигналом в цепи обратной связи. Частота ШИМ сигнала выбрана 1 МГц. Полоса пропускания трёхзвенного фильтра составляет примерно 30 кГц. Потребление порядка 0,5 А +5 В и 0,1 А – 5 В. Приёмник выполнен в стандарте КАМАК. Сигнал из оптического волокна подается на фотодиод и с него поступает через компаратор на фильтр, идентичный фильтру в цепи обратной связи передатчика. Затем он нормируется операционным усилителем до величины входного сигнала, т. е. обеспечивается единичный коэффициент передачи. В дальнейшем планируется разработка устройства, способного передавать по одному оптическому волокну данные нескольких каналов в цифровом виде.

Научный руководитель – В.К. Овчар

КОНТРОЛЛЕР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ МЦРУ

Д.В. Сеньков

Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики СО РАН разработаны и в течение нескольких лет производятся малодозные цифровые рентгеновские установки (МЦРУ), предназначенные для диагностики в медицине. В отличие от обычных рентгеновских аппаратов, такие установки позволяют существенно снизить дозу облучения пациентов и повысить диагностическую ценность обследования.

Время сканирования изображения может достигать 10 с. Поэтому предъявляются жесткие требования к качеству питания элементов рентгеновского излучателя: здесь необходимо обеспечить быструю установку и удержание в заданных пределах в течение всего времени экспозиции анодного напряжения на рентгеновской трубке.

Рентгеновская трубка питается от высоковольтного выпрямителя, включающего высоковольтный трансформатор с коэффициентом трансформации 300. Выходное напряжение 30 – 120 кВ. Выходной ток выпрямителя до 120 мА. Питание первичной обмотки высоковольтного транс-

форматора осуществляется от преобразователя (инвертора), работающего с частотой 25 кГц.

Инвертор построен на IGBT-модулях по мостовой схеме с последовательным резонансным контуром, имеющим нагруженную добротность $Q < 1$. Работа посвящена разработке контроллера для управления инвертором. Схема управления мостовым преобразователем использует идеологию Phase Shift Pulse Width Modulation (Фазосдвигающая Широтно-Импульсная Модуляция), реализованную на основе ИМС типа UCC3895. Эта микросхема обеспечивает управление четырьмя ключами с регулируемой задержкой включения нижнего ключа в плече для недопущения сквозных токов. Кроме того, она обеспечивает линейное изменение сдвига фазы между включением первого и второго плеча. В микросхеме так же реализована защита по току в нагрузке. Более, контроллер содержит усилитель ошибки и схемы защиты по току, напряжению сети, пропаданию питающих напряжений. Выходное напряжение выпрямителя стабилизируется одноконтурной системой авторегулирования. Контроллер управляет IGBT-ключами через плату драйверов. Драйверы и контроллер развязаны оптической развязкой.

В настоящий момент создан образец контроллера, идет его отладка и изучение режимов работы схемы при разных нагрузках и выходных напряжениях.

Научный руководитель – Ю.Ф. Токарев

УСИЛИТЕЛЬ ПОДАВЛЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ТОКА ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ЦЕПИ ПИТАНИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ УСКОРИТЕЛЯ-НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП-2000

Ю.С. Скворцов

Новосибирский государственный университет

Питание электромагнитов электрон-позитронного накопительного кольца ВЭПП-2000 осуществляется от мощного управляемого тиристорного преобразователя. При этом большое внимание уделяется стабильности тока в обмотках магнитов. Нестабильность тока питания как в режиме инжекции, так и в режиме физического эксперимента на максимальной энергии пучка должна быть не более 10^{-4} . В наибольшей степени это относится к низкочастотным пульсациям, соответствующим частоте преобразования тиристорного источника 50 – 300 Гц.

В целях ослабления пульсаций и стабилизации быстрых изменений напряжения помимо пассивных фильтров, в цепь питания вводится активный фильтр – усилитель подавления пульсаций (УПП) и трансформатор, вторичная обмотка которого включена последовательно с выходом тиристорного преобразователя.

В работе рассмотрен УПП комбинированной схемы, состоящий из параллельно работающих ШИМ-усилителя и линейного усилителя нагрузки для которых является первичная обмотка трансформатора подавления пульсаций. УПП имеет следующие характерные параметры: полоса пропускания 0 – 100 кГц, пиковая выходная мощность на частоте 50 – 300 Гц ~ 0,5 кВт. Проработаны вопросы защиты выходов УПП в критическом режиме при резком сбросе тока в цепи питания магнита.

Руководитель – канд. техн. наук. В.Ф. Веремеенко

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И МАШИННОЙ ГРАФИКИ

Председатель – науч. сотр. М.Ю. Шадрин

Секретарь – студент Д.А. Анипко

11 апреля, 9.00, Институт автоматизации и электрометрии СО РАН,
конференц-зал

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВИЗУАЛИЗАЦИИ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (АСУ ТП), ОСНОВАННЫЙ НА ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЯХ

Д.А. Анипко

Новосибирский государственный университет

В настоящее время широкое распространение обрели идеи «гуманизации» человеко-машинного интерфейса, механизмов взаимодействия пользователя с ЭВМ. Существует вполне понятная тенденция к перемещению центра тяжести во взаимодействии ЭВМ – пользователь в сторону последнего. Это достигается посредством использования графических и звуковых образов. Во многом происходящее можно объяснить существенным прогрессом в развитии вычислительной техники, достигнутым за последние годы.

В данный момент на рынке представлено большое количество различных средств визуализации, используемых для организации человеко-машинного интерфейса, обладающих как достоинствами (удобство в использовании и широкий спектр предоставляемых возможностей), так и существенными недостатками (закрытость, существенные накладные расходы по установке и поддержке систем, чрезвычайно высокая стоимость). Наличием последних и обусловлено возникновение идеи разработки программного комплекса, основанного на современных Интернет-технологиях, позволяющих снизить затраты на установку и поддержку системы, обеспечить ее дальнейшую расширяемость.

В рамках такого программного комплекса непосредственное взаимодействие с пользователем осуществляют элементы управления (ЭУ) – приложения Java, выполненные в форме апплетов. Пользователь может взаимодействовать с АСУ ТП, располагая лишь программой навигации сети Интернет. Взаимодействие элементов управления с другими компонентами АСУ ТП осуществляется через сеть с использованием предоставляемой нами библиотеки классов.

Результатом работы являются открытая технология, облегчающая процесс создания оригинальных ЭУ сторонними разработчиками, и набор элементов управления, а также документов на языке HTML, созданных для конкретного объекта автоматизации (энергблока ТЭЦ).

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

ЕМКОСТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ ЖИДКОСТИ. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

П.В. Хан

Новосибирский государственный университет

Актуальность локальных измерений толщины связана с тем, что для пленочного течения свойственно возникновение сложных, малоизученных волновых структур. В критических режимах при образовании сухих пятен существенно снижается производительность теплообменных аппаратов (например, охладительных установок). Проведение таких измерений затруднено из-за малых значений толщины пленки (50 – 200 мкм) и длины поверхностных волн (1–2 мм), а также значительной скорости течения (1 м/с и более).

В работе рассматривается емкостной метод локальных измерений толщины пленки жидкости, отличающийся высокой чувствительностью к изменениям толщины пленки, хорошим пространственным разрешением и отсутствием влияния на течение жидкости.

Приведены результаты расчета чувствительности и пространственного разрешения для емкостных зондов с разными размерами электродов и их взаимным расположением относительно друг друга и поверхности течения жидкости.

Приводится описание 16-канального емкостного измерителя, его назначение, блок-схема и основные принципы работы.

Аппаратная часть емкостного измерителя локальной толщины жидкой пленки тесно связана с ПЭВМ и его программным обеспечением, которое по выполняемым функциям можно разбить на три части: 1) управление измерителем; 2) архивация и 3) обработка данных. При разработке программного обеспечения особое внимание уделяется корректному выпол-

ДАТЧИК ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДЕЛЬТА-Е ЭФФЕКТА

А. А. Мухтарова

Уфимский государственный авиационный технический университет

На основе дельта-Е эффекта разработан ультразвуковой датчик линейных перемещений, подвижным элементом которого является магнит. Способ измерения защищён авторским свидетельством № 1129490 и реализован с использованием новейших магнитострикционных аморфных сплавов.

Разработанное устройство относится к классу новых ультразвуковых преобразователей, отличительной особенностью которых является использование нового физического эффекта для получения отражённых ультразвуковых волн от искусственно созданной неоднородности волнового сопротивления в магнитострикционном звукопроводе. Дельта-Е эффект заключается в изменении величины модуля упругости (модуля Юнга) локально намагниченной зоны звукопровода. При использовании аморфных сплавов величина дельта-Е эффекта превышает 20 %, что значительно больше величины дельта-Е эффекта для используемых ранее материалов звукопровода.

Устройство работает следующим образом. Пьезоэлектрический излучатель, расположенный на одном конце звукопровода, возбуждает акустическую волну в звукопроводе из аморфного материала. Ультразвуковая волна достигает зоны, подмагниченной постоянным магнитом, и отражается от неё вследствие различия величин волновых акустических сопротивлений. Магнит при перемещении не касается звукопровода и жёстко соединён с контролируемым объектом, перемещение которого измеряется. Интервал времени между моментом излучения и моментом приёма отражённой волны измеряется электронным блоком. Скорость распространения ультразвуковых волн в материале звукопровода достигает 5 000 м/с.

Диапазон измеряемых перемещений составляет 150 мм, разрешающая способность – 0,5 мм, нелинейность статической характеристики – менее 0,05 мм.

Разработана математическая модель описанного датчика перемещений, в которой учтено влияние параметров сигнала возбуждения и геометрических параметров зоны подмагничивания на величину коэффициента отражения. С использованием математического пакета MAPLE произведена параметрическая оптимизация датчика. Произведённые расчёты позволили выявить оптимальное сочетание параметров для реализации датчика.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Р.Ю. Мукаев

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ СИСТЕМЫ СБОРА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А. С. Чаринцев

Новосибирский государственный университет

В работе рассматривается разрабатываемая интерфейсная плата системы сбора сейсмических данных - ИПС. ИПС предназначена для организации быстрого последовательного канала связи между управляющим компьютером типа IBM PC и четырьмя удаленными сейсмостанциями. Каждая сейсмостанция имеет восемь входных аналоговых каналов, АЦП и коммутатор. Соответственно к сейсмостанции может быть подключено до восьми сейсмодатчиков типа СМЗ-КВ.

ИПС служит для передачи команд управляющей программы из PC в сейсмостанцию, таких как команда инициализации, команда калибровки, оцифровки и др., а также приема оцифрованных сигналов сейсмодатчиков. ИПС выполнена в стандарте IBM PC с PCI-шиной. Протокол обмена с сейсмостанциями совместим с протоколом CSMA/CD: сигналы в линии передаются в коде Manchester-2, передача ведется в пакетном режиме. В качестве линии связи используется стандартный коаксиальный кабель сопротивлением 50 Ом. Максимальная скорость передачи данных в линии 1.4 МБод. Максимальная длина линии связи – 500 м.

Научный руководитель – науч. сотр. А.Г. Чупыра

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ДИФРАКЦИИ ШЕФФЕР – БЕРГМАНА ПРИ ПОМОЩИ ЭВМ

В.В. Кузнецов

Томский университет систем управления и радиоэлектроники

Оптические методы, обработки информации находят широкое применение при решении многих сложных технических задач, таких как быстрый ввод данных в оптическую систему с последующей их передачей по ВОЛС, обработка большого объема изображений в реальном времени, а также в различных оптических измерительных приборах.

Основой практически всех подобных устройств являются оптические модуляторы света (ОМ). В них используются акустооптический, электрооптический и другие виды эффектов. Расчёт ОМ сам по себе является довольно сложной научно-технической задачей. Но, прежде чем проектировать модулятор, необходимо выбрать материал для его изготовления. Рассчитать в нём соответствующие, необходимые для данного физического эффекта величины и определить кристаллографический срез, с наименьшим или наибольшим проявлением заданного эффекта. Аналогичная зада-

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОДИОДОВ В КАЧЕСТВЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СВЕТА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

Д. А. Епифанов

Новосибирский государственный университет

В данной работе исследовалась возможность использования лавинных фотодиодов (APD) типа S5345SPL1337 производства Хамамацу (Япония) для регистрации света неорганических сцинтилляторов.

Получены зависимости темного тока и коэффициента усиления APD от напряжения. Проанализированы основные факторы, влияющие на разрешение сцинтилляционного счетчика с применением APD.

Получена зависимость электронного шума (тепловой плюс дробовой шум) APD от напряжения. Исследовано поведение фактора избыточного шума F с изменением напряжения и коэффициента усиления APD.

Для сцинтилляционных счетчиков на основе кристаллов CsI(Tl), BGO, $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ получены зависимости энергетического разрешения от напряжения APD.

В результате была продемонстрирована возможность получения высокого энергетического разрешения при использовании APD в сцинтилляционных детекторах.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Б. А. Шварц

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ В ДЕТЕКТОРАХ РАДИАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР ИЗ GaAs

О. Г. Шамаков

Томский государственный университет

В последние годы большие усилия направлены на создание полупроводниковых детекторов рентгеновского излучения для использования в медицинской диагностической аппаратуре. В целях повышения эффективности регистрации излучения с энергиями квантов от 60 до 100 кэВ необходимо максимальное увеличение толщины активной (чувствительной) области детектора.

В работе проводилось сопоставление характеристик детекторных диодов на основе эпитаксиальных $p-i-n$ -структур из GaAs с распределением напряженности электрического поля в них. Высокоомные i -слои были выращены на подложках из n -GaAs методом жидкофазной эпитаксии и имели толщину от 100 до 420 мкм. Диоды имели форму квадрата со стороной 3 – 4 мм.

Распределение напряженности электрического поля при обратном смещении исследовалось путем зондовых измерений потенциала вдоль

сколотой боковой поверхности диода. Как правило, максимум напряженности электрического поля находился вблизи границы i -слой/ n -подложка. Величина и характер изменения напряженности поля внутри i -слоя зависели от режима выращивания структуры.

При измерении ВАХ $p-i-n$ -диодов было установлено, что на величину обратного тока существенное влияние оказывает инжекция дырок из i - n -перехода в i -слой, которая уменьшает его сопротивление.

Облучение диодов производилось со стороны p -области. Диоды с толщиной высокоомного i -слоя больше 200 мкм имели слабую чувствительность к α -излучению, глубина проникновения которого в структуру не превышала 30 мкм. При облучении β -частицами толщина активной области диода $d_{ак}$ коррелировала с характером распределения напряженности поля. Кроме того, величина $d_{ак}$ возрастала с увеличением полной толщины высокоомного слоя и достигала 180 мкм при толщине i -слоя, равной 420 мкм. При облучении γ -квантами с энергией 59,5 кэВ эффективность сбора заряда увеличивалась с увеличением напряжения, приложенного к диоду. Однако форма соответствующего пика на амплитудном спектре свидетельствовала о том, что сбор заряда из разных частей i -слоя осуществляется с разной эффективностью.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук В. П. Гермогенов

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕНТГЕНОВСКИХ И ГАММА-ЛУЧАХ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСИРОВАННОГО АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

Р. А. Климанов

Томский государственный университет

Перспективным направлением современного медицинского приборостроения является создание цифровых рентгенографических установок с высоким пространственным разрешением и малой дозовой нагрузкой на пациента. Прогресс в этой области связан с созданием квантово-чувствительных полупроводниковых детекторов рентгеновского излучения и сдерживается разработкой и исследованиями полупроводникового материала, способного с высокой достоверностью регистрировать единичные кванты рентгеновского излучения. Арсенид галлия в этом плане является наиболее перспективным в силу большой ширины запрещенной зоны, высокой подвижности носителей заряда, большого коэффициента поглощения рентгеновского излучения в медицинском диапазоне энергий (20 – 100 кэВ).

В работе анализируется чувствительность к рентгеновскому излучению детекторных структур, изготовленных на основе арсенида галлия, компенсированного хромом, примесью, создающей уровни разрешенных состоя-

ем двух внешних усиливающих резонаторов, в которые помещаются нелинейные кристаллы, с помощью которых исходная частота последовательно удваивается.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Ю.А. Матюгин

НАБЛЮДЕНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КОМПЛЕКСА (МОЛЕКУЛА КРАСИТЕЛЯ) – (КОЛЛОИДНЫЙ АГРЕГАТ СЕРЕБРА) В МИКРОПОЛОСТИ

Н.С. Заковряшин

Новосибирский государственный университет

Изучена люминесценция нового класса оптических композитов, состоящих из микрополости, заполненной металлическими фрактальными агрегатами при многофотонном возбуждении. Хорошо известно, что металлические наноструктуры обеспечивают большое усиление для процессов люминесценции [1], двухфотонной люминесценции [2] и процессов нелинейного рассеяния [3]. Это усиление обусловлено оптическим возбуждением высокодобротных плазмонных мод, локализованных в металлических агрегатах ($Q_f \sim 10^3$). Если, кроме того, поместить агрегаты в микрополость, можно увеличить оптические отклики из-за возбуждения шепчущей галереи мод с добротностью $Q_m \sim 10^5$. Лазерный эффект при малой интенсивности накачки (ниже 0,5 мВт) был получен в молекулах родомина 6G (R6G), осажденных на коллоидных агрегатах серебра в микрополости [4].

В данной работе была изучена широкополосная люминесценция комплекса (молекулы R6G) / (коллоид серебра) / (микрополость), возбуждаемая импульсами Nd:YAG ($\lambda_e = 1064$ нм). Фрактальные агрегаты серебра в водных или спиртовых растворах состояли из частиц размера ≈ 10 нм. Размер агрегата (~ 1000 нм) сравним с λ_e . Коллоид с 10 М R6G был помещен в цилиндрическую микрополость (кварцевая трубка, диаметром 1 мм с тонкой стенкой). Полученный спектр был намного шире и сильнее люминесценции молекул R6G без Ag – коллоида. Спектр состоит из большого количества пиков в интервале длин волн от 410 до 650 нм. Длительность импульса люминесценции увеличивалась при росте интенсивности накачки (до 400 нс и более). Это время значительно превышает длительность накачки (10 нс), время флуоресценции молекулы красителя и время релаксации частиц серебра.

Широкополосная люминесценция с большим временем затухания не обнаружена в системе (Ag – коллоид) / (микрополость) без R6G или (R6G) / (Ag – коллоид) / (микрополость) при возбуждении $\lambda_e = 532$ нм.

Наблюдаемый эффект может быть интерпретирован как люминесценция при многофотонном возбуждении комплексов (краситель) / (металлическая частица) в составном резонаторе, образованном нанорезонаторами

(фрактальные агрегаты) и микрорезонатором (трубка). Этот составной резонатор обеспечивает большой ($\sim Q_f \cdot Q_m$) фактор усиления для процессов многофотонного возбуждения так же хорошо, как и для спонтанной эмиссии, включая процессы излучения энергии, запасенной на долгоживущих триплетных уровнях молекулы красителя.

Moskovits M. Rev. Mod. Phys., 57, 783 (1985).

Баранов А.В., Бобович Я.Е., Петров В.И. Оптика и спектроскопия, 56, 3 (1984).

Шалаев В.М. // Phys. Reports, 272, 61 (1996).

Kim W., Сафонов В.П., Шалаев В.М., Armstrong R.A. // Phys. Rev. Lett., 82, 4811 (1999).

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук В.П. Сафонов

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Председатель – проф. В.М. Аульченко

Секретарь – Е.В. Никитина

11 апреля, 9.30, Институт ядерной физики СО РАН,
конференц-зал, главный корпус

КОМПЛЕКТ ПРОГРАММ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕМЕНТОВ BUS BARS

Д.С. Шичков

Новосибирский государственный университет

При изготовлении в экспериментальном производстве ИЯФ длинных сверхпроводящих шин (Bus Bars) для крупнейшего ускорителя ЛНС в CERN используется несколько технологических линий. Две из них – линия полимеризации и линия монолитизации сверхпроводника, где производится термическая обработка Bus Bars, – требуют автоматических систем контроля и управления.

Контроль и управление осуществляется при помощи территориально разнесенных микроконтроллеров, которые производят измерения температур на своих участках шины, включают и выключают нагревательные элементы. Все эти микроконтроллеры управляются персональным компьютером через последовательный канал связи, выполненный в стандарте RS-232.

Цель данной работы – создание программ, управляющих термическими процессами на линиях полимеризации и монолитизации сверхпроводника. В ходе работы были реализованы: язык описания технологической уста-

новки, алгоритмы нагрева шины и диагностики неисправностей аппаратного обеспечения, а также пользовательский интерфейс. Кроме того, результаты измерения температур на шине и значения мощностей, подаваемых на нагревательные элементы, сохраняются для возможности последующего воспроизведения и анализа развития процесса нагрева линии.

Научный руководитель – канд. техн. наук А.М. Батраков

ПРОГРАММА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ВИГГЛЕРОВ

И.В. Ильин

Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики СО РАН ведется разработка и изготовление сверхпроводящих вигглеров с высоким полем. Постановка на накопитель такого вигглера даст возможность создать уникальный источник излучения высокой яркости, который является полезным инструментом при исследованиях в области атомной физики, физики твердого тела, физики поверхностей и тонких пленок, полупроводниковой электроники и т. д.

В процессе запуска и эксплуатации вигглеров необходимо следить за состоянием многих элементов вигглера: температур отдельных узлов конструкции, уровня жидкого гелия, давления паров гелия, токов источников питания. С этой целью создана система технологического мониторинга, программное обеспечение для которой и является предметом работы.

Программное обеспечение системы мониторинга состоит из двух частей: ПО инструментальной платформы (host) и ПО целевой платформы (target). ПО инструментальной платформы работает на IBM PC под ОС MS Windows 95/98, что позволило создать гибкий и привычный графический интерфейс программы. Целевое ПО разработано для ОС реального времени VxWorks, работающей на контроллере Motorola-162 VME крейта. Через специализированный VME-модуль SM-1 осуществляется сбор необходимых данных. Взаимодействие частей программного обеспечения осуществляется через Internet, что позволяет оператору работать на удаленной машине.

Написанное программное обеспечение использовалось на вигглере с полем 10,3 Тесла для накопителя Spring-8 (Япония) и BESSY-II (7,5 Тесла, Германия). Данный подход и элементы программы планируется использовать при разработке систем мониторинга в строящихся вигглерах.

Научный руководитель – канд. техн. наук А.М. Батраков

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ В СЕТИ CANBUS

А.Н. Фисенко

Новосибирский государственный университет

Родившаяся в недрах немецкой автомобильной промышленности около 15 лет назад Control Area Network (CAN) – последовательная цифровая сеть передачи данных сегодня широко применяется не только ведущими автомобильными предприятиями Европы и Америки, но и во многих других отраслях промышленности и науки.

Столь стремительному распространению среди широкого круга потребителей сеть обязана универсальности и простоте реализации. Протокол связи обеспечивает высокую степень надежности и скорость передачи данных при относительно невысокой себестоимости. Гарантированная доставка пакетов и широкий диапазон скоростей открывает перспективы развития в системах реального времени.

В настоящее время в Институте ядерной физики создается целый комплекс устройств в системах управления ускорителей с применением данной сети. Разработаны блоки ЦАП и АЦП, а также средства сопряжения с интерфейсом САМАС и со специализированным оборудованием, обсуждению которых посвящена эта работа.

Научный руководитель – канд. техн. наук В.Р. Козак

МЕДЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ СИСТЕМ ДЕТЕКТОРА «КЕДР»

Д.А. Ерыгин

Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики на детекторе элементарных частиц «КЕДР» используется большое количество электроники, обрабатывающей данные экспериментов, следящей за ходом эксперимента, и т. п. Высокое токопотребление, наличие воздушной системы охлаждения, круглосуточный режим работы, а также высокая стоимость аппаратуры делают необходимым постоянный контроль за такими параметрами, как напряжение питания, токи, пульсации напряжений, температура в камере детектора. Кроме того, необходима постоянная регистрация этих параметров для последующего анализа случаев отказа какой-либо из систем детектора.

Целью данного проекта была разработка программных средств для непосредственного контроля и программного обеспечения, позволяющего оператору наблюдать за изменениями критических параметров.

Используется система контроля состоящая из 3 уровней.

Первый уровень – программные средства для прямого контроля.

Второй уровень – программное обеспечение для передачи данных и команд управления по ТСР/IP и регистрации критических параметров в базе данных.

Третий уровень – удобный графический интерфейс для медленного мониторинга систем детектора «КЕДР» на основе Qt-библиотеки для Xwindows и современных Web-технологий.

Организация графического интерфейса оператора на РС с операционной системой Linux позволяет решить задачу перехода одной системы на другую, не нарушая штатную работу детектора и обеспечивая необходимую для перехода масштабируемость системы.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В.Е. Блинов

ОДНОКООРДИНАТНЫЙ ДЕТЕКТОР СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БЫСТРОЙ ЗАПИСЬЮ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В.В. Жуланов

Новосибирский государственный университет

При проведении экспериментов с использованием синхротронного излучения (СИ) большой практический интерес представляет координатный детектор, позволяющий наблюдать за динамикой быстротекающих (взрывных) процессов. Создаваемый сейчас в ИЯФ однокоординатный детектор позволит получать информацию о распределении плотности потока рентгеновского излучения за время меньше, чем расстояние между соседними банчами в накопителе (~ 100 нс для ВЭПП – 3). Детектор будет обладать пространственным разрешением ~ 100 мкм при эффективности регистрации > 50 % для γ -квантов с энергией ~ 30 КэВ и позволит получить до 32 кадров.

Детектор будет представлять собой ионизационную камеру с газовым электронным усилителем (ГЭУ), отделяющим область конверсии рентгеновских фотонов от промежутка, где заряд наводится на считывающую структуру. Такая конструкция необходима для точного измерения заряда, соответствующего величине первичной ионизации, образованной в результате конверсии фотонов.

Ключевым элементом электроники детектора, который позволит так быстро накапливать информацию, будет наличие аналоговой памяти, реализованной в чипе APC128.

Научный руководитель – д-р техн. наук В.М. Аульченко

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТНЫХ САЙТОВ

Г.М. Энтин

Новосибирский государственный университет

Рассматривается проблема разработки архитектуры системы экспертных сайтов сети Интернет, предназначенных для передачи и накопления экспертных знаний в разнообразных предметных областях. Она должна обеспечивать высокую производительность, стабильность на уровне 99 % и поддержку многоязыковости. Архитектура системы должна быть масштабируемой для обеспечения большой производительности и иметь возможность расширения функциональности, например, для поддержки новых средств передачи данных. Архитектура системы должна обеспечивать участие в разработке системы большого коллектива разработчиков, а также изоляцию компонент системы для упрощения разработки и отладки.

В качестве СУБД была выбрана Oracle как наиболее высокопроизводительная и масштабируемая. Язык программирования Java используется в качестве базового, отдельные части системы реализованы на C++. Для доступа к БД используется интерфейс JDBC. HTTP-запросы обрабатываются с помощью Web-сервера Apache Jserv. OS Linux выбрана в качестве операционной системы.

Важной задачей проектирования архитектуры Интернет-сайтов является генерация HTML-страниц. Для представления Web-страниц в презентационно-независимом виде был использован язык XML. Страницы XML преобразуются к окончательному виду с помощью шаблонов на языке XSLT.

Система должна предоставлять платные услуги. Для этого была реализована подсистема биллинга, которая ведет счета клиентов, проводит транзакции и работает с внешним Internet Payment Gateway (IPG) для операций с кредитными картами.

Для возможности получения консультаций по телефону разработана подсистема, работающая с телефонными картами фирмы Dialogic. Эта подсистема абсолютно независима от основной и реализована на C++ с использованием COM для Windows NT и MS SQL 7 в качестве СУБД и скриптов ASP для взаимодействия с остальными частями системы.

Система запущена в эксплуатацию в сентябре 2000 г., в настоящее время выпущена ее пятая версия. Общий объем кода системы составил более 200 000 строк кода. На основе реализованной системы запущено в эксплуатацию более 25 сайтов.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Л.Б. Чубаров