

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ
XXXVII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

"Студент и научно-технический прогресс"

ФИЗИКА

Часть 2

© Новосибирский государственный университет
1999

НОВОСИБИРСК

1999

УДК 55
ББК Д3я 431

Материалы XXXVII Международной научной студенческой конференции
"Студент и научно-технический прогресс": Физика Ч.2/ Новосибирский
ун-т, Новосибирск, 1999. 117 с.

Спонсоры конференции:

- Российский фонд фундаментальных исследований (Грант № 99-01-10027)
- Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997 - 2000 годы"
- Международная ассоциация содействия сотрудничеству с учеными из Новых независимых государств бывшего Советского Союза (INTAS)



© Новосибирский государственный
университет, 1999

ПОДСЕКЦИЯ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПЛАЗМЕ МЕТОДОМ НЕКОГЕРЕНТНОГО ТОМСОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ

А.А. Борисов

Новосибирский государственный университет

На установке ГОЛ-М проводятся исследования сильной ленгмюровской турбулентности, создаваемой мощным релятивистским пучком электронов (РЭП) в плазме. ГОЛ-М - открытая ловушка с параметрами: длина соленоида 2,5 метра, напряжённость магнитного поля в центральной части 25 кЭ. В плазму с плотностью 10^{14} - 10^{15} см⁻³ инжектируется РЭП с энергией электронов 0,5 МэВ, током 2 кА и длительностью порядка 100 нс.

Пучок, проходя через плазму возбуждает в ней ленгмюровские колебания. В настоящее время обсуждается несколько альтернативных механизмов переноса энергии ленгмюровской турбулентности в коротковолновую область, где возможно её поглощение электронами плазмы, в частности - коллапс ленгмюровских волн. В данной работе описываются результаты эксперимента по прямому наблюдению ленгмюровского коллапса. Получено ограничение на верхний предел флуктуаций плотности в каверне. Для наблюдения изменений электронной плотности использовался метод томсоновского рассеяния с пространственным разрешением 0,2 мм и временным - 4 нс. Дополнительная система регистрации позволяла проводить измерения температуры плазмы на оси установки. Источником излучения служил неодимовый лазер с энергией в импульсе до 30 Дж, с длительностью импульса около 30 - 40 нс по полувысоте и расходимостью 0,2 - 0,3 мрад. Так как размер каверны $\sim 100\lambda \sim n^{-0,5}$, а время схлопывания $\sim (\text{скорости звука})^{-1} \sim m^{0,5}$, то эксперименты проводились с аргонной плазмой и пониженной плотностью.

Научный руководитель - канд. физ. - мат. наук Л.Н. Вячеславов

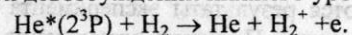
ДИАГНОСТИКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ НЕ-Н₂ ПЛАЗМЫ

И.С. Бычек

Томский государственный университет

При возбуждении He-N₂ смеси пучком низкоэнергетичных (2 ÷ 6 кэВ) электронов ранее в [1] была получена генерация на двух новых линиях атома гелия в видимой области спектра $\lambda = 728$ нм ($3^1S - 2^1P$), $\lambda = 667,8$ нм ($3^1D - 2^1P$), а также на $\lambda = 706,5$ нм ($3^3S - 2^3P$), наблюдавшейся ранее при различных способах накачки [2 - 3]. В условиях пучковой плазмы возможно получение усиления и генерации еще на ряде переходов гелия, в частности $\lambda = 492,2$ нм, $\lambda = 447,1$ нм и $\lambda = 587,6$ нм. Последняя самая интенсивная линия в видимой области спектра представляет наибольший интерес.

Условия формирования инверсной населенности уровней $3^3D - 2^3P$, $\lambda = 587,6$ нм в He-N₂ смеси аналогичны переходу $3^3S - 2^3P$ и осуществляются при девозбуждении нижнего уровня перехода в реакции Пеннинга:



Однако образованию значительной инверсии на этом переходе препятствует мультиплетное расщепление верхнего уровня, а также его столкновительное девозбуждение при высоких давлениях газа. В данной работе приведен поиск условий, оптимальных для формирования инверсной населенности на переходе $\lambda = 587,6$ нм гелия.

Возбуждение плазмы осуществлялось пучком электронов, сформированным в разряде с сетчатым анодом [1]. Давление рабочей смеси варьировалось в диапазоне $P = 5 \div 20$ Торр, напряжение на разрядном промежутке $2 \div 6$ кВ, плотность тока пучка ~ 5 А/см², длительность импульса $\tau_{0,5} = 0,5 \div 1$ мкс.

Исследованы амплитудно-временные характеристики излучения линий гелия $\lambda = 706,5$ и $587,6$ нм в широком диапазоне условий возбуждения при вариации давления гелия и состава He-N₂ смеси. Уровень 2^3P является общим нижним рабочим уровнем для обеих линий. Об эффективности его девозбуждения водородом свидетельствует легко достигаемый режим усиления и генерации на переходе $\lambda = 706,5$ нм. Для линии $\lambda = 587,6$ нм необходимо обеспечить условия более интенсивной накачки верхнего рабочего уровня 3^3D .

В условиях пучковой накачки заселение уровней He 3^3S и 3^3D происходит за счет процессов тройной и диссоциативной рекомбинации. Их эффективность определяется наиболее важными характеристиками плазмы - концентрацией и температурой электронов. Вариации этих параметров в широком диапазоне ($N_e = 10^{13} \div 10^{14}$ см⁻³, $T_e = 0,2 \div 0,5$ эВ) осуществляется изменением

состава He-N₂ смеси и тока накачки. Экспериментально исследована динамика населенностей уровней в зависимости от концентрации примеси водорода. Установлено, что максимальная величина инверсии на переходе атома гелия $\lambda = 587,6$ нм достигается при использовании пеннинговской примеси в диапазоне $P_{\text{H}_2} = 6 \div 10$ Торр. и давлении гелия $10 \div 12$ Торр.

1. Бердников А.А., Держиев В.И., Муравьев И.И., Яковленко С.И., Янчарина А.М. // Квантовая электроника. 1987. Т. 14. № 11. С. 2179-2199.
2. Pixton R., Fowles G. // Phys. Lett. 1969. V. 29A. № 11. P. 654-655.
3. Schmieder D., Salamon T. // Opt. comm. 1985. V. 55. № 1. P. 49-54.

Научный руководитель - д-р. физ.-мат. наук А.М. Янчарина

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ С LaV₆ КАТОДАМИ

Е.В. Григорьев

Новосибирский государственный университет

Пучки отрицательных ионов (ОИ) широко используются в науке и технике. Они обладают рядом замечательных свойств, среди которых - большое сечение нейтрализации при высоких энергиях, что важно для ускорительной техники и инъекции таких пучков в термоядерные установки. Одно из применений ОИ нашли в медицинских ускорителях в установках для протонной и нейтронной терапии рака. В ИЯФ СО РАН две лаборатории занимаются разработкой таких машин. В одной из них группой Кузнецова для генерации ОИ водорода используется источник с накаливаемым LaV₆ катодом. Недавно они сообщили о получении тока пучка около 5 мА с плотностью 160 мА/см². Авторы предположили, что в источнике работает поверхностно-плазменный механизм генерации ионов.

Проверка механизма генерации ОИ в подобном источнике с LaV₆ катодом и его оптимизация явились целью настоящей работы. Известно несколько механизмов генерации ОИ в источниках: объемный, поверхностно-плазменный, поверхностный, перезарядный. Для улучшения характеристик источника и его целенаправленной модификации необходимо знать, какой из механизмов доминирует в данном случае. LaV₆ обладает относительно низкой работой выхода -2,8 -3 эВ, что в принципе позволяет реализовать поверхност-

но-плазменный механизм генерации ионов Н- в высоковольтных модах разряда.

Для проведения исследований была изготовлена опытная модель источника с полупланотронной конфигурацией газоразрядной камеры, использующая скрещенные ЕхВ поля. Катод опытной модели представлял из себя массивный молибденовый параллелепипед с вставленными в него таблетками из LaB₆, которые могли подогреваться встроенными нагревателями до температуры эмиссии. В результате поверхность катода представляла собой чередующиеся участки с различной работой выхода (для Мо работа выхода 4,5 эВ), причем на участках с горячим LaB₆ осуществлялась, в основном, термоэмиссия электронов (дуговая форма разряда), тогда как на Мо и более холодных LaB₆ участках катода поддерживался магнетронный ЕхВ разряд. ОИ вытягивались через эмиссионные отверстия, расположенные напротив различных участков катода, анализировались по массе и регистрировались передвижными коллекторами типа цилиндра Фарадея. Для определения распределения плотности плазмы на различных участках по длине катода проводилось вытягивание положительных ионов из различных эмиссионных отверстий. Анализ снятых распределений позволил сравнить эффективность генерации отрицательных ионов Н- и ОИ более тяжелых примесей на Мо и LaB₆ участках катода. Для получения «стандартного» [1] поверхностно-плазменного механизма в газоразрядную камеру вводились пары цезия.

В результате экспериментов было установлено, следующее:

Эмиссия ОИ выше на участках с ЕхВ разрядом.

Эмиссия Н обусловлена объемной генерацией в плазме разряда.

Ток Н пропорционален току разряда (плотности плазмы), площади эмиссионного отверстия.

Получен пучок ионов Н интенсивностью порядка 1мА при вытягивании через одно эмиссионное отверстие площадью 1 мм². Эмиссионная плотность тока пучка составляла около 100 мА/см² при плотности тока разряда на катоде ≈ 20 А/см²;

На участках с LaB₆ катодом плотность тока магнетронного разряда выше, чем на Мо участках (эффект привязки и концентрации разряда).

С периферийных участков LaB₆ катода наблюдается повышенная эмиссия тяжелых отрицательных ионов примесей (распыление танталовой обечайки катода)

Установление объемного механизма генерации ОИ и его особенностей в магнетронном ЕхВ разряде с LaB₆ катодом позволяет целенаправленно конструировать импульсный ионный источник для ускорителя ТРАПП. В частности, увеличение эмиссионной щели до 1,5*3 мм и концентрирование разряда

на катоде площадью 1 см² позволяет надеяться получить необходимый пучок ионов Н- с током ≈ 5 мА.

1. Бельченко Ю.И., Димов Г.И, Дудников В.Г. Физические основы поверхностно-плазменного метода получения пучков отрицательных ионов. Препринт ИЯФ 77-56, Новосибирск, 1977.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОННОГО ПОТОКА НА ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ЛОВУШКЕ ПРИ ИНЖЕКЦИИ ПУЧКОВ АТОМОВ ДЕЙТЕРИЯ

В.Н. Корнилов

Новосибирский государственный университет

Газодинамическая ловушка (ГДЛ)[1]-это осесимметричный пробкотрон, в котором создается и удерживается двухкомпонентная плазма: столкновительная мишенная (плотность ~10¹⁴ см⁻³, температура до 100 эВ), и популяция быстрых ионов со средней энергией 6 кэВ.

Одним из применений ГДЛ является её использование в качестве нейтронного генератора.

В 1999 г. начаты эксперименты по инжекции пучков дейтерия и исследованию распределения нейтронного потока вдоль установки. В водородную плазму инжектируются 4 пучка нейтральных атомов водорода и 2 пучка атомов дейтерия, при этом формируется популяция быстрых ионов, частично состоящая из ионов дейтерия. При столкновениях быстрых ионов дейтерия рождаются термоядерные (2,45 МэВ) нейтроны в реакции D+D→He³+n.

Для исследования этого процесса были проведены численные расчеты, в которых бралась модельная функция распределения быстрых ионов, и по эмпирической зависимости сечения реакции от энергии σ(E) рассчитывалось рождение нейтронов.

Для диагностики нейтронов используется органический сцинтиллятор. При взаимодействии нейтрона с веществом сцинтиллятора рождается протон отдачи, инициирующий вспышку, которая регистрируется ФЭУ. С ФЭУ сигнал идёт на АЦП. С помощью числового алгоритма определяется количество импульсов, инициированных нейтронами и их интенсивность.

В работе планируется представить результаты исследований пространственного распределения потоков нейтронов, измеренных с помощью коллиматоров, провести сравнение полученных экспериментальных данных с резуль-

татами проведенных расчётов, а также с результатами модельных расчётов проводящихся в исследовательском центре Россендорф (Германия)[2].

[1] Ivanov A.A., Anikeev A.V., et. al. Experimental study of curvature-driven flute instability in the gas-dynamic trap// Phys. Plasmas, Vol.1, No.5, part 2, p.1529-1535.

[2] Noack K., Otto G., Collatz S.«Transport Simulations of Fast Ions and Neutral Gas Dynamic During GDT Experiments»// Proc. of the International Conf. on Open Magnetic System for Plasma Confinement. Novosibirsk, p.218-222.

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук, науч. сотр. А.Н. Карпушов

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ ПУЧКОВ ГЕЛИЯ

Р.И. Тимшанов

Новосибирский государственный университет

Пучки быстрых атомов гелия представляют интерес для диагностики плазмы. Однако при использовании высокоэнергетичных нейтральных гелиевых пучков возникает ряд проблем. Одна из основных - это существенная разница в потенциалах ионизации основного (25 эВ) и метастабильного (5 эВ) состояния. Поэтому важно знать соотношение между основной и метастабильной частью гелиевого пучка. Также иногда представляет интерес получение пучков, состоящих почти полностью из метастабильных атомов. Метастабильные пучки могут применяться в диагностике периферийной плазмы.

В данной работе изучается получение пучков метастабильных атомов гелия с помощью перезарядки на мишени из паров магния. Выбор магния связан с близостью потенциалов ионизации атомов магния и метастабильных атомов гелия. Пучок ионов гелия, сформированный источником ионов, проходит через магниевую мишень. Часть пучка перезарядается в атомы, причем атомы могут находиться в основном и метастабильном состоянии. Для определения доли метастабильных атомов используется плазменная мишень. Основным процессом ионизации в плазменной мишени, согласно проведенным оценкам, является ионизация электронным ударом. Метастабильная часть пучка ионизируется более интенсивно и после отклонения магнитным полем регистрируется цилиндром Фарадея.

Проведены расчеты эффективных сечений ионизации гелия в плазменной мишени электронным ударом. Готовится эксперимент, целью которого является получение пучков гелия, почти полностью состоящих из атомов в метастабильном состоянии.

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук В.И. Давыденко

МИКРОЛЕГИРОВАНИЕ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ ИОНАМИ ВОДОРОДА

В. В. Анисимов, В. П. Демкин, И. А. Квинт, С. В. Мельничук, Б.С. Семуин
Томский государственный университет

Целью данной работы является спектральное исследование параметров высоковольтного плазменно-пучкового разряда для определения интервала условий, необходимых для оптимального насыщения приповерхностных слоев полупроводникового материала арсенида галлия (GaAs).

В результате был предложен метод плазменной обработки поверхности материала. Плазма является хорошим источником ионов, которые образуются за счет плазмохимических процессов. Наиболее подходящим источником такой плазмы является плазмохимический реактор, в котором используется высоковольтный разряд. В качестве рабочей газовой смеси плазмохимического реактора выбрана смесь He и H₂. Наличие буферного газа гелия обеспечивает высокую энергетику электронов пучка, что позволяет транспортировать ионы (H⁺) на макроскопические расстояния. Взаимодействуя с поверхностью мишени, протоны, при их достаточной концентрации, способны эффективно насыщать приповерхностные слои материала мишени.

Проведенное экспериментальное исследование газовой смеси показало, что концентрация ионов водорода в факеле при данных условиях разряда составляет $10^{13} \div 10^{14} \text{ см}^{-3}$, обеспечивая поток этих ионов на поверхность мишени $10^{17} \div 10^{18} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Протонирование образцов привело к образованию в них блоков, равномерно распределенных по поверхности. Размеры блоков различны для различных времён обработки поверхности материала плазмой: в случае 2 минут они не превышают 5 мкм, а в случае 7 минут они достигают 20 мкм.

Анализ структуры материалов с помощью рентгенографических и оптических методов показал, что использование He-H₂ пучковой плазмы как источника ионов водорода и доставки их на поверхность обрабатываемых материалов не требует сложных и технологических решений и вместе с тем обладает значительной эффективностью физических процессов в ионообразовании и насыщении приповерхностных слоев. Эти качества позволяют использовать

данный тип плазмы при создании простых технологических устройств для модифицирования материалов.

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

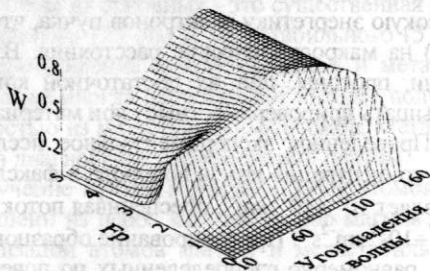
ГЕНЕРАЦИЯ ЛЕНГМЮРОВСКИХ ВОЛН ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФРОНТЕ ИОНИЗАЦИИ

П.А. Иванов

Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского

С появлением мощных лазеров, способных создавать движущиеся с релятивистской скоростью фронты ионизации, резко возрос интерес к исследованию возможностей доплеровского умножения частоты электромагнитного излучения на движущихся границах. Теоретические работы в этой области посвящены в основном рассмотрению случаев нормального падения волны на фронт [1] либо наклонного падения волны [2]. В реальном же эксперименте неустранимые случайные факторы неизбежно приводят к появлению ТМ компоненты у падающей волны. Мы покажем, что даже при очень малом угле падения ТМ волна может эффективно возбуждать за фронтом ионизации ленгмюровские волны, уносящие до 60% ее энергии. Поскольку, однако, процесс генерации ленгмюровских

Рис. 1. Энергия, уносимая Ленгмюровскими волнами ($F_p = \omega_p/\omega_0$, ω_p – плазменная частота, ω_0 – частота падающей волны)



волн носит резонансный характер (по плотности плазмы за фронтом, см. рис. 1), его можно избежать (в докладе даны соответствующие рекомендации). Нами рассмотрен также обладающий рядом преимуществ при практическом использовании (обеспечивает максимальный сдвиг частоты

прошедшей волны при фиксированной плотности плазмы за фронтом) режим трансформации, когда фронт ионизации догоняет электромагнитную волну (угол падения волны на фронт больше 90°). Показано, что в этом случае ленгмюровские волны уносят до 80% энергии падающей на фронт волны (см. рис. 1).

1. Mori W.B. // Phys. Rev. A. 1991. V. 44. P. 5118.

2. Savage R.L.Jr., Brogle R.P., Mori W.B. and Joshi C. // IEEE Trans. Plasma Sci. 1993. V. 21. P. 5.

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук., доц. М.И. Бакунов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ПУЧКА В ИНЖЕКТОРАХ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ДОППЛЕРОВСКИ СМЕЩЕННОЙ ЛИНИИ H_α

Д.В. Усольцев

Новосибирский государственный университет

Разрабатываемые в ИЯФ инжекторы нейтральных частиц с большой длиной предназначены для использования в диагностических целях на крупных плазменных установках. Состав пучка имеет при этом принципиальное значение. В инжекторах нейтральных частиц ионы вытягиваются с поверхности плазмы, приобретают энергию соответствующую ускоряющему напряжению E , проходят через перезарядную мишень (нейтрализатор). В реальных схемах с поверхности плазмы вытягиваются не только ионы H^+ , но и H_2^+ , H_3^+ , которые из-за соударений в нейтрализаторе распадаются на отдельные ионы и атомы, что приводит к наличию в составе пучка фракций с $1/2E$, $1/3E$.

Состав пучка можно определять двумя путями: с помощью магнитной масс спектроскопии, и наблюдая спектральные линии под углом, чтобы благодаря доплеровскому смещению можно было измерить интенсивности линий соответствующих частицам с энергиями E , $1/2E$, $1/3E$. Достоинством второго метода является бесконтактность, что позволяет определять состав пучка одновременно с его использованием в диагностических и др. целях.

Данный метод успешно применялся [1], [2]. На основании данных по сечениям процессов возбуждения H_α , перезарядки, диссоциации, были рассчитаны для разных энергий коэффициенты [1] зависящие от плотности газа в нейтрализаторе, позволяющие по отношению интенсивностей найти состав пуч-

ка. В работе [1] для регистрации спектра использовалась механическая система сканирования, мы решили использовать для этого систему электрического сканирования - диссектор Ли-602, применимую как на больших, так и на малых временах (до десятков нсек), что необходимо при работе с моделированными пучками, с импульсами малой длительности. В процессе подготовки была проведена сборка, настройка диссектора, определены его основные характеристики.

Излучение (H_α) инжектируемых частиц, возбужденных столкновениями с фоновым газом, из окна в установке, расположенного после нейтрализатора и направленного под 45° к оси пучка, через оптическую систему попадает на входную щель монохроматора. Выходная щель монохроматора удалена, изображение спектра с помощью объектива проектируется на фотокатод диссектора, сигнал идет на АЦП, затем обрабатывается на компьютере.

Получаемые результаты позволяют оперативно измерять состав пучка и использовать эти данные для оптимизации режимов работы инжекторов.

[1] Uhlemann R, Hemsworth R.S, Wang G, Euringer H Hydrogen and Deuterium ion species mix and injected neutral beam power fractions of the TEXTOR-PINIs for 20-60 kV determined by Doppler shift spectroscopy Rev. Sci. Instrum., Vol. 64, No. 4, April 1993

[2] Burrell C.F., Cooper W.S., Smith R.R., Steele W.F., Rev. Sci. Instrum. 51. 1451. (1980).

Научный руководитель - науч. сотр. В.В. Максимов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЫСТРЫХ ИОНОВ НА УСТАНОВКЕ ГДЛ

А.Ю. Смирнов

Новосибирский государственный университет

Газодинамическая ловушка (ГДЛ) представляет собой осесимметричный пробкотрон с большим пробочным отношением и длиной, превосходящей среднюю длину пробега ионов относительно рассеяния в конус потерь. Наибольший интерес с точки зрения термоядерных приложений представляет двухкомпонентный вариант ГДЛ. Плазма в такой системе состоит из относительно холодной мишенной плазмы с температурой до 100 эВ и из популяции быстрых ионов со средней энергией ~6-8 кэВ. Экспериментальная программа установки ГДЛ ориентирована на физическое обоснование концепции нейтронного источника на базе ГДЛ.

Для исследования быстрых ионов была разработана диагностика на основе активной искусственной мишени. Данная диагностика состоит из диагностического инжектора, создающего активную мишень и анализатора атомов перезарядки. В результате проведенных экспериментов построены функции распределения по энергиям быстрых ионов и изучено их угловое распределение. Экспериментальные данные сравнивались с результатами численных расчетов [1]), предполагающими кулоновский механизм взаимодействия быстрых частиц. Получено хорошее согласование результатов с предсказаниями расчетов. Это позволяет сделать вывод об отсутствии микрофлуктуаций, ведущих к аномальным потерям быстрых ионов из ГДЛ. Также, были проведены эксперименты по измерению плавающего потенциала плазмы. Отсутствие высокочастотных колебаний плавающего потенциала является дополнительным подтверждением сделанного вывода.

Klaus Noack et al., Proc. Open Systems 98 Conf., Novosibirsk, 1998. P.218

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. П.А. Багрянский

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ШЛИРЕН – ФОТОГРАФИЙ ТОНКИХ СЛОЕВ ПЛАЗМЫ С УЧЁТОМ ГАУССОВА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ В ЛАЗЕРНОМ ПУЧКЕ

О.Л. Белобородова

Новосибирский государственный университет

Каталитическая фоторезонансная ионизация [1] – один из возможных способов получения плазмы с низкой температурой ионов – изучается на установке КАТРИОН в НГУ. Для измерения распределения показателя преломления плазмы используются бесконтактные методы диагностики: лазерная дефлектометрия и шлирен-метод.

Как правило, при обработке шлирен-фотографий используется приближение геометрической оптики, в котором угол отклонения луча после прохождения оптической неоднородности пропорционален градиенту показателя преломления [2], [3]. В данной работе при обработке полученных фотографий учитывается дифракция и распределение интенсивности в падающем пучке. Интегральное уравнение, связывающее измеряемую с помощью шлирен-метода интенсивность с изменением фазы в исследуемом объекте в случае, когда объект освещается плоской волной и набег фаз в объекте мал, приведено, например, в [4]. Его вывод выполнен в параксиальном приближении с учё-

том дифракции на ноже. Нами получено аналогичное уравнение для случая гауссова пучка, а также разработаны алгоритмы решения этих интегральных уравнений. Написана программа, восстанавливающая распределение фазы исследуемого объекта по измеренной интенсивности как для случая плоской волны, так и для гауссова пучка. В случае плоской волны интегральное уравнение типа свертки решается методом Фурье, а в случае гауссова пучка уравнение Фредгольма второго рода решается методом итераций.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы "Интеграция науки и образования", грант № 274.

1. Knyazev V.A., Photoresonance plasma production by excimer lasers as a technique for anode – plasma formation, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1998. A 415. P. 525.
2. Скотников М.М., Теневые количественные методы в газовой динамике М. 1976.
3. Климкин В.Ф., Папырин А.Н., Солоухин Р.И., Оптические методы регистрации быстропротекающих процессов М. 1980.
4. Гудмен Дж., Введение в Фурье -оптику М.: Мир, 1970.

Научные руководители - д-р. физ.-мат. наук, проф. Б.А. Князев, канд. техн. наук, доц. В.С. Черкасский

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТОКОВЫХ СЛОЕВ В УСТАНОВКЕ ГАЛАТЕЯ ТИПА "ПОЯС"

В.С. Яковлев

Новосибирский государственный университет

В работе на основе уравнений одножидкостной магнитной гидродинамики изучено образование токовых слоев в установке галатея типа «Пояс» [1]. Как показывают экспериментальные исследования [1], плазменные конфигурации в этой установке однородны вдоль ее длины, которая в модели была принята за ось z . Поэтому в расчетах использовалась двумерная модель, где электромагнитное поле, скорость, плотность и давление плазмы не зависели от z . Считалось, что течение плазмы симметрично относительно осей x и y . В начальный момент времени $t=0$ плазма предполагалась полностью ионизированной с однородными распределениями концентрации и давления. На стенках камеры задавалось внешнее электрическое поле. Результаты численного моделирования продемонстрировали образование токовых слоев. При этом была отмечена их нестабильность и обнаружена возможность неоднократного

образования токовых слоев. На основе анализа распределений интенсивностей линейчатого излучения плазмы показано хорошее качественное соответствие расчетов с данными лабораторных экспериментов [1].

Богданов С.Ю., Бурилина В.Б., Кирий Н.П. и др. Эволюция температуры плазмы в зависимости от условий формирования магнитоплазменных конфигураций в прямой системе Галатея-Пояс// Физика Плазмы. 1998. т. 24 № 6. с. 467-480

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

ПОДСЕКЦИЯ ФИЗИКИ УСКОРИТЕЛЕЙ И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ДИНАМИКА АНИОНА ВО ВНЕШНЕМ КАЛИБРОВОЧНОМ ПОЛЕ

К.Б.Алкалаев

Томский государственный университет

Частицы с дробной статистикой, так называемые анионы, живущие в $(2+1)$ - мерном пространстве- времени вызывают значительный интерес в последние годы. Это обусловлено тем, что концепция дробной статистики является лидирующей в ряде таких теорий как квантовый дробный эффект Холла, высокотемпературная сверхпроводимость, трехмерные топологические теории поля, космические струны и т.д.. Интересно, что частицы дробной статистики могут быть получены в совершенно разных подходах. Например для скалярных частиц, минимально взаимодействующих с полем Черна-Саймонса, поля могут быть исключены из уравнений движения, что приводит к переопределению одночастичных состояний, которые осуществляют теперь парастатистику определяемую константой взаимодействия. Однако при этом остается невыясненным насколько данный подход является 'трюком'.

В связи с этим развивается другая более конвенциональная возможность описания анионов – теоретико - групповой подход. Он восходит к введенному Вигнером взгляду на элементарную частицу как на неприводимое представление группы Пуанкаре. Поэтому интересно получить ту классическую модель, которая после квантования даст требуемую квантовую теорию. Это достигается рассмотрением конфигурационного пространства частицы в виде

прямого произведения пространства Минковского на внутренний сектор призванный описать динамику спина частицы. Функционал действия модели строится исходя из требования Пуанкаре-инвариантности.

В нашей работе мы рассматриваем взаимодействие построенной таким образом $D=3$ спиновой частицы с внешним $U(1)$ -калибровочным полем. Благодаря специфичности размерности $D=3$, в ней возможно $U(1)$ -калибровочное поле не только максвелловского типа но и 'топологически массивное', упоминавшееся выше поле Черна-Саймонса. Учитывая всевозможные калибровочно инвариантные слагаемые, можно записать наиболее общий лагранжиан частицы в поле. При этом нами установлен критерий позволяющий отбирать тот или иной тип взаимодействия. Например, таким образом строго фиксируется гиромангнитный параметр как $g=2$.

Научный руководитель - д-р. физ.-мат. наук, проф. С.Л. Ляхович

ПРИМЕНЕНИЕ ФЭУ С МКП В ЧЕРЕНКОВСКИХ СЧЁТЧИКАХ ДЕТЕКТОРА "КЕДР"

М.Ю. Барняков

Новосибирский государственный технический университет

В Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН на накопителе ВЭПП-4М строится современный детектор элементарных частиц "КЕДР". Система азрогелевых черенковских счетчиков служит для разделения пионов и каонов с импульсами от 600 до 1500 Мев/с. Свет в счётчиках собирается на переизлучатели спектра с органической добавкой ВВQ. В качестве регистрирующих приборов используются фотоэлектронные умножители (ФЭУ) с мультищелочным фотокатодом, выполненные на основе микроканальных пластин (МКП). Такие ФЭУ изготавливаются в Новосибирске на Заводе "Экран". Для защиты фотокатода от бомбардировки ионами в данных приборах между фотокатодом и МКП помещают тонкую (5 нм) алюминиевую фольгу; возможно также производство ФЭУ без нее.

Важной характеристикой ФЭУ является коэффициент собирания фотоэлектронов с фотокатода на МКП, который зависит от прикладываемого между фотокатодом и МКП напряжения. Зависимость эта существенно различается для приборов с защитной пленкой и без нее.

Целью данной работы являлось измерение характеристик ФЭУ, таких как коэффициент собирания фотоэлектронов на МКП, частота собственных шумов, коэффициент усиления в зависимости от напряжения на МКП и напряжения между фотокатодом и МКП.

В результате работы был создан стенд для измерения характеристик ФЭУ в импульсном режиме, отработана методика измерений, промерены параметры всех имеющихся приборов, результаты измерений подтверждены тестированием прототипа черенковского счётчика. На основании результатов этих измерений осуществляется отбор ФЭУ для постановки в черенковские счетчики детектора "КЕДР" и выбор режима их работы.

Научный руководитель – науч. сотр. Е.А.Кравченко

ОДНОКООРДИНАТНЫЙ ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ УГЛОВ ОД5

А.А. Дроздецкий

Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН на накопительном комплексе ВЭПП-3 и на коллайдере ВЭПП-4 проводятся дифракционные исследования на пучке СИ. Среди объектов, изучаемых в этих экспериментах, можно выделить класс образцов, которые дают дифракционную картину, однородную по азимутальному углу и имеющую особенности при малых углах рассеяния γ -квантов.

Для этой цели предлагается использовать детектор рентгеновского излучения на основе проволочной камеры с радиальным дрейфом ионизации [1], имеющий проектное угловое разрешение $\sigma_{\theta} \approx 10^{-4}$ рад при фокусном расстоянии 2 м. Фокусное расстояние может изменяться в интервале от 20 см до бесконечности.

В результате проведенных тестов получены данные о пространственном разрешении детектора, исследована возможность работы детектора в стримерном режиме, который наблюдался с газовой смесью Ag/n-пентан в соотношении 3/1.

Проведено моделирование образования, сбора ионизации и развития лавины в камере, что позволяет сравнивать полученные экспериментально спектры с расчетными.

1. Аульченко В.М., Дубровин М.С., Толочко Б.П. Проект малоуглового однокоординатного детектора рентгеновского излучения ОД5. Меморандум, 1997.

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук М.С. Дубровин

ГЕНЕРАТОР СОБЫТИЙ $e+e-$ АННИГИЛЯЦИИ В 3μ

А.Е.Шер

Новосибирский государственный университет

Для прецизионного измерения сечения процессов $e+e-$ аннигиляции в адроны необходимо с высокой точностью определить функцию отклика детектора (эффективность регистрации) к изучаемому процессу и вычислить радиационную поправку. Для выполнения этих целей создаются генераторы, которые моделируют изучаемые процессы, с учетом излучения радиационных фотонов. Генератор событий $e+e-$ аннигиляции в 3μ создается для детектора КМД-2 и моделирует излучение многих фотонов начальными частицами, то есть электроном и позитроном. Излучение моделируется в так называемой коллинеарной области, вдоль траекторий начальных частиц. Спектр излученных фотонов учитывает наличие ω и ϕ резонансов с учетом ω - ϕ интерференции. Для моделирования энергии и импульса излученных фотонов используются формула полного сечения $e+e-$ аннигиляции в 3μ , полученная в работе [1]. Ожидаемая точность составит не менее 0.3% в диапазоне энергий коллайдера ВЭПП-2М от 0.4 до 1.4 ГэВ. Генератор является первичным, то есть результатом его работы являются четырех-импульсы конечных частиц. Данный генератор может, таким образом, найти применение на других детекторах и экспериментах, связанных с процессом $e+e- \rightarrow 3\mu$. Следующим шагом будет учет излучения радиационных фотонов на большие углы. Генератор в данный момент находится в стадии финальной отладки и начинает выдавать результаты.

1. Кураев Э.А., Фадин В.С. О радиационных поправках к сечению одnofотонной аннигиляции $e+e-$ пары большой энергии. //ЯФ. 1985. Т.41. с.73.

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

ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ МНОГОПОЛЮСНЫХ ЛИНЗ

О.В. Логинова

Новосибирский государственный технический университет

Качество создаваемого многополюсной линзой поля определяется геометрической формой полюса и положением на нем обмотки (предполагается, что влияние насыщения и погрешностей изготовления несущественно). Для каждой линзы известен теоретический профиль, дающий "идеальное" поле. Но такие профили не могут быть реализованы на практике. По этой причине создаваемые реальными линзами поля всегда кроме основной содержат также (как правило, нежелательные) высшие гармоники.

В настоящей работе предлагается достаточно простой в реализации метод, использующий возможности теории аналитических функций и численные подходы. Его применение позволяет конструировать линзы с любым числом пар полюсов, в пределах рабочей апертуры которых отличие поля от идеального может составлять менее одного процента. Сектор линзы (принадлежащая одному полюсу часть поперечного сечения) аппроксимируется симметричным многоугольником M , на который с помощью интеграла Кристоффеля - Шварца конформно отображается верхняя полуплоскость вспомогательной комплексной переменной $w=u+iv$. Параметры интеграла - образы вершин M - отыскиваются специальной ранее разработанной в ИЯФ СО РАН процедурой последовательных приближений, причем в качестве стартовых их значений принимаются образы соответствующих точек идеального профиля. При этом граница сектора M и заданное вдоль нее (с учетом обмотки) распределение скалярного магнитного потенциала однозначно отображается на действительную ось u , а интервал R от центра линзы до середины полюса переходит в мнимую полуось $v>0$. Значение потенциала в любой точке верхней полуплоскости w определяется известным интегралом Шварца. В частности, распределение потенциала на мнимой полуоси $v>0$ (и тем самым на радиусе R) удалось получить в замкнутой форме. Это важное обстоятельство заметно упростило анализ поля, облегчило построение оптимальной геометрии линзы и позволило предложить алгоритм последовательного определения доли высших гармоник (спектр потенциала) сколь угодно высокого порядка.

Приведены примеры выполненных на персональном компьютере подробных расчетов магнитных квадрупольа и секступольа.

Научный руководитель - канд. техн. наук, доц. В.В. Вячеславов

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННЫХ ПУШЕК ПРИМЕНЕНИЕМ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СЕТОК В МЕТОДЕ ГИУ

А. В. Иванов

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики разработан и активно используется комплекс программ SAM, применяемый при расчете аксиально-симметричных электростатических систем и электронных пушек методом граничных интегральных уравнений. Данная работа посвящена дальнейшему развитию этого комплекса в направлении расширения области применения и повышения точности расчетов электронных пушек.

Основные изменения касаются метода описания объемного заряда, в основу которого была положена криволинейная сетка. Данный выбор обусловлен необходимостью точно состыковать сетку со сложной поверхностью катода для уменьшения численного прикатодного шума, а также хорошо описывать пучки сложной формы.

Реализован алгоритм генерации ячеек криволинейной сетки, а так же приемы работы с отдельной ячейкой, такие, как биполярная аппроксимация внутри ячейки, восстановление криволинейных координат по реальным, и т.д.

Поля и потенциалы от объемного заряда ячейки сетки находятся численным интегрированием с использованием гауссовых квадратур. Реализован аналитический метод выделения особенности ядра интегральных уравнений. Применительно к криволинейной сетке разработаны и реализованы модели эмиссии для плоского и сферического катодов, точно описывающие условия старта пучка, а так же модель динамики пучка в пушке.

Это позволило преодолеть ограничения, налагаемые комплексом SAM на геометрию электронной пушки и форму пучка, а так же существенно повысить точность расчетов, особенно в прикатодной области.

Результатом работы является создание комплекса программ UltraSAM, совместимого с комплексом SAM, и предназначенного для расчета широкого спектра геометрий электронных пушек. Реализован генератор криволинейной сетки, позволяющий в интерактивном режиме задавать геометрию сетки, описывающую пучок сложной формы. При реализации вычислительной части программы была проведена большая работа по оптимизации используемых алгоритмов с целью уменьшения времени расчета. Реализован постпроцессор, позволяющий в графическом виде выводить и просматривать результаты рас-

чета. Приводятся результаты расчетов тестовых и реальных электронных пушек, выполненных комплексом программ UltraSAM.

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. М. А. Тиунов

ОБОСНОВАНИЕ КВАЗИКЛАССИЧЕСКИХ ТРАЕКТОРНО- КОГЕРЕНТНЫХ АСИМПТОТИК ДЛЯ УРАВНЕНИЯ КЛЕЙНА- ГОРДОНА

И.П. Сусак, Л.В. Гриценко

Томский государственный университет

В работе с помощью комплексного метода ВКБ построены состояния релятивистской заряженной бесспиновой частицы в представлении Фешбаха-Вилларса с точностью до $O(\hbar^{3/2})(\text{mod}(\hbar^{3/2}))$. Средние квантовомеханические координаты в этих состояниях являются точными решениями классических уравнений Лоренца (в гамильтоновой форме). Эти состояния будем называть траекторно-когерентными (ТКС). Использование Φ -представления позволяет показать, что полученные решения являются асимптотическими решениями задачи Коши. Так как уравнение Клейна-Гордона - это уравнение второго порядка по времени, обоснование квазиклассического приближения, основанного на формуле Дюамеля, в этом случае затруднено. Уравнение Клейна-Гордона в Φ -представлении записывается в виде двух уравнений первого порядка по времени, и следовательно, можно применить формулу Дюамеля для верхней оценки по параметру \hbar , по $\hbar \rightarrow 0$ для разности $\|\Psi^{\text{as}} - \Psi^{\text{ex}}\|_{\text{кг}}$. Нами были получены в Φ -представлении оценки нормы разности $\|\Psi^{\text{as}} - \Psi^{\text{ex}}\|_{\text{кг}}$. Известно, что скалярное произведение для решений уравнения Клейна-Гордона не является положительно определенным. На классе полученных решений скалярное произведение является положительно определенным для положительно (отрицательно) частотных состояний. Классы решений в процессе эволюции в квазиклассическом приближении с любой степенью точности по \hbar не перемешиваются. Это связано с тем, что вероятность рождения электрон-позитронных пар во внешнем электромагнитном поле пропорциональна $\exp(-\hbar^{-1})$ (Никишов, Ритус//Труды ФИАН. - Т. 111), в нашем приближении

СРАВНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОБЫТИЙ ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОГО РАССЕЯНИЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Г.А. Кукарцев

Новосибирский государственный университет

В экспериментах на встречных электрон-позитронных пучках для получения численных результатов совершенно необходимо уметь как можно точнее определять достигнутую в эксперименте светимость. Действительно, сечение исследуемого процесса вычисляется по формуле

$$\sigma = \frac{N}{L * \epsilon}, \quad (1)$$

где N — число событий искомого процесса, ϵ — эффективность регистрации, определяется при помощи моделирования, L — набранная интегральная светимость.

Для определения светимости можно использовать хорошо рассчитанный процесс, часто в качестве такого процесса используют электрон-позитронное рассеяние. Светимость в этом случае

$$L = \frac{N_{etalon}}{\sigma_{etalon} * \epsilon_{etalon}}, \quad (2)$$

где N_{etalon} — количество событий эталонного процесса, σ_{etalon} — сечение эталонного процесса, ϵ_{etalon} — эффективность регистрации эталонного процесса, полученная из моделирования. Видно, что чем лучше мы знаем σ_{visual} и ϵ_{etalon} , тем точнее результат. Поэтому очень важно иметь точный генератор эталонного процесса и хорошо знать его точность.

Существует множество генераторов электрон-позитронного рассеяния, использующие различные алгоритмы, по-разному учитывающие радиационные поправки, имеющие технические различия. Сравнению нескольких таких генераторов посвящена данная работа.

Научный руководитель — д-р. физ.-мат. наук, доц. В. Н. Иванченко.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРЕКОВ В ВЕРШИННОЙ КАМЕРЕ ДЕТЕКТОРА КЕДР

А.О. Полуэктов

Новосибирский государственный университет

В феврале-июне 1998 г. были проведены первые эксперименты с детектором КЕДР на накопителе ВЭПП-4М в ИЯФ СО РАН. Проводилось сканирование в области энергий резонанса J/Ψ ($2E \simeq 3$ ГэВ), а также набор космических событий для калибровки и отладки систем детектора.

Данная работа посвящена методам и результатам обработки данных вершинного детектора (ВД) — части координатной системы детектора КЕДР, находящейся в непосредственной близости к вакуумной камере накопителя. Основное назначение ВД — определение координат вершины события, а также измерение импульсов заряженных частиц совместно с дрейфовой камерой. ВД состоит из 312 цилиндрических дрейфовых трубок, расположенных в 6 слоев параллельно вакуумной камере.

Основной целью данной работы была разработка и отладка математических процедур реконструкции событий в ВД. Предложены алгоритмы, позволяющие с высокой эффективностью восстанавливать треки частиц в космических и пучковых событиях.

В результате обработки набранной статистики получены основные параметры ВД: координатное разрешение дрейфовых трубок $\sigma_r = 0.23$ мм., разрешение по вершине события $\sigma_x = 0.8$ мм., эффективность реконструкции трека $\epsilon \simeq 90\%$. Была измерена кривая возбуждения резонанса J/Ψ , сечение в пике резонанса составило около 500–700 нб., что соответствует эффективности регистрации процесса $e^+e^- \rightarrow J/\Psi \rightarrow$ адроны около 20%. Наблюдалась зависимость горизонтальной координаты вершины многоадронного события от энергии пучков, связанная с большой величиной дисперсионной функции накопителя в месте встречи. Показана принципиальная возможность использования этой зависимости для уточнения энергии провазимодействовавших электронов.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук А. Е. Бондарь

ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЫ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА

И.Н. Попков

Новосибирский государственный технический университет

В работе приводятся описание и результаты измерения радиационной стойкости диметилового эфира и влияния на нее газоотделения конструкционных материалов дрейфовой камеры. Радиационная стойкость характеризовалась падением амплитуды сигнала с анодной проволоочки в зависимости от заряда, протекшего через сантиметр проволоочки.

В процессе использования проволоочных камер наблюдается постепенное уменьшение газового усиления с течением времени. В связи с этим уменьшается амплитуда сигнала с анодной проволоочки. Этот эффект называется старением камеры.

В качестве рабочего газа в дрейфовой камере детектора КЕДР используется диметиловый эфир (ДМЭ). Чистый ДМЭ не полимеризуется при облучении, поэтому радиационная стойкость чистого газа хорошая. Если в газе присутствуют полимеризующиеся примеси, то образующиеся полимеры будут оседать на анодную проволоочку. Эффективный диаметр проволоочки будет увеличиваться, а поле около анода уменьшаться. Это является причиной уменьшения амплитуды сигнала с чувствительной проволоочки и одной из причин старения проволоочных камер.

Так как примеси могут содержаться в ДМЭ, а также поступать в него при контакте с материалами камеры, то мы провели измерение радиационной стойкости ДМЭ, а также исследовали влияние на нее двух материалов (виксинта и герметика), используемых в конструкции камеры.

Научный руководитель — м.н.с. Юшков А.Н.

ИЗМЕРЕНИЕ DE/DX В ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЕ ДЕТЕКТОРА КЕДР

К.Ю. Тодышев

Новосибирский государственный университет

В данной работе исследована идентификация частиц в дрейфовой камере детектора КЕДР по измерению ионизационных потерь в газе камеры.

При моделировании ионизационных потерь используется так называемая модель изотропных гармонических осцилляторов, описывающая флуктуации ионизационных потерь в тонких слоях вещества.

Параметром, характеризующим возможность различать две частицы, является величина, называемая коэффициентом разделения (сепарации). Для получения лучшей степени разделения частиц используется метод усреднения наименьших значений (метод усеченного среднего).

На основе моделирования проведена оптимизация параметров выбранного метода идентификации частиц, построены зависимости величины сепарации от импульса для π, K, p .

В ячейке дрейфовой камеры существуют корреляции между амплитудами сигналов с соседних анодных проволоочек, определяемые ёмкостными связями, это влияет на возможность точного измерения потерь энергии. Произведён численный расчёт ёмкостных коэффициентов, результаты данного расчёта согласуются с экспериментом, проведённым на модели.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. В.Е. Блиннов

КАЛИБРОВКА СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ Z-КООРДИНАТЫ ПО КАТОДНЫМ ПОЛОСКАМ ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЫ ДЕТЕКТОРА СНД

А.С. Захаров

Новосибирский государственный университет

Важной частью сферического нейтрального детектора (СНД) [1], работающего на ускорительном комплексе ВЭПП-2М Института ядерной физики, является дрейфовая камера [2].

Измерение Z-координаты вдоль e^+e^- -пучка в дрейфовой камере проводится двумя методами: по делению заряда, приходящего на анодные проволочки и по центру тяжести зарядов, наводимых на катодные полоски. Z-координата, определяемая вторым из этих методов является менее точной чем при использовании первого, что в определённой степени ограничивает применение катодных полосок при реконструкции событий.

Цели данной работы заключаются в достижении лучшего понимания процесса измерения координаты по катодным полоскам и улучшении Z-разрешения дрейфовой камеры.

Модернизирован алгоритм определения Z-координаты за счёт проведения калибровки каждой полоски отдельно и учёта ёмкостных связей, приводящих к смещению измеряемой координаты внутри полоски. Проводится сравнение эффективности настоящего и нового алгоритмов.

Использование событий e^+e^- рассеяния для калибровки позволит производить её непосредственно перед каждым новым экспериментом на СНД.

- [1] Aulchenko et al., Proc. Workshop on Physics and Detectors for DAΦNE, Frascati, Italy, April 9-12 (1991). P.605.
- [2] Бэк М.Г., Дружинин В.Д., Дубровин М.С. и др. Дрейфовые камеры СНД. 1996. ИЯФ.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук М.С. Дубровин

МАГНИТНЫЙ ЦИКЛ И НАСЫЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЛАЙДЕРА ВЭПП-4М

А.В. Богомяков, Е.В. Кремянская, Ю.А. Пахотин
Новосибирский государственный университет

При подъеме энергии пучка в ускорителе необходимо учитывать нелинейность петли гистерезиса при низком поле и насыщение магнитных элементов при большом магнитном поле. Цель этой работы состоит в изучении зависимости магнитного поля от тока для ряда элементов коллайдера ВЭПП-4М. Были проведены измерения этой зависимости с помощью датчика Холла. Кривая насыщения разбита на промежутки с линейной зависимостью поля от тока, с точностью 0.1%. В пределах этих промежутков энергия ускорителя, с той же точностью, линейно связана с током в элементах. На результатах этой работы будут сделаны новые режимы работы коллайдера ВЭПП-4М.

Научные руководители — Б.В. Левичев, И.Я. Протопов

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА В E^+E^- НАКОПИТЕЛЯХ С УЧЕТОМ СВЯЗИ КОЛЕБАНИЙ И ЭФФЕКТА ВНУТРИГУСТКОВОГО РАССЕЯНИЯ ЧАСТИЦ

Д.Ю. Голубенко

Новосибирский государственный университет

Разработана модель численного расчета параметров пучка в e^+e^- накопителях с учетом связи бетатронных колебаний, эффектов внутрисгусткового рассеяния частиц в пучке. Скорость диффузии в процессах внутрисгусткового рассеяния рассматривается с учетом биеений огибающей и двумерного распределения относительных скоростей частиц в пучке при наличии сильной связи бетатронных колебаний. Приведены результаты расчета размеров и времени жизни пучка для e^+e^- коллайдера ВЭПП-4М в области низких энергий.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

С.А. Никитин

ПОДСЕКЦИЯ РАДИОФИЗИКИ

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЫ

М.А. Бизин

Новосибирский государственный университет

Разрабатываемое устройство является приставкой к общему устройству, называемого "Гидроскоп". "Гидроскоп" используется для исследования подземных вод, избегая бурения скважин. Проблема заключается в том, что данные о подземных водных пластах могут быть ошибочны в определении глубин, что обусловлено электропроводностью почв.

Разрабатываемое устройство позволит устранить этот недостаток. В качестве датчика используется рабочая петля "Гидроскопа", что вносит дополнительные удобства в эксплуатации устройства. Фактически, измеряется импеданс петли на разных частотах, используя скин-эффект почвы. Решая обратную задачу, получаем электропроводность почвы для разных глубин. Сканирование производится до 100 м в глубину.

Научные руководители: канд. физ.-мат. наук О.А.Шушаков, вед. инж. В.М. Фоменко.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ДИНАМИКИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ПУЧКА В АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОЙ ВЧ СТРУКТУРЕ

Д.А. Диденков

Новосибирский государственный университет

В настоящее время процесс создания электрофизических установок не может обойтись без предварительного компьютерного моделирования. В ИЯФ СО РАН разрабатываются различные ускоряющие ВЧ структуры для линейных ускорителей, поэтому существует потребность в программе расчета динамики релятивистских пучков в таких структурах.

В данной работе описывается программа, использующая $2\frac{1}{2}D$ СИС модель макрочастиц для описания собственных полей пучка. Программа позволяет легко задавать произвольное расположение элементов ускоряющей структуры: резонаторов, магнитных линз и дрейфовых промежутков; использовать распределение электромагнитных полей, полученных из программ

расчета ВЧ и магнитных полей, например SUPERLANS и SAM; получать необходимую точность и скорость вычислений.

Программа написана на языке C++ с использованием библиотеки MFC и имеет современный интерфейс.

Научный руководитель - науч. сотр. Д.Г. Мякишев

ПОИСК КОГЕРЕНТНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОМ НАКОПИТЕЛЕ ВЭПП-2М

Д.И. Ганюшин

Новосибирский государственный университет

В современных коллайдерах используются встречные плотные сгустки заряженных частиц. Когерентное тормозное излучение (КТИ) представляет собой новый тип излучения на ускорителях со встречными пучками. Оно соответствует излучению частиц одного сгустка в коллективном электромагнитном поле короткого встречного сгустка. КТИ может оказаться полезным инструментом для оптимизации соударений и для измерения параметров сгустков. Длина сгустка σ_z может быть определена по спектру КТИ как критическая энергия фотонов $E_c \propto 1/\sigma_z$; горизонтальный поперечный размер σ_x связан с числом испускаемых фотонов КТИ: $dN_\gamma \propto 1/\sigma_x^2$.

Кроме того, КТИ может применяться для измерения светимости, а также для оперативного контроля нацеливания пучков, так как dN_γ имеет необычное поведение в зависимости от расстояния между осями сталкивающихся сгустков.

В данной работе описан эксперимент по поиску КТИ на электрон-позитронном накопителе ВЭПП - 2М.

КТИ из места встречи сгустков, вместе с фоновым сигналом от излучения пучков в магнитном поле фокусирующей системы ускорителя регистрировалось с помощью ПЗС линейки на основе микросхемы 1200ЦП1 и КАМАК блока. В последствии фон вычитался.

Результатом работы является экспериментальная проверка возможности наблюдения КТИ на накопителе ВЭПП-2М.

Научный руководитель - канд. физ. - мат. наук И. А. Кооп

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ИНЖЕКЦИОННОГО КАНАЛА LHC

О.Б. Голубенко

Новосибирский государственный университет

В Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН, Швейцария), ведутся работы по строительству крупнейшего в мире протонного коллайдера LHC (Large Hadron Collider) с энергией частиц в центре масс 14 ТэВ. Институт ядерной физики СО РАН принимает участие в разработке и создании отдельных систем коллайдера. В частности ИЯФ должен изготовить магнитные элементы канала транспортировки из инжектора в коллайдер протонных пучков с энергией 450 ГэВ.

Магнитооптическая структура инжекционного канала состоит из 360 6-метровых дипольных и 180 1.5-метровых квадрупольных магнитов обычного типа («теплые» магниты).

Предъявлены высокие требования к однородности поля внутри магнитов. Например для дипольных магнитов однородность поля должна быть не хуже $2 \cdot 10^{-4}$ при номинальном значении поля $B_{\text{ном}} = 1,8$ Тл.

Для контроля соответствия магнитов предъявленным требованиям необходимо провести магнитные измерения с высокой точностью. Измерения проводятся двумя способами: датчиками Холла и системой неподвижных катушек.

Измерения характеристик магнитов системой на датчиках Холла проводятся на постоянном токе. Линейная матрица датчиков располагается перпендикулярно направлению магнитной оси в медианной плоскости измеряемого магнита. Для дипольных и квадрупольных магнитов используются разные матрицы датчиков. Датчики Холла калибровались по датчику ЯМР, точность калибровки не хуже 10^{-4} в диапазоне магнитных полей $5 \div 22$ кГс.

Система неподвижных катушек представляет собой две катушки, расположенные вдоль магнитной оси в медианных плоскостях магнитов. Одна катушка помещается в измеряемый магнит, вторая – в магнит-образец. Измеряется разностный сигнал, снимаемый с катушек, включенных навстречу друг другу, при линейно нарастающем токе питания магнитов с временем нарастания около 10 с. Максимальный ток питания магнитов соответствует требованию спецификации.

Проведены магнитные измерения первых трех дипольных и восьми квадрупольных магнитов. Достигнута точность измерения магнитного поля датчиками Холла около $0,5 \cdot 10^{-4}$, точность измерения градиента поля составила око-

ло 10^{-3} . Для системы неподвижных катушек точность измерений получена порядка 10^{-5} .

Научный руководитель - канд. физ. - мат. наук И.Я. Протопопов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХ ГЕНЕРАТОРОВ ВАН-ДЕР-ПОЛЯ, СВЯЗАННЫХ ПОРОГОВОЙ СВЯЗЬЮ

Н.В. Головкина

Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского,

Генератор Ван-дер-Поля является классической системой нелинейной динамики и теории колебаний и волн [1]. Целью данной работы является изучение динамики системы двух связанных генераторов, поведение каждого из которых описывается уравнением Ван-дер-Поля:

$$\ddot{x} - \varepsilon(1 - x^2)\dot{x} + x = 0. \quad (1)$$

Генераторы связаны друг с другом новым типом связи. Данная связь называется пороговой связью и описывается добавлением слагаемого $\sigma(E - (x^2 + \dot{x}^2))$. Наличие данного слагаемого предполагает затухание колебаний в одном генераторе при превышении определенного порога амплитуды колебаний во втором генераторе.

Изучаемая система описывается уравнениями следующего вида:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 - \varepsilon(1 + \sigma(E - (x_1^2 + \dot{x}_1^2)) - x_1^2)\dot{x}_1 + x_1 &= \\ \dot{x}_2 - \varepsilon(1 - \sigma(E - (x_1^2 + \dot{x}_1^2)) - x_2^2)\dot{x}_2 + x_2 &= \end{aligned} \quad (2)$$

Исследование системы уравнений (2) проводилось численно с помощью метода Рунге-Кутты 4 порядка [2] с шагом интегрирования $h=0,005$. Управляющие параметры принимали значения, лежащие в диапазоне от 2 до 4 для параметра E и от 0.1 до 0.5 для параметра ε . В ходе исследования системы двух генераторов Ван-дер-Поля были получены фазовые портреты, соответствующие режимам колебаний при различных значениях управляющих параметров. Было показано, что в описываемой системе возможны как периодические колебания, которым в фазовом пространстве соответствуют предельные циклы, так и хаотические колебания, образами которых в фазовом пространстве являются странные аттракторы.

1. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука 1984.

2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М: Наука, 1978.

Научный руководитель - канд. физ. - мат. наук А.А. Короновский.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННЫХ ПУШЕК

А. В. Иванов

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики разработан и активно используется комплекс программ SAM, применяемый при расчете аксиально-симметричных электростатических систем и электронных пушек методом Граничных Интегральных Уравнений. Данная работа посвящена дальнейшему развитию этого комплекса в направлении расширения области применения и повышения точности расчетов электронных пушек.

Основные изменения касаются метода описания объемного заряда, в основу которого была положена криволинейная сетка. Данный выбор обусловлен необходимостью точно состыковать сетку со сложной поверхностью катода для уменьшения численного прикатодного шума, а также хорошо описывать пучки сложной формы.

Реализован алгоритм генерации ячеек криволинейной сетки, а так же приемы работы с отдельной ячейкой, такие, как биполярная аппроксимация внутри ячейки, восстановление криволинейных координат по реальным, и т.д.

Поля и потенциалы от объемного заряда ячейки сетки находятся численным интегрированием с использованием гауссовых квадратур. Реализован аналитический метод выделения особенности ядра интегральных уравнений. Применительно к криволинейной сетке разработаны и реализованы модели эмиссии для плоского и сферического катодов, точно описывающие условия старта пучка, а так же модель динамики пучка в пушке.

Это позволило преодолеть ограничения, налагаемые комплексом SAM на геометрию электронной пушки и форму пучка, а так же существенно повысить точность расчетов, особенно в прикатодной области.

Результатом работы является создание комплекса программ UltraSAM, совместимого с комплексом SAM, и предназначенного для расчета широкого спектра геометрий электронных пушек. Реализован генератор криволинейной сетки, позволяющий в интерактивном режиме задавать геометрию сетки, описывающую пучок сложной формы. При реализации вычислительной части программы была проведена большая работа по оптимизации используемых алгоритмов с целью уменьшения времени расчета. Реализован постпроцессор,

позволяющий в графическом виде выводить и просматривать результаты расчета. Приводятся результаты расчетов тестовых и реальных электронных пушек, выполненных комплексом программ UltraSAM.

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. М. А. Тиунов

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННЫХ ПУШЕК, ФОРМИРУЮЩИХ ИНТЕНСИВНЫЕ РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ПУЧКИ ЭЛЕКТРОНОВ

М. В. Кузнецова

Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского

В современных мощных электронных приборах СВЧ, в частности в мнорезонаторных релятивистских клистродах, используются интенсивные релятивистские электронные пучки.

В настоящем докладе предлагаются методы расчета электродов пушки, формирующей цилиндрический электронный пучок постоянного диаметра при релятивистских скоростях. Для решения поставленной задачи используется метод синтеза. Задача синтеза, в свою очередь, распадается на две задачи: внутреннюю и внешнюю. Применив известные результаты решения задачи о распределении потенциала в плоском диоде при релятивистских скоростях, определено распределение потенциала внутри пучка при заданных прямолинейных траекториях электронов. В этом случае распределение потенциала отличается от известного "закона степени 4/3".

Для решения внешней задачи предложено использовать принцип аналитического продолжения. В результате найдено решение уравнения Лапласа, удовлетворяющее граничным условиям на поверхности пучка, что позволило впоследствии построить нулевую и анодную эквипотенциали при различных значениях тока пучка. Анализ полученных результатов показывает, что при увеличении тока релятивистского пучка, а также с ростом продольной координаты уменьшается угол наклона нулевой эквипотенциали к оси пучка.

Учитывая релятивизм, нельзя не принимать во внимание фокусирующее действие собственного магнитного поля пучка. Влияние собственного магнитного поля на форму электродов предлагается учесть с помощью метода Рэдди. Для релятивистского случая в соответствии с этим методом можно подобрать одно или большее число семейств функций, в которых каждая из функций в отдельности удовлетворяет уравнению Лапласа, но не удовлетворяет заданным граничным условиям. Вместе с тем можно выбрать соответ-

Владимиров С.Н., Негруль В.В. РС источники хаотических колебаний.// Тр. четвертой междунар. науч.-техн. конф. "Актуальные проблемы электронного приборостроения, АПЭП - 98". Новосибирск, 1998. Т. 10. С. 109-111.

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

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

С.А. Павлов

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Теоретический расчет электродинамических параметров для многих типов замедляющих систем оказывается достаточно сложным и часто приближенным. Поэтому часто ВЧ параметры определяются экспериментально, для чего используются метод либо "горячих", либо "холодных" измерений. Метод "горячих" измерений основан на изучении взаимодействия пучка с бегущей волной и имеет ряд несомненных преимуществ, т.к. электронный поток является естественным анализатором фазовых скоростей благодаря явлению пространственного резонанса.

Анализ взаимодействия электронного пучка с бегущей волной показывает, что в зависимости от скорости электронов и тока луча коэффициент усиления может иметь два экстремальных значения, одно из которых соответствует максимальному усилению волны, а другое - максимальному затуханию. Режим максимального затухания входного сигнала, получивший название режима срыва Компфнера, обладает рядом преимуществ: зависимость условия бесконечного затухания в ЛБВ от величины тока и скорости электронного пучка носит критический характер; при измерении ВЧ параметров можно не принимать во внимание качество согласования концов замедляющей системы.

Однако условия срыва Компфнера жестко связаны с параметром длины пространства взаимодействия, что налагает серьезное ограничение на применение метода срыва Компфнера для приборов, в которых ввод и вывод энергии носит распределенный характер. В связи с этим предложено дополнить метод срыва Компфнера методикой, основанной на использовании режима нулевого усиления сигнала. Предложенная методика позволяет посредством экстраполяции экспериментальной зависимости ускоряющего напряжения от тока пучка в область нулевого значения тока пучка быстро и точно получить

значение фазовой скорости волны и как следствие корректно определить параметр длины пространства взаимодействия.

В результате проведенной работы на базе метода дисперсионного уравнения, создано программное обеспечение, автоматизирующее процесс обработки экспериментальных результатов.

Научный руководитель - д-р. физ. мат. наук., проф. Ю.Д. Жарков

МАГНИТОИНДУКТИВНЫЙ ДАТЧИК ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

С.А. Петров

Новосибирский государственный университет

Датчики перемещений находят очень широкое применение, поскольку контроль положений и перемещений является важным элементом правильного функционирования большого числа разнообразных машин. В то же время многие физические величины измеряются с помощью их первичного преобразования в перемещение (измерение сил, давлений, ускорений, температур и т.д.). В результате проведенной работы был разработан, сконструирован и исследован датчик магнитоиндуктивного типа. Прибор состоит из трех частей: генератор прямоугольного сигнала, индуктивный датчик положения и синхронный детектор. Роль датчика положения выполняют две катушки индуктивности соединенные последовательно, расположенные на одном корпусе и имеющие общий сердечник. Синхронный детектор реализован на микросхеме КР590КН3. Для работы необходимо напряжение питания $\pm 12\text{В}$. Зависимость выходного напряжения U является нелинейной функцией перемещения L . Функция $U(L)$ имеет S-образный вид и участок хорошей линейности, который используется как рабочий. Длина рабочего участка 10мм. Отклонение от линейности на рабочем участке не более 3%. Разрешающая способность датчика 1 микрон.

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

НАЛАДОЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ИНЖЕКТОРА ПЛАЗМЫ

И. А. Полей

Новосибирский государственный университет

В данной работе предпринята попытка создания экспериментального наладочного преобразователя для высоковольтного источника питания инжектора плазмы.

В описываемом источнике питания можно выделить следующие функциональные узлы:

- сетевой двухполупериодный трехфазный выпрямитель со сглаживающим фильтром;

- импульсный регулирующий элемент, выполненный по схеме классического импульсного стабилизатора понижающего типа;

- выходной преобразователь, реализованный по схеме мостового инвертора с внешним возбуждением;

- блок контроллера и защиты источника от аварийных режимов работы.

Регулирование и стабилизация выходного тока источника питания осуществляется при помощи импульсного стабилизатора, управляемого методом релейной модуляции с синхронизацией моментов включения и выключения.

Выходной ток источника питания допускает регулировку в пределах 0 - 10 А при максимальной выходной мощности 5 кВт. Частота преобразования выбрана равной 25 кГц с возможностью синхронизации внешним тактовым сигналом.

Источник имеет встроенную электронную защиту от превышения выходного тока и короткого замыкания по выходу, а также от превышения первичного сетевого напряжения.

В качестве коммутирующих силовых элементов в устройстве применены IGBT транзисторы. Конструктивно источник оформлен в виде стандартного блока для радиостойки «вишня» и имеет принудительное воздушное охлаждение. Габариты устройства 400 x 200 x 200.

Научный руководитель - мл. науч. сотр. В.В. Рашенко

МЕТОД ГЕНЕТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФОРМЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

С.Э. Шипилов

Томский государственный университет

Одной из важнейших информационных характеристик радиолокационного объекта (РЛО) является его форма. В случае, когда возможность многоракурсного обзора РЛО недостижима, возникают существенные проблемы при восстановлении его формы. Привлечение априорной информации о возможных вариациях формы РЛО позволяют решить эту задачу при малых углах обзора. Разработанный метод позволяет решать задачу восстановления формы для углов обзора менее 3 градусов в присутствии шумов при зондировании РЛО сверхширокополосным излучением.

Центральным звеном предложенного метода является разложение принятого от РЛО сигнала на так называемые генетические функции (ГФ). Каждая из ГФ несёт в себе интегральную информацию о каком-либо фрагменте РЛО при фиксированном ракурсе. При этом задача восстановления формы сводится к обращению матричного выражения относительно неизвестных весовых коэффициентов для каждой из ГФ и их положений на временной оси. Набор ГФ представляет собой банк данных заранее рассчитанных импульсных характеристик характерных деталей РЛО и их вариаций по размерам и форме. Определение местоположения фрагментов РЛО, соответствующих найденным ГФ, производится по схеме разнесённого приёма, когда относительные задержки данной ГФ в каждом из приёмников преобразовываются в координаты соответствующего фрагмента.

В ходе численного эксперимента по восстановлению формы стилизованной модели самолёта исследовалась зависимость точности восстановления от шумов измерений. Разнос приёмников обеспечивал угловую базу обзора РЛО 2.6 градуса. Точность восстановления в отсутствии шумов составила 100%, а при уровне шумов 10% составила 80%. Точность метода существенно зависит от начальных приближений положения ГФ на временной оси. В данной работе предложен оригинальный подход по оценке начальных приближений.

Научные руководители - д-р. физ.-мат. наук, проф. В.П. Якубов, д-р. физ.-мат. наук, проф. В.И. Кошелев.

SAMPLE&HOLD КОНВЕРТОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ ПУЧКА

В.Ю. Зорин

Новосибирский государственный университет

Системы диагностики пучка в накопителях, которые позволяют измерять положение пучка на каждом обороте, являются весьма информативными, так как позволяют изучать инжекцию и бетатронное и синхротронное движение пучка. Сигнал датчика в таких системах представляет собой последовательность коротких импульсов, амплитуда которых меняется от оборота к обороту. Для измерения подобных сигналов оказывается возможным использовать АЦП умеренного быстродействия, которые имеют необходимую точность. Наивысшую тактовую частоту АЦП при этом достаточно иметь равной частоте обращения. Номинальная точность такого АЦП реализуется, если обеспечить на его входе сигнал, постоянный в течение периода обращения пучка. Для приготовления такого сигнала из импульсного сигнала пучка, наилучшим средством является схема выборки-хранения (Sample&Hold), поставляющая на вход АЦП постоянный в течение периода сигнал, равный амплитуде импульсов пучка.

Целью данной работы является разработка блока Sample&Hold конвертора и анализ факторов, влияющих на его точность. Конвертор изготовлен в виде САМАС-блока с использованием современной аналоговой техники. Минимальное время выборки составляет 5 нс, что позволяет измерять короткие импульсы, что в свою очередь даёт возможность использовать систему диагностики для многосгусткового пучка. В связи с тем, что датчик положения пучка имеет 4 электрода, блок также сделан 4х-канальным. Конвертор обеспечивает малый дрейф и сдвиг нуля выходных сигналов, а также обладает хорошей линейностью, что обеспечивает необходимую точность измерения координат пучка.

Научный руководитель - канд.техн.наук, ст. науч. сотр. А.С. Калинин.

МОНИТОР ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ

А.Н. Елифанцев

Новосибирский государственный университет

В ИЯФе разрабатывается монитор ионизационной камеры, предназначенный для контроля интенсивности пучка синхротронного излучения.

Ионизационная камера представляет из себя замкнутый объем, заполненный инертным газом определенного состава, в который введены два электрода - измерительный и электрод смещения. При прохождении сквозь этот объем пучка синхротронного излучения газ ионизируется, заряды разносятся под действием электрического поля между электродами, и камера пропускает ток, пропорциональный интенсивности части пучка, поглощенной в объеме. Значение тока камеры позволяет судить об интенсивности пучка излучения.

Монитор представляет собой электронный блок, предназначенный для управления ионизационной камерой. Он обеспечивает питание камеры и измерение сигнала. Монитор является системой полностью достаточной для работы с ионизационной камерой, то есть другое дополнительное оборудование не требуется. Базовый вариант монитора - одноканальный.

Для связи с компьютером в монитор встроен, в качестве основного, специализированный приборный последовательный интерфейс. В качестве вспомогательного предусмотрен интерфейс RS232. Оба интерфейса позволяют подключение к одной линии нескольких мониторов.

В состав монитора входит высокостабильный управляемый высоковольтный источник, позволяющий подавать на электрод смещения камеры напряжение в диапазоне 50 - 1000 В с разрешением 0,5 В. Шумы источника не превышают 10 мВ.

Для обработки сигнала камеры применен однодиапазонный измеритель постоянного тока. Входной сигнал пропускается через фильтр низких частот второго порядка с постоянной времени порядка 2 мсек, а затем оцифровывается с помощью 20-разрядного интегрирующего АЦП. Диапазон измерителя определяется номиналом одного резистора и может быть задан от 20 нА - при измерении слабых сигналов, до 2 мкА. В базовом варианте предполагается диапазон 80 нА и техническое разрешение - 10 фА. Реальное разрешение определяется шумами и ожидается порядка 2 пА при экспозиции 320 мсек.

Выходной код измерителя пропорционален интегралу от входного сигнала за время экспозиции (время измерения). Измеритель имеет 8 диапазонов с временами экспозиции от 20 мсек до 2,56 сек по сетке удвоения интервала. Времена экспозиции выбраны кратными периоду сети для подавления влияния сетевых наводок и синхронных с сетью пульсаций интенсивности пучка.

В основном режиме измеритель работает непрерывно, отправляя данные после каждого измерения. При этом интервалы экспозиции размещены слитно, без разрывов, что позволяет производить дополнительную цифровую фильтрацию в управляющем компьютере.

В состав монитора входит микроконтроллер, который реализует основную логику работы монитора. Микроконтроллер осуществляет также промежуточную цифровую фильтрацию сигнала камеры, производит диагностику узлов и режимов работы монитора, осуществляет связь с управляющим компьютером. Для реализации скоростного специализированного приборного последовательного интерфейса используется ПЛИС.

Конструктивно монитор выполнен в виде двух блоков крепящихся на корпусе ионизационной камеры. Связь с компьютером осуществляется через коаксиальный кабель или кабель RS232.

В мониторе предусмотрены дополнительные возможности:

Групповая синхронизация, позволяющая с точностью до 10 мксек совместить интервалы экспозиции нескольких мониторов, подключенных к одной линии - для организации фотометрических измерений.

Программная точная подстройка длительности интервала экспозиции под текущее значение частоты питающей сети - для более глубокого подавления сетевых наводок.

Режим "картинки" - серия слитных измерений с интервалом экспозиции 1/12 или 1/16 периода сети (до четырех периодов сети) - для анализа синхронных с сетью пульсаций интенсивности пучка.

Научный руководитель - науч. сотр. В.В. Каргальцев

МОДЕРНИЗАЦИЯ БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ

Ю.С. Скворцов

Новосибирский государственный университет

Для питания магнитных систем в ускорительной технике используются мощные источники тока. Составной частью систем питания являются измерители тока. В настоящее время в институте ядерной физики СО РАН (ИЯФ) для измерения токов порядка 20кА используется магнитный компаратор на второй гармонике (МК), осуществляющий прецизионную трансформацию тока 20кА, с точностью 10^{-6} позволяющий уменьшить мощность рассеиваемую на прецизионном шунте.

В процессе эксплуатации МК возникла потребность в повышении надежности отдельных узлов прибора, так как в определённых режимах работы

усилитель компенсации (УК), являющийся одним из ключевых узлов МК, выходил из строя. Кроме того, режим автоматического поиска рабочей точки МК был неудовлетворительным.

Для оптимизации условий работы МК был разработан усилитель с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), предназначенный для выполнения функций УК, работавшего в режиме линейного усиления.

Исследован режим автоматического поиска рабочей точки компаратора, устойчивость работы цепи обратной связи (ОС) в рабочей точке.

В результате определены критерии устойчивости работы цепи ОС и автоматического поиска. Так же было повышено КПД УК, снижены его габаритные размеры и увеличена надежность.

Научный руководитель - канд. техн. наук В.Ф. Веремеенко

ПОДСЕКЦИЯ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФЕКТОВ УПАКОВКИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ КРЕМНИЯ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОПОГРАФИИ

В.Г. Анисимов, А.Н. Буйлов, А.О. Окунев

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

В работе исследовались почти бездислокационные монокристаллы кремния выращенные по методу Чохральского в направлении [111] с гигантскими дефектами упаковки.

Рентгенотопограммы снимались топографическим методом аномального прохождения рентгеновских лучей с использованием симметричного лауэвского случая дифракции, отражений {220} и характеристического излучения CuK_α - излучения. Направление рентгеновского пучка в кристалле было [111]. Разрешение составляло ~ 6 мкм.

Были получены рентгенотопографические изображения ДУ и частичных дислокаций, их ограничивающих. На основе анализа бормановского контраста интенсивности ДУ и частичных дислокаций обнаружено, что ДУ проявлялись как широкие полосы отрицательного контраста, а в районе выхода на поверхность иногда наблюдалась яркая кайма с положительным контрастом. ДУ имели отрицательный контраст интенсивности ($I_g < I_f$) зависящий от глубины и постепенно спадающий к фону. В случае двух близко расположенных ДУ наблюдался для одного ДУ более сильный контраст интенсивности из-за наложения контраста интенсивности от другого ДУ. ДУ в монокристаллах