

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

B338
П.78



ВОСЬМОЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ СЕМИНАР
"ПРОБЛЕМЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ И ИОННОЙ ОПТИКИ"
(Посвящается памяти Ю.М.Кушнера)

29-31 мая 2007 Москва, Россия

(47) Моделирование и исследование квадруполь микро системной техники

Д.Ю.Махов

Московский государственный институт электроники и математики (технический университет), Москва, переулок Б. Трёхсвятительский, 1-3/12, строение 8.

В настоящей работе рассматриваются результаты моделирования и исследования квадруполь для микро системной техники, работающей в низковольтном режиме.

В электронно-лучевом оборудовании (например, в установках электронной литографии) для повышения быстродействия используются отклоняющие системы (квадруполь) без магнитопровода.

В отсутствие магнитного сердечника аналитическое вычисление магнитных полей, индуцируемых проводником с током, относительно просто. Закон Био-Савара даёт предлагает несложную формулу для вычисления магнитной индукции около рамки с током. Из-за ограниченного количества витков в отклоняющей системе и вызываемого случайными процессами изменения формы витков за счёт технологии их изготовления, приводит к нарушению симметрии поля. При проектировании электронно-лучевых систем необходимо знать допустимые погрешности изготовления этих отклоняющих систем. Поэтому была проведена количественная оценка влияния технологических ошибок на изменение геометрических параметров витков и на отклоняющее магнитное поле.

Исследовались возникающие погрешности при отклонении формы витков в планарном исполнении и их влияние на формируемые поля. Анализ показал, что влияние погрешностей технологии на формирование полей от заданных величин с уменьшением размеров отклоняющих систем резко возрастают. В работе приводятся данные влияния технологических погрешностей, вызываемых разными аспектами, на точность формируемых полей отклонения.

(48). Моделирование электронных пушек в миниатюрном исполнении

Д.Ю.Махов

Московский государственный институт электроники и математики (технический университет), Москва, переулок Б. Трёхсвятительский, 1-3/12, строение 8.

В настоящей работе рассматриваются результаты моделирования низковольтной триодной электронной пушки в миниатюрном исполнении.

Современные тенденции развития и миниатюризации электронно-лучевого приборостроения в значительной мере определяются новыми задачами, стоящими перед полупроводниковой технологией, требующей снижения радиационных нагрузок на объект при неразрушающем

контроле и в технологическом процессе, создание многопучковых устройств электронной литографии. Такого рода задачи являются чрезвычайно сложными. Однако уже накоплен опыт моделирования и расчёта подобных пушек численными и полуаналитическими методами.

Моделирование низковольтной триодной электронной пушки в миниатюрном исполнении выполнялось методом конечных элементов с помощью стандартной программы. В задачу входило исследование низковольтной миниатюрной пушки, работающей при ускоряющих напряжениях 0,1 – 1,0 кВ с минимально возможным диаметром кроссовера.

В докладе представлены абберрационные характеристики мини-пушек, а также зависимость тока пучка и диаметра кроссовера от геометрических размеров элементов пушки, апертурного угла пучка и ускоряющего напряжения.

Результаты моделирования миниатюрных пушек с внешним диаметром менее 10 мм показало, что в низковольтном режиме работы они по своим параметрам (диаметра кроссовера и тока) не уступают обычным высоковольтным пушкам.

Обоснован выбор оптимального режима работы мини-пушки триодного типа.

Рассмотрен вариант технологии изготовления мини-пушек в интегральном исполнении с использованием МОП - технологии.

(49) Асимптотический подход к моделированию динамики частиц в магнитных системах

О. Е. Шишанин

Московский государственный индустриальный университет

Рассматривается аналитическое описание движения заряженной частицы в переменных магнитных системах ускорителей и накопительных колец. Для этого, в частности, компоненты магнитного поля раскладываются в ряд Фурье, что приводит к одному уравнению типа Хилла. Разработаны методы решения полученных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Приведены результаты для системы FODO и одной линейной машины.

СЕКЦИЯ II.

Электронная оптика интенсивных пучков

(50) Электронно-лучевые источники Института ядерной физики Им. Г.И. Будкера

В.Г. Абдульманов

Института ядерной физики им Г. И. Будкера, Новосибирск, Россия

В ИЯФ разрабатываются электронно-лучевые источники многозарядных ионов, в которых обеспечивается высокая плотность

электронного пучка в области ионизации – в ионной ловушке $\geq 10^3$ А/см². Данные ионные источники обеспечивают получение многозарядных ионов различных элементов, как газообразных, так и твердых. В этих источниках успешно реализован метод импульсного дозированного напуска атомов твердых элементов в ионную ловушку

Были разработаны и созданы электронно-лучевые источники ИМИ-1 и ИМИ-2, фокусирующие магнитные системы которых реализованы на основе водоохлаждаемых соленоидов с замкнутыми магнитопроводами. Электронно-оптические ЭОС этих источников обеспечивают высокую компрессию пучка до 10^3 и плотность электронного пучка в зоне ионизации до 10^3 А/см² при токе в пучке 2А.

В настоящее время разработан и изготовлен электронно-лучевой ионный источник MIS-1, фокусирующая магнитная система которого создана на основе сверхпроводящего соленоида с замкнутым магнитопроводом. Она обеспечивает однородное магнитное поле 3Т на дрейф структуре на длине 70 см. Расчетная компрессия электронного пучка не менее 10^3 , что обеспечит его плотность в зоне ионизации $2 \cdot 10^3$ А/см² при токе электронного пучка 20А.

Для получения такой компрессии электронного пучка применяется двухступенчатая компрессия.

В начале электростатическая в сферических электронных пушках порядка 10^2 . Дальнейшая компрессия >10 обеспечивается максимально симметричным фокусирующим магнитным полем.

Для ЭОС этих ионных источников разработаны и созданы короткофокусные электронные пушки со сферическими катодами малого радиуса кривизны. В электронных пушках обеспечивается получение в кроссовере компрессии до 10^2 .

В электронных пушках ионных источников ИМИ-1 и ИМИ-2 применены катоды LaB6, диаметром 16 мм и радиусом кривизны 9,5 мм.

Ионный источник ИМИ-1 разрабатывался для Радиового Института имени В.Г. Хлопина г. Санкт-Петербург (Ленинград) [1-3].

Ионный источник ИМИ-2 в настоящее время поставлен заказчику. В этом источнике в зоне ионной ловушки обеспечена плотность электронного пучка 10^3 А/см² на длине 35 см при токе в пучке 2А.

Фокусирующая магнитная система ионного источника MIS-1 создана на основе сверхпроводящего соленоида длиной 1 м на поле 3Т.

ЭОС MIS-1 рассчитана на получение электронного пучка 20А при энергии 50кэВ и создана на основе короткофокусной электронной пушки, сферический импрегнированный катод, который имеет диаметр 34 мм, а радиус кривизны 21,5 мм. Результирующая компрессия электронного пучка $>10^3$. В зоне ионизации плотность электронного пучка $2 \cdot 10^3$ А/см² на длине 70 см. Емкость ионной ловушки $\sim 10^{12}$.

ЭОС данных электронно-лучевых ионных источников обеспечивают высокий уровень рекуперации энергии электронного пучка в электронном коллекторе.

1. В.Г. Абдульманов, В.Л. Ауслендер, Ю.М. Колокольников, И.Н. Мешков, В.Г. Потапов, Г.А. Тутин, В.П. Эйсмонт. Электронно-лучевой источник многозарядных ионов ИМИ-1 //Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Том 2, Дубна, 1987, с. 51-54

2. В.Г. Абдульманов, Ю.М. Колокольников, И.Н. Мешков, А.Н. Шарапа. Электронно-оптическая система источника многозарядных ионов ИМИ-1 //Труды Ч Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Том 2, Дубна, 1987, с.79-83.

3. В.Г. Абдульманов, И.И. Авербух, В.Л. Ауслендер, Г.Б. Глаголев, Ю.М. Колокольников, Р.М. Лапик, А.Д. Панфилов, В.П. Томилов, А.Р. Фролов, В.П. Черепанов, В.Г. Черепанов, В.Г. Ческидов, А.А. Шейнгезихт, В.П. Яковлев, А.Г. Доничкин, В.А. Столяр, Н.А. Тарасов, С.М. Трофименко, Г.А. Тутин, В.П. Эйсмонт. Ускорительный комплекс синхротрона Б-5 Радиового Институту // Труды XII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Том 2, Дубна, 1992, с.106.

4. V.G. Abdulmanov, in Proceedings 5-th International Symposium on Electron Beam Ion Sources and Their Applications, Eds. E.D. Donets and I.P. Yudin, JINR, Dubna, 1992, p. 71.

5. V.G. Abdulmanov, Electron Beam Ion Source IMI-2, List of expected Lectures and contributions to the 6th International Symposium on Electron Beam Ion Sources and their Applications, Stockholm University, 1994.

6. В.Г.Абдульманов, Е.Н. Дементьев, Е.Г. Мигинская, Л.А. Мироненко, О.В.Пирогов, В.П. Томилов, В.М. Цуканов. Электронно-лучевой источник многозарядных ионов ИМИ-2 //Прикладная физика, 2000, №2, с.144.

7. V.G. Abdulmanov, E.N. Dement'ev, E.G. Miginskaya, L.A. Mironenko, O.V. Pirogov, V.P. Tomilov, and V.M. Tsukanov. Electron-Beam Multicharge Ion Source IMI-2, Proceedings of SPIE, Vol. 4187,2000, pp. 52-55.

8. V.G. Abdulmanov, V.L. Korotkova, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V. P. Rybachek, V. K. Fedyayev. Electron-Optic System of the Multicharge Ion Source (MIS-1) // Proceedings of SPIE, Volume 4187, 2000, pp. 56 - 61.

9. V. Abdulmanov, P. Nevsky, V. Rybachek, V. Fedyayev. Simulation of the High Power Electron Beam Formation and Recuperation Designed for Ion Source // Proceeding of the 13th International Conference on High Power Particle Beams BEAMS - 2000. - Nagaoka, Japan, June 25-30, 2000, pp. 885 - 888.

10. V.G. Abdulmanov, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K. Fedyayev. Electron-Optic System Of The Multicharge Ion Source (MIS-1) // Electron beam Ion Sources and Their Applications, 8th Int. Symp. - American Institute of Physics, 2001, pp. 170 -177.

(51) Фокусирующая магнитная система со сверхпроводящим

соленоидом электронно-лучевого ионного источника MIS – 1

В.Г. Абдулманов, П.Д. Воблый, В.Ф. Куликов Е.П. Семенов,

В.М. Сыроватин, А.В. Уткин

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия

В установке MIS-1 многозарядные ионы образуются при многократной последовательной ионизации атомов в ионной ловушке ионизирующим ламинарным электронным пучком. Ток в пучке до 20А, при этом обеспечена плотность тока в пучке $j \sim 2 \cdot 10^3 \text{ А/см}^2$ на длине 700 мм.

Специальная структура и конструкция фокусирующей магнитной системы MIS-1, согласованная с электронно-лучевой системой (ЭОС), обеспечивает основное условие - ламинарность интенсивного электронного пучка на всей длине ЭОС, постоянство магнитного потока, проходящего через поперечное сечение электронного пучка от катода до коллектора. При этом обеспечивается необходимое согласование магнитных и электрических полей в области короткофокусной сферической электронной пушки, диаметр катода 34 мм, радиус кривизны катода 21,5 мм.

В кроссовере электронной пушки, где электрическая компрессия ~ 100 , электронный пучок замагничен полем 0,3Т дальнейшая компрессия электронного пучка, не менее 10, обеспечена фокусирующим магнитным полем до 3Т сверхпроводящего соленоида и магнитопроводом. В итоге получена компрессия электронного пучка 10^3 . Распределение магнитного поля в электронном коллекторе обеспечивает высокий уровень рекуперации энергии электронного пучка.

Фокусирующая сверхпроводящая магнитная система ионного источника MIS-1 имеет вертикальную конструкцию и состоит из сверхпроводящего соленоида длиной 1 м, размещенного в криостате, наружного магнитопровода, двух электромагнитных линз, расположенных в области электронной пушки и коллектора электронов.

В центральной части верхнего и нижнего полюсов магнитопровода расположены магнитные диафрагмы специальной формы для обеспечения необходимого распределения магнитных полей в области электронной пушки и электронного коллектора.

Обмотка сверхпроводящего соленоида секционирована для того, что бы обеспечить однородное фокусирующее поле 3Т на максимально возможной длине дрейфовой структуры 700 мм, что обеспечивает высокую емкость ионной ловушки до 10^{12} .

1. V.G. Abdul'manov, V.L. Korotkova, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K. Fedaev. Electron-Optic System of the Multicharge Ion Source (MIS0-1) // Proceeding of SPIE, Volum 4187, 2000, pp. 56-61.

2. V.G. Abdul'manov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K. Fedaev. Simulation of the High Power Electron Beam Formation and Recuperation

Designer for Ion Source // Proceeding of the 13th Conference on High Power Particle Beams BEAMS-2000. –Nagaoka, Japan, June 25-30, 2000, pp. 885-888

3. V.G. Abdul'manov, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K. Fedaev. Electron-Optic System of the Multicharge Ion Source (MIS0-1) // Electron Beam Ion Source and Their Application, 8th Intl. Symp. –American Institute of Physics, 2001, pp. 170-177.

(52) Источники ионов ЭЦР-типа. Состояние работ и перспективы развития в ОИЯИ (приглашенный доклад)

С.Л. Богомолов, Г.Г. Гульбекия, А.А. Ефремов

Объединенный институт ядерных исследований

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова Дубна, Россия

В Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ развитие источников ионов на основе нагрева плазменных электронов на частоте электронно-циклотронного резонанса (ЭЦР) [1] связано с совершенствованием ускорительного комплекса Лаборатории (циклотроны У-400, У-400М, ИЦ-100) [2], а также с проблемой получения пучков вторичных радиоактивных ионов [3].

В течении последних 15 лет в Лаборатории разработаны различные типы ЭЦР источников семейства DECRIS (Dubna Electron Cyclotron Resonance Ion Source) для получения интенсивных пучков многозарядных ионов. В традиционном варианте источника формирование аксиального магнитного поля ($1 \div 1.3 \text{ Т}$ в максимумах распределения) осуществляется медными обмотками с водяным охлаждением. Для формирования радиального магнитного поля ($\sim 1 \text{ Т}$ в области стенки разрядной камеры) используется гексаполь, изготовленный из постоянных магнитов (NdFeB). Для нагрева плазмы в источниках используется СВЧ-генератор с частотой 14ГГц.

В новом поколении источников ионов (DECRIS-SC) [4] используется сверхпроводящая магнитная система формирования аксиального магнитного поля (максимумы распределения до 2Т и 3Т). Для охлаждения обмоток используется криокулер Гиффорд-МакМагона. Магнитная система позволяет использовать частоты нагрева плазмы от 14 до 28 ГГц. В стадии проектирования и изготовления находятся компактные версии источников такого же типа DECRIS-SC2 и DECRIS-SC3 с частотами нагрева плазмы 14 и 18 ГГц, соответственно.

В настоящее время разрабатывается проект ЭЦР источника с формированием как аксиального, так и радиального магнитных полей сверхпроводящими обмотками.

Для получения пучков стабильных и радиоактивных однозарядных ионов разработаны источники, работающие на частоте 2.45 ГГц. Магнитная система источников образована кольцами из постоянных (NdFeB) магнитов. Источники позволяют получать пучки однозарядных ионов газов с эффективностью $\sim 80 \%$ для Кг, Хе, и $\sim 15 \%$ для Не. Данные источники используются на установке DRIBs (Dubna Radioactive Ion

Эта потребительская ниша может быть, на наш взгляд, с успехом заполнена сверхмощными магнетронами при условии, что применение соленоидов должно быть исключено, а габариты и вес магнитной системы на постоянных магнитах будут минимизированы.

В данной работе рассмотрены возможные пути конструирования сверхмощных магнетронов с заданной рабочей частотой (порядка 1 ГГц), фиксированным рабочем напряжением (50-80 кВ) и примерно одинаковой во всех вариантах индукцией магнитного поля (в диапазоне порядка 0,1 Тесла).

Основным способом достижения высоких мощностей на магнетронах является увеличение размеров их анода и катода. В этом случае выходная мощность пропорциональна площади катода s [см²], что позволяет сравнивать различные варианты конструктивного выполнения приборов по этому параметру. Для ряда конструктивных вариантов прибора предложена и рассчитана конструкция магнитной системы на постоянных магнитах, которую можно характеризовать отношением веса магнитной системы (вместе с полюсными наконечниками и магнитопроводами) к площади катода - p/s [кг/см²]. Т.о., проектируемые в работе конструктивные решения для магнетронов оценивались по совокупности этих двух параметров.

Для приборов традиционной конструкции, в котором длина анода равна $0,6\lambda$ (λ - длина волны в свободном пространстве), а число резонаторов $N=8$, можно получить приемлемый относительный вес $p/s = 0,13$ кг/см², но при этом площадь катода $s = 180$ см², что явно недостаточно для получения необходимой мощности. Мощность можно увеличить, удлиняя анод и катод (в 4,5 раза) при сохранении поперечных размеров магнетрона, но такое конструктивное решение (с площадью катода до $s = 800$ см², достаточной для получения заданной выходной мощности) сильно увеличивает относительный вес p/s , что ставит под сомнение целесообразность всей конструкции.

Перспективным направлением работ видится отказ от традиционной конструкции при увеличении диаметров анода и катода и сравнительно небольшой их длине вдоль направления однородного магнитного поля. Расчет конструкции с длиной пространства взаимодействия, равной $\lambda/4$, и числом резонаторов $N=32$, дает следующие результаты: $s = 390$ см²; $p/s = 0,09$ кг/см². Хорошие весовые характеристики магнитной системы не компенсируют недостатка данной конструкции - нехватки площади катода. Однако попытка дальнейшего увеличения радиусов анода и катода ($N=40$) при неизменной их длине привела к ухудшению параметра относительного веса ($p/s = 0,13$ кг/см²), причем площадь катода $s = 670$ см² все равно остается явно недостаточной.

Проработана возможность использования 4-х реверсной магнитной системы для пяти параллельно соединенных магнетронов, дающая наилучший возможный результат: $s = 1950$ см²; $p/s = 0,067$ кг/см². Характерным моментом данной работы явилась важная роль параметров магнитной системы в процессе выбора конструкции прибора в целом.

Проблема минимизации веса подчинила концепцию магнетрона свойствам его вспомогательного элемента, ранее считавшимся второстепенными.

(70) Анодный модулятор электронно-лучевого источника многозарядных ионов MIS-1

В.Г. Абдульманов, П.А. Бак

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, Новосибирск

Для электронно-лучевого источника многозарядных ионов MIS-1 разработан экономичный анодный модулятор электронной диодной пушки, который обеспечивает включение и выключение интенсивного ионизирующего электронного пучка. [1, 2].

Длительность рабочих импульсов может быть от 100 мкс до 2с и более.

Рабочая частота, в зависимости от длительности рабочего импульса и экспериментальных задач, может быть от 0,01 Гц до 50 Гц и более.

Выходное напряжение анодного модулятора регулируется:

запирающее напряжение от -5 кВ до -10 кВ;

рабочее напряжение от +10 кВ до +50 кВ.

Электронные высоковольтные ключи выполнены на тетродах ГМИ-14Б, для которых разработаны специальные сеточные модуляторы. Управление сеточными модуляторами осуществляется через высоковольтные оптронные развязки.

Каждый высоковольтный ключ выполнен на двух последовательно включенных тетродах ГМИ-14Б. Специальный режим работы высоковольтных электронных ключей обеспечивает длительность фронтов импульса менее 5 мкс и экономичный режим ключа в стационарном открытом режиме от 0,5 до 20 мА.

Данный режим работы высоковольтных электронных ключей обеспечивает значительный ресурс работы тетродов ГМИ-14Б и высокую надежность работы анодного модулятора в целом.

1. В.Г. Абдульманов. Анодный модулятор электронно-лучевых источников многозарядных ионов. // Прикладная физика, 2003, №4, с. 46

2. V.G. Abdulmanov. Anode modulator of electron-beam sources of multicharged ions.

// Proceedings of SPIE, Vol. 5025, 2003, pp. 89-97.

(71) Система управления электронно-лучевого ионного источника MIS-1

В.Г. Абдульманов, А.С.Цыганов

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, Новосибирск

Описана система управления электронно-лучевого источника многозарядных ионов MIS-1 [1].

В основу системы положен принцип полного управления всеми системами питания и контроль всех параметров с центральной управляющей машины. Система управления контролирует состояние блокировок систем питания MIS-1.

Система создана на основе блоков аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей (CAC208), генераторов задержанных импульсов CGVI8, разработанных и изготовленных в БИЯФ [2], с интерфейсом CANBUS [3].

Анализ спектра многозарядных ионов, полученных при работе установки MIS-1, производится магнитным масс-спектрометром при помощи блоков CANIPP с интерфейсом CANBUS.

Связь управляющей машины с установкой осуществляется через внешний шлюз CAN-Ethernet.

Оператор имеет возможность управлять всеми параметрами установки MIS-1 и контролировать их. При этом период работы установки регулируется от 100мс до 20с, длительность импульсов электронного пучка от 100мкс до 2с.

1. V.G. Abdul'manov, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K.Fedyaev. Electron-Optic System of The Multicharge Ion Source(MIS-1) //Proceedings of 8 th Intern. Symposium EBIS/T 2000,Volume 572, p. 170

2. В.Р. Козак, Э.А. Купер, А.Н. Фисенко Набор устройств с интерфейсом CANBUS для систем автоматизации физических установок ИЯФ 2003-70. Препринт БИЯФ. Новосибирск 2003

3. CAN Specification Version 2.0, 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1

(72) Система питания дрейфовой структуры электронно-лучевого ионного источника MIS-1

В.Г. Абдульманов, П.А. Бак, А.А. Пачков

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, СОРАН

Описана система питания дрейфовой структуры электронно-лучевого источника многозарядных ионов MIS-1 [1]. Эта система питания включает в себя источник высокого напряжения (ИВН) и схему управления барьером ионной ловушки (СУБ).

ИВН построен по схеме полумостового высокочастотного инвертора. Использование трансформаторно-выпрямительного модуля на основе симметричного четырехкратного умножителя напряжения, существенно упростило конструкцию высоковольтного трансформатора и уменьшило его паразитные параметры.

Разработанный алгоритм управления позволил обеспечить нестабильность выходного напряжения $\sim 0.1\%$ при выходном напряжении 50 кВ и выходной мощности 1500 Вт, при этом достигнута практически безтоковая коммутация ключей.

КПД инвертора составил 93%.

Управление временем накопления и выпуска ионов осуществляется переключением барьера ионной ловушки между "дном" ионной ловушки и нижними секциями дрейфовой структуры [2]. СУБ позволяет переключать электростатический барьер ионной ловушки в пределах 1 кВ относительно "дна". В режиме накопления ионов СУБ поднимает барьер за время 2 мкс выше "дна" на 1кВ, а в режиме выпуска ионов опускает барьер за время 0.5 мкс ниже "дна" на 1 кВ. Таким образом, накопленные в ловушке ионы за счет собственного разброса скоростей выходят из ловушки и ускоряются на созданной разности потенциалов между "дном" и нижними секциями дрейфовой структуры.

Высоковольтный ключ СУБ гальванически изолирован по постоянному напряжению при помощи оптронной развязки. Электрическая прочность, которой превышает 50 кВ.

1. V.G. Abdul'manov, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K.Fedyaev. Electron-Optic System of The Multicharge Ion Source(MIS-1) // Proceedings of 8 th Intern. Symposium EBIS/T 2000, Volume 572, p. 170

2. V.G. Abdul'manov, E. N. Dement'ev, E.G. Miginskaya, L.A. Mironenko, O.V. Pirogov, V.P. Tomilov, V.M. Tsukanov. Electron-Beam Multicharge Ion Source IMI-2 // Proceedings of SPIE, Volume 4187, 2000, p.52

(73) Электронно-оптическая система электронно-лучевого источника MIS-1

В.Г. Абдульманов, Ю.М. Колокольников, Е.А. Лабуцкая, П.В.Невский, В.П.Томилов

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера, г. Новосибирск, Россия

Электронно-оптическая система разработанного и изготовленного в БИЯФ варианта электронно-лучевого источника многозарядных ионов MIS-1 [1-3], обеспечивает плотность электронного пучка в ионной ловушке до $2 \cdot 10^3$ А/см² при токе 20 А и энергии электронов 40 - 50 кэВ. Длина ионной ловушки ~ 70 см, а ее емкость до $7 \cdot 10^{11}$. Дрейфовая структура, внутри которой проходит электронный пучок, имеет

внутренний диаметр электродов 6 мм, и размещена вдоль оси вакуумной камеры диаметром 220 мм.

Для обеспечения ламинарности электронного пучка с данными параметрами была разработана фокусирующая магнитная система со сверхпроводящим соленоидом длиной 1 м и магнитопроводом, создающая фокусирующее магнитное поле величиной 3Т вдоль дрейфовой структуры источника MIS-1 на длине 700 мм. При этом обеспечивается необходимое согласование магнитных и электрических полей в области короткофокусной сферической электронной пушки, диаметр катода 34 мм, радиус кривизны катода 21,5 мм. Распределение магнитного поля в электронном коллекторе обеспечивает высокий уровень рекуперации энергии электронного пучка.

1. V.G. Abdul'manov, V.L. Korotkova, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K. Fedyaev. Electron-Optic System of the Multicharge Ion Source (MIS-1) // Proceedings of SPIE, Volum 4187, 2000, pp. 56 - 61.
2. V. Abdulmanov, P. Nevsky, V. Rybachek, V. Fedyaev. Simulation of the High Power Electron Beam Formation and Recuperation Designed for Ion Source // Proceeding of the 13th International Conference on High Power Particle Beams BEAMS - 2000. - Nagaoka, Japan, June 25-30, 2000, pp. 885 - 888.
3. V.G. Abdulmanov, O.Yu. Maslennikov, P.V. Nevskii, V.P. Rybachek, V.K. Fedyaev. Electron-Optic System Of The Multicharge Ion Source (MIS-1) // Electron beam Ion Sources and Their Applications, 8th Intl. Symp. - American Institute of Physics, 2001, pp. 170 - 177.

СЕКЦИЯ III.

Электронно-лучевые приборы. Оборудование и технологии.

(74) Протонный сканирующий микрозонд с интегрированной зондоформирующей системой

А.Г. Пономарев, В.А. Ребров, Н.А. Сайко, А.Б. Дудник,
П.А. Павленко, Л.П. Пелешук, А.И. Чемерис, В.И. Мирошниченко,
В.Е. Сторишко

Институт прикладной физики Национальной Академии наук Украины,

ул. Петропавловская 58, 40030 Сумы, Украина.

Тел.: +38 (0542) 333018 Факс: +38 (0542) 223760 E-mail:

ropom@ipflab.sumy.ua

На новом протонном сканирующем микрозонде на базе электростатического ускорителя «СОКОЛ» с максимальным напряжением 2 Мв начаты эксперименты с целью определения параметров пучка на мишени. Получены первые изображения калибровочных сеток во вторичных электронах. Особенностью микрозонда является

интегрированная зондоформирующая система, которая основывается на дублетах магнитных квадрупольных линз новой конструкции. Расчетные ионно-оптические параметры зондовой системы определялись исходя из оптимизационных расчетов с учетом аберраций до третьего порядка включительно, где критерием оптимальности был выбран максимальный акцептанс системы. Конструкция сканирующей системы позволяет производить сканирование с динамическим сдвигом оси пучка (beamgocking). Разработана новая система сбора данных синхронизированная с режимом сканирования. Набор спектрометрической информации осуществляется одновременно с трех детектирующих устройств: вторичных электронов, обратно рассеянных протонов и характеристического рентгеновского излучения. Все это в совокупности позволяет проводить неразрушающий, локальный, элементный анализ исследуемых образцов с высокой чувствительностью (1-10 ppm). Разработанное оборудование предназначено для проведения исследований в материаловедении, биофизики и геологии.

(75) Физическое моделирование явления аномальной термополевой эмиссии электронов с поверхности наногетероструктур вида: металл (проводник) – тонкая пленка диэлектрика

В.Э. Птицын

Институт аналитического приборостроения РАН, 190103, Рижский пр. 26, Санкт – Петербург, Россия

Предложена и развита феноменологическая модель явления аномальной термополевой эмиссии (АТФЕ).

При построении модели АТФЕ с поверхности низкоразмерных наногетероструктур (НГС) реальный вакуумный диод моделировался 2D структурой вида: металл – тонкая пленка диэлектрика, находящейся в вакууме в однородном электростатическом поле напряженностью (F_e).

При построении модели АТФЕ полагалось, что:

1. инжекция электронов из металла в свободную зону диэлектрика через межфазовую границу раздела: металл – диэлектрик, может осуществляться как по термотуннельному (TFE), так и по термоэмиссионному (TE) механизмам; контакт металл – диэлектрик является запирающим для электронов металла;
2. электрическое поле на интерфейсе металл – диэлектрик представляет собой суперпозицию: поля F_e , поля положительного пространственного заряда (ПЗ) ионизованных локализованных состояний в запрещенной зоне диэлектрика а также поля ПЗ электронов, инжектированных в свободную зону диэлектрика;
3. ионизация локализованных состояний в пленке может осуществляться как посредством термополевого механизма, так и, вообще говоря, под действием электромагнитного излучения, поглощенного пленкой диэлектрика, включая тепловое излучение вещества НГС;