

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 532.6: 53.01

Курапцова

Анна Андреевна

Ионно-оптическая система мультипольного многоапертурного ионно-лучевого источника для нанопокровтий

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 Нанотехнологии и наноматериалы
(в электронике)

Научный руководитель

Родионов Юрий Анатольевич

кандидат технических наук, доцент

Минск, 2017

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие микро- и наноэлектроники. Неотъемлемой частью любого технологического процесса является передовое технологическое оборудование. Развитие оборудования вызвано непрерывно растущей потребностью в повышении прецизионности, эффективности и экономичности технологических процессов. При изготовлении интегральных микросхем, изделий тонкопленочной технологии (покрытия, в том числе оптические, линзы, оптические фильтры, тонкопленочные элементы микро- и наноэлектроники) активно используются ионные процессы.

Наиболее перспективный способ генерации ионных потоков основан на извлечении ионов из плазмы. Газоразрядная плазма является эффективным эмиттером свободных ионов. Следует отметить, что именно плазменные ионные источники нашли широкое применение в различных областях научных исследований и в современном технологическом промышленном оборудовании.

Поскольку площадь обрабатываемых поверхностей за одну технологическую операцию непрерывно растет, широкое распространение получили ионные источники с широким пучком. Вследствие сложных и комплексных процессов, обеспечивающих их работу, требуется хорошее понимание принципов работы, взаимосвязь параметров и возможные недостатки многоапертурных ионных источников.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель работы: исследовать принцип работы ионно-оптической системы многоапертурного ионно-лучевого источника применительно к созданию нанопокровтий, построить приближенную модель процессов, происходящих в процессе работы ионно-лучевого источника.

Задачи исследования: формулирование основных зависимостей между параметрами работы ионно-оптической системы многоапертурного ионно-лучевого источника, выявление процессов нуждающихся в дальнейшем исследовании и математическом описании.

Для выполнения поставленной задачи следует провести обзор существующей литературы в области ионных источников и их применения в частности при нанесении покрытий, провести обзор существующих математических моделей физики процессов. По результатам исследований составить идеализированную модель ионно-оптической системы и программу на ее основе.

Объект исследования: объектом исследования является принцип работы и применение ионно-оптической системы многоапертурного ионно-лучевого источника.

Предмет исследования: анализ и создание математической модели работы ионно-оптической системы, написание программы, моделирующей ее работу и наглядно демонстрирующей некоторые протекающие в ней процессы.

Личный вклад автора выражен в самостоятельном исследовании:

- физики ионных пучков в применении к ионно-лучевым источникам и многоапертурным ионно-оптическим системам;
- различных математических моделей транспорта ионных пучков.

Практическая значимость результатов заключается в возможном улучшении работы ионно-оптической системы многоапертурных ионно-лучевых источников и дальнейшей разработке модели транспорта ионов в ионно-оптической системе.

Социальная значимость работы состоит во внедрении результатов работы в учебный процесс БГУИР для студентов специальности МНЭТС по дисциплине «Технология изготовления интегральных микросхем».

Материалы диссертации выкладывались в тезисном виде на 25-й международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния», Гродно, 2017.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы отображены во введении.

Многоапертурные мультипольные ионно-лучевые источники являются представителями класса ионных источников производящих широкий пучок. К ним относятся ионные источники Кауфмана. В качестве их преимуществ можно назвать получение широкого пучка ионов очень узкой направленности и с большой моноэнергетичностью. Также многоапертурные источники дают возможность высокого контроля над параметрами выходного пучка. Многоапертурные ионно-лучевые источники на данный момент применяются в разнообразных сферах производства в микро- и нанoeлектронике, прецизионной оптике, очистке и полировке поверхностей, нанесении покрытий.

В Главе 1 делается разносторонний обзор методов получения покрытий, физики транспорта ионных пучков и принцип работы многоапертурных ионных источников.

В Главе 2 дается описание построенной математической модели для расчета основных параметров работы ионно-оптической системы многоапертурного ионно-лучевого источника, а также приводится принцип построения алгоритма для создания программы.

В Главе 3 приводится описание работы программы и построения наглядных графиков, поясняющих работу ионного источника. Также в ней приводится анализ качественных зависимостей между режимами работы источника и получаемыми параметрами.

В заключение сделаны выводы о адекватности построенной модели, и о процессах требующих дальнейшего исследования.

В приложении приведен листинг программы.

На данную тему сделаны следующие публикации:

1. Родионов, Ю. А. Обеспечение прецизионности ионно-оптической системы многоапертурного ионно-лучевого источника / Ю. А. Родионов, А. А. Курапцова // Микро- и нанотехнологии в электронике. Материалы IX Международной научно-технической конференции — Нальчик: Каб.-Балк. ун-т., 2017 – С. 435-439.
2. Курапцова, А. А. Оптимизация компенсации пространственного заряда ионного луча ионно-лучевого источника Кауфмана / А. А. Курапцова // Физика конденсированного состояния: материалы XXV международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов – Гродно: ГрГУ, 2017 – С. 199 – 201.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных диссертационных исследования получены следующие основные результаты.

Многоапертурные ионно-лучевые источники применяются в широком спектре технологических процессов. Их главным достоинством является ионно-оптическая система, которая позволяет получать ионные пучки с малым углом расхождения, и малым разбросом энергии. Благодаря тому, что многоапертурные ионно-лучевые источники дают возможность точно контролировать режим работы, их применяют в процессах, требующих высокой точности.

Можно выделить следующие тенденции развития технологических многолучевых источников:

- увеличение диаметра ионного потока;
- использование нескольких термокатодов с целью повышения равномерности пространственного распределения плазмы в объеме разрядной камеры;
- увеличение ресурса термокатодов;
- применение мультипольных магнитных систем и многоанодных систем для повышения однородности плазмы в разрядной камере;
- нейтрализации объемного заряда ионного потока.

По результатам исследований был сделан вывод о сложности расчета формы пучка заряженных частиц. Этот расчет требует подключения сложного математического аппарата и не может быть произведен в общем виде. Численное решение было отображено в алгоритме с некоторой точностью. Также был сделан вывод о невозможности численного моделирования на текущий момент всех физических процессов, происходящих при работе ионно-оптической системы. Поэтому был сделан ряд допущений с целью отобразить в этом численном решении основополагающие принципы работы ионно-лучевого источника:

- не учитывались потери энергии ионами при прохождении через область рабочей камеры;
- положение компенсатора было принято постоянным и равным положению плоскости перекрытия ионных пучков;
- компенсация считалась полной;
- не учитывалось влияние отдельных пучков ионов друг на друга после их перекрытия;
- не учитывалась потеря энергии ионов на ускоряющей сетке.

Для наглядного понимания этих основных принципов был создан алгоритм построения вспомогательных иллюстраций в форме графиков на основе исходных данных для расчета.

Также были очерчены основные направления развития на текущий момент конструкции и дополнительных устройств, таких как компенсаторы пространственного заряда, для ионно-лучевых многоапертурных источников. Используемый метод расчета ионно-оптической системы можно использовать в процессе обучения для более полного понимания механизма работы источника и его экстракционной ионно-оптической системы в частности.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Родионов, Ю. А. Обеспечение прецизионности ионно-оптической системы многоапертурного ионно-лучевого источника / Ю. А. Родионов, А. А. Курапцова // Микро- и нанотехнологии в электронике. Материалы IX Международной научно-технической конференции — Нальчик: Каб.-Балк. ун-т., 2017 – С. 435-439.
2. Курапцова, А. А. Оптимизация компенсации пространственного заряда ионного луча ионно-лучевого источника Кауфмана / А. А. Курапцова // Физика конденсированного состояния: материалы XXV международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов – Гродно: ГрГУ, 2017 – С. 199 – 201.

Библиотека БГУИР