УДК 537.525

DOI: 10.17223/00213411/62/11/30

М.В. ШАНДРИКОВ¹, И.Д. АРТАМОНОВ², А.В. ВИЗИРЬ¹, А.С. БУГАЕВ¹, Е.М. ОКС¹

АКСИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС-ЗАРЯДОВОГО СОСТАВА ПЛАЗМЫ МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА *

Проведены исследования аксиального распределения масс-зарядового состава плазмы планарного магнетрона. В качестве материала мишени использовалась медь, рабочим газом являлся аргон. Для исследования масс-зарядового состава использовался модернизированный квадрупольный масс-спектрометр. Измерения проводились вдоль оси разрядной системы на расстоянии от 15 до 45 см от мишени магнетрона. Рабочее давление изменялось в диапазоне от $1.2 \cdot 10^{-3}$ до $3 \cdot 10^{-3}$ Торр при токе разряда от 100 до 500 мА в непрерывном режиме. Было показано, что на расстоянии 15 см от магнетрона в долевом отношении преобладают ионы аргона. На максимальном расстоянии наблюдаются преимущественно ионы меди. Доля ионов аргона снижается с увеличением тока разряда и увеличением рабочего давления.

Ключевые слова: планарный магнетрон, масс-зарядовый состав, ионы, аксиальное распределение.

Введение

Магнетронное осаждение является на сегодняшний день одним из базовых методов в мире по созданию тонких пленок высокого качества [1–3]. Известно, что в процессе магнетронного осаждения параметры плазмы в области расположения подложки и соответственно потока заряженных частиц оказывают существенное влияние на характеристики осаждаемой пленки. Так, например, ионное асистирирование в процессе осаждения потока нейтральных атомов материала мишени на подложку приводит к структурным и фазовым превращениям, изменению адгезии, электрических, оптических и других свойств пленок [4–7]. С увеличением расстояния от мишени магнетрона величина плотности ионного тока из плазмы на подложку снижается [8, 9]. Это связано с тем, что даже при минимальном рабочем давлении магнетронного разряда на уровне единиц милиторр расстояние до подложки в несколько раз превышает характерные длины свободного пробега частиц [10]. Очевидно, что при этом происходит трансформация и масс-зарядового состава плазмы.

Ранее для магнетронного разряда с инжекцией электронов было показано, что в непрерывном режиме на расстоянии 15 см от мишени при токе разряда менее 1 А в плазме преобладают ионы аргона [11]. При этом долевое отношение смещается в сторону ионов меди при увеличении рабочего давления и величины тока разряда. В данной работе проведены исследования масс-зарядового состава плазмы планарного магнетронного разряда в непрерывном режиме вдоль оси разрядной системы, что дает более детальное представление о параметрах плазмы при расположении подложки на различном расстоянии от магнетрона.

Описание эксперимента

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В эксперименте использовался классический планарный магнетронный разряд. Медная мишень имела диаметр 50 мм и толщину 3 мм. Магнитное поле обеспечивалось NdFeB-магнитами с величиной магнитной индукции 50 мТл на поверхности мишени в центре магнитной арки. Питание разряда обеспечивалось от стабилизированного источника питания I, имеющего функцию дугогашения. Разрядная система магнетрона была изолирована от заземленной вакуумной камеры. Напуск рабочего газа (аргона) величиной $20 \text{ см}^3/\text{мин}$ осуществлялся непосредственно к мишени магнетрона. Расход газа контролировался посредством регулятора расхода газа РРГ-3.6. Вакуумная камера была выполнена из нержавеющей стали и откачивалась турбомолекулярным насосом со скоростью откачки 500 л/мин.

Измерения масс-зарядового состава плазмы магнетронного разряда осуществлялись с использованием модернизированного квадрупольного масс-спектрометра RGA-100 [12]. В модернизированном спектрометре стандартный узел ионизатора был заменен на входную диафрагму с диаметром апертуры 1.5 мм. Квадрупольный масс-спектрометр устанавливался на противоположном от

* Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 19-48-700003 p_a.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>