

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 621.384

DOI: 10.17223/00213411/64/12/3

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЛАНАРНОГО МАГНЕТРОНА С НАГРЕВАЕМОЙ В РАЗРЯДЕ ТЕРМОИЗОЛИРОВАННОЙ МИШЕНЬЮ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БОРА*

А.В. Визирь¹, А.Г. Николаев¹, Е.М. Окс^{1,2}, В.П. Фролова^{1,2},
А.А. Черкасов¹, М.В. Шандриков¹, Г.Ю. Юшков¹¹ Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия² Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Представлены принцип работы и конструкция планарного магнетрона для нанесения покрытий из чистого бора. Особенностью устройства является использование термозолированного катода-мишени из чистого кристаллического бора, нагреваемого вспомогательным слаботочным разрядом для обеспечения стабильного функционирования магнетронного разряда. Это позволяет реализовать в магнетроне как непрерывный режим работы, так и импульсный режим самораспыления, при котором в плазме разряда ионы бора преобладают над ионами рабочего газа. Другой особенностью магнетрона является использование щелевого анода специальной конструкции, обеспечивающего стабильную и длительную работу устройства при осаждении на поверхность анода неэлектропроводной пленки бора. При использовании импульсного разряда с амплитудой тока 40 А при длительности импульсов 400 мкс и частоте их повторения 25 Гц скорость нанесения покрытий из чистого бора на подложку, установленную на расстоянии 10 см от катода, была сравнима со скоростью нанесения покрытий в магнетронном разряде с постоянным током 300 мА и составляла 20–30 нм/мин.

Ключевые слова: пленки бора, плазма, планарный магнетрон, нагреваемая мишень из бора.

Введение

Интерес к получению борсодержащих покрытий обусловлен перспективностью их использования для задач модификации свойств поверхностей различных материалов. Покрытия на основе бора устойчивы к механическому износу, коррозии, обладают значительной термостойкостью и низким коэффициентом трения [1–4]. Тонкие пленки из чистого бора могут применяться в качестве защитных слоев стенок камеры термоядерных установок [5], элементов в электронных [6] и оптических [7] устройствах. Кроме этого, стабильные изотопы бора ¹⁰B и ¹¹B обладают специфическими ядерными свойствами. Так, сечение реакции захвата тепловых нейтронов ядром изотопа бора ¹⁰B аномально высокое и достигает около 4000 бн. Поэтому покрытия на основе изотопа ¹⁰B перспективны при создании детекторов нейтронов или выгорающего поглотителя активной зоны ядерного реактора [8], а нанесение таких покрытий на микрообъекты может обеспечить транспорт этого изотопа в очаг новообразования при бор-нейтронозахватной терапии рака [9]. Безнейтронная реакция слияния протона и ядра изотопа ¹¹B рассматривается в качестве альтернативной для термоядерной энергетики будущего [10]. Таким образом, разработка методов нанесения покрытий на основе бора является важной задачей для науки и широкого круга практических приложений.

В настоящее время для нанесения пленок бора и борсодержащих покрытий используется ряд плазменных методов. Прежде всего, это осаждение покрытий из плазмы, образованной при ионизации летучих соединений бора, таких как трифторид бора BF₃, трихлорид бора BCl₃ или диборан B₂H₆. Для генерации плазмы в этом случае используются разряды постоянного тока с термокато-дом [11] или высокочастотные разряды [12]. Главными недостатками такого подхода является то, что летучие соединения бора, как правило, токсичны и химически агрессивны, а также то, что состав покрытия бора загрязняется примесями, образованными при разложении этих газообразных соединений. Для нанесения покрытий на основе бора возможно использование вакуумного дугового метода. Но, поскольку удельное сопротивление чистого бора при нормальных условиях со-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования (проект № 075-15-2021-1348) в рамках мероприятия № 1.1.7.

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>