

УДК 537.534

DOI: 10.17223/00213411/63/10/95

*А.И. КУЗЬМИЧЕВ¹, М.С. МЕЛЬНИЧЕНКО², В.М. ШУЛАЕВ²***ВТОРИЧНАЯ ЭМИССИЯ АТОМНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ ТЯЖЕЛЫХ *d*-МЕТАЛЛОВ ИОНАМИ ИЗ АЗОТНОЙ ПЛАЗМЫ**

Представлены результаты кинетического моделирования по методу Монте-Карло процесса распыления тяжелых *d*-металлов группы Ir, Os и W ионами азота N^+ в диапазоне энергий ионов 0.5–2.5 кэВ. Получены коэффициенты физического ионного распыления, средние энергии распыленных атомов, коэффициенты отражения бомбардирующих ионов в виде нейтральных атомов азота, глубины проникновения ионов в тело мишени. Выполнены расчеты для одно-, двух- и трехэлементных мишеней. Определены парциальные коэффициенты ионного распыления указанных металлов и изучено влияние величины энергии поверхностной связи на параметры ионного распыления отдельных элементов мишени. Проведены расчеты для мишени из Al для сравнения параметров ионного распыления тяжелых *d*-металлов и алюминия. Несмотря на сильное различие в значениях энергии поверхностной связи для этих металлов, величины коэффициентов их распыления оказались одного порядка вследствие того, что ионы азота глубже проникают в алюминий и затрудняется выход атомов отдачи наружу из мишени. Исследованы отраженные или обратнорассеянные нейтрализовавшиеся атомы азота. Определен коэффициент отражения бомбардирующих частиц азота от тяжелых металлов и алюминия.

Ключевые слова: ионное распыление, коэффициент распыления ионами азота, коэффициент отражения ионов азота, осмий, иридий, вольфрам, плазменная распылительная система.

Введение

Плазменные эмиссионные системы [1] широко применяются в ионных технологиях обработки материалов. В частности, эти системы используются для генерации ионов азота в процессах азотирования и формирования нитридных покрытий. При этом эффекты бомбардировки ионами азота, как правило, только сопутствуют химическим процессам, но кинетическая энергия ионов может играть и самостоятельную роль, несмотря на малую массу этих ионов по сравнению с обычно используемыми для распыления ионами аргона. Так, чисто кинетическая «азотная технология» применяется для физического распыления тяжелых *d*-металлов группы W, Re, Os, Ir, Pt, используемых при изготовлении эффективных термокатодов приборов вакуумной эмиссионной электроники [2–5]. Данные катоды относятся к группе металлопористых термокатодов (МПК) и обладают такими преимуществами перед традиционными оксидными катодами, как повышенный срок службы при высокой плотности тока электронной эмиссии, механическая устойчивость, допускается контакт с атмосферным воздухом. Покрытие эмитирующей поверхности указанными *d*-металлами, в первую очередь пленками осмия (Os) и иридия (Ir) толщиной до 1 мкм, приводит к уменьшению работы выхода термоэлектронов и позволяет снизить рабочую температуру МПК примерно на 100 °С.

Ионное распыление в технологии изготовления МПК с металлической пленкой применяется многократно [4, 5]. Сначала для ионного распыления рабочей поверхности МПК с целью раскрытия поверхностных пор вольфрамовой (W) губки, частично закрытых вследствие завальцовки во время токарной обработки, которая выполняется для придания эмитирующей поверхности специальной формы для лучшей фокусировки электронного пучка. Затем ионное распыление используется для финишных очисток как поверхности мишени из указанных выше металлов, так и рабочей поверхности МПК, на которой осаждается пленка. Наконец, ионами распыляют мишень для нанесения металлов на рабочую поверхность МПК. Для выполнения описанной технологии чаще всего используют плазменные распылительные системы (ПРС), в которых применяют газовый разряд низкого давления (< 0.1 Па) [5–8]. Традиционно используют разряд с термокатодом. Плазма этого разряда служит источником ионов для указанных выше процессов, т.е. одна и та же ПРС обеспечивает все виды ионных обработок МПК [5].

Было установлено, что при использовании для распыления ионов аргона наблюдается нестability работы электронного прибора, вызванная выделением из МПК во время эксплуатации захваченного аргона, который не удаляется полностью на операциях термической обработки. Но приборы с МПК, изготовленные по «азотной технологии», т.е. с применением для распыления

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>