

УДК 621.311.62

DOI: 10.17223/00213411/62/7/89

В.О. ОСКИРКО^{1,2}, А.Н. ЗАХАРОВ¹, А.П. ПАВЛОВ^{1,2}, С.В. РАБОТКИН¹, В.А. СЕМЕНОВ¹

ПАКЕТНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ РЕЖИМ ДУАЛЬНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ *

Приводятся результаты экспериментального исследования разряда, формируемого дуальной (DU) магнетронной распылительной системой (MPC) с алюминиевыми мишенями в режиме пакетно-импульсного магнетронного распыления высокой мощности (Deep Oscillation Magnetron Sputtering – DOMS). Особенностью питания разряда в режиме DOMS является применение последовательности униполярных микроимпульсов короткой длительности и высокой мощности, которые образуют макроимпульсы длительностью 1000–3000 мкс. Ранее такой режим распыления применялся только в одиночных MPC. В данной работе режим DOMS впервые был исследован на дуальной магнетронной распылительной системе. С помощью тройного и одиночного лэнгмюровских зондов были измерены основные параметры плазмы. Установлена зависимость параметров плазмы от параметров импульсного электропитания разряда: амплитуды напряжения и тока, плотности тока и плотности мощности на поверхности мишеней. Результаты экспериментов показали, что применение дуального пакетно-импульсного магнетронного распыления позволяет значительно повысить концентрацию плазмы и плотность ионного тока на подложке по сравнению с традиционными режимами магнетронного распыления на постоянном и среднечастотном токе. Отношение плотности потока ионов к плотности потока нейтральных атомов, характеризующее уровень ионного воздействия на растущее покрытие в режиме DU DOMS, достигало значения 0.28, тогда как в режиме постоянного тока оно составляло 0.008.

Ключевые слова: DOMS, HIPIMS, дуальная магнетронная распылительная система, реактивное магнетронное распыление.

Введение

В последнее время активно развиваются такие методы ионизированного физического осаждения покрытий из паровой фазы, как сильноточное импульсное магнетронное распыление (High Power Impulse Magnetron Sputtering – HIPIMS) [1–3] и модулированное магнетронное распыление импульсами высокой мощности (Modulated Pulse Power Magnetron Sputtering – MPPMS) [4, 5]. Оба эти метода обеспечивают высокие значения концентрации плазмы и степени ионизации распыленного материала, что позволяет получать покрытия с характеристиками и качеством, труднодостижимыми при использовании магнетронного распыления на постоянном токе. Модификацией метода MPPMS является пакетно-импульсное сильноточное магнетронное распыление, в англоязычной литературе получившее название Deep Oscillation Magnetron Sputtering (DOMS) [6–8]. Суть метода состоит в том, что к разрядному промежутку магнетронной распылительной системы (MPC) прикладываются униполярные импульсы напряжения длительностью 1000–3000 мкс, причём каждый такой макроимпульс состоит из цуга (пакета) микроимпульсов длительностью 3–20 мкс и частотой повторения 5–60 кГц. Частота следования пакетов импульсов лежит в диапазоне 50–300 Гц. Эта относительно новая технология имеет большие перспективы для решения задач, где важную роль играет степень ионизации распыленного материала и уровень ионного воздействия на растущее покрытие. Кроме того, результаты, опубликованные за последние несколько лет, показывают, что использование метода DOMS для нанесения диэлектрических покрытий позволяет проводить процесс реактивного магнетронного распыления практически без дугообразования [9].

В данной работе приведены результаты исследования разряда, формируемого дуальной MPC в режиме биполярного пакетно-импульсного сильноточного магнетронного распыления. Использование дуальной MPC позволяет повысить концентрацию плазмы и степень ионизации распыленного материала мишени в районе подложки по сравнению с одиночной системой. Вследствие поочередной работы магнетронов в течение всего макроимпульса непрерывно поддерживается высокая плотность ионного воздействия на растущее покрытие.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-42-703005.

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>