

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОДЛОЖКУ В ПРОЦЕССЕ ДУАЛЬНОГО МАГНЕТРОННОГО ОСАЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ TiAlN*

А.С. Гренадёр^{1,2}, А.Н. Захаров¹, В.О. Оскирко^{1,2},
Д.В. Сиделёв³, К.В. Оскомов¹, А.А. Соловьёв¹

¹ Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

² ООО «Прикладная Электроника», г. Томск, Россия

³ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Получены зависимости плотности потока энергии на подложку и удельной энергии, сообщаемой покрытию, от коэффициента заполнения импульсов разрядного тока в процессе дуального магнетронного осаждения покрытий TiAlN. Показано, что при уменьшении коэффициента заполнения импульсов разрядного тока с 40 до 6% поток энергии на подложку увеличивается на 20–30% при неизменной средней мощности разряда. В совокупности со снижением скорости осаждения покрытий в режиме высокой импульсной мощности происходит шестикратное увеличение удельной энергии, которую получает покрытие в процессе роста. Таким образом, регулировку коэффициента заполнения импульсов разрядного тока можно рассматривать в качестве способа управления энергетическим воздействием на напыляемое покрытие, от которого зависят его структура и свойства. Показано, что покрытия TiAlN, полученные при низких значениях коэффициента заполнения импульсов разрядного тока и высоком уровне энергетического воздействия на подложку, обладают высокой твердостью и износостойкостью.

Ключевые слова: дуальное магнетронное распыление, TiAlN, поток энергии, твердость, износостойкость.

Введение

Твердые и износостойкие покрытия TiAlN к настоящему времени получили широкое применение в промышленности. По сравнению с покрытиями TiN они более стойки к окислению и имеют повышенные твердость, износо- и жаростойкость [1–3]. Для осаждения функциональных TiAlN-покрытий широко используются методы химического газофазного осаждения (CVD) [4] и физического газофазного осаждения (PVD). Среди PVD-методов можно выделить вакуумно-дуговое испарение [5] и магнетронное распыление [6, 7]. Главным преимуществом вакуумно-дугового метода является высокая скорость осаждения при большой степени ионизации осаждаемого потока материала [8]. Критическим недостатком данного метода является капельная фракция, приводящая к ухудшению качества формируемого покрытия [9–11]. Достоинством магнетронного метода является отсутствие капельной фракции в потоке распыленного материала. Процесс распыления может производиться с использованием источников питания постоянного, импульсного или высокочастотного тока. Сильноточное импульсное магнетронное распыление позволяет получать более высокую степень ионизации распыляемого материала, а также более плотную структуру и высокую твердость покрытий [12].

Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в области получения твердых износостойких покрытий методом магнетронного распыления, не прекращается поиск подходов, позволяющих улучшить качество и свойства покрытий TiAlN. Покрытия TiAlN наносятся из композитных мишеней с помощью одиночных магнетронных распылительных систем (МРС) [13–15], а также из одноэлементных мишеней с помощью нескольких магнетронов. Важными достоинствами обладают дуальные МРС, которые питаются переменным током. Они решают проблему потери анода и позволяют увеличить ионное воздействие на растущее покрытие по сравнению с одиночными МРС [16]. Ионная бомбардировка подложки в процессе напыления является эффективным инструментом управления энергией, передаваемой покрытию. Энергия, поступающая на подложку, оказывает существенное влияние на структуру и свойства покрытия, поскольку от нее зависит протекание процессов диффузии, роста островков, кристаллизации и т.д. [17–19]. В предыдущих работах нами было показано, что величиной ионного тока на подложку можно управлять путем изменения частоты и длительности импульсов электропитания разряда [20]. При постоянной сред-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования (проект № 075-15-2021-1348, мероприятие 1.1.3).

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>