

УДК 537.533, 621.384

DOI: 10.17223/00213411/63/10/144

А.С. КАМЕНЕЦКИХ¹, Н.В. ГАВРИЛОВ¹, П.В. ТРЕТНИКОВ¹, А.В. ЧУКИН², А.И. МЕНЬШАКОВ¹, С.О. ЧОЛАХ²**ФОРМИРОВАНИЕ α - Al_2O_3 -ПОКРЫТИЙ РЕАКЦИОННЫМ ИСПАРЕНИЕМ С ИНТЕНСИВНЫМ ИОННЫМ СОПРОВОЖДЕНИЕМ ПРИ 500–550 °С ***

Представлены результаты исследования условий формирования и структуры α -фазы в Al_2O_3 -покрытиях, полученных реакционным анодным испарением в дуговом разряде при низкой температуре (500–550 °С). В экспериментах варьировались плотность тока ионного сопровождения (до 20 мА/см²) и энергия ионов (25–150 эВ), поступающих на поверхность покрытия при постоянной скорости роста 3 мкм/ч. Фазовый состав покрытия анализировался методами рентгеновской дифракции и инфракрасной спектроскопии. Показано, что α -фаза формируется при достижении порогового напряжения смещения 75–100 В и стабильна в ограниченном диапазоне изменения энергии ионов, рост которой приводит к уменьшению размера нанокристаллитов α -фазы и аморфизации покрытия. Особенностью структуры покрытий является преимущественная ориентация (300), наиболее вероятной причиной доминирования которой служит рост α -фазы при выполнении ориентационного соотношения (440) γ - Al_2O_3 /(300) α - Al_2O_3 .

Ключевые слова: оксидное покрытие, α -фаза оксида алюминия, реактивное анодное испарение, интенсивное ионное сопровождение, текстура, кристаллическая решетка.

Введение

Покрытия из оксида алюминия со структурой α -фазы (α - Al_2O_3) востребованы благодаря своей исключительной термической (вплоть до 2054 °С) стабильности, химической инертности, высокой прозрачности в широком диапазоне длин волн [1], электрофизическим свойствам, обусловленным широкой запрещенной зоной (более 6 эВ), и механическими характеристиками (твердость до 30 ГПа, модуль Юнга до 440 ГПа) [2].

Высокая температура кристаллизации α -фазы (1050 °С) затрудняет получение покрытий такого состава и ограничивает выбор материала подложки. Значительное снижение температуры формирования α - Al_2O_3 достигнуто с использованием кристаллографического шаблона, в качестве которого обычно используется подслоя из Cr_2O_3 [3, 4]. Однако этот метод применим только при низких скоростях осаждения в равновесных условиях, при которых обеспечивается эпитаксиальный характер роста покрытия при выполнении ориентационного соотношения (011) α - Al_2O_3 /(011) Cr_2O_3 [3]. Для осаждения α - Al_2O_3 -покрытия при низких температурах используют ионное сопровождение [5], что делает процесс неравновесным. В этом случае структурно-фазовое состояние покрытия определяется не только свойствами ориентирующего подслоя, но и условиями вторичной нуклеации фаз в процессе роста покрытий. Создание центров кристаллизации α -фазы в объеме покрытия достигается при магнетронном распылении оксидных α - Al_2O_3 -мишеней, в процессе которого на поверхность растущего покрытия поступают распыленные частицы α -фазы. С использованием распыляемой мишени переменного состава ($\text{Al} + \alpha$ - Al_2O_3) в работе [6] было показано, что низкотемпературное формирование α - Al_2O_3 достигается только в случае, если содержание α - Al_2O_3 в распыляемой мишени превышает 15 %.

В настоящей работе определены параметры ионного потока, при которых обеспечивается формирование α - Al_2O_3 -фазы методом реакционного анодного испарения при высокоскоростном (до 3 мкм/ч) осаждении покрытий с интенсивным ионным сопровождением (до 20 мА/см²) в диапазоне температур 500–550 °С без использования ориентирующего подслоя и объемного допирования частицами α - Al_2O_3 . Фазовый состав и структура покрытий исследовались методами рентгеновской дифракции и инфракрасной спектроскопии.

Методика эксперимента

Покрытия наносили реакционным испарением алюминия в дуге, горящей в кислородно-аргоновой среде низкого давления (~ 0.1 Па). Электродная система дугового разряда содержала

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00169.

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>