

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЕ НИТРИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ КВАЗИЭКВИАТОМНОГО СОСТАВА, СФОРМИРОВАННЫЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ*

Ю.Ф. Иванов, Ю.Х. Ахмадеев, Н.Н. Коваль, В.В. Шугуров,
Е.А. Петрикова, О.В. Крысина, Н.А. Прокопенко, О.С. Толкачев

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Сформированы многоэлементные нитридные покрытия квазиэквивалентного состава (NbMoCrTiAl)N и (NbZrCuTiAl)N путем осаждения на подложку в вакууме из многокомпонентной газо-металлической плазмы, созданной одновременным независимым вакуумно-дуговым испарением катодов выбранных элементов в режиме с плазменным ассистированием в среде азота. Установлено, что сформированные покрытия являются однофазными материалами, имеющими гранецентрированную кубическую кристаллическую решетку с параметром $a = 0.44288$ нм (покрытие состава (NbZrCuTiAl)N) и с параметром $a = 0.40540$ нм (покрытие состава (NbMoCrTiAl)N). Формируемые нитридные покрытия имеют нанокристаллическую многослойную структуру. Микротвердость покрытий зависит от концентрации и типа химических элементов, давления азота в газо-металлической плазме и достигает 43 ГПа для покрытия состава (NbMoCrTiAl)N и 46.5 ГПа для покрытия состава (NbZrCuTiAl)N.

Ключевые слова: нитридные покрытия, квазиэквивалентный элементный состав, вакуумно-дуговой плазменно-ассистированный метод, напыление, структура, микротвердость.

Введение

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС), впервые исследованные в работах [1, 2], в настоящее время привлекают особое внимание специалистов как в России, так и за рубежом [3–10]. Использование покрытий из ВЭС вместо объемных материалов значительно снижает стоимость изделий и существенно расширяет области их применения [11]. Среди многочисленных методов нанесения пленок или покрытий на основе ВЭС наиболее часто обсуждают магнетронное напыление [12], термическое распыление [13], лазерное напыление [14, 15], электроосаждение [11]. В большинстве случаев формируемые пленки и покрытия являются нанокристаллическими материалами, основными методами исследования которых являются высокоразрешающая электронная дифракционная микроскопия, рентгеноструктурный анализ и успешно используемые в последние годы применительно к проблемам физического материаловедения методы синхротронного и нейтронного исследования [16–19].

Цель данной работы – обнаружение закономерностей формирования структуры и свойств многослойных наноструктурированных высокоэнтропийных нитридных покрытий состава (NbMoCrTiAl)N и (NbZrCuTiAl)N, сформированных на поверхности подложки вакуумно-дуговым плазменно-ассистированным методом осаждения, для возможности последующего исследования структуры и свойств с помощью синхротронного излучения.

Материал и методики исследования

Материалом исследования являлись нитридные покрытия состава (NbMoCrTiAl)N и (NbZrCuTiAl)N, напыленные на подложки, выполненные из твердого сплава ВК8, технически чистого титана ВТ1-0 и вольфрама. Толщина покрытий изменялась в пределах 3–5 мкм. Формирование нитридных покрытий на основе ВЭС осуществляли методом вакуумно-дугового плазменно-ассистированного осаждения на установке «КВИНТА», конструкция и принцип работы которой подробно описаны в [20]. Формировали два типа покрытий, отличающихся элементным составом. Для напыления первого типа покрытий использовали катоды из хрома, молибдена, ниобия, а также композиционный катод состава (50% Ti – 50% Al); для напыления второго типа покрытий – катоды из циркония, меди, ниобия, а также композиционный катод состава (50% Ti – 50% Al). Схема эксперимента, позволяющая формировать многоэлементные наноструктурированные покрытия эквивалентного состава, подробно рассмотрена в [21, 22].

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования (проект № 075-15-2021-1348) в рамках мероприятий № 2.1.5, 2.1.17 и 2.1.20 – покрытия состава (NbMoCrTiAl)N и за счет гранта Российского научного фонда № 19-19-00183, <https://rscf.ru/project/19-19-00183/> – покрытия состава (NbZrCuTiAl)N.

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>