

УДК 533.9:539.4.015.2

DOI: 10.17223/00213411/68/12/16

Покрyтия диоксида титана, полученные вакуумно-дуговым методом в режимах с плазменным ассистированием: синтез, структура, свойства*

Н.А. Прокопенко¹, Е.А. Петрикова¹, О.С. Толкачев¹,
О.В. Крысина¹, Н.Н. Коваль¹, Ю.Ф. Иванов¹

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

Сформированы покрyтия диоксида титана вакуумно-дуговым плазменно-ассистированным методом и детально исследованы их структура, фазовый состав и свойства. Показано, что величина тока разряда источника газовой плазмы является одним из ключевых параметров, позволяющим управлять фазовым составом покрyтия диоксида титана, его твердостью и износостойкостью. Диоксид титана в покрyтиях присутствует в двух полиморфных модификациях – рутил и анатаз, относительное содержание которых зависит от условий плазменного ассистирования. Покрyтия диоксида титана, независимо от режима плазменного ассистирования, являются нанокристаллическим материалом, имеющим столбчатое строение.

Ключевые слова: диоксид титана, вакуумно-дуговой плазменно-ассистированный метод, напыление, фазовый состав, структура, микротвердость, износостойкость.

Введение

Известно, что диоксид титана существует в виде нескольких модификаций. В природе встречаются кристаллы с тетрагональной сингонией (анатаз, anatase; рутил, rutile) и ромбической сингонией (брукит, brookite) [1]. Искусственно получены еще две модификации высокого давления – ромбическая IV и гексагональная V [2]. При нагревании и анатаз, и брукит необратимо превращаются в рутил (температуры перехода, соответственно, 400–1000 °С и около 750 °С) [3]. Показано, что уменьшение размеров зерна способствует стабилизации фазы анатаза при термическом воздействии [4]. Микротвердость рутила $VN_{100} = 894\text{--}974$ кг/мм², анатаза $VN_{100} = 616\text{--}698$ кг/мм² [5]. Структура рутила характеризуется двойникованием по плоскости (011) под углом 120° [6].

Диоксид титана весьма часто применяется в виде наноразмерных частиц и тонкослойных покрyтий [7]. Тонкие пленки диоксида титана обладают целым рядом ценных свойств, что позволяет их использовать в фотогальванике, в качестве самоочищающихся антибактериальных покрyтий и в сенсорных устройствах, для решения задач прикладной микробиологии и биотехнологии, а также для очищения сточных вод и воздуха [8, 9]. В [10] было показано, что добавление TiO₂ в ткани способствует созданию антибактерицидного материала. Халаты, сшитые из этой ткани, можно обрабатывать ультрафиолетом для дезинфекции после рабочего дня. В работах [11–13] авторам удалось найти применение фотокаталитическому эффекту наночастиц TiO₂ в фотодинамической терапии для разрушения раковых клеток.

Несмотря на активное использование пленок и наночастиц диоксида титана в различных отраслях промышленности и в медицине, в настоящее время не сформировались методы направленного синтеза наночастиц с заданной модификацией атомной структуры, например аморфной структуры, анатаза или рутила. Тем более не разработаны методы направленного синтеза диоксида титана с заданными размером и формой наночастиц, с заданными размером и формой пор [7].

Цель данной работы – синтез покрyтий диоксида титана вакуумно-дуговым плазменно-ассистированным методом и выявление влияния режимов плазменного ассистирования на структуру, состав и свойства сформированных покрyтий.

Материал и методика

Напыление диоксида титана осуществляли на установке «КВИНТА», применяемой для вакуумно-дугового плазменно-ассистированного напыления тонких пленок и покрyтий [14]. Установка оснащена электродуговым испарителем с катодом Ø 80 мм и протяженным источником газовой плазмы «ПИНК-П» на основе несамостоятельного дугового разряда с накаливаемым и полым катодами [15–18]. В качестве материала испаряемого катода использовался технически чистый титан

* Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (Грант № 24-69-00074).