

ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТОЛБИКОВ АНОДНОГО ОКСИДА ТАНТАЛА

Туровец У.Е., Карженевская В.Ю., Озимко И.Д., Ларин Т.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Плиговка А.Н. – канд. тех. наук, с. н. с. НИЛ 4.10 «Нанотехнологии»

Позняк А.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

В данной работе методом электрохимического анодирования из тонкопленочной системы Al/Ta были сформированы двумерные массивы наностолбиков анодного оксида тантала и изучены их морфология и отражающие характеристики. Показано, что такой наноматериал имеет широкий максимум отражения, соответствующий длине волны 690 нм.

Важной научной задачей является поиск новых наноматериалов, отвечающих требованиям экономичности и простоты изготовления. Одним из таких материалов может стать наноструктурированный анодный оксид тантала (АОТ), представляющий собой двумерные массивы оксидных наностолбиков на общем основании, ориентированных нормально по отношению к нему [1-2]. Исследование морфологии подобных массивов показало их высокую воспроизводимость и однородность [3]. Такая наноструктура может быть использована для формирования фотонных кристаллов, так как ограничивает распространение света в определенном частотном диапазоне.

В данной работе с помощью методов магнетронного распыления, электрохимического анодирования и химического травления были сформированы двумерные массивы наностолбиков АОТ, исследована их отражающая способность в диапазоне длин волн электромагнитного излучения от 190 до 1100 нм.

Двухслойная система Al/Ta с толщиной слоёв 1500 и 500 нм соответственно была создана путем магнетронного распыления на кремниевую подложку диаметром 100 мм. Анодирование системы проходило в два этапа — сначала в потенциостатическом режиме анодировали алюминий в 0,2 М водном растворе винной кислоты при 200 В до его полного пористого окисления. Затем система была реанодирована в гальваностатическом режиме в водном растворе 0,5 М борной кислоты и 0,05 М тетрабората натрия при напряжении 400 В. Затем анодный оксид алюминия (АОА) удаляли путем травления в 50%-м водном растворе фосфорной кислоты при 50°C в течении 30 мин. Морфология полученной системы была исследована методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), микрофотография поверхности показана на рис. 1. Оптические характеристики в диапазоне от 190 до 1100 нм при угле падения в 10° и шаге сканирования 2 нм были получены при помощи спектрофотометра МС-121.

На выноске рис. 1, а показано СЭМ-изображение поверхности после растворения АОА. Как видно из рисунка, наностолбики имеют однородную структуру, размер и расположение. Однако рассмотрение больших площадей поверхности образца при меньшем увеличении (рис. 1, а) показало пустые области. Это может быть объяснено особенностью формирования АОА в винной кислоте при 200 В, ошибкой при анодировании или плохой подготовкой экспериментального образца для СЭМ.

Спектр оптического отражения образца, представленного на рис. 1, а, показан на рис. 1, б. Отражение отсутствует во всем ультрафиолетовом диапазоне, но приблизительно на длине волны 360 нм оно начинает возрастать и достигает своего максимума на длине волны 690 нм. По всей видимости, из-за неоднородности поверхности пик отражения сильно «растягивается» и его максимальная интенсивность составляет около 28%.

Таким образом, путем электрохимического анодирования были сформированы наностолбики оксида тантала и была изучена отражающая способность их двумерных массивов. Подобный наноматериал не отражает свет в ультрафиолетовом диапазоне и имеет различные степени отражения в диапазоне длин волн от 360 до 1000 нм, максимальная эффективность отражения наблюдается на длине волны 690 нм и составляет 28%. Мы полагаем, что дальнейшая оптимизация процесса формирования массива наностолбиков оксида тантала может сделать их многообещающим материалом для использования в качестве фотонных кристаллов с высокой степенью отражения.

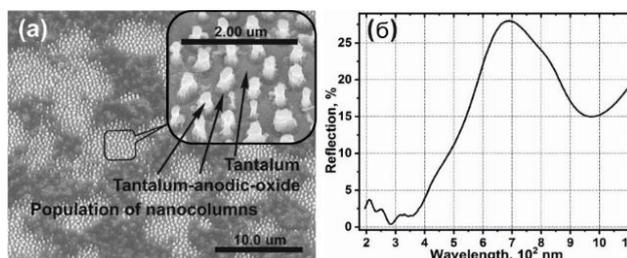


Рисунок 1 — СЭМ изображение поверхности (а) и оптические характеристики наностолбиков анодного оксида тантала (б)

Список использованных источников:

1. Pligovka, A.N. Dielectric characteristics of thin film capacitors based on anodized Al/Ta layers / A.N. Pligovka; A.N. Lufarov; R.F. Nosik; A.M. Mozalev // "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo): Proc. of the 20-th International Crimean Conference, Sevastopol, Ukraine, Sept 13-17, 2010. — Vol 2. — P. 880–881.
2. Pligovka, A. Anodic Niobia Column-like 3-D Nanostructures for Semiconductor Devices / A. Pligovka, A. Lazavenka, G. Gorokh // Nanotechnology IEEE Transactions. — 2019. — Vol. 18, № 125. — P. 790–797.
3. Mozalev, A. Nucleation and growth of the nanostructured anodic oxides on tantalum and niobium under the porous alumina film / A. Mozalev, M. Sakairi, I. Saeki, H. Takahashi // Electrochimica Acta. — 2003. — Vol. 48, № 20–22. — P. 3155–3170.