

УДК 54.03

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ПЛАЗМОНИКИ

Никитин И.Ю. (ИТМО), Рогачев А.А. (ИТМО), Баранов М.А. (ИТМО), Щербинин
Д.П. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор
Вартанян Т.А. (ИТМО)

Введение. Металлические наноструктуры, обладающие плазмонным резонансом, при возбуждении которого происходит ускорение и усиление люминесценции находящихся вблизи наноструктуры молекул, перспективны для создания сенсоров, солнечных батарей и других устройств наноплазмоники [1]. На практике, в качестве такой наноструктуры может быть использован массив наноотверстий в тонкой пленке алюминия [2], однако сложность и дороговизна применяющихся в настоящее время методов создания наноструктур препятствует их более широкому использованию. Мы получили массивы наноотверстий в тонких пленках алюминия простым методом травления через маску анодного оксида алюминия, выращенную на поверхности металлической пленки, и исследовали оптические свойства образовавшихся наноструктур.

Основная часть. Задача получения и исследования свойств тонких алюминиевых пленок с массивом наноотверстий решалась в несколько этапов. Методами физического осаждения паров из газовой фазы и магнетронного распыления на стеклянную очищенную деионизованной водой, изопропанолом, гексаном и водяным паром подложку наносились пленки алюминия толщиной 200 нм. Нанопористая матрица анодного оксида алюминия выращивалась на поверхности пленки алюминия в 0.3 М щавелевой кислоте при напряжении 40 В, токе 20 мА и температуре порядка 0°C. Процесс контролировался оптически при помощи регистрации коэффициента отражения лазера на длине волны 633 нм от анодируемой структуры для получения остаточной пленки алюминия известной толщины. Коэффициент отражения, при котором процесс анодирования останавливался, вычислялся по формулам Френеля для разных остаточных толщин пленок алюминия. Эффективный показатель преломления нанопористого оксида алюминия для модели рассчитывался в приближении Максвелла-Гарнетта с использованием геометрических параметров наноструктуры, оцененных по СЭМ изображениям. Спектры отражения, зарегистрированные после анодирования, подтверждают, что процесс остановился на этапе, где коэффициент отражения структуры мало отличается от вычисленного теоретически. Затем производилось травление пленки алюминия охлажденным раствором хлорида железа и соляной кислоты в течение разных временных промежутков [3]. Морфология травленной пленки исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии. Оптические свойства полученной наноструктуры исследовались методами рефлектометрии и спектрофотометрии. Свойства электропроводности структуры исследовались при помощи четырехконтактного метода измерения электрического сопротивления. Структура обладает значительной проводимостью, а также существенным пропусканием, что может позволить использовать её в качестве электрода для солнечных батарей. На спектрах оптической плотности и отражения структуры присутствуют максимумы, обусловленные плазмонным резонансом, что позволит использовать структуру в сенсорах и других устройствах плазмоники.

Выводы. Исследование морфологии и оптических свойств тонких пленок алюминия с наноотверстиями на различных стадиях анодирования подтвердило

возможность управлять процессом анодирования и получать пленки пористого оксида алюминия с остаточным слоем металлического алюминия различной толщины. Травление металла через образовавшийся пористый оксидный слой приводит к образованию наноструктуры, обладающей плазмонным резонансом, что позволяет использовать структуру для устройств наноплазмоники.

Список использованных источников:

1. Knight M.W. et al. Aluminum for plasmonics // ACS Nano. 2014. - Vol. 8 - № 1. - P. 834–840.
2. Barrios C.A. et al. Aluminum nanoholes for optical biosensing // Biosensors. - 2015. - Vol. 5 - № 3 - P. 417–431.
3. Mirzoev R.A., Davydov A.D. Anodic processes of electrochemical metal treatment. 4th ed. // ed. Pleskov Y.V. - Saint-Petersburg, Moscow, Krasnodar: ELanbook - 2022 - 440 p.