

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК Al_2O_3 , ПОЛУЧАЕМЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Парафинюк Д.А.¹, Лашковская Е.И.^{1,2}

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Галоненко Н.В. – д-р физ.-мат. наук, профессор

Представлен анализ морфологических и оптических свойств тонких пленок оксида алюминия, получаемых с помощью золь-гель технологии. Анализ показателя преломления показал нормальную дисперсию света в данных пленках, также его численное значение соответствует прозрачности пленок. Морфологический анализ показал однородность и аморфность тонких пленок. Численный расчет толщины структуры согласуется с результатом морфологического анализа.

Пленки оксида алюминия широко применяются в области микро-и наноэлектроники в качестве просветляющих и защитных покрытий. Преимуществом оксида алюминия является высокая диэлектрическая проницаемость, высокая прозрачность в оптическом спектре, и при этом стойкость к большим плотностям излучения, что необходимо при изготовлении оптических зеркал полупроводниковых лазеров [1]. Также оксид алюминия обладает защитными свойствами такими как коррозионная стойкость, износостойкость и устойчивость к высоким температурам, химическая и радиационная устойчивость, а также ширина запрещенной зоны и диэлектрическая проницаемость выше чем у SiO_2 . Перечисленные свойства данного материала вызывают большой интерес к формированию наноразмерных пленок оксида алюминия. Существуют достаточно эффективные методы формирования пленок оксида алюминия, такие как химическое осаждение из газовой фазы (CVD) [2], физическое осаждение из паровой фазы (PVD) [3], послойное атомное осаждение [4, 5], импульсное лазерное осаждение [6]. Но также наряду с данными методами существует и золь-гель технология, особым преимуществом которой является простота и дешевизна изготовления материалов [7], а также по сравнению с другими, более дорогими технологиями синтеза, золь-гель процесс не требует применения высокого вакуума.

Для формирования пленок оксида алюминия золь-гель методом был приготовлен золь оксида алюминия Al_2O_3 , с концентрацией 21,27 мг/мл на основе изопророксида алюминия по методике [8]. Полученный золь каплей наносился на предметное стекло, предварительно очищенное с помощью хромовой смеси и промытое дистиллированной водой, тщательно высушенное. Методом центрифугирования при 1600 оборотов/мин в течение 30 с формировалась пленка, далее просушивалась при 150 °С в течение 10 мин и подвергалась отжигу в трубчатой печи при температуре 450 °С в течение 30 минут.

Исследование эллипсометрическим методом показателя преломления тонких пленок оксида алюминия показало нормальную дисперсию света в данных пленках, при которой показатель преломления уменьшается при увеличении длины волны падающего излучения, и установлен коэффициент преломления равный 1.533, как показано на рисунке 1.

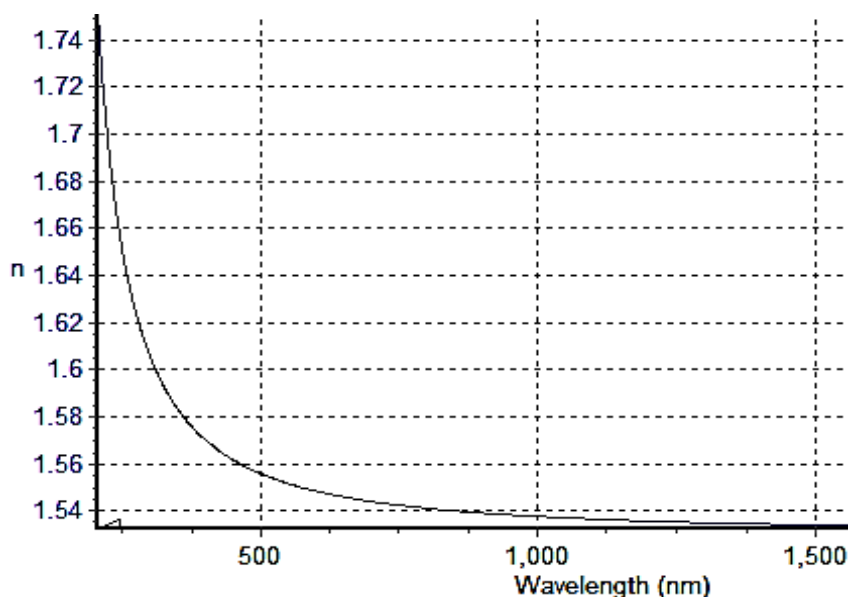


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента преломления тонких пленок оксида алюминия от длины волны падающего излучения

Морфологический анализ сформированной структуры проводился с помощью растрового электронного микроскопа Hitachi S-4800, результат которой показан на рисунке 2 и 3. На рисунке 2 представлено изображение растрового электронного микроскопа (РЭМ) торцовой области сформированной структуры, толщина которой составляет 51,6 нм, а на рисунке 3 представлено РЭМ изображение поверхности сформированной структуры. Морфологический анализ показал однородность поверхности и слоя сформированной структуры, а также отсутствие зерен, что характерно для аморфных пленок.

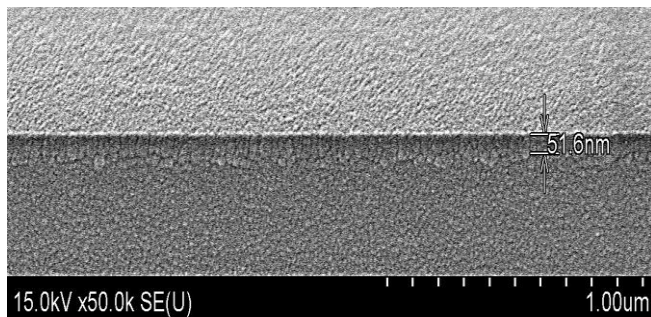


Рисунок 2 – РЭМ изображение сформированных тонких пленок оксида алюминия на предметном стекле (вид с торца)

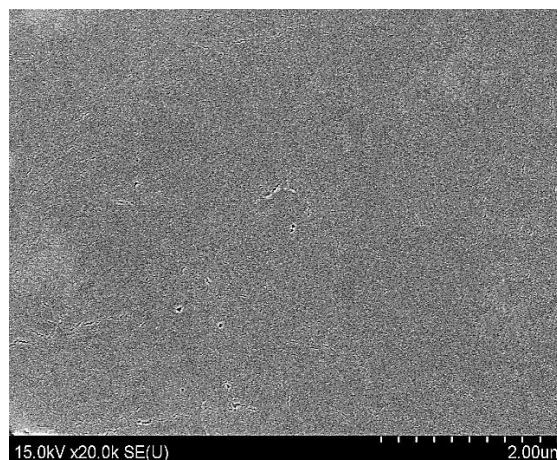


Рисунок 3 – РЭМ изображение поверхности сформированных тонких оксида алюминия на предметном стекле (вид сверху)

Из условия интерференционных максимумов интенсивности можно оценить толщину нанесенных пленок оксида алюминия d :

$$2dn = m\lambda, \quad (1)$$

где $m=1$ – порядок интерференции, n – показатель преломления сформированных пленок, λ – длина волны.

Из условия (1) была рассчитана толщина сформированной структуры, которая составляет 53,41 нм, при этом РЭМ изображение показало толщину сформированной структуры 51,6 нм. Относительная разница между численным расчетом и результатом измерения составляет 3,39%.

Таким образом, золь-гель технология позволяет формировать однородные, прозрачные, тонкие пленки оксида алюминия для применения их в микро-, нано- и оптоэлектронике

Авторы выражают благодарность Д.В. Жигулину и Крехотень Н.А. (филиал «Научно-технический центр «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ», управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ») за анализ образцов методами электронной микроскопии и эллипсометрии.

Список использованных источников:

1. Структура и оптические свойства тонких пленок Al_2O_3 , полученных методом реактивного ионно-плазменного распыления на подложках GaAs (100) / П.В. Середин [и др.] // Физика и техника полупроводников, 2014, 48 (11). – С. 1564-1569.
2. Осаждение из газовой фазы оксидных и металлооксидных покрытий на топливные частицы / А.П. Патокин [и др.] // вопросы атомной науки и техники, 2008. № 2. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (92), – С. 159-163.
3. Определение толщины пленки Al_2O_3 на холодных катодах оптическим методом / А.П. Королев, Д.В. Мордасов // Вестник ТГТУ, 2012, 18 (3). – С. 683-687.
4. Nobuyuki Kawakami, Yoshihiro Yokota, Takeshi Tachibana, Kazushi Hayashi, Koji Kobashi Atomic layer deposition of Al_2O_3 thin films on diamond // Diamond & Related Materials. – 2005. – № 14. – P. 2015-2018.
5. Yadong Zhang, Jacob A. Bertrand, Ronggui Yang, Steven M. George, Y.C. Lee. Electroplating to visualize defects in Al_2O_3 thin films grown using atomic layer deposition // Thin Solid Films. – 2009. – № 517. – P. 3269-3272.
6. Gottmann J., Kreutz E.W. Pulse laser deposition of alumina and zirconia thin films on polymers and glass as optical and protective coating // Surface and Coating Technology. – 1999. – № 116-119. – P. 1189-1194.
7. Chengbin Jing, Xiujian Zhao, Yongheng Zhang Sol-gel fabrication of compact, crack-free alumina film // Materials Research Bulletin. – 2007. – № 42. – P. 600-608.
8. Sol-Gel Derived Structures for Optical Design and Photocatalytic Application / Gaponenko N.V., Kortov V.S., N.P. Smirnova, Orekhovskaya T.I., Nikolaenko I.A., Pustovarov V.A., Zvonarev S.V., Slesarev A.I., Linnik O.P., Zhukovskii M. A., Borisenko V.E. // Microelectronic Engineering. – 2012. – V.90. – P.131-137.