

ФОРМИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОКСИДА МЕДИ

Богушевич А.М.

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

Чубенко Е.Б. – канд. техн. наук, доцент

В процессе исследования была изготовлена наноструктура на основе оксидов меди в виде наностолбиков в матрице из пористого оксида алюминия. Были исследованы структура, состав и фотокаталитические свойства данной структуры. Так же была продемонстрирована фотокаталитическая активность при разложении метиленового синего.

За последнее десятилетие возрос интерес к оксидам меди как к материалам для фотокаталитических покрытий [1-9]. Оксиды меди имеют ширину запрещенной зоны в диапазоне 1,2-2,2 эВ, что позволяет эффективно поглощать большую часть спектра солнечного излучения для реализации фотокатализа и фотоэлектрохимического разложения, например, воды. Однако основной проблемой для успешного применения оксидов меди в указанных областях является их нестабильность и невоспроизводимость свойств. Решением может выступить изготовление гетероструктур на их основе или наноструктурирование оксидов меди. Поэтому, основной целью данной работы являлось электрохимическое осаждение меди в матрицу из пористого оксида алюминия (ПОА) и последующее окисление металла с целью получения наноструктурированного оксида меди и исследование его фотокаталитических свойств.

Формирование матрицы ПОА для последующего осаждения меди проходило методом двухстадийного анодирования. Сначала формировался толстый слой ПОА в 0,5М растворе H_2SO_4 в потенциостатическом режиме при напряжении 20 В в течении 2 ч. Далее он химически удалялся в растворе, содержащем 0,6 М H_3PO_4 и 0,2 М H_2CrO_4 при температуре 65°C. Затем проводилось повторное анодирование в тех же условиях что и первое, но в течение 5 мин, с последующим утонением барьерного слоя. В конце проводилось расширение пор путем травления ПОА в 0,5 М растворе H_3PO_4 в течение 20 мин. Осаждение меди проходило в 0,5 М растворе $CuSO_4$ и 0,52 М H_3BO_4 в импульсном гальваностатическом режиме при амплитуде тока 60 мА в течение 55 мин. Окисление меди проводилось при температуре 300 °С в течение 2 ч. Затем проводилось удаление ПОА в 0,1 М растворе NaOH. Фотокаталитическая активность исследовалась путем разложения модельного красителя метиленового синего (МС) в водном растворе концентрацией 10^{-5} М в присутствии образца наноструктурированного оксида меди и без него. Морфология образцов исследовалась на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi S-4800. Спектры комбинационного рассеяния были исследованы на 3D сканирующем лазерном Рамановском конфокальном микроскопе SOL instruments Confotec NR500. Спектры пропускания растворов были получены на спектрофотометре Proscan MC 124.

Результаты исследования образцов методом сканирующей электронной микроскопии показал, что средний диаметр Ферета входных отверстий пор полученного ПОА, задающих в последствие размер столбиков оксида меди, составляет 35 нм (рисунок 1).

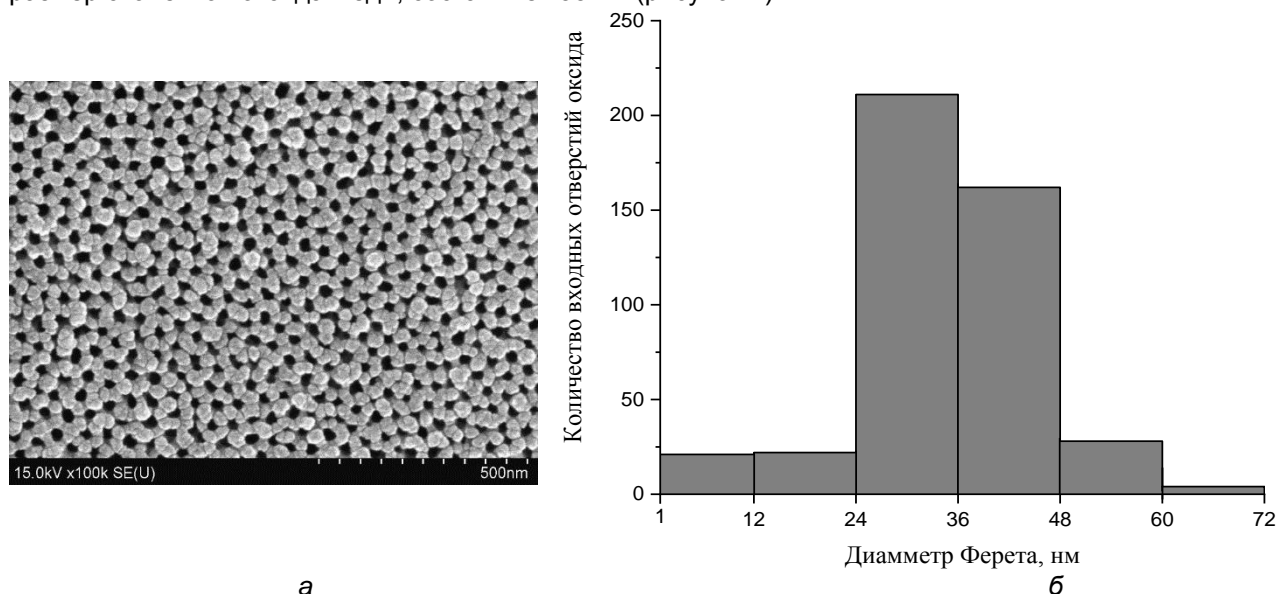


Рисунок 1 – СЭМ фотография поверхности ПОА (а), служащего матрицей для осаждения оксида меди, и гистограмма распределения значений диаметра Ферета входных отверстий каналов пор ПОА (б)

На рисунке 2 приведены результаты спектроскопии комбинационного рассеяния (КР-спектроскопии) образцов оксида меди в матрице ПОА. На спектре КР присутствуют вибрационные линии, соответствующие оксидам меди Cu_2O и CuO . На рисунке 3 показаны результаты исследования фотокаталитической активности полученных образцов по спектрам поглощения раствора, содержащего МС. Видно, что концентрация МС в растворе, который подвергался облучению вместе с образцом, ниже на 10,74 % по сравнению с раствором подверженным излучению без образца.

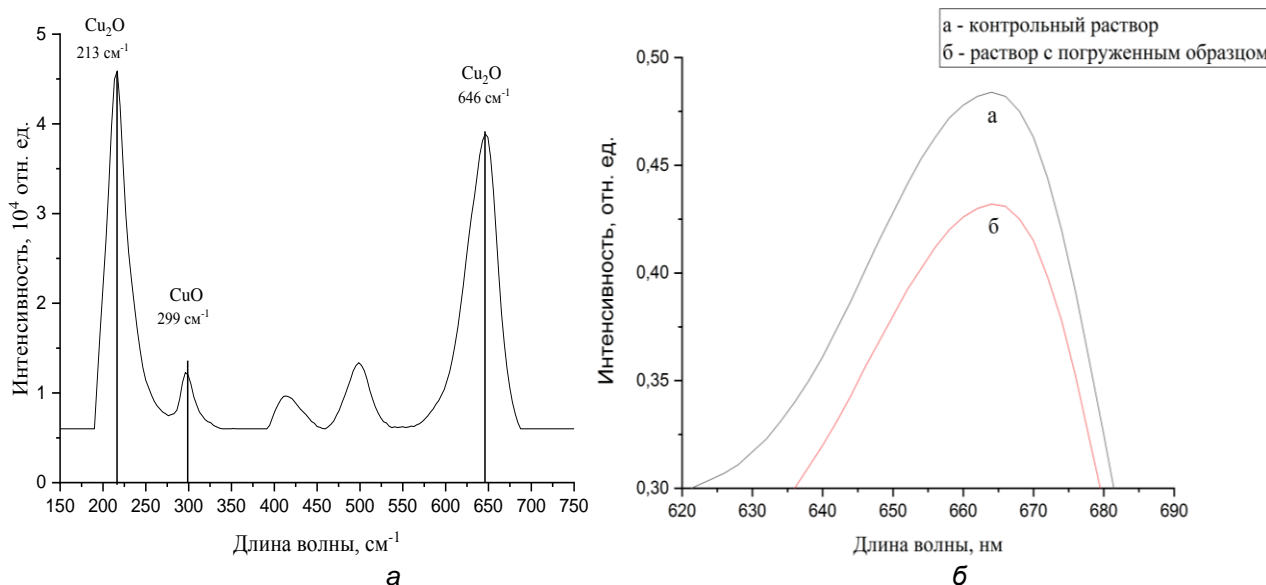


Рисунок 3 – Спектр КР оксида меди в матрице ПОА (а) и спектр поглощения образцов в области пика поглощения МС (б)

В ходе проведения исследования наноструктур на основе оксида меди в матрице ПОА выяснилось, что осаждение меди в матрицу из ПОА и последующее термическое окисление позволяет изготовить наностолбики оксида меди.

Результаты КР-спектроскопии показывают наличие двух оксидов меди – Cu_2O и CuO – в образцах. Результаты исследования фотокаталитической активности показали, что такие структуры демонстрируют невысокую фотокаталитическую активность, что связано с небольшой удельной открытой площадью полученных структур, непосредственно контактирующей с раствором модельного красителя.

Для увеличения фотокаталитической активности образцов планируется изготовить гетероструктуры подобного типа на основе оксида меди, декорированного наночастицами серебра, или же оксида меди и оксида цинка.

Работа выполнена в рамках задания 2.1.02 ГПНИ Республики Беларусь «Фотоника, опто- и микроэлектроника» и гранта министерства образования Республики Беларусь для магистрантов (ГБЦ 20-3157). Авторы также выражают свою признательность Жигулину Д.В. за проведение сканирующей электронной микроскопии образцов.

Список использованных источников

1. A sol-gel approach to nanophase copper oxide thin films / L. Armelao [et al.] // *Thin solid films*, 2003. – P. 48-52.
2. Amiri, M. Improvement of the photocatalytic activity of cupric oxide by deposition onto a natural clinoptilolite substrate / M. Amiri, A. Nezamzadeh-Ejehieh // *Mater. Sci. Semicond. Process.*, 2015 – P. 501-508.
3. *Tinosporacordifolia* mediated facile green synthesis of cupric oxide nanoparticles and their photocatalytic, antioxidant and antibacterial properties / P.C. Nethravathi [et al.] // *Mater. Sci. Semicond. Process.*, 2015 – P. 81-88.
4. Synthesis and characterization of nanostructured cupric oxide for photo-catalytic applications / E. Mbu [et al.] // *ASETH-18, ACABES-18 & EBHSSS-18*, 2018. – P. 19-20.
5. Synthesis and enhanced photocatalytic property of CuO nanostructure via dip coating method / A.S. Zoofakar [et al.] // *2017 IEEE Regional Symposium on Micro and Nanoelectronics (RSM), IEEE*, 2017 – P. 30-33.
6. Veteran cupric oxide with new morphology and modified bandgap for superior photocatalytic activity against different kinds of organic contaminants (acidic, azo and triphenylmethane dyes) / P. S. Kumar [et al.] // *Mater. Res. Bull.*, 2016 – P. 522-533.
7. Microstructure, optical properties, and catalytic performance of Cu_2O -modified ZnO nanorods prepared by electrodeposition / X. Jiang [et al.] // *Nanoscale Res. Lett.*, 2015 – P. 1-6.
8. Photocatalytic oxidation and simultaneous removal of arsenite with CuO/ZnO photocatalyst / A. Samad [et al.] // *J. Photochem. Photobiol., A*, 2016. – P. 97-103.
9. RF magnetron sputtered Ag- Cu_2O -CuO nanocomposite thin films with highly enhanced photocatalytic and catalytic performance / K.Sahu [et al.] // *Appl. Surf. Sci.*, 2020 – P. 146169.