

ЛИТЕРАТУРА

1. Долматов В. Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии, 2001. Т. 70, № 7. С. 687–708.
2. Полушин Н.И., Маслов А.Л., Журавлев В.В., Степарева Н.Н. Дисперсное упрочнение наночастицами алмазного композиционного электрохимического покрытия // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия, 2011. № 4. С. 49–53.
3. Kuleshov A.K., Uglov V.V., Rusalsky D.P., Grishkevich A.A., Chaevski V.V., Haranin V.N. Effect of ZrN and Mo–N coatings and sulfacyanization on wear of wood-cutting knives // Journal of Friction and Wear, 2014. Vol. 35, no. 3. P. 201–209.
4. Chayeuski V., Zhyliniski V., Cernashejus O., Visniakov N., Mikalauskas G. Structural and Mechanical Properties of the ZrC/Ni-Nanodiamond Coating Synthesized by the PVD and Electroplating Processes for the Cutting Knives // Journal of Materials Engineering and Performance, 2019. Vol. 28, no. 3. P. 1278–1285.
5. Жилинский В.В., Чаевский В.В., Касач А.А., Филипович Т.Н. Исследование структуры и свойств дуплексных Ni-DNA/Ni-покрытий на твердом сплаве / // Современные электрохимические технологии и оборудование: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13–17 мая 2019 г. Минск: БГТУ, 2019. С. 103–107.

УДК 535.34

А.В. Буцень, ассист. (БГТУ, г. Минск);
Н.В. Тарасенко, докт. физ.-мат наук; чл.-корр. НАН Беларуси.;
Н.Н. Тарасенко, канд. хим. наук; Е.А. Шустова
(Институт физики НАН Беларуси, г. Минск)

ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ И МОДИФИКАЦИЯ НАНОСТРУКТУР ОКСИДОВ МЕДИ И ЦИНКА В ЖИДКОСТЯХ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

В последние годы большое внимание уделяется разработке экологически чистых и возобновляемых источников энергии, среди которых большой интерес представляют солнечные элементы (сэ). Повышение эффективности и снижение затрат для производства сэ являются весьма актуальными задачами, в решении которых важную роль играют полупроводниковые наноматериалы, в частности, оксиды металлов.

В настоящей работе с помощью двухимпульсной лазерной абляции в различных жидкостях (дистиллированная вода и ацетон) при варьировании параметров эксперимента, получены неагломерированные наночастицы (НЧ) оксидов меди и цинка без использования каких-либо поверхностно-активных веществ или стабилизаторов. Основное внимание в работе посвящено установлению размеров, формы, состава и стабильности приготовленных коллоидных наночастиц в зависимости от экспериментальных условий.

Для получения НЧ использовался импульсный наносекундный Nd³⁺: YAG лазер (LOTIS ТП, LS 2134D, Беларусь), работающий в двухимпульсном режиме (длина волны 1064 нм, энергия 80 мДж / импульс, частота повторения 10 Гц и длительность импульса 10 нс) [1]. В качестве мишеней использовались прессованные таблетки оксидов цинка (ZnO) и меди (CuO), а также металлические образцы меди и цинка. Абляция мишеней (в ацетоне и дистиллированной воде) длилась 15 мин. Плотность мощности лазерного излучения на поверхности мишени составляла $10^8 - 10^9$ Вт / см². Морфология, размер и структура полученных НЧ и осажденных пленок были проанализированы с использованием рентгеноструктурного анализа, просвечивающей электронной микроскопии, а также абсорбционной и рамановской спектроскопии.

Известно, что состав наночастиц, формируемых с помощью лазерной абляции в жидкости, зависят как от состава аблируемой мишени, так и используемой жидкости. Поэтому для нахождения оптимальных условий для генерации наночастиц оксидов эксперименты по лазерной абляции проводились при использовании различных мишеней и жидкостей. Абляция мишени из металлической меди (Cu) в воде, как было обнаружено, приводит к образованию оксидных наночастиц, поскольку в спектре поглощения (рис. 1) отсутствует характерная плазмонная полоса около 580 нм, характерная для металлических НЧ меди [2], связанная с коллективным возбуждением электронов проводимости. Это связано с достаточно высокой реакционной способностью первоначально образовавшихся Cu кластеров, что приводит к их взаимодействию с окружающей водой и образованию оксидных НЧ. Иначе обстоит дело, если в качестве жидкой среды использовать ацетон. В этом случае абляция как Cu, так и CuO мишеней приводит к образованию металлических наночастиц Cu, что подтверждается наблюдением плазмонной полосы при ~ 580 нм в спектрах обоих образцов.

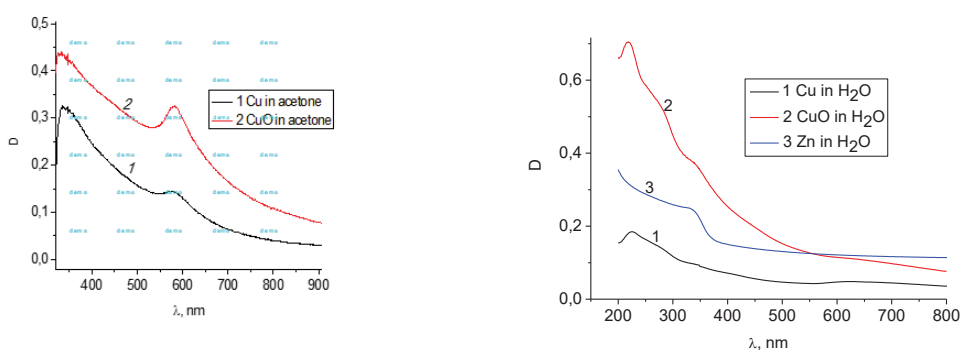


Рисунок 1 – Спектры поглощения (экстинкции) растворов, полученных лазерной абляцией Cu (1) и CuO (2) мишени в ацетоне (слева) и мишеней Cu (1), CuO (2) и Zn (3) в воде (справа)

Данные просвечивающей электронной микроскопии (рис. 2) позволили установить, что размеры частиц лежат в пределах от 5 до 40 нм во всех случаях, причем распределение по размерам уже в случае использования ацетона в качестве рабочей жидкости. Анализ изображений показал также, что частицы меди, приготовленные в ацетоне, имеют форму близкую к сферической, хотя и наблюдаются немногочисленные агломерации с размерами от 50 до 100 нм.

Аналогично для оптимизации условий получения НЧ ZnO, в качестве мишеней использовались пластинка из металлического цинка и таблетка из прессованного ZnO. Морфология полученных частиц оказалась близкой в обоих случаях. Средний размер таких НЧ находится в диапазоне 5-20 нм. Рентгеноструктурный анализ (не приводится) показал, что все наночастицы ZnO являются кристаллическими и имеют гексагональную структуру решетки.

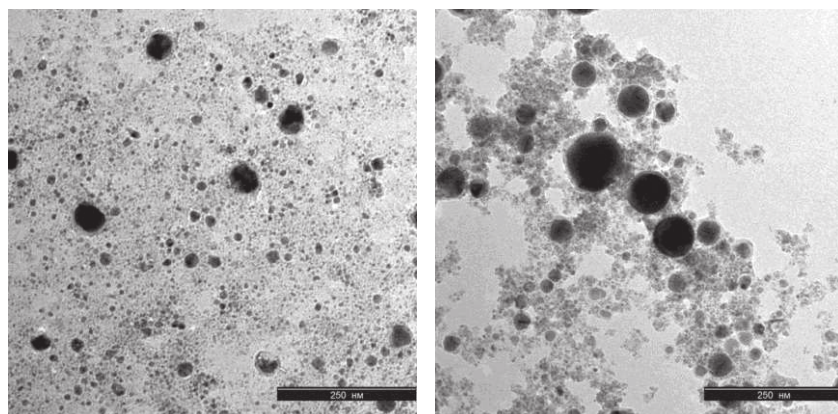


Рисунок 2 - Микрофотографии наночастиц, полученных лазерной абляцией Cu (слева) и CuO (справа) мишеней в ацетоне.

Размер масштабной шкалы 250 нм

Таким образом, в работе показано, что лазерная абляция в жидкостях является эффективным способом получения наночастиц окси-

дов металлов. Показано, что параметры получаемых наночастиц (морфология, фазовый состав и оптические свойства) могут быть оптимизированы путем варьирования условий эксперимента. Дальнейшая работа авторов будет сконцентрирована на создании тестового образца гетероперехода на основе наночастиц оксидов цинка и меди и изучении его вольтамперных и оптических характеристик.

Работа выполнялась в рамках задания Конвергенция 2.2.05.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tarasenko N. V., Butsen A. V. Laser synthesis and modification of composite nanoparticles in liquids. *Quant. Electron.* 40 (2010) P. 986–1003.
2. Zhang H. X., Siegert U., Liu R., Cai W. B. Facile fabrication of ultrafine copper nanoparticles in organic solvent. *Nanoscale Res. Lett.* 4 (2009) 705–708. doi 10.1007/s11671-009-9301-2

УДК 532.64:539.211

О. Г. Бобрович, канд. физ.-мат. наук, доц. (БГТУ, г. Минск)

МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ СИСТЕМЫ МО/СТЕКЛЯННАЯ ПОДЛОЖКА, ФОРМИРУЕМОЙ ИОННЫМ И ИОННО-АССИСТИРУЕМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

В работе приведены результаты изучения Мо-покрытия, осаждаемого в качестве тыльного контакта тонкопленочных солнечных элементов на стеклянную подложку. Покрытия молибдена наносились на стеклянную подложку с использованием резонансного ионного источника вакуумной электродуговой плазмы, в которой одновременно генерируются положительные ионы и нейтральная фракция из материала электродов источника ионов [1]. В качестве материала электродов использовался чистый молибден 99,9%. Осаждение молибденового покрытия проводили при ускоряющем напряжении $U = 10$ кВ для ассистирующих ионов Mo^+ и интегральных потоках ионов $1,2 \cdot 10^{16} - 1,1 \cdot 10^{17} Mo^+/cm^2$ и при отсутствии ускоряющего напряжения. В рабочей камере в процессе создания металлических покрытий поддерживался вакуум $\sim 10^{-2}$ Па. Ионное ассистирование [2] в процессе осаждения покрытия влияет на кристаллическую структуру, плотность упаковки, адгезию, поверхность получаемой пленки, что может повысить качество тонкопленочных устройств.

Морфология поверхности исходных и модифицированных образцов изучалась, используя атомно-силовую микроскопию в кон-