

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ТЕМПЛАТНЫЙ СИНТЕЗ – НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

А.И. ДИКУСАР

член-корреспондент АНМ

The paper describes the basis of the electrochemical template synthesis that is a novel method to obtain nanomaterials, the potential of this method is also given.

The participation of the Moldovan researchers from the Institute of Applied Physics of the ASM as the member of the Consortium formed in the framework of the project IRSES- FP 7. Researchers of five countries - the USA, France, Belgium, Lithuania, and the Republic of Moldova, make up this Consortium created to implement the theme of the multilateral international project mentioned above

Развитие различных отраслей промышленности тесно связано, с одной стороны, с миниатюризацией изделий, а с другой – с получением функциональных материалов, обладающих специальными свойствами (электрическими, магнитными, механическими и др.). Использование для этих целей наноматериалов не просто дань моде, а насущная необходимость, поскольку именно такие материалы зачастую обладают уникальными свойствами.

Характерной особенностью наноматериалов является наличие размерного эффекта, суть которого состоит в том, что свойства материала зависят от размера (например, пленок, частиц, кристаллитов, диаметра проводника и т.д.). В

некоторых случаях – это т.н. квантовый размерный эффект, когда определенные параметры системы квантуются, а следовательно, при изменении толщины, например, пленки, или диаметра провода проводник может превращаться в диэлектрик и наоборот. Изменение размеров полупроводника может приводить к изменению его важнейшей энергетической характеристики, т.н. „ширины запрещенной зоны”. С другой стороны, получение т.н. „нанокристаллических” покрытий может обеспечить достижение уникальных механических свойств поверхности. Иными словами, управление размерами при получении материалов обеспечивает по существу получение нового материала без изменения его химического состава.

Среди методов получения таких материалов особое место занимают электрохимические (как катодное электроосаждение, так и анодное растворение) [1-3], обладающие существенными достоинствами – простотой, относительно низкой стоимостью, широкими возможностями управления свойствами.

Одним из таких методов является т.н. электрохимический темплатный синтез, суть которого заключается в том, что на специальном образом приготовленные мембраны (например, из оксида алюминия Al_2O_3) наносится проводящая подложка (меди, серебра, золота), в результате чего получается шаблон (матрица, темплат). Матрица помещается в электролит и на металлическую подложку осаждается металл или сплав посредством электроосаждения из электролита определенного состава (см. рис.1).

Поскольку размеры пор мембраны можно регулировать посредством также электрохимического процесса (анодного растворения) (см. рис.2), появляется возможность получения ансамбля нанопроводов регулируемых размеров (от нескольких нанометров и более).



Рис. 1. Схема осуществления электрохимического темплатного синтеза

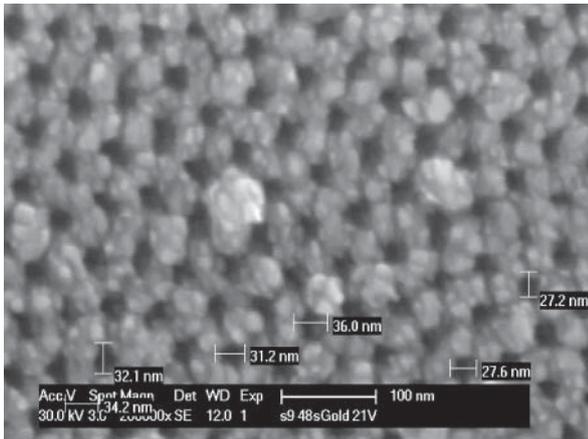
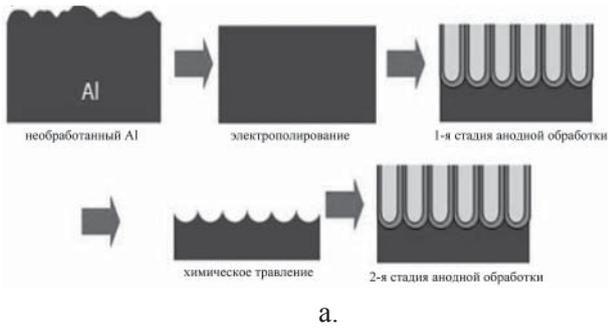


Рис. 2. Схема получения нанопористой матрицы из Al_2O_3 (а) и вид поверхности нанопор сверху (б)

В зависимости от поставленной задачи, полученный материал может быть в дальнейшем использован в качестве нанокомпозита (без удаления матрицы) или как собственно нанопористый материал (после растворения матрицы, например, в щелочи). На рис.3 представлен поперечный срез нанокомпозита с ансамблем нанопроводов из меди [4], а на рис.4 микрофотография ансамбля полученных электрохимически нанопроводов после удаления матрицы.

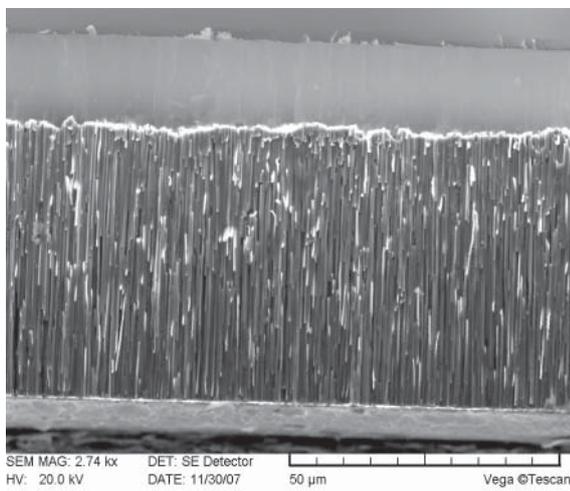


Рис.3. Поперечный срез ансамбля нанопроводов из меди диаметром 200 нм

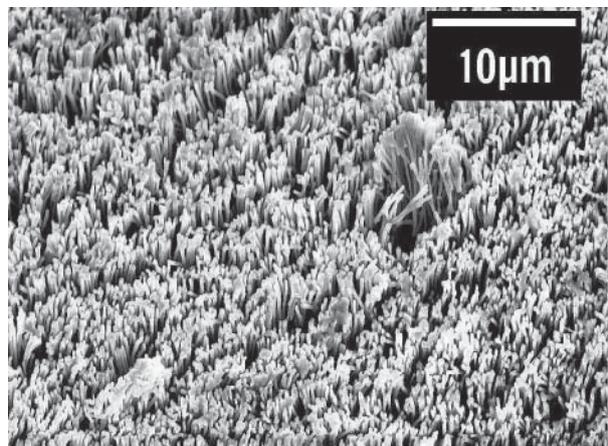


Рис. 4. Ансамбль нанопроводов после удаления матрицы

В настоящее время исследования в этом направлении ведутся во многих странах мира, в том числе и в Молдове. Объединение усилий исследователей различных стран должно способствовать повышению их эффективности. Именно эта идея лежит в основе различных проектов программы FP-7, включая Программу IRSES, финансирование которой осуществляется Европейским Союзом. Один из проектов IRSES осуществляется Лабораторией электрохимической обработки материалов Института прикладной физики АН Молдовы.

Это проект под общим названием „Template-assisted deposition of functional materials and devices” (Темплатное осаждение функциональных материалов и устройств) (Grant Agreement PIRSES-GA-2009-247859). Срок его действия – 3 года. Начало проекта – 1 февраля 2011 года.

В его выполнении участвуют пять исследовательских групп из Католического Университета г. Левен (Бельгия), Вильнюсского Университета (Литва), Центральной школы искусств и технологий Парижа (Франция), Северовосточного Университета штата Массачусетс (США) и Института прикладной физики АН Молдовы. Координатор проекта проф. Ж.-П. Целис (Бельгия), а руководителями различных исследовательских групп являются профессора Х.Цесиулис (Литва), П.Понтю (Франция), Э.Подлаха-Мерфи (США) и А.Дикусар (Молдова).

Необходимость координации исследователей различных стран объясняется тем, что проект является междисциплинарным и включает в себя не только разработку методов осаждения и получения пленок (наноструктур), но и их ха-

рактеризацию, исследование трибологических характеристик, процессов коррозии таких материалов (в том числе, трибокоррозии), а также их механического износа при трении.

Возможности приложения получаемых структур, обусловленные их свойствами, связаны с их использованием в качестве катализаторов, магнитных материалов, износостойких материалов и покрытий. Среди объектов, получаемых электрохимически и исследуемых в рамках этого проекта, следует выделить сплавы на основе металлов группы железа с тугоплавкими металлами (W, Mo, Re), получаемые из цитратных растворов.

Финансирование проекта направлено в первую очередь на координацию исследователей различных групп, что обусловлено не только междисциплинарным характером проекта, но и различными возможностями (аппаратурными, профессиональными) различных исследовательских групп. В частности, запланировано для каждой из групп шесть человеко-месяцев работы в год в лабораториях из числа входящих в исследовательский консорциум. Кроме того, выделяется финансирование на осуществление совместных встреч руководителей и исполнителей проекта для обсуждения результатов исследований и планов дальнейших работ. При выполнении настоящего проекта предполагается отдавать предпочтение для командировок молодых исследователей в другие исследовательские группы консорциума.

Финансирование настоящего проекта было начато в феврале прошлого года. За это время трое молодых исследователей Лаборатории электрохимической обработки материалов (С.С.Белевский, П.Г.Глоба, С.А.Силкин) работали в исследовательских группах Бельгии и Вильнюсского Университета (разработка методов получения нанокompозитов Al_2O_3 – электроосажденный металл (сплав), минуя промежуточную стадию нанесения подложки, использование методов спектроскопии электрохимического импеданса для исследования подобных материалов), а молодой сотрудник Вильнюсского Университета Т.Маляр в течение 5 месяцев работала в Лаборатории проф. Э.Подлаха-Мерфи в США (разработка электрохимических методов получения наноматериалов, обладающих магнитными свойствами), аспирант Северовосточного Университета в Бостоне Шаопенг

Сан в течение месяца стажировался в Вильнюсском Университете.

7 октября 2011 года в Бостоне (штат Массачусетс, США) состоялось обсуждение полученных результатов исследований, в рамках которого д-р Н.Цынцару, Молдова, стипендиат Премии Марии Кюри, стажировавшийся в Бельгии, представила доклад об исследованиях, проводимых в Левене (Бельгия), а также доклад об исследованиях по составу комплексов, входящих в электролит, для электрохимического получения Co-W сплавов, проводимых в Институте прикладной физики. Профессор Э.Подлаха-Мерфи выступила с докладом по результатам работ, посвященных темплатному синтезу наноматериалов, имеющих перспективы использования в электронной промышленности (системы MEMS) и др. Скорректированы планы совместных исследований на ближайшую перспективу.

В рамках проекта TEMADEP были получены важные результаты исследователями Лаборатории электрохимической обработки материалов (ИПФ, Молдова). В частности, на основе разработанного применительно к данным системам метода гель-фильтрации удалось существенно продвинуться в разработке механизма электроосаждения Co-W покрытий, которое до настоящего времени являлось „аномальным”. Показано, что его „аномальность” обусловлена электроосаждением из многоядерного гетерометаллического комплекса, образующегося непосредственно в электролите. Благодаря участию в работах в рамках проекта, Лаборатория существенно продвинулась в плане использования метода спектроскопии электрохимического импеданса для анализа изучаемых систем.

Нет никакого сомнения в том, что подобного рода проекты не только расширяют возможности каждого из его участников, но и позволяет существенно продвинуться в решении как конкретных исследовательских задач, так и возможности их практического использования.

Литература

1. Osaka T., Datta M., Shacham-Diamand Y. // *Electrochemical Nanotechnologies*. Springer. New York. 2009.
2. Martin C.R. // *Science*. 1994, v.226, p.1961/
3. Whitney T.M., Jiang J.S., Searson P.S., Chien C.L. // *Science*. 1993. v. 261, p.1316.
4. Globa P.G., Sidelnikova S.P., Tsyntsaru N.I., Dikumar A.I. // *Russian J. Electrochem*. 2011, v. 47(3), 357.