



Рисунок 3 – Микрофотография керамики состава LaCoO_3 . Температура спекания 1300°C .

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов Н.Т., Стрельникова С.С. //Золь-гель порошки в технической керамике // Сборник статей III Международной научно-практической конференции «Образование, наука, культура», Гжельский государственный художественно-промышленный институт, г. Гжель, 2011.

2. Стрельникова С.С., Анохин А.С., Андрианов Н.Т., Макаров Н.А., Жиров Д.А., Солнцев К.А. //Получение золь-гель методом и свойства нанодисперсных порошков легированного хромита лантана// Неорганические материалы. 2013.–Т.49.,– № 9., –с. 1003–1007.

3. Anokhin A.S., Chernova E.S., Strelnikova S.S., Andrianov N.T., Ashmarin A.A., Zhelezny M.V. //Synthesis and Sintering of Alkaline Earth Metals Doped Lanthanum Chromite (AE - Ca, Al, Mg), Materials science, Vol. 2, pp. 9-14 (2014).

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Программа фундаментальных исследований Президиума РАН I. 14П.*

УДК 544.6

О.В.Кислова, доц., канд. биол. наук
КНУТД, Киев, Украина

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Современный этап развития электрохимических сенсоров связан с использованием различных наночастиц, нанокластеров и нанокристаллов. Модифицированные электроды характеризуются высокой ка-

каталитической активностью наноструктур, снижением перенапряжения окислительно-восстановительных реакций в электродном процессе, повышением чувствительности и селективности электрохимического отклика. Нанопокрывтия электродов-сенсоров значительно расширяют спектр исследуемых веществ, включая неорганические, органические, биологически активные [1,2]. Небольшая стоимость этих электродов, легкость проведения анализа также являются преимуществами наноструктурированных электродов.

Высокая чувствительность и специфичность модифицированных наноматериалами электродов определяется высоким соотношением площади рабочей поверхности и объема наносистем, поскольку с уменьшением размера частиц значительно увеличивается доля поверхностных атомов. Высокая энергия наночастиц обеспечивает множественные взаимодействия в образованных наноструктурных композитах, что приводит к повышению прочности, теплостойкости и химической стабильности наноматериалов [1].

Для модификации электродов используют наночастицы металлов, которые проявляют уникальные электронные, оптические и каталитические свойства. Основными электрокатализаторами остаются платиновые металлы и золото. Каталитические свойства благородных металлов определяются размерами и формой частиц металла, степенью дисперсности, природой носителя, способом их нанесения на поверхность электрода [1,3]. Экспериментально установлено, что при переходе от макрофазы к наночастицам электрохимическая активность благородных металлов растет, о чем свидетельствует смещение потенциала максимального тока окисления золота с уменьшением размера частиц в область менее положительных значений потенциалов [3]. С наночастицами возможно протекание реакций, которые практически не идут на поверхности микрокристаллов.

По сравнению с индивидуальными металлами (Pd, Rh, Os, Pt, Ru и Au) более эффективными катализаторами являются бинарные системы (Pd-Rh, Pd-Ru, Rh-Ru, Pt-Ru, Pt-Os, Ru-Os, Au-Pd, Au-Rh, Au-Ru, Au-Pt, Au-Os). Существуют различные способы получения электродов с мелкодисперсными частицами металлов. Улучшение электрокаталитических свойств благородных металлов и бинарных систем достигается в результате их включения в полимерные пленки или на графитовую подложку на поверхности электродов [1].

Наночастицы являются метастабильными вследствие большой удельной поверхности и избыточной поверхностной энергии. Поэтому методы получения наночастиц необходимо связывать с их последующей стабилизацией. Чаще всего наночастицы стабилизируют в инерт-

ных жидких или твердых средах. Одно из перспективных направлений - стабилизация наночастиц на поверхности микрообъектов сферической формы [3]. С использованием микрогранул с наночастицами на поверхности можно создавать дисперсные системы и формировать на их основе компактные материалы, свойства которых остаются неизменными в течение длительного времени. Основными недостатками данного метода стабилизации на поверхности микрогранул являются гидрофобные свойства поверхности твердого носителя, необходимость дополнительных стадий подготовки поверхности перед нанесением наночастиц и влияние поверхности носителя на физические и химические свойства наночастиц [3].

Наночастицы, иммобилизованные на поверхности полимеров, теряют свою подвижность и способность к агрегации, но остаются химически активными и сохраняют основные физические характеристики. Так, коллоидным растворам наночастиц золота свойственна агрегативная неустойчивость, особенно в присутствии ионов Na^+ , K^+ . Для уменьшения неустойчивости используют метод функционализации - покрытие поверхности наночастицы химическими веществами с целью улучшения ее свойств (например, поверхностно-активные вещества натрия додецилсульфат, тетраметиламоний бромид, полимеры полиэтиленгликоль и полистиренсульфонат). Функционализированные наночастицы золота сохраняют агрегативную устойчивость в течение нескольких месяцев [3].

Другая перспективная наноразмерная структура - углеродные нанотрубки, которые образованы атомами углерода в состоянии sp^2 -гибридизации. Проводимость нанотрубки зависит от ориентации плоскости графита к оси нанотрубки. Соотношение между длиной нанотрубки и ее радиусом позволяет контролировать свойства этих материалов [2,4].

Модификация электродов углеродными нанотрубками значительно улучшает рабочие характеристики сенсоров. Существуют два типа углеродных нанотрубок - одностенные и многостенные. Они широко используются для модификации электродов благодаря большой удельной поверхности, способности усиливать перенос электронов и высокой электрохимической и химической стабильности как в водных, так и безводных растворах [4].

Современные способы усовершенствования электрохимических сенсоров предусматривают иммобилизацию наноматериалов на поверхности электродов двумя основными путями:

- 1) химическая иммобилизация осуществляется за счет ковалентной прививки модификатора на поверхности электрода;
- 2) физиче-

ская иммобилизация реализуется благодаря закреплению модификатора на поверхности за счет адсорбции, возникновения водородной связи, действия слабых электромагнитных сил межмолекулярного и межатомного дисперсионного, электростатического, диполь-дипольного взаимодействия [2].

Однако при работе с электрохимическими сенсорами существуют определенные трудности. В частности, присутствие электропроводящих наночастиц внутри мембраны увеличивает чувствительность сенсора к посторонним окислительно-восстановительным системам [3]. С другой стороны, электроды с применением наноматериалов сложно поддерживать в чистом виде. Это обстоятельство ограничивает возможности практического применения таких электродов и делает их во многих случаях одноразовыми.

Для устранения необратимой инактивации электродов разработан электрохимический сенсор, поверхность которого содержит наночастицы оксида титана. Известно, что самоочищающиеся поверхности из оксида титана в последнее время применяются в различных сферах: от изготовления самоочищающихся окон к покрытиям для медицинских инструментов. Механизм очистки таких систем достаточно прост - ультрафиолет, источником которого может быть как солнечный свет, так и искусственные УФ-лампы, инициирует фотокаталитические процессы разрушения органических загрязнений [5].

Вывод. Модификация электрохимических сенсоров наноструктурированными материалами обеспечивает новые возможности для их совершенствования благодаря уникальным химическим и физическим свойствам нанообъектов различных видов и значительно расширяют круг исследуемых веществ. Катализ электрохимических реакций, интенсификация процесса переноса электронов между поверхностью электрода и реакционной смесью, повышение чувствительности и специфичности, уменьшение сопротивления и увеличения электропроводности - это неполный перечень функций наночастиц в составе электрохимических сенсоров. На аналитические характеристики сенсоров существенно влияют дисперсность наночастиц и их количество, природа материала подложки, условия электрохимического концентрирования.

Технологии синтеза наноразмерных объектов металлов и их бинарных соединений, углеродных нанотрубок позволяют получать материалы с различными свойствами. Однако нестабильность наноструктур, повышенная чувствительность к побочным компонентам реакционной смеси, быстрая инактивация поверхности электрода и про-

блемы с ее регенерацией требуют дальнейшего усовершенствования наномодифицированных электрохимических сенсоров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Luo X. Application of Nanoparticles in Electrochemical Sensors and Biosensors/ X.Luo, A.Morrin, A. Killard, M.Smyth // *Electroanalysis*. – 2006 – V.18, № 4. – P.319 – 326.
2. Adhikari B., Govindhan M., Chen A. Carbon Nanomaterials Based Electrochemical Sensors/Biosensors for the Sensitive Detection of Pharmaceutical and Biological Compounds / B.Adhikari, M. Govindhan, A. Chen. // *Sensors*. – 2015. – V.15. – P. 22490-22508.
3. Wu H.-Y., Liu M., Huang M. Direct synthesis of branched gold nanocrystals and their transformation into spherical nanoparticles / H.-Y.Wu, M.Liu, M.Huang // *J. Phys. Chem. B*. – 2006. – V. 110. – P. 19291–19294.
4. Gao C., Guo Z., Liu J.-H., Huang X.-J.. The new age of carbon nanotubes: An updated review of functionalized carbon nanotubes in electrochemical sensors / C.Gao, Z.Guo, J.-H.Liu, X.-J.Huang. // *Nanoscale*. – 2012, №4. – P.1948-1963.
5. Self-cleaning properties in engineered sensors for dopamine electroanalytical detection / G.Soliveri, V. Pifferi, G. Panzarasa et al. // *Analyst*. – 2015. V.140. – P.1486-1494.

УДК 544.6

О.Л. Матрунчик, асп.; Г.Г. Тульский, проф., д-р техн. наук;
С.А. Лещенко, доц., канд. техн. наук;
А.Г. Тульская, канд. техн. наук; Е.С. Рутковская, асп.
(НТУ «ХПИ», г. Харьков)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА МЕТАНСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Введение. Метансульфоновая кислота (МСК) – сильная органическая кислота, представляющая собой жидкость без цвета и запаха. Благодаря своим уникальным характеристикам, в настоящее время она находит всё более широкое применение в самых различных областях. Так, МСК применяется в качестве катализатора реакций нитрования, этерификации, ацилирования, полимеризации олефинов [1], а также может быть использована для приготовления электролитов, в