

ПОЛУЧЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ОРГАНО- НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕМЕННОГО АСИММЕТРИЧНОГО ТОКА

Интерес, проявляемый к полифункциональным гибридным материалам, связан прежде всего с их уникальными физико-химическими свойствами. Свойства таких материалов определяются не только суммой отдельных вкладов их компонентов, но и значительной синергией, благодаря наличию большой гибридной границы раздела. Благодаря комбинации химических, механических и электрических свойств они нашли широкое применение как оптические, каталитические материалы, электродные материалы в устройствах преобразования и хранения энергии, а также коррозионно-защитные покрытия [1, 2].

Особый интерес представляют гибридные органо-неорганические наноматериалы, представляющие собой органическую матрицу с включенными в нее неорганическими компонентами. В качестве неорганических компонентов используют металлические наночастицы, нанокompозиты, содержащие наночастицы переходных и благородных металлов или их оксидов. Особенное внимание уделяется исследованию систем на основе оксидов Mn, Ni, Co. В качестве органической составляющей весьма перспективны полимеры, в макромолекулах которых содержатся ионогенные группы – полиэлектролиты. Они обладают рядом функциональных специфических особенностей, что обусловлено сочетанием свойств высокомолекулярных соединений и электролитов.

К таким полимерам можно отнести хитозан – полисахарид, обладающий фунгицидными и бактерицидными свойствами, биodeградируемостью, имеющим высокие сорбционные свойства.

Среди методов получения гибридных материалов, в том числе и антибактериальных, в основном используют высокотемпературные многостадийные химические методы, так называемые методы «мокрой химии», электрохимические используются редко.

В то же время большой интерес для этих целей представляет метод нестационарного электролиза. Его использование позволит проводить синтез в одну стадию, а также регулировать физико-химические свойства получаемых гибридных материалов в широком интервале посредством варьирования технологических параметров.

Целью данной работы является получение гибридных органо-неорганических материалов на основе оксидов кобальта и никеля, иммобилизованных в полимерную матрицу хитозана, на поверхности нержавеющей стали марки AISI 304 с использованием метода нестационарного электролиза.

Электрохимической ячейкой служил стеклянный термостатированный электролизер емкостью 250 мл, в который помещали рабочий электрод, противоэлектрод и магнитную мешалку. В качестве рабочего электрода использовали макроэлектроды из нержавеющей стали марки AISI 304 размером 30 x 20 мм (с обеих сторон), противоэлектрод – никель. В состав электролита входили следующие компоненты: нитрат кобальта ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), хлорид никеля ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), нитрат никеля ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), ПАВ (полиЭХГДМА), хитозан (пищевой водорастворимый производства ООО «Биопрогресс»). Соотношение плотностей средних за период катодного и анодного токов $j_k:j_a$ составило 2. Температура 25 – 30 °С, pH 2 – 3. Время электролиза – 60 мин.

Морфологию и элементный состав гибридных материалов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 200, совмещенного с системой рентгеновского микроанализа EDAX Genesis XVS 30. Измерение толщины проводили с помощью толщиномера Константа К5. Фазовый состав определяли путем анализа электронограмм, полученных с помощью просвечивающего электронного микроскопа Zeiss Libra 200FE. ИК спектры снимали на лабораторном инфракрасном Фурье-спектрометре Vertex 70.

Согласно данным рентгеноспектрального микроанализа, основными элементами разработанных покрытий являются С, О, Со, Ni.

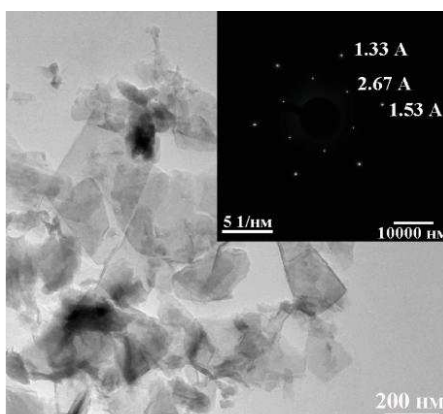


Рис.1. Результаты просвечивающей электронной микроскопии.

Толщина слоя гибридного материала на поверхности нержавеющей стали составила 30 – 40 мкм. Определение фазового

состава осуществляли путем сопоставления межплоскостных расстояний, полученных с помощью электронограмм (рис. 1), со справочными значениями [3]. Наиболее вероятными фазами гибридного материала являются CoO и Ni(OH)₂.

При сопоставлении ИК спектров чистого хитозана и гибридного материала, на обоих наблюдаются пики, присущие ножничным колебаниям NH₂ групп. Однако на спектре гибридного материала наблюдается его смещение в область более низких частот (1617,7 см⁻¹) по сравнению со спектром чистого хитозана (1627,8 см⁻¹). Последнее говорит об иммобилизации CoO в полимерную матрицу хитозана [4]. Пик 1336,1 см⁻¹ с большой долей вероятности можно отнести к колебательной D моде, характерной для включений углерода с разупорядоченными структурными дефектами [5]. Полоса поглощения 598,4 см⁻¹ может соответствовать поверхностной дисперсной фазе оксида кобальта CoO. Полоса поглощения 512 см⁻¹, вероятно, может относиться к деформационным колебаниям скелета Ni-O-H. Слабые пики в интервале 132 – 307,6 см⁻¹ могут указывать на продольные акустические моды NiO.

Таким образом, при поляризации переменным асимметричным током получены гибридные материалы на основе оксидных соединений кобальта и никеля, иммобилизованные в полимерную матрицу хитозана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Choudhary N. Two-dimensional transition metal dichalcogenide hybrid materials for energy applications / N. Choudhary, Md. A. Islam, J. H. Kim et al // *Nano Today*. – 2018. – V. 19. – P. 16 – 40.
2. Wang Y. A novel nickel-copper alternating-deposition coating with excellent tribological and antibacterial property / Y. Wang, X. Lu, N. Yuan, J. Ding // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2020. – V. 849. – P. 156222. DOI:10.1016/j.jallcom.2020.156222.
3. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. Москва: Государственное издательство физико-математических литературы. 1961. 862 с.
4. Chattopadhyay S. Chitosan-modified cobalt oxide nanoparticles stimulate TNF- α -mediated apoptosis in human leukemic cells / S. Chattopadhyay, S.K. Dash, S.K. Mahapatra et al // *J Biol Inorg Chem*. – 2014. – V. 19. – P. 399 – 414.
5. He D. Effect of metal oxide and oxygen on the growth of single-walled carbon nanotubes by electric arc discharge / D. He, Y. Liu, T. Zhao et al // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2008. – V. 10. – P. 409 – 414.