

УДК 544.77+66.049

Синтез наночастиц серебра и оксида цинка термическим разложением криомодифицированных прекурсоров

Рыжкова Александра Сергеевна¹ ryzhkova@bmstu.ru
SPIN-код: 2984-1370
Верная Ольга Ивановна^{1,2(*)} vernayaoi@my.msu.ru
SPIN-код: 1805-3623
Шабатина Татьяна Игоревна^{1,2} tatyashabatina@yandex.ru
SPIN-код: 3678-9242

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

² МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Криохимические технологии позволяют избежать использования токсичных реагентов и получать наноматериалы высокой степени чистоты. В данной статье криогенное осаждение серебра и цинка в виде карбонатов и их последующее термическое разложение позволило получить наночастицы серебра размером 5–10 нм и оксида цинка размером 7–17 нм. Полученные наноматериалы и их прекурсоры охарактеризованы методами ИК-, УФ-спектроскопии, ПЭМ, и рентгенофазового анализа (РФА).

Ключевые слова: наночастицы, криосаждение, термическое разложение, оксид цинка, серебро

Synthesis of zinc oxide and silver nanoparticles by thermal decomposition of cryomodified precursors

Ryzhkova Alexandra Sergeevna¹ ryzhkova@bmstu.ru
SPIN-code: 2984-1370
Vernaya Olga Ivanovna^{1,2(*)} vernayaoi@my.msu.ru
SPIN-code: 1805-3623
Shabatina Tatyana Igorevna^{1,2} tatyashabatina@yandex.ru
SPIN-code: 3678-9242

¹ BMSTU, Moscow, Russia

² Lomonosov MSU, Moscow, Russia

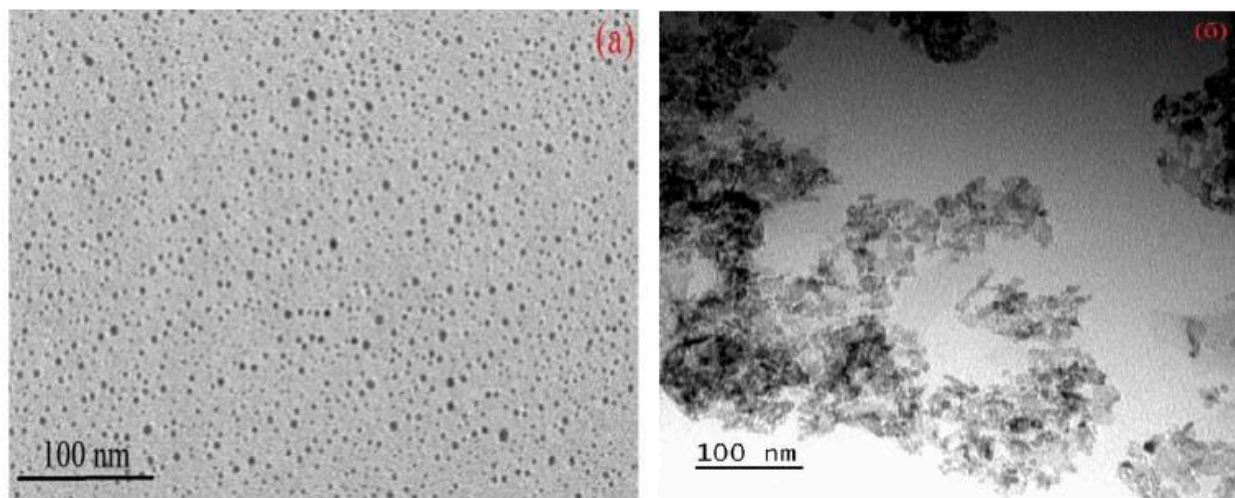
Abstract. Cryochemical technologies make it possible to avoid the use of toxic reagents and obtaining high-purity nanomaterials. In this paper, cryogenic precipitation of silver and zinc in the form of carbonates and their subsequent thermal decomposition — is used to obtain zinc oxide (20–40 nm) and silver (7–17) nanoparticles. The materials and their precursors were characterized by FT-IR, UV-visible spectroscopy, TEM, and X-ray diffraction.

Keywords: nanoparticles, cryoprecipitation, thermal decomposition, zinc oxide, silver

Введение. Устойчивость к антибиотикам — глобальная проблема современного здравоохранения. Одним из возможных решений этой проблемы является включение в антибактериальные системы НЧ Au, Ag, ZnO, активных в отношении резистентных бактериальных штаммов [1]. Биомедицинское применение наночастиц предъявляет особые требования к их чистоте. Методы криохимического синтеза не требуют использования токсичных растворителей и стабилизаторов и позволяют сократить количество химических реагентов [2, 3]. Цель нашей работы — продемонстрировать возможности криохимического синтеза для получения нанопорошков серебра и оксида цинка.

Методы и материалы. Настоящая работа проводилась в два этапа: первый включал в себя криохимическое осаждение карбонатов металлов из нитрата серебра и ацетата цинка соответственно, затем полученные образцы отжигали на воздухе для получения наночастиц серебра и оксида цинка.

Результаты и обсуждение. ИК-спектры образцов до отжига соответствуют карбонатам цинка и серебра. Спектр образцов после отжига не содержит полос карбонат-иона, что подтверждает формирование частиц состава Ag и ZnO. Данные РФА согласуются с результатами ИК-спектроскопии.



Микрофотографии ПЭМ НЧ:

a — Ag; *b* — ZnO

В УФ-спектрах образцов после отжига появляется пик плазмонного резонанса при 376 и 410 нм соответственно, что указывает на получение наноразмерных частиц. Микрофотографии ПЭМ подтверждают это предположение (рисунок). Согласно данным ПЭМ, размер частиц серебра, полученных после отжига, составляет 5–10 нм. В случае оксида цинка размер частиц находится в диапазоне 7–17 нм, однако полученные частицы имеют склонность к образованию агрегатов размером до нескольких сотен нанометров.

Закключение. Таким образом, в данном исследовании методом криоосаждения получены наночастицы серебра и оксида цинка размером 5–10 и 7–17 нм

соответственно. Состав и морфология образцов подтверждены методами УФ-, ИК-спектроскопии, ПЭМ и РФА.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 25-43-01023).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Shabatina T.I., Vernaya O.I., Melnikov M.Y. Hybrid nanosystems of antibiotics with metal nanoparticles-novel antibacterial agents. *Molecules*, 2023, vol. 28, no. 4, art. no. 1603. <https://doi.org/10.3390/molecules28041603>
- [2] Nguyen N.P.U., Dang N.T., Doan L., Nguyen T.T.H. Synthesis of silver nanoparticles: from conventional to 'modern' methods — a review. *Processes*, 2023, vol. 11, no. 9, art. no. 2617. <https://doi.org/10.3390/pr11092617>
- [3] Zhou X.Q., Hayat Z., Zhang D.D., Li M.Y., Hu S., Wu Q., Yuan Y. Zinc oxide nanoparticles: synthesis, characterization, modification, and applications in food and agriculture. *Processes*, 2023, vol. 11, no. 4, art. no. 1193. <https://doi.org/10.3390/pr11041193>