ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-224

АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОКОМПОЗИТА $ZnO-ZnFe_2O_4$, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВЗРЫВОМ ПРОВОДНИКОВ

Бакина О.В., Глазкова Е.А., Сваровская Н.В.,Чжоу В.Р., Ворнакова Е.А., Сулиз К.В.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Развитие у бактерий резистентности к антибиотикам поставило задачу поиска новых эффективных антимикробных агентов. Альтернативой антибиотикам в настоящее время являются наночастицы и наноструктуры неорганических материалов, наиболее перспективными и менее токсичными из которых являются оксиды металлов, в том числе и ZnO [1]. В основе механизма антибактериальной активности ZnO лежит его способность к фотохимическому разложению воды с образованием активных форм кислорода (АФК). Однако антимикробное и фотохимическое действие ZnO ограничено его поглощением в ультрафиолетовой области. Повысить поглощение видимого света можно созданием поверхностного гетероперехода с узкозонным полупроводником, в качестве которого можно использовать феррит цинка [2]. В настоящей работе для получения композитных наночастиц $ZnO-ZnFe_2O_4$ использовали масштабируемый физический метод – электрический взрыв двух проводников в кислородсодержащей атмосфере. Полученные частицы были охарактеризованы методами просвечивающей электронной микроскопии, ренгенфазового анализа, тепловой десорбции азота и спектроскопии диффузного отражения. Антибактериальную активность частиц оценивали стандартным суспензионным методом в отношении устойчивого к метициллину *S. aureus,* штамм MRSA ATCC 43300.

В результате совместного электрического взрыва цинкового и железного проводников в кислородосодержащей атмосфере были получены частицы неправильной формы со средним размером не более 100 нм (рис. 1). Содержание металлов в частицах регулировали подбором диаметров проводников. Энергодисперсионным анализом установлено, что цинк, железо и кислород равномерно расположены по всему объему частиц, их сигналы пропорциональны содержанию элементов в образце.

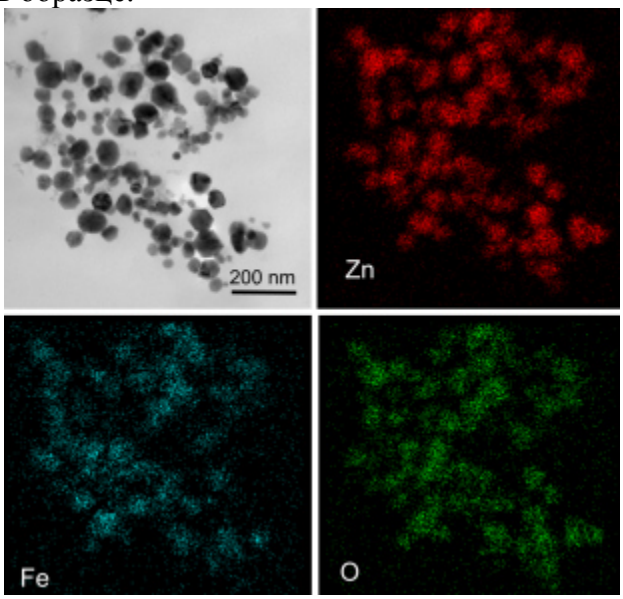

Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение и распределение элементов в режиме картирования наночастиц $CuO-CuFe_2O_4$

Рентгенофазовым анализом в каждом образце наночастиц обнаружены три фазы – незначительное количество металлического Zn, оксид цинка ZnO с гексагональной структурой вюрцита и феррит цинка $ZnFe_2O_4$ со структурой шпинели. Содержание металлов коррелировало с диаметрами взрываемых проводников. Оптические свойства наночастиц складывались из оптических свойств их компонентов: оксид цинка обеспечивал поглощение в ультафиолетовой области спектра, а феррит цинка – во всем диапазоне видимого света

(рис. 2). Уменьшение содержания оксида цинка в наночастицах приводило к закономерному снижению интенсивности поглощения в УФ-области спектра. При этом для достижения интенсивного поглощения в видимой области спектра достаточно было минимального количества феррита цинка в наночастицах. Ширина запрещенной зоны наночастиц ZnO, рассчитанная из оптических спектров диффузного отражения, построенных в координатах Таука, составила 3,1 эВ. Для наночастиц $ZnO\text{-}ZnFe_2O_4$ она составляла 2,1-2,5 эВ.

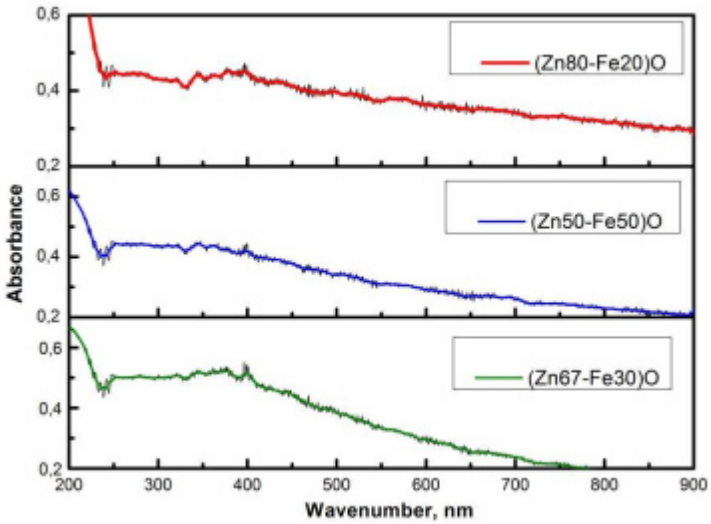

Рис. 2. УФ-видимые спектры диффузного отражения образцов $ZnO\text{-}ZnFe_2O_4$ с различным соотношением компонентов

Наночастицы (Zn80-Fe20)O обладали ярко выраженным антибактериальным действием в отношении MRSA, заметно превосходящим эффект от применения наночастиц ZnO, в то время как наночастицы (Zn50-Fe50)O, основной фазой которых является феррит цинка, были нетоксичны для бактерий.

Таким образом, в результате выполненной работы впервые электрическим взрывом были получены наночастицы $ZnO\text{-}ZnFe_2O_4$. Антибактериальная активность частиц и их оптические свойства обусловлены количеством ZnO. Установлено, что частицы, содержащие наибольшее количество оксида цинка обладали наиболее выраженной антибактериальной активностью по действием света видимой области элекромагнитного излучения. Результаты показали, что электрический взрыв проводников имеет большой потенциал как высокоэффективный и крупномасштабный непрерывный производственный процесс для синтеза композитных материалов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект номер FWRW-2019-0033.

1. Jeong E. et al. Quantitative evaluation of the antibacterial factors of ZnO nanorod arrays under dark conditions: physical and chemical effects on Escherichia coli inactivation //Science of the Total Environment. – 2020. – Т. 712. – С. 136574.
2. Gu X. et al. ZnO based heterojunctions and their application in environmental photocatalysis //Nanotechnology. – 2016. – Т. 27. – №. 40. – С. 402001.