

Список литературы

1. Shishov A., Gordeychuk D., Logunov L., & Tumkin I. (2019). High rate laser deposition of conductive copper microstructures from deep eutectic solvents. *Chemical Communications*.
2. Cai Z., Zeng X., & Liu J. (2010). Laser Direct Writing of Conductive Silver Film on Polyimide Surface from Decomposition of Organometallic Ink. *Journal of Electronic Materials*, 40 (3), 301–305.
3. Shkuratova V. A., et al. Rapid fabrication of spiral phase plate on fused silica by laser-induced microplasma // *Applied Physics B: Lasers and Optics*, 2020. – Vol. 126. – № 4. – P. 61.

ТГ/ДСК И ТГ(М) АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ В α -Fe₂O₃ ПРИ ЕГО МЕХАНИЧЕСКОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

В. Д. Елькин, Е. Н. Лысенко

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е. Н. Лысенко

Tomsk Polytechnic University

634050, Russia, Tomsk, 30, Lenin Avenue, vde2@tpu.ru

Оксид железа, α -Fe₂O₃, технологически важный материал, который широко используется в качестве исходного порошка для получения ферритмагнитных соединений и т. д. [1]. Ранее показано, что α -Fe₂O₃ может частично или полностью претерпевать фазовые трансформации в Fe₃O₄ при механической обработке в шаровых мельницах в зависимости от режимов измельчения [2]. Последний в свою очередь рассматривается как весьма перспективный материал для нового поколения биосенсоров, контрастных агентов для магнитно-резонансной томографии, а также в качестве магнитного носителя информации, пигмента, химического катализатора.

Целью настоящей работы являлось изучение методом термического анализа фазовых преобразований в α -Fe₂O₃ при его механическом измельчении в шаровой мельнице отечественного производства АГО-2С.

Механическая обработка проводилась с использованием стальных шаров (6 мм в диаметре) при различных режимах, включая время (до 120 минут) и среду измельчения (вода, изопропиловый спирт, воздух), а также скорость вращения стаканов (1290, 1820, 2220 об/мин). Полученные образцы исследовались методом синхронного термического анализа на термическом анализаторе STA 449C Jupiter (Netzsch, Германия) с чувствительностью 0,1 мкг. Нагрев и охлаждение образцов проводилось на воздухе от 10 до 50 °С/мин до 800 °С. Для обработки результатов использовалось программное обеспечение Netzsch Proteus Analysis.

Формирование магнетитовой фазы контролировалось с помощью термомагнитометрического анализа, позволяющего определять температуру Кюри магнитного материала, который более детально описан в [3]. Для этого 2 постоянных магнита, создающих поле 5 Э, были присоединены снаружи к зоне измерений. Измерение проводилось в азотной атмосфере для предотвращения окисления порошка в ходе нагрева.

Установлены закономерности фазовых преобразований в α -Fe₂O₃ в зависимости от режимов обработки. Подтверждена возможность осуществления частичной или полной фазовой трансформации α -Fe₂O₃ в Fe₃O₄ в ходе механической обработки в шаровой мельнице АГО-2С при определенных режимах. Показано, что значительные фазовые превращения α -Fe₂O₃ → Fe₃O₄ во время измельчения гематита происходят при высокой скорости вращения стаканов. При этом с увеличением времени обработки концентрация фазы магнетита увеличивается. Среда обработки также играет решающее значение в фазовой трансформации исходного оксида железа. Формирование Fe₃O₄ подтверждается полученным значением температуры Кюри ~565 °С, соответствующим литературному источнику [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (проект FSWW-2023-0011).

Список литературы

1. Lysenko E. N., Nikolaev E. V., Surzhikov A. P., Nikolaeva S. A. Kinetic analysis of lithium-titanium ferrite formation from mechanically milled reagents. *Material Chemistry and Physics*, 2020. – 239: 122055.
2. Velásquez A. A., Marín C. C., Uquijo J. P. Synthesis and characterization of magnetite-maghemite nanoparticles obtained by high-energy milling method. *J Nanopart Res.*, 2018. – 20: 72.
3. Astafyev A. L., Lysenko E. N., Surzhikov A. P., Nikolaev E. V., Vlasov V. A. Thermomagneto-metric analysis of nickel-zinc ferrites. *J Therm Anal Calorim*, 2020. – 142: 1775–1781.
4. Levy D, Giustetto R, Hoser A. Structure of magnetite (Fe_3O_4) above the Curie temperature: a cation ordering study. *Physics and Chemistry of Minerals*, 2012. – 39: 169–176.

ЭФФЕКТ АГРЕГАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ФОСФОРЕСЦЕНЦИИ КОМПЛЕКСОВ ЗОЛОТА (III) В ПОЛИМЕРНЫХ МИЦЕЛЛАХ

Н. А. Жарская, Ю. Р. Шакирова, П. С. Челушкин
Научный руководитель – к.х.н., ассистент А. И. Соломатина

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии
Санкт-Петербург, Россия, st087745@student.spbu.ru

Генерация излучения металлоорганических комплексов в ближней ИК области спектра, вызванная их агрегацией, является перспективным подходом к получению люминесцентных биосенсоров.

При агрегации циклометаллированных комплексов золота (III) реализуются специфические межмолекулярные взаимодействия металлоцентров. Это приводит к изменению природы излучательного возбужденного состояния молекул и разгоранию фосфоресценции [1] в красной и ближней инфракрасной области спектра, что делает такие соединения крайне перспективными для биологических исследований *in vivo* [2]. Гидрофобное ядро полимерных мицелл может служить своеобразной матрицей, способствующей эффективной агрегации комплексов. Кроме того, встраивание молекул люминофора в такие наночастицы обеспечивает его эффективную стабилизацию в водной фазе и защиту от нежелательных контактов с биомолекулами.

В данной работе были получены мицеллы на основе амфифильного блок-сополимера капролактона и этиленгликоля (PCL-*b*-PEG), загруженные синтезированным фосфоресцентным комплексом золота (III) (CN5)Au(C1)2, методом замены растворителя с последующим диализом (Рисунок 1, А). Изучены фотофизические свойства как исходного комплекса, так и полученной мицеллярной дисперсии (CN5)

Au(C1)2@BC: измерены спектры поглощения, возбуждения и люминесценции, а также квантовые выходы люминесценции методом сравнения со стандартом. Для оценки применимости полученного фосфоресцентного зонда в биологических исследованиях были измерены гидродинамические радиусы R_h мицелл методом динамического рассеяния света (ДРС) и проведён МТТ-тест на цитотоксичность по отношению к клеточной линии СНО-К1.

Полученные мицеллы проявляют интенсивную фосфоресценцию, которая существенно сдвинута в ближнюю инфракрасную область спектра по сравнению с люминесценцией разбавленного раствора комплекса за счет агрегации люминофора в ядрах полимерных мицелл (Рисунок 1, Б). Форма спектра люминесценции мицелл отличается от спектра раствора неагрегированного комплекса и похожа на форму спектра комплекса в твердой фазе, что может говорить об аналогичной упаковке молекул комплекса при агрегации. При агрегации молекул комплекса в мицеллах существенно возрастают квантовые выходы люминесценции от < 0,1 % до 3 % и 5 % в аэрированном и дегазированном состояниях соответственно. Результаты ДРС свидетельствуют о достаточно компактной структуре мицелл ($R_h = 23$ нм), что позволяет предположить возможность их эффективной интернализации в клетки. МТТ-тест продемонстрировал низкую