

УДК 535.34, 535.37

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ БЕССВИНЦОВЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ С КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ТИПА ПЕРОВСКИТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ

Мирущенко М.Д. (Университет ИТМО), **Тимкина Ю.А.** (Университет ИТМО),

Наутран В.Р. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., в.н.с. Ушакова Е.В.

(Университет ИТМО)

Было показано, что в ходе синтеза бессвинцовых нанокристаллов с симметрией перовскита формируются частицы различных размеров. Были разработаны протоколы фракционирования коллоидных растворов полученных наночастиц методами осаждения и центрифугирования. Было показано, что спектры поглощения практически не изменяются от фракции к фракции, в то время как спектры фотолюминесценции зависят от морфологии (размера) наночастиц.

Введение. Бессвинцовые нанокристаллы с кристаллической структурой типа перовскита (бсПНК), имеющие химический состав $Cs_2AgInCl_6$, перспективны для создания оптоэлектронных и фотонных устройств, так как не содержат в своём составе свинца, из чего следует их более безопасная и нетоксичная переработка, а также возможность использовать в областях, связанных с медициной. Следует отметить, что большинство бессвинцовых перовскитов не обладают такой же стабильностью, как их свинец-содержащие аналоги, однако ранее был рассмотрен способ покрытия поверхности таких бсПНК оксидом кремния при помощи введения молекул тетраэтилортосиликата (tetraethylorthosilicate, TEOS) в процессе синтеза, что способствовало сохранению их оптических свойств в течение периода более года. Предварительные результаты показали, что в ходе синтеза формируются частицы различные по размерам, что приводит к сложностям в анализе оптических свойств и интерпретации их зависимостей от параметров синтеза. Целью работы стало разработка протоколов разделения коллоидных растворов бсПНК с последующей характеристикой их морфологии и спектральных характеристик.

Результаты. Были синтезированы образцы $Cs_2AgInCl_6:Bi$ бсПНК методом горячей инъекции с различными добавками TEOS (0,3 - 0,5 мл), которые обозначены как бсПНК-1, бсПНК-2, бсПНК-3. В ходе синтеза бсПНК-4 TEOS не добавлялся. Форма и размеры бсПНК были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Zeiss AURIGA. Спектры поглощения образцов были получены с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-3600, люминесцентные характеристики были исследованы с помощью спектрофлуориметров Jasco FP-8200 и Varian Cary Eclipse. Центрифугирование производилось на лабораторных центрифугах ELMi CM-50 и Hettich EBA 21. Для получения СЭМ-изображений образцы были нанесены на предварительно отмытые кремниевые подложки, а для проведения фракционирования и измерения оптических характеристик образцы диспергировались в толуоле.

Анализ СЭМ-изображений четырёх разных образцов бсПНК состава $Cs_2AgInCl_6:Bi$, отличающихся разными объёмами добавки TEOS, показал, что наиболее часто встречающиеся линейные размеры (размеры определены по видимой площади) бсПНК равны 18,5 нм для бсПНК-1, 61 нм для бсПНК-2, 23 нм для бсПНК-3 и 9,8 нм для бсПНК-4, а наиболее крупные частицы достигают размеров 92 нм для бсПНК-1, 333 нм для бсПНК-2, 350 нм для бсПНК-3 и 68 нм для бсПНК-4.

В работе показано, что фракционирование методом центрифугирования при параметрах, используемых в большинстве случаев, не подходит для исследуемых образцов из-за их полного осаждения при скорости более, чем 500 об/мин, и времени более двух минут. При этом хороших результатов получается достичь при фракционировании методом

самоосаждения. Следует отметить, что фракционирование методом самоосаждения после ультразвуковой обработки приводит к схожим результатам.

Для всех образцов спектры поглощения остаются практически неизменными для любых фракций, при этом ширина пиков может незначительно меняться при неизменном положении максимума. Спектры люминесценции отличаются от фракции к фракции, при этом самое заметное изменение наблюдалось для фракции из самых малых наночастиц.

Выводы. В работе по исследованию нанокристаллов $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$, легированных висмутом, покрытых оксидом кремния, получены следующие основные результаты: проведён анализ и выделение отдельных частиц (отдельных нанокристаллов) на СЭМ-изображениях, получены основные статистических данные по их размерам, разработана методика и проведено фракционирование образцов бсПНК, исследованы оптические свойства отдельных фракций. Было определено, что свойства отдельных фракций могут значительно отличаться от свойств исходного образца.