

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ ПЕРОВСКИТА В МИКРОСФЕРЫ

Азизов Р.Р.¹, Соколова А.В.¹, Стовпяга Е.Ю.²

Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н., Ушакова Е.В.^{1,3}

¹Университет ИТМО, ²Институт Иоффе, ³City University of Hong Kong

Введение. Нанокристаллы (НК) с кристаллической решеткой типа перовскит в последние годы привлекают внимание ученых благодаря их уникальным электрическим и оптическим свойствам. Хотя НК перовскита обладают отличными характеристиками, они также имеют ряд недостатков, таких как активное химическое взаимодействие с окружающей средой и быстрая деградация свойств, что ограничивает их применение. Для минимизации отрицательных факторов, в данной работе был разработан метод создания композитного люминесцентного материала путем внедрения НК перовскита в мезопористые микросферы из SiO₂.

Материалы. Были синтезированы НК CsPbBr₃. В результате синтеза были получены НК с размером 10±3 нм. Для дальнейших исследований НК были диспергированы в гексане.

Для приготовления композитного люминесцентного материала с НК перовскита в качестве матрицы были использованы мезопористые микросферы SiO₂ со средним диаметром 500 нм и размером пор 20 нм, объём которых составлял до 20% от объёма микросфер. Затем были синтезированы микросферы. Для предварительной подготовки 5 мг микросфер было диспергировано в изопропанол и обработано ультразвуком в течение 2 минут. Далее микросферы были осаждены центрифугированием при скорости 10000 об/мин в течение 60 сек. Осадок сушился в вакуумной печи при 100 °С в течение 1 часа. Далее 50 мкл коллоидного раствора НК было добавлено к осадку, затем смесь была перемешана. Полученная смесь была осаждена центрифугированием при скорости 2000 об/мин в течение 60 сек. Эта процедура позволила НК проникнуть вглубь пор SiO₂ микросфер. Для дальнейшей очистки микросфер от НК, которые остались на поверхности, к осадку было добавлено 500 мкл смеси ацетон/октан в молярном соотношении 1 к 1. Смесь была перемешана в течение 30 сек, микросферы с НК были осаждены центрифугированием. Для дальнейших исследований 15 мкл микросфер с НК в растворе ацетон/октан было нанесено на стеклянную подложку. Полученный образец хранился в высушенном виде при нормальных условиях.

СЭМ-изображение образца подтвердило, что НК внедрены в объём микросфер и не находятся на их поверхности.

Оптические характеристики композитного образца. Было проведено исследование оптических характеристик НК в коллоидном растворе и в составе композитного материала.

Анализ спектральных характеристик композитного материала показал, что полоса поглощения сдвинута на 7 нм в синюю область спектра. Это предположительно связано с изменением показателя преломления среды и взаимодействия НК с матрицей. Полоса ФЛ композитного материала с пиком на 535 нм сдвинута относительно полосы коллоидного

раствора НК на 20 нм в красную область спектра. При этом наблюдается уширение полосы ФЛ с 20 нм до 30 нм. Такое изменение спектральных параметров полосы ФЛ возможно связано с процессом безызлучательного переноса энергии в ансамблях НК внутри пор микросфер. Анализ двумерных карт времен затухания ФЛ образца (рисунок 3а) показал, что микросферы с внедренными в них НК обладают различными временами затухания ФЛ, варьирующимися от 2.8 до 7.3 нс. Следует отметить, что значения времени затухания ФЛ являются однородными внутри микросферы.

Кинетика затухания ФЛ раствора НК носит биэкспоненциальный характер, в то время как кинетика затухания ФЛ композитного материала может быть описана моноэкспоненциальной функцией. Вычисленное время затухания ФЛ составило 4.8 нс,

Заключение. В результате был разработан метод приготовления композитного люминесцентного материала на основе мезопористых сферических микрочастиц SiO_2 с внедренными в них коллоидными НК перовскита. Было проведено сравнение оптических свойств этого материала с исходным коллоидным раствором НК. Было показано, что использование инертной матрицы для внедрения НК перовскита позволяет сохранить параметры их оптических откликов. Полученные результаты являются актуальными в области фотоники и могут быть использованы для разработки новых материалов для создания люминесцентных меток со стабильными оптическими характеристиками.