

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ФОТОИНДУЦИРОВАННЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В НАНОКРИСТАЛЛАХ CsPbBr₃, ОБОГАЩЁННЫХ Cd

Бурдуленко О. В.¹

Научный руководитель – канд. хим. наук, Зеленков Л. Е.¹

¹Университет ИТМО

lev.zelenkov@metalab.ifmo.ru

Введение

Галогенидные перовскиты со структурой типа АВХ₃, в частности CsPbBr₃, представляют собой прямозонные полупроводники с высокой эффективностью излучения и выраженными экситонными эффектами при комнатной температуре, что делает их перспективными материалами для применения в оптоэлектронных устройствах [1]. В коллоидных нанокристаллах существенную роль в формировании оптического отклика играют поверхностные состояния, определяющие скорость рекомбинации и динамику фотоиндуцированных носителей заряда. Одной из ключевых проблем является высокая плотность поверхностных ловушек, приводящая к ускоренной релаксации носителей и снижению времени жизни возбужденных состояний [2,3]. В связи с этим актуальной задачей является модификация состава и стабилизация коллоидных нанокристаллов с целью подавления каналов безызлучательной рекомбинации на поверхностных дефектах и стабилизации фотогенерированных состояний.

Основная часть

Данная работа посвящена исследованию динамики фотоиндуцированных носителей заряда в Cd-обогащённых квантовых точках и нанокристаллах CsPbBr₃, стабилизированных лецитиновыми лигандами. Предполагая, что катионное легирование способно модифицировать оптоэлектронные характеристики материала [4], на этапе коллоидного синтеза методом горячей инъекции вводилась добавка Cd(II). Такая модификация состава приводит к изменению электронной структуры перовскита и ширины запрещённой зоны, а также способствует снижению концентрации поверхностных дефектов за счёт частичной пассивации. Дополнительная стабилизация нанокристаллов лецитином формирует органическую оболочку, уменьшающую влияние ловушечных состояний и препятствующую агрегации частиц. Таким образом реализуется комбинированный механизм улучшения свойств, включающий модификацию кристаллической решётки и химическую пассивацию поверхности.

В ходе анализа динамики носителей заряда проводились измерения времён жизни и квантового выхода фотолюминесценции. С увеличением концентрации катионов Cd наблюдалось изменение времени жизни возбужденных состояний и подавление безызлучательных каналов релаксации.

Выводы

Проведённое спектроскопическое исследование показало, что обогащение ионами Cd(II) и поверхностная пассивация лецитином являются эффективными инструментами управления динамикой фотоиндуцированных носителей заряда в нанокристаллах CsPbBr₃ за счёт снижения роли поверхностно ловушечных состояний и перераспределение конкурирующих каналов рекомбинации. Полученные результаты демонстрируют перспективность подхода для разработки стабильных перовскитных наноструктур с управляемыми оптическими характеристиками.

Литература

1. Chouhan L. et al. Synthesis, optoelectronic properties and applications of halide perovskites //Chemical Society Reviews. – 2020. – Т. 49. – №. 10. – С. 2869-2885.
2. Klimov V. I. Spectral and dynamical properties of multiexcitons in semiconductor nanocrystals //Annu. Rev. Phys. Chem. – 2007. – Т. 58. – №. 1. – С. 635-673.
3. Yakunin S. et al. Low-threshold amplified spontaneous emission and lasing from colloidal nanocrystals of caesium lead halide perovskites //Nature communications. – 2015. – Т. 6. – №. 1. – С. 8056.
4. Ye J. et al. Defect passivation in lead-halide perovskite nanocrystals and thin films: toward efficient LEDs and solar cells //Angewandte Chemie. – 2021. – Т. 133. – №. 40. – С. 21804-21828.