

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОИЗЛУЧЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ
ПЕРОВСКИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ
ОБЛАСТЯХ ФОТОНИКИ И ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Отпущенников Л.А. (ИТМО), Зеленков Л.Е. (ИТМО, Harbin Engineering University,
Qingdao)**

**Научный руководитель – кандидат химических наук, науч. сотрудник Зеленков Л.Е.
(ИТМО, Harbin Engineering University, Qingdao)**

Введение. Свинцово-галогенидные перовскиты являются одними из лучших материалов для фотоники и оптоэлектроники. Они проявляют высокоинтенсивную фотолюминесценцию с узким контролируемым спектром излучения, могут эффективно поглощать ионизирующее излучение и проявлять усиленную спонтанную люминесценцию. Благодаря этому они находят применение в светоизлучающих диодах и ячейках, сцинтилляционных детекторах ионизирующего излучения и лазерных технологиях [1-3]. Наша работа посвящена отработке и оптимизации методов нанесения и формирования нанокристаллических плёнок с целью повышения их фотофизических свойств для использования в указанных устройствах.

Основная часть. Исследования проводились по трём направлениям с целью улучшения эффективности их светоизлучения:

1) Отработка и оптимизация рентгеновского перовскитной нанокристаллической плёнки толщиной не менее 50 мкм для использования в качестве сцинтилляторного слоя для детекторов рентгеновского излучения.

Апробированы методики синтеза нанокристаллов перовскита горячей инъекцией и лиганд-опосредованным осаждением (LARP), оптимизированы условия проведения реакции для масштабирования синтеза. Апробированы методы нанесения пленок спинкоатингом, щелевым-капиллярным методом и ножевым ракелем. Подобраны оптимальные условия нанесения и формирования оптически прозрачных сплошных пленок толщиной 50 мкм из нанокристаллов CsPbBr_3 , пригодных для использования в качестве чувствительного элемента детектора рентгеновского излучения. Проведена тестовая съемка на рентгеновской установке. Полученные изображения имели лучшую четкость и контрастность в сравнении с промышленным сцинтиллятором.

2) Разработка светоизлучающих ячеек на основе композитного эмиссионного слоя полифлуорен-перовскитные квантовые точки.

Синтезированы квантовые точки перовскита CsPbBr_3 методом горячей инъекции. В коллоидных растворах квантовых точек проведена замена лигандов на полифлуорен содержащий в своем составе цвиттер-ионные сульфобетациновые фрагменты. При включении перовскита в матрицу из полифлуорена квантовый выход перовскита улучшился на 10 % за счет безызлучательного переноса энергии (FRET). Раствор композита был нанесен спинкоатингом в качестве эмиссионного слоя светоизлучающей ячейки. Полученное устройство показало высокую эффективность электролюминесценции, превосходящую многие аналоги: эффективность по току 25,2 кд/А; эффективность по мощности 41,8 лм/Вт; люминесценция 1370 кд/м² [4].

3) Допирование перовскитных квантовых точек и нанокристаллов катионами рубидия для применения в светоизлучающих и лазерных диодах.

Синтезированы квантовые точки и нанокристаллы перовскитов смешанного катионного состава $\text{Cs}_{1-x}\text{Rb}_x\text{PbBr}_3$ и нанесены тонкие пленки методом спинкоатинга. Подтверждено улучшение фотофизических характеристик при легировании перовскита катионами рубидия: наблюдалось увеличение квантового выхода люминесценции на 13 % и снижение порогов усиленной спонтанной люминесценции с 63 до 33 мкДж/см². Исследована динамика носителей заряда, показано снижение дефектности при включении рубидия в структуру перовскита за счет увеличения времени Шокли-Рид-Холловской безызлучательной

рекомбинации с 24 до 50 нс. Полученные данные являются основой для создания более эффективных и стабильных перовскитных светоизлучающих и лазерных диодов.

Выводы. Проведены исследовательские работы по оптимизации состава, условий синтеза и нанесения пленок из перовскитных наноматериалов для улучшения их люминесцентных свойств. Получены толстые оптически прозрачные пленки, пригодные для использования в качестве рентгеновского сцинтиллятора, композитные светоизлучающие ячейки с высокой эффективностью электролюминесценции и нанокристаллы смешанного катионного состава, перспективные для оптоэлектроники из-за высокого квантового выхода и низких порогов усиленной спонтанной люминесценции.

Список использованных источников:

1. Zhang L., Mei L., Wang K., [et al.]. Advances in the Application of Perovskite Materials // Nano-Micro Lett. – 2023. – V. 15. No. 177.
2. Zhang Y., Sun R., Ou X., [et al.]. Metal Halide Perovskite Nanosheet for X-ray High-Resolution Scintillation Imaging Screens // ACS Nano. – 2019. – Vol. 13, No. 2. – P.2520-2525.
3. Lu G., Wang X., Jing X., [et al.] Blue Perovskite Lasing Derived from Bound Excitons through Defect Engineering // ACS Nano. – 2024. – V. 18. – P. 23457–23467.
4. Sandzhieva M.A., Zelenkov L.E., Otpushchennikov L.A., [et al.]. Highly Luminescent Polyfluorene-Based Composite with CsPbX₃ Perovskite Nanocrystals for Light-Emitting Devices // Photonics and Nanostructures – Fundamentals and Applications – 2024. – Vol. 58. – P. 101239.