

**СИНТЕЗ ОДИНОЧНЫХ КРИСТАЛЛОВ ПЕРОВСКИТА CsPbBr<sub>3</sub> НА  
ОМНИФОБНЫХ ПОДЛОЖКАХ****Семьнин М.С. (ИТМО), Карцев Д.Д. (ИТМО), Татаринов Д.А. (ИТМО)  
Научный руководитель – к.ф.-м.н., с.н.с. Щербинин Д.П. (ИТМО)**

**Введение.** За последнее десятилетие нанокристаллы (НК) перовскита на основе галогенидов свинца с формулой APbX<sub>3</sub> (где А – метиламин, формамид, Cs или Rb, а X — Cl, Br или I) стали активно исследуемым классом полупроводниковых материалов. Они обладают высоким сечением поглощения (в том числе многофотонного), значительным квантовым выходом фотолюминесценции (до 100%), а также высокой стабильностью оптических свойств и их толерантностью к дефектам [1 – 3]. Такие характеристики делают НК перовскита одними из самых эффективных излучателей. Благодаря этому микро- и нанолазеры на основе кристаллов перовскита нашли широкое применение в областях оптоэлектроники и нанофотоники, для разработки фотонных интегральных схем и сверхчувствительных сенсоров [4 – 5]. Таким образом, поиск и отработка простых, коммерчески доступных и масштабируемых методов синтеза нано- и микрокристаллов перовскита с заданными морфологическими свойствами, является востребованным. Классический синтез в макрообъеме не позволяет синтезировать кристаллы с малой дисперсией по размеру и формам получаемых кристаллов. В этой связи микрокапельный синтез обладает неоспоримыми преимуществами, так как позволяет внести дополнительный контролирующий фактор, влияющий на протекание синтеза [6]. Варьируя объем реакционной массы в капле, можно направленно влиять на параметры синтезируемого кристалла. В работе исследуются факторы, такие как объем капли с реакционной массой, температура при их высыхании и свойства смачиваемости поверхности, на которую наносятся капли, и влияние этих факторов на форму и размеры получаемых микрокристаллов перовскита.

**Основная часть.** В настоящей работе синтез кристаллов перовскита CsPbBr<sub>3</sub> проводился на подложках с омнифобным покрытием полидиметилсилоксана модифицированного 3-глицидилоксипропил полиэдрическим олигомерным силсесквиоксаном (GPOSS-PDMS). На предварительно активированную поверхность предметного стекла равномерно наносился коллоидный раствор прекурсоров GPOSS-PDMS методом центрифугирования (POLOSTM SPIN150i) при 1000 об/мин в течение 1 мин. Для получения омнифобных покрытий GPOSS-PDMS, подложки с нанесенным слоем раствора прекурсора помещали на нагревательную плиту и сушили при 80°C в течение 10 мин. Затем высушенное покрытие облучали ртутной газовой лампой высокого давления (250 Вт, диапазон длин волн от 254 до 579 нм, 6,9 мВт/см<sup>2</sup> при длине волны 365 нм) в течение 7 мин.

Для синтеза НК перовскитов CsPbBr<sub>3</sub> использовался раствор бромида цезия (концентрация 0.05 моль/л) и бромида свинца (0.05 моль/л) в диметилсульфоксиде (ДМСО). Важно отметить, что в подготовленном растворе, то есть в макрообъеме реакция не происходит. Для проведения синтеза подготовленный раствор наносился на подложку с помощью жидкостного манипулятора I.DOT (DISPENDIX, Германия). Объем капель варьировался в диапазоне от 10 нл до 1000 нл. Исследовалось влияние температуры на процессы высыхания капель и кристаллизации микрокристаллов перовскита. Высушивание образцов, до полного испарения растворителя, проводилось как при комнатной температуре в течение четырех суток, так и при температуре 80°C в течение 20 минут. Полученные в ходе синтеза структуры исследовались на конфокальном микроскопе LSM 710 (Carl Zeiss, Германия). Показано, что нагрев подложки при высыхании приводит к изменению распределения центров кристаллизации. В случае синтеза на подогреваемых подложках, при малых объемах капель происходит формирование нескольких кубических микрокристаллов, с размером порядка нескольких десятков микрометров. В каплях с размерами более 500 нл было показано формирование большого количества центров кристаллизации по периферии

капли, приводящие к росту неупорядоченных кольцеобразных агломератов, с формированием отдельных кубических микрокристаллов внутри кольца с размером не превышающих 10 мкм для заданных концентраций. Высыхание капель при комнатной температуре приводит к формированию больших микрокристаллов в форме вытянутых параллелепипедов с размером порядка сотен микрометров. Показано, что для всех полученных структур наблюдается люминесценция с максимумом на длине волны 525 нм.

**Выводы.** В настоящей работе описан процесс синтеза одиночных микрокристаллов перовскита CsPbBr<sub>3</sub> методом нанесения микрокапель реакционной массы на подложку с омнифобным покрытием GPOSS-PDMS. Показано, что на размер и форму получаемых микрокристаллов влияет объем реакционной массы, а также температура при ее высыхании. Продемонстрирована возможность синтеза кубических микрокристаллов CsPbBr<sub>3</sub>, обладающих люминесценцией с пиком на 525 нм. Полученные результаты могут найти применение при разработке микро- и нанолазеров на основе перовскитов.

#### **Список использованных источников:**

1. Cao Z. et al. Optical studies of semiconductor perovskite nanocrystals for classical optoelectronic applications and quantum information technologies: a review //Advanced Photonics. – 2020. – V. 2. – №. 5. – P. 054001-054001.
2. Shen W. et al. Nonlinear optics in lead halide perovskites: mechanisms and applications //Acs Photonics. – 2020. – V. 8. – №. 1. – P. 113-124.
3. Liu M. et al. Halide perovskite nanocrystal emitters //Advanced Photonics Research. – 2021. – V. 2. – №. 3. – P. 2000118.
4. Jiang N. et al. Ultrasensitive angle deviation feedback based on jump switching of the anisotropic magnetoresistance effect in cluster-assembled nanostructured films //The Journal of Physical Chemistry C. – 2022. – V. 126. – №. 44. – P. 18931-18942.
5. Polushkin A. S. et al. Single-particle perovskite lasers: from material properties to cavity design //Nanophotonics. – 2020. – V. 9. – №. 3. – P. 599-610.
6. Du H. et al. Size-controlled patterning of single-crystalline perovskite arrays toward a tunable high-performance microlaser //ACS applied materials & interfaces. – 2019. – V. 12. – №. 2. – P. 2662-2670.