

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ  
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ НАНОКРИСТАЛЛОВ ПЕРОВСКИТОВ БРОМИДА  
ЦЕЗИЯ СВИНЦА CsPbBr<sub>3</sub> В ФТОРОФОСФАТНОМ СТЕКЛЕ**

Семаан Р. (Университет ИТМО), Колобкова Е.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д. ф.-м. н., профессор Никоноров Н.В.  
(Университет ИТМО)

Нанокристаллы перовскитов бромида цезия свинца CsPbBr<sub>3</sub> были осаждены во фторофосфатных стеклах. Спектры фотолюминесценции нанокристаллов перовскитов CsPbBr<sub>3</sub> во фторофосфатном стекле были зарегистрированы при повышении температуры и значения температурного коэффициента смещения ширины запрещенной зоны ( $dE/dT$ ) были определены.

**Введение.** Нанокристаллы (НК) неорганических полупроводников на основе галогенида свинца перовскита, CsPbX<sub>3</sub> (X = Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>) привлекли интенсивный интерес благодаря своим превосходным оптоэлектронным свойствам, таким как высокий квантовый выход фотолюминесценции, до 90%, узкая полная ширина на полувысоте, до 12 нм, и перестраиваемая запрещенная зона во всем видимом спектре за счет изменения либо их галогенидного состава, либо их размера, а также их широкое поглощение и простой и недорогой синтез. Эти характеристики делают их перспективными активными средами для лазеров, светодиодов, фотоприемников, солнечных элементов и дисплеев. Внедрение этих НК в неорганические аморфные твердые матрицы, такие как стекло, защищает их от условий окружающей среды и повышает их стабильность. Более того, сохранение полезных свойств при высоких температурах требуется при использовании таких НК во многих оптоэлектронных технологиях, так как эти устройства нагреваются при длительной эксплуатации. Поэтому целью нашей работы является изучение фотолюминесцентных (ФЛ) свойств НК перовскита CsPbBr<sub>3</sub> во фторофосфатном (ФФ) стекле в зависимости от температуры.

**Основная часть.** Образцы фторофосфатных стекол ФФ состава 40P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-35BaO-5NaF 10AlF<sub>3</sub>-5Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1Cs<sub>2</sub>O-2PbF<sub>2</sub> (моль. %), легированный 1-2 моль. % BaBr<sub>2</sub> были получены методом закалки из расплава. НК CsPbBr<sub>3</sub> осаждались в результате самокристаллизации стекла во время закалки расплава и дальнейшего роста во время термообработки. Три образца НК CsPbBr<sub>3</sub> с тремя различными размерами (6, 7,5 и 9 нм) были приготовлены в ФФ стеклах. Измерения поглощения и ФЛ проводились при комнатной температуре. Спектры ФЛ регистрировались в диапазоне температур от 300 до 425 К.

Максимумы ФЛ при комнатной температуре составили 2.48, 2.475 и 2.407 эВ для НК CsPbBr<sub>3</sub> с размерами 6, 7.5 и 9 нм соответственно. Интенсивность ФЛ постепенно уменьшается с повышением температуры, что свидетельствует о тепловом тушении фотолюминесценции, возникшем в результате термической диссоциации экситонов. Продемонстрирована температурная зависимость запрещенной зоны НК CsPbBr<sub>3</sub>, полученная из положений максимумов фотолюминесценции для трех образцов разного размера. Линейная аппроксимация экспериментальных данных позволила получить значения  $dE_g/dT=1.41 \times 10^{-4}$  эВ/К для ~ 6 нм,  $dE_g/dT=1.66 \times 10^{-4}$  эВ/К для ~ 7.5 нм,  $dE_g/dT=1.72 \times 10^{-4}$  эВ/К для ~ 9 нм. Результаты показали уменьшение абсолютных значений температурного коэффициента смещения ширины запрещенной зоны с уменьшением размера НК.

**Выводы.** НК CsPbBr<sub>3</sub> были успешно осаждены в фторофосфатном стекле методом закалки из расплава и последующей термообработки. Измерения ФЛ показали, что интенсивности пиков ФЛ уменьшаются, а ширина запрещенной зоны увеличивается с увеличением температуры. Температурные изменения ширины запрещенной зоны для НК CsPbBr<sub>3</sub> противоположны по

знаку и меньше по величине, чем для большинства обычных полупроводников. Следовательно, они мало влияют на светоизлучающие технологии, работающие при повышенных температурах.