

**НАНОСТРУКТУРЫ БЕССВИНЦОВЫХ ПЕРОВСКИТОВ ДЛЯ
ЭФФЕКТИВНОЙ АП-КОНВЕРСИИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ****Ильин С.П. (ИТМО)****Научный руководитель – кандидат химических наук Зеленков Л.Е.****(Harbin Engineering University, ИТМО)**

Данная работа посвящена нелинейным резонансным структурам на основе бессвинцовых германиевых перовскитов, способным эффективно преобразовывать инфракрасное излучение в видимый диапазон. В ходе работы были получены высококачественные перовскитные тонкие пленки и метаповерхности на их основе, демонстрирующие высокий нелинейный отклик. Кроме того, были разработаны композитные резонаторы на основе сферических SiO_2 темплатов, обеспечивающие стабильность оптического отклика и контроль морфологии перовскитных структур. Результаты работы открывают перспективы создания новых ап-конвертеров ИК-излучения для приложений в биовизуализации, оптических коммуникациях и лазерных технологиях, обеспечивая сочетание высокого нелинейного отклика, экологической безопасности и низкой стоимости производства.

Введение. Преобразование инфракрасного излучения (ИК) в видимый диапазон (400–700 нм) и ближний ИК (700–1000 нм) является актуальной задачей, представляющей интерес из-за множества приложений в областях информационных, коммуникационных и биомедицинских технологий. Подобное преобразование может быть реализовано посредством эффекта генерации второй гармоники (ГВГ), который может быть усилен с помощью различных нанопотонных структур, основанных на поверхностных плазмонных резонансах, резонансах Ми, резонансах Фано и т.д. Однако существующие материалы, используемые для данных задач, имеют существенные ограничения. Так плазмонные материалы характеризуются высокими материальными потерями и низкими порогами разрушения материала, существенно лимитирующими эффективность преобразования до $10^{-10} - 10^{-6}\%$. В свою очередь, классические полупроводники, демонстрирующие большую объемную нелинейную восприимчивость второго порядка, $\chi(2)$, способны эффективно генерировать вторую гармонику (ГВГ). Однако сложный литографический подход, требуемый для их наноструктуризации, и высокая стоимость самих материалов ограничивают потенциал их применения. Альтернативой данным материалам могут стать бессвинцовые германиевые перовскиты, сочетающие высокую квадратичную нелинейную восприимчивость ($\chi^2 = 125$ пм/В для CsGeI_3 [1]), экологичность и простоту синтеза. Таким образом цель работы — разработка резонансных структур на основе бессвинцовых галогенидных перовскитов для эффективной ап-конверсии ИК-излучения.

Основная часть. Преобразование инфракрасного излучения в видимый диапазон требует материалов с высокой нелинейной оптической активностью и устойчивостью к деградации. В рамках проекта основное внимание уделено бессвинцовым германиевым перовскитам, таким как CsGeI_3 и MAGeI_3 , которые считают в себе высокую оптическую нелинейность, экологическую безопасность и простоту синтеза.

В ходе проведенной работы были разработаны методики синтеза высококачественных тонких пленок перовскитов CsGeI_3 и MAGeI_3 , показывающих сильный сигнал ГВГ, а также была проведена оптимизация параметров их наноструктурирования методом нанопечатной литографии, для создания метаповерхностей с повышенной эффективностью генерации второй гармоники.

Кроме того, в проведенной ранее работе [2], было установлено что ГВГ в Ми-резонансной субмикронной частице CsGeI_3 может быть значительно усилена при накачке на длине волны, совпадающей с положением магнитного дипольного резонанса, расположенного в близком ИК диапазоне (1400 нм для частицы размером 480 нм). На основании данных

результатов была проведена работа по разработке методики получения отдельных резонаторов на основе сферических темплатов SiO_2 , стабилизирующих кристаллическую фазу перовскита с контролируемыми размерами, формой, морфологией и оптическими свойствами.

Выводы. В настоящей работе были проведены синтез и оптическая характеристика новых материалов для задач нелинейной нанофотоники. На основании этих материалов был получен ряд резонансных структур, позволяющих эффективно преобразовывать ИК-излучение в видимый диапазон. Полученные результаты прокладывают путь к новым практическим решениям для задач биовизуализации, оптических коммуникаций и лазерных технологий.

Список использованных источников:

1. C. C. Stoumpos, et al., Journal of the American Chemical Society 2015, 137, 6804.
2. Ilin, Stepan, et al., Advanced Optical Materials 2024, 12(22), 2400170.