

УДК 538.958

## ЭКСИТОН-ПОЛЯРИТОННЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ПЛАНАРНОМ РЕЗОНАТОРЕ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТА $\text{MAPbI}_3$

Машарин М.А. (Университет ИТМО)

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

Научный консультант – к. ф.-м. н., профессор Самусев А.К.  
(Университет ИТМО)

### Аннотация

Доклад будет посвящен экспериментальному исследованию экситон-поляритонов в планарном микрорезонаторе на основе перовскита  $\text{MAPbI}_3$ . Будут продемонстрированы режимы сильной связи свет с веществом при разных температурах. Также будут показаны измерения оптических нелинейных эффектов при резонансной накачке.

**Введение.** Одна из основных проблем современной фотоники – нехватка миниатюрных полностью оптических сверхбыстрых нелинейных систем. Экситон-поляритоны – квазичастицы, появляющиеся при сильной связи света с экситоном в микрорезонаторе с полупроводниковым материалом, являются одним из перспективных инструментов для реализации таких систем. Данные частицы позволяют не только получать сверхбыстрые и высокие оптические нелинейности, но и могут демонстрировать Бозе-Эйнштейн конденсацию, сопровождающуюся низкопороговым поляритонным когерентным излучением и другими свойствами, что делает их крайне перспективными для применений в оптических системах. На сегодняшний день в литературе существует множество работ с экситон-поляритонами, в том числе при комнатной температуре для различных материалов. Однако, большинство из них демонстрируют сильную связь света с вещества в вертикальных Брэгговских резонаторах. Данная реализация позволяет эффективно исследовать данный феномен, однако имеет множество проблем, связанных с дальнейшим применением таких резонаторов в конечных оптических чипах.

**Основная часть.** Данная работа предлагает альтернативный резонатор для реализации экситон-поляритонов – планарный волновод из перовскитной тонкой плёнки  $\text{MAPbI}_3$ . Тонкие перовскитные плёнки на стеклянной подложке содержат волноводные оптические моды, распространяющиеся под световым конусом в материале, добротность которых определяется морфологией плёнки. Данная мода, пересекая экситонный энергетический уровень, при условии высокой силы осциллятора экситона и достаточной энергии связи, способна связываться с ним, образуя экситон-поляритон.

Выбранный перовскит  $\text{MAPbI}_3$  имеет энергию связи экситона 19 мэВ, что меньше тепловой энергии при комнатной температуре (~25.7 мэВ), поэтому экситон при комнатной температуре не может связаться с фотоном, так как разрушается тепловыми эффектами. Однако, такая энергия связи характеризуется относительно большим боровским радиусом, что позволяет получить более высокие оптические нелинейности, но при более низких температурах. Также стоит упомянуть более ранние исследования данного материала о существовании поляронных эффектов, которые модифицируют экситон посредством взаимодействия с ним, образуя экситон-поляроны. Данный феномен был также описан и учтен в данной работе.

Для измерения дисперсии экситон-поляритона и дальнейшего измерения оптических нелинейностей, в данной работе мы структурировали перовскитную плёнку толщиной 110 нм периодической решеткой периодом 750 нм методом нанопринт литографии. Благодаря вытекающим модам периодической решеточной структуры, мы экспериментально измерили поляритонные дисперсии, а также резонансно накачали экситон-поляритоны при измерении

оптических нелинейностей. Благодаря растворным методам синтеза перовскитных плёнок, мы смогли точно контролировать конечную поляритонную дисперсию посредством изменения толщины плёнки, выбрав самую подходящую для наших исследований. Конечные дисперсии экситон-поляритонов, а также рассчитанная сила связи света с веществом решеточных структур  $\text{MAPbI}_3$  были получены из измеренных спектров отражения и фотолюминесценции с угловым разрешением при различных температурах.

**Выводы.** В результате работы были экспериментально получены экситон-поляритонные дисперсии в двух кристаллических фазах перовскита  $\text{MAPbI}_3$  при 170К и 6К, рассчитаны силы связи экситон-поляритона, а также экспериментально измерены оптические нелинейности при резонансной накачке в виде синего сдвига поляритонной дисперсии при увеличении числа поляритонов. Результаты данной работы могут внести вклад в развитие области планарной поляритоники и дальнейших реализаций полностью оптических нелинейных оптических элементов.

Машарин М.А. (автор)

Подпись

Макаров С.В. (научный руководитель)

Подпись