

УДК 535.37

## СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ И ЛАЗЕРНЫЕ СВОЙСТВА ИТТЕРБИЙ-ЭРБИЕВЫХ ФТОРИДНЫХ ФОТО-ТЕРМО-РЕФРАКТИВНЫХ СТЕКОЛ

Нассер Х., Асеев В.А., Иванов С.А., Игнатъев А.И.

Научный руководитель – профессор, д. ф.-м. н. Никоноров Н.В.

Университет ИТМО

Исследованы спектрально-люминесцентные свойства фторидных фото-термо-рефрактивных стекол, соактивированных ионами иттербия и эрбия. Получена генерация на иттербий-эрбиевом фторидном фото-термо-рефрактивном стекле.

### Введение

1.5 мкм-лазеры широко используются в областях оптических телекоммуникаций. Преимущество использования таких лазеров связано с высокой прозрачностью атмосферы и минимальными оптическими потерями в оптическом волокне на длинах волн около 1,5 мкм. Однако, для таких применений требуются лазеры с узкой спектральной линией, такие как лазеры с распределенными брэгговскими отражателями и лазеры с распределенной обратной связью, которые являются одними из наиболее перспективных устройств для узкополосной лазерной генерации.

Фторидное фото-термо-рефрактивное (ФТР) стекло, активированное редкоземельными ионами, дает возможность разработки лазеров с распределенной обратной связью, так как на таких стеклах можно записать голографические решетки и одновременно получить генерацию.

Целью данной работы является изучение как генерационных, так и спектрально-люминесцентных свойств фторидных ФТР стекол, легированных ионами иттербия и эрбия.

### Основная часть

В работе исследованы спектроскопические свойства ионов эрбия во фторидных ФТР стеклах, легированных оксидами эрбия и иттербия с различной концентрацией. Проведены рентгеноструктурные исследования фторидного ФТР стекла. Результаты показали образование кристаллической фазы NaF размером 10 нм. Параметры интенсивности  $\Omega_t$  были получены с помощью теории Джадда-Офельта. Установлено, что значения  $\Omega_{2,4,6}$  составляют  $4,604 \times 10^{-20}$ ,  $0,878 \times 10^{-20}$  и  $0,424 \times 10^{-20}$  см<sup>2</sup>, соответственно. Радиационное время жизни, экспериментальное время жизни флуоресценции и сечение вынужденного излучения были получены на основе параметров Джадда-Офельта. Установлено, что значения сечений вынужденного излучения на 1,53 мкм, полученные методами F-L и McCumber, составляют  $0,59 \times 10^{-20}$  см<sup>2</sup> и  $0,60 \times 10^{-20}$  см<sup>2</sup>, соответственно. Эти значения типичны для эрбия в силикатных стеклах. Был рассчитан квантовый выход при длине волны 1,53 мкм. Установлено, что образец с 0,1 моль% Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 1 моль% Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> обладает наибольшей квантовой эффективностью. Показано, что эффективность переноса энергии от ионов Yb<sup>3+</sup> к Er<sup>3+</sup> при возбуждении лазерной линией 976 нм составляет 80% и 86% для 1 моль%- и 2 моль%- Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-соактивированного фторидного ФТР стекла, соответственно. В данной работе проведены исследования лазерных свойств стекла 1Yb/01Er- ФТР и спектра усиления. Было обнаружено, что спектр усиления начинает иметь положительные значения, когда параметр инверсии населенности больше 0,5. Было также продемонстрирована лазерная генерация. Стоит отметить, что пассивные потери в активном элементе Er/Yb-ФТР составляют 0,28%, что является достаточно низким значением и сравнимым с таковыми в некоторых коммерческих лазерных средах из силикатного стекла, легированного Yb/Er.

## **Выводы**

На данной работе исследованы спектрально-люминесцентные характеристики фторидных ФТР стекол, соактивированных ионами иттербия и эрбия. Спектроскопические параметры рассчитаны с помощью теории Джадда-Офельта. Измерены спектры усиления и продемонстрирована лазерная генерация. Результаты показали, что иттербий-эрбиевое ФТР стекло является перспективным материалом для монолитной интеграции голографических и лазерных оптических элементов на единой подложке.