Перестраиваемый эрбиевый лазер с внутрирезонаторным оптическим фильтром на основе конического волокна

*Ширманкин А. В. 1, а, b, \*, Камынин В. А. 1, b, Зверев А. Д. 1, a, b, Гурьев Д. А. 1, b, Гладуш Ю. Г.2, b, Красников Д. В.2, b, Насибулин А. Г.2, b, Цветков В. Б.1, b*

*aаспирант; b сотрудник*

1. Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия  
   2- Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Е-mail: [andreishirmankin34@gmail.com](mailto:andreishirmankin34@gmail.com)

Перестраиваемые волоконные лазеры с пассивной синхронизацией мод находят применение в различных областях науки и техники. Например, они могут использоваться в системах радиофотоники и в солитонных линиях волоконно-оптической связи [1,2]. В науке данные лазеры могут применяться в таких областях как зондирование окружающей среды, спектроскопии [3] и биомедицине [4,5].

Благодаря развитию технологии вытяжки и обработки волокон, получили распространение в лазерной технике конические волокна или тейперы [6]. Стандартный метод изготовления тейпера заключается в нагреве и растяжении участков волокна до специальной структуры, состоящей из перетяжки с постоянным диаметром, заключенной между двумя конусами. Конические волокна имеют такие преимущества, как простая структура, легкость интеграции с другими волоконными устройствами.

В настоящей работе созданы образцы тейперов, а также оптические фильтры на их основе. Продемонстрирована возможность использования конического волокна в качестве оптического фильтра для полностью волоконного перестраиваемого лазера, работающего в режиме синхронизации мод в ближнем ИК диапазоне.

Предложенный лазер может генерировать перестраиваемые импульсы в режиме синхронизации мод на основной частоте около 14 МГц. Проведено сравнение результатов перестройки для фильтров с диаметрами перетяжки 15, 20 и 30 мкм (рис. 1, а, б, в).



а)

б)

в)

Рис. 1 – Выходные спектры перестраиваемого лазера с синхронизацией мод при различных углах изгиба тейпера с диаметрами перетяжки 30, 20, 15 мкм

С уменьшением диаметра перетяжки от 30 до 20 мкм происходило увеличение перестройки длины волны с 3.4 до 8.5 нм, а далее, при переходе к диаметру 15 мкм перестройка уменьшается до 7.4 мкм. Данный результат связан с тем, что тейпер изгибается не только в центре перетяжки, но и в области переходов между конусами и перетяжкой. В следствие чего при уменьшении диаметра перетяжки происходит изгиб самой перетяжки в двух направлениях, что приводит к ухудшению режима генерации лазера, а также смещению длины волны генерации лазера в более длинноволновую область. Для увеличения диапазона перестройки длины волны предлагается оптимизировать оптический фильтр на основе конического волокна так чтобы тейпер изгибался только в одном направлении.

Данный лазер может найти свое применение в областях науки и техники, где требуется стабильная импульсная генерация и точная перестройка длины волны. Компактный оптический фильтр на основе конического волокна, с помощью которого производилась перестройка длины волны может быть применен для создания полностью волоконных лазеров или устройств.

Подобные фильтры могут использоваться для подстройки режимов работы лазера, компенсации тепловых и акустических эффектов. В будущем планируется объединить НП на основе ОУНТ и оптический фильтр на основе конического волокна в одно устройство, чтобы уменьшить количество элементов в лазерной системе.

**Литература**

1. Spühler G. J., et al. Novel multi-wavelength source with 25-GHz channel spacing tunable over the C-band // Electron. Lett. 2003. V. 39. P. 778–780.
2. Okhotnikov, O., et al. Ultra-fast fiber laser systems based on SESAM technology: new horizons and application // J. Phys. 2004. V. 6. P. 1367-2630.
3. Marshall, J., et al. Design of a tunable L-band multi-wavelength laser system for application to gas spectroscopy // Measurement Science and Technology. 2006. V. 17. P. 1023-1031.
4. Abramov, P. I., et al. Quantum-cascade lasers in medicine and biology (Review) // Journal of Applied Spectroscopy. 2019. V. 86. P. 1-26.
5. Pierce, M. C., et al. Development and application of fiber lasers for medical applications // Optical Fibers and Sensors for Medical Applications. 2001, V. 4253. P. 144-154.
6. Kieu, K., et al. Tuning of fiber lasers by use of a single-mode biconic fiber taper // Optics Letters. 2006.V.31(16). P. 2435-2437.