

Микроволоконные узелковые резонаторы для применений в лазерах и сенсорах

П.А. Итрин^{1,*}, Д.А. Коробко¹, Д.П. Качалкин¹, А.А. Фотиади^{1,2,3}

¹Ульяновский государственный университет

²ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

³University of Mons, 7000 Mons, Belgium

*E-mail: itrin@mail.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.90-91

Успешное развитие волоконно-оптических технологий привело к значительному расширению области их приложений. Крайне интересным разделом физики оптических волокон являются технологии волоконных микрорезонаторов, широко применяемых в последние годы при разработке волоконных датчиков и лазеров.

Микроволоконные узелковые резонаторы (рис.1а) (англ. microfiber knot resonator, MKR) являются, пожалуй, наиболее технологичными микрорезонаторами с точки зрения простоты изготовления и дальнейшего встраивания в волоконные конфигурации. Зависимость оптических характеристик MKR от параметров окружающей среды (температуры - рис.1б, газового состава, давления и тп) позволяет использовать его в качестве чувствительного элемента различных сенсорных систем [1]. Весьма важными преимуществами MKR являются малые габариты, высокая селективность и добротность, сочетающиеся с удобной коммутацией с волоконными системами.

Малые потери, вносимые MKR в волоконную конфигурацию, позволяют применять его также в качестве оптических фильтров с регулируемым спектром пропускания. Особенно важным это свойство оказывается для разработки волоконных лазеров с гармонической синхронизацией мод, когда встраивание в волоконный резонатор высокодобротного частотного эталона на основе MKR со свободным спектральным параметром (FSR), кратным FSR основного резонатора обеспечивает равномерное распределение большого числа импульсов по резонатору [2].

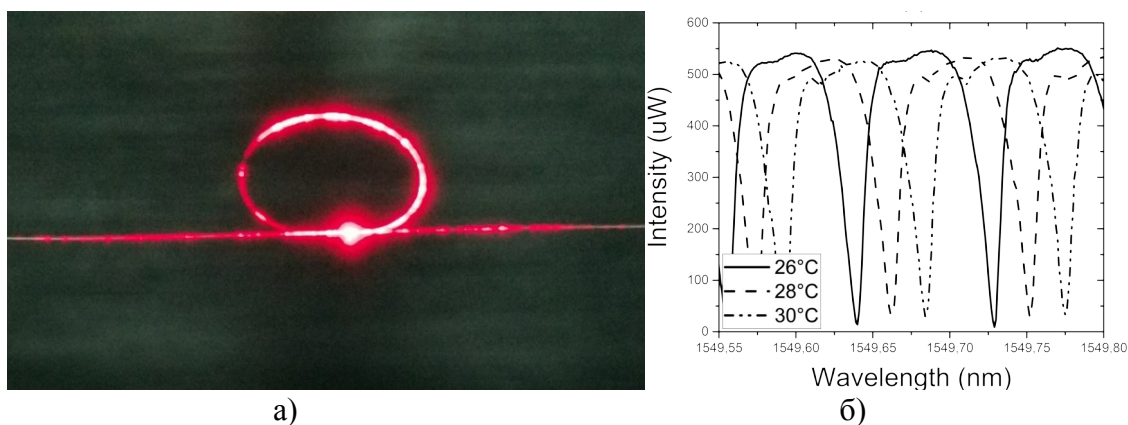


Рис. 1. Фото MKR (а) и температурная зависимость спектра пропускания (б).

С помощью указанной технологии нами реализованы волоконные лазерные источники с гармонической синхронизацией мод и частотой следования импульсов более 30 ГГц (рис.2). MKR, лежащие в основе этой технологии, были изготовлены при помощи оригинальной методики, обеспечивающей рекордные

для MKR значения основных оптических параметров – области свободной дисперсии (FSR), добротности (Q factor) и селективности (finesse). Несмотря на то, что в отличие от известных волоконных лазеров на основе высокодобротных интегрально-оптических микрорезонаторов, микроволоконный резонатор не способен обеспечить гармоническую синхронизацию мод непосредственно за счет нелинейного процесса четырехволнового смешивания, указанные свойства позволяют добиться высокого качества фильтрации сигнала, генерируемого волоконным лазером и повысить максимальную частоту следования импульсов. Однако, необходимым элементом лазера подобного типа, обеспечивающим синхронизацию мод, оказывается быстродействующий насыщающийся поглотитель (Нами был использован насыщающийся поглотитель на основе УНТ) [3].

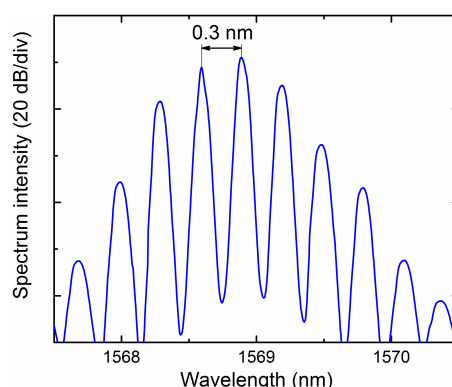


Рис. 2. Генерация гребенчатого спектра при включении в схему MKR.

Таким образом, в работе представлено развитие методов изготовления MKR, позволяющих значительно улучшить их основные характеристики, продемонстрированы результаты исследования выходных параметров MKR и показаны возможности применения MKR в качестве термодатчика.

Кроме того, предложена методика изготовления волоконных лазеров с гармонической синхронизацией мод, использующих в качестве основного элемента, спектральный MKR фильтр, формирующий последовательность импульсов с частотой следования в десятки ГГц. Предлагаемый способ использования MKR предоставляет эффективный метод разработки технологичных недорогих компактных лазеров со сверхвысокой частотой следования импульсов, не требующей настройки в процессе эксплуатации. Области приложений подобных источников являются оптическая связь, нелинейная оптика, оптический процессинг и микроволновая фотоника.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-79-30017).

Литература

- [1] Y. Lou, et al, *Opt. Express* **13**, 2135-2140 (2005)
- [2] D.A. Korobko, et al, *Opt. Express* **25**, 21180-21190 (2017)
- [3] Tianqi Wang, et al, *Opt. Express* **30**, 14770-14781 (2022)