

Исследование оптических частотных гребенок в схеме с кристаллическим микрорезонатором вложенным в волоконного усилитель

**М.С. Мишевский^{1,*}, А.А. Мкртчян¹, К.Н. Миньков²,
И.А. Биленко², А.Г. Насибулин¹, Ю.Г. Гладуш¹**

¹ Сколковский институт науки и технологий

² Российский квантовый центр

* E-mail: mikhail.mishevsky@skoltech.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.83-84

Высокодобротные ($<10^9$) кристаллические микрорезонаторы используются для генерации оптических частотных гребенок. Оптические частотный гребенки представляют собой набор эквидистантных спектральных линий, получающихся каскадно в микрорезонаторах из нелинейного материала при накачке непрерывным лазером. Несмотря на серьезные продвижения в этой области с момента открытия [1–3], часть важных задач, таких как низкая конверсия накачки и самозапуск генерации, все еще остается нерешенными.

В данной работе исследована возможность генерации оптических частотных гребенок в схеме кристаллического микрорезонатора, вложенного в волоконный усилитель (Рис. 1.). Волокно, легированное ионами эрбия Liekke 80 dB/m, накачивается лазерным диодом на длине волны 980 нм, через спектрально селективный разветвитель (WDM). Волоконный резонатор формируется за счет полностью отражающего зеркала с одной стороны и рэлеевского рассеяния от кристаллического резонатора из фторида магния (MgF_2), свободный спектральный диапазон которого 35 ГГц, с другой. Связь с микрорезонатором осуществляется с помощью волоконного тейпера. При такой конфигурации обратно в резонатор рассеиваются только моды лазера поддерживаемые микрорезонатором, что обеспечивает модовую селекцию.

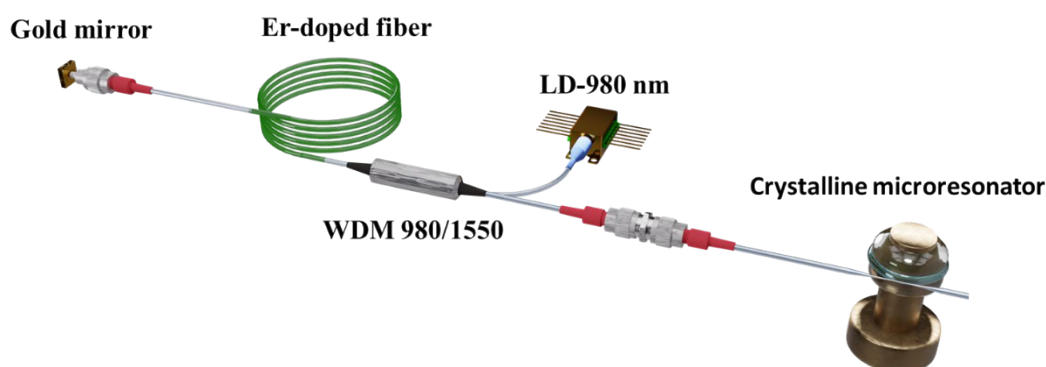


Рис. 1. Схема гибридного волоконного лазера с вложенным кристаллическим микрорезонатором: WDM – спектрально селективный разветвитель, Er-doped fiber – активное волокно, легированное ионами эрбия, LD – лазерный диод накачки на длине волны 980 нм.

В отличие от генерации оптических частотных гребенок способами с накачкой непрерывным лазером [4–6], эта конфигурация позволяет резонатору автоматически выбирать и эффективно усиливать моды, поддерживаемые микрорезонатором, обеспечивая самозапуск генерации. На Рис. 2.а видно, что ниже порога генерации обратное отражение от микрорезонатора пренебрежимо мало. При достижении порога генерации процент отражения возрастает на

несколько порядков, подтверждая, что генерация происходит на резонансной длине волны микрорезонатора. Механизм генерации так же подтверждает численный счет. Дальнейшее увеличение мощности ведет к формированию оптической частотной гребенки Рис. 2.б.

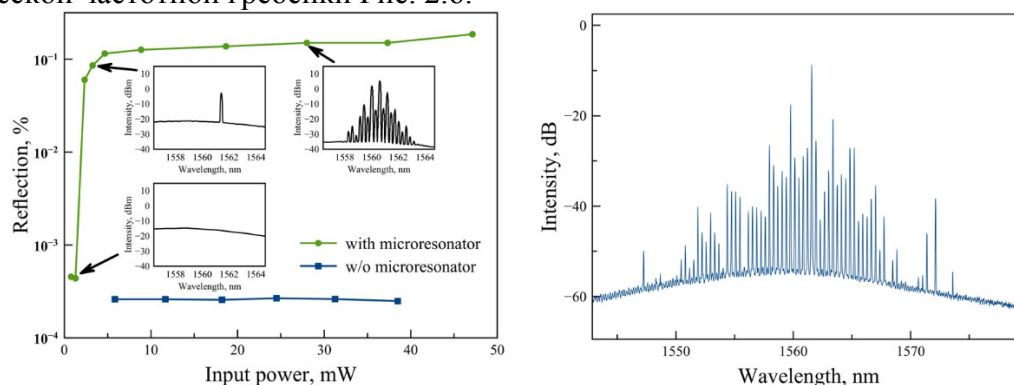


Рис. 2. а) Обратное отражение в зависимости от внутрирезонаторной мощности, от тейпера без резонатора (синий), от тейпера связанного с микрорезонатором (зеленый) б) Выходной спектр оптической частотной гребенки

Исследованная конфигурация лазера существенно упрощает генерацию оптических частотных гребенок, открывая новые возможности для применения. При этом обеспечивая высокую эффективность накачки.

Литература

- [1] T. Herr, et al, *Nat Photonics* **8**, 145 (2014).
- [2] M. H. P. Pfeiffer, et al, *Optica* **4**, 684 (2017).
- [3] M. Karpov, et al, *Nat Commun* **9**, 1146 (2018).
- [4] J. K. Jang, et al, *Opt Lett* **40**, 4755 (2015).
- [5] C. Joshi, et al, *Opt Lett* **41**, 2565 (2016).
- [6] H. Guo, et al, *Nat Phys* **13**, 94 (2017).