

Самостартующая генерация солитонов с использованием интегрального микрорезонатора, встроенного в волоконный лазер с несколькими активными средами

**А.С. Нетрусова^{1,*}, А.А. Мкртчян¹, Ю.Г. Гладуш¹, М.С. Мишевский¹, М. Мелькумов²,
Н. Дмитриев³, А.Г. Насибулин¹, И.А. Биленко³, К. Миньков³**

¹ Сколковский институт Науки и Технологий

² Научный центр волоконной оптики РАН

³ Российский Квантовый центр

*E-mail: Anastasia.Netrusova@skoltech.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.51-52

Оптические Частотные Гребенки (ОЧГ) на основе интегральных микрорезонаторов могут произвести революцию во многих приложениях, таких как прецизионная частотная метрология [1], когерентная спектроскопия [2], системы связи [3], микроволновая фотоника [4] и многие другие. ОЧГ состоят из эквидистантных дискретных линий в частотной области спектра и получается в результате четырех-волнового смешения (ЧВС) в среде с высокой нелинейностью. Когерентные состояния ОЧГ или другими словами, временные солитоны, могут быть достигнуты с помощью сканирования резонанса микрорезонатора внешним непрерывным узкополосным лазером, однако этот метод требует систем стабилизации. В таком случае, полученные гребенки обычно имеют низкую эффективность преобразования энергии, около 5% [5]. Существует передовой подход, решающий вышеперечисленные проблемы, в котором интегральный микро-резонатор встраивается в волоконный лазер, что приводит к появлению самостартующей генерации солитонных гребенок [6-9]. В этом методе глобальные параметры лазерной системы стремятся к термодинамическому равновесию, демонстрируя возможности самозапуска и повышенную эффективность преобразования энергии до 96% [7].

Развивая последние достижения в области солитонных гребенок, мы демонстрируем возможность создания широкополосных оптических гребенок, используя активные волокна, легированные Er и Bi, в волоконном резонаторе со встроенным микрорезонатором (см. Рис. 1А). В нашем подходе рассеянное излучение внутри микрорезонатора создает обратную связь, формируя резонатор. В данной работе, мы демонстрируем возможность создания единой системы на основе обоих усиливающих сред посредством непрерывной лазерной генерации в спектральной области усиления висмута и эрбия. Наконец, мы показываем широкополосную генерацию оптических гребенок с частотой повторения 1 THz со спектральной шириной 400 нм и выходной мощностью 4,9 мВт (см. Рис. 1Б). Мы исследуем внутреннюю и выходную динамику мощности, и демонстрируем, что генерируемые гребенки на основе нескольких усиливающих сред, когерентно связаны между собой посредством невырожденного ЧВС внутри микрорезонатора с высокой добротностью, встроенного в волоконный лазер.

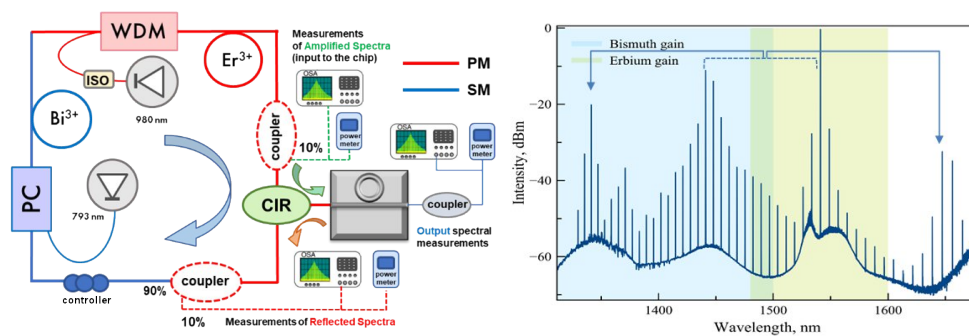


Рис. 1. А) Er-Bi лазер в кольцевой схеме: диод накачки Эрбия на 980 нм, изолятор (ISO), PM-WDM 980/1550, высоко легированное эрбием активное PM-волокно, PM циркулятор (CIR), контроллер поляризации (controller), диод накачки Висмута на 793 нм, объединитель накачки (PC), Легированное висмутом активное волокно. Штрихованные линии соответствуют положению PM каплера для определенных измерений внутрирезонаторной динамики. PM – волокно с сохранением поляризации, SM – одномодовое волокно без сохранения поляризации. Б) Широкополосная генерация оптической гребенки в Er-Bi лазере.

Литература

- [1] S.-W. Huang, J. Yang, M. Yu, B. H. McGuyer et al, *Sci. Adv.* **2**, (2016)
- [2] M. G. Suh, Q. F. Yang, K. Y. Yang, et al, *Science* **354**, (2016)
- [3] P. Marin-Palomo, J. N. Kemal et al, *Nature* **546**, 274–279 (2017)
- [4] W. Liang, D. Eliyahu, V. S. Ilchenko et al, *Nat. Commun.* **6**, 1–8 (2015)
- [5] X. Xue, P. H. Wang, Y. Xuan, M. Qi, and A. M. Weiner, *Laser Photon. Rev.* **11**, (2017)
- [6] M. Peccianti, A. Pasquazi, Y. Park et al, *Nat. Commun.* **3**, (2012)
- [7] H. Bao, A. Cooper, M. Rowley et al, *Nat. Photonics* **13**, 384–389 (2019)
- [8] M. Rowley, P. H. Hanzard, A. Cutrona, et al, *Nature* **608**, 303–309 (2022)
- [9] A. Cutrona, P.-H. Hanzard, M. Rowley et al, *Opt. Express* **29**, 6629–6646 (2021)