

# Полностью волоконный эрбиевый лазер с синхронизацией мод с высокой энергией в импульсе

**И.С. Жданов<sup>1,2,\*</sup>, Д.С. Харенко<sup>1,2</sup>, С.А. Бабин<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Институт Автоматики и Электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск, Россия

\*E-mail: [inn.zhdanov@rambler.ru](mailto:inn.zhdanov@rambler.ru)

DOI:10.31868/RFL2018.150-151

В последнее время все больший интерес вызывают мощные фемтосекундные лазеры с несущей длиной волны 1550 нм, имеющие широкий круг применений: CARS [1], генерация импульсов предельно короткой длительности (порядка нескольких колебаний) [2], частотная метрология [3,4] и генерация терагерцового излучения [5]. Все эти применения устанавливают следующие требования: высокая мощность излучения, малая длительность импульса и высокая стабильность генерации.

Режим генерации сильночирпованных (с параметром чирпа  $> 10$ ) диссипативных солитонов (СЧДС) позволяет создать схему, обладающую всеми обозначенными параметрами. Большой успех по увеличению энергии СЧДС в области 1 мкм был достигнут с применением лазеров с составным резонатором [6], состоящим из частей одномодового волокна с сохранением поляризации (polarization maintaining, PM) и стандартного одномодового волокна. Этот подход был впервые применен в спектральной области 1,5 мкм в работе [7]. В результате была получена генерация диссипативных солитонов с длительностью 165 фс после сжатия и энергией 0,93 нДж в кольцевом эрбиевом лазере с составным резонатором. Данная работа посвящена изучению возможности дальнейшего повышения энергии СЧДС, генерируемых напрямую из задающего генератора.

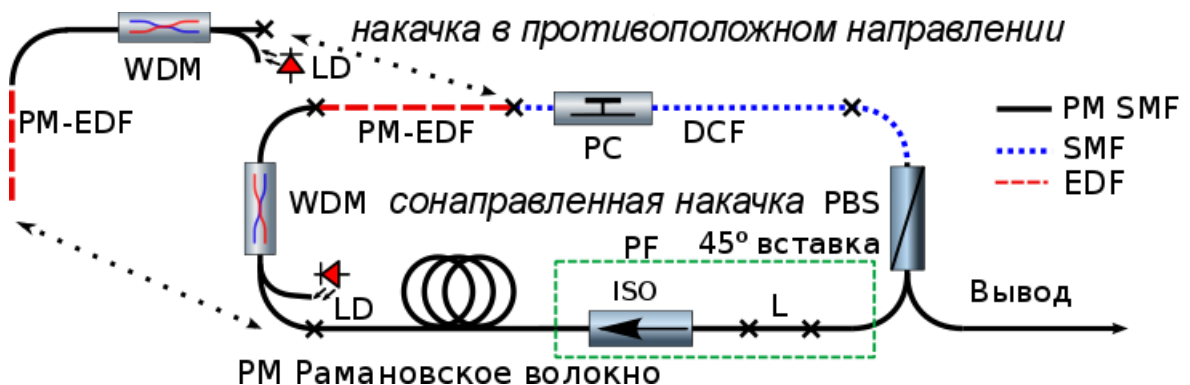


Рис. 1. Схема лазера в конфигурации с сонаправленной накачкой и накачкой в противоположном направлении. PM SMF – одномодовое волокно с сохранением поляризации, SMF- одномодовое волокно, EDF – активное волокно, WDM – спектрально-селективный ответвитель, DCF – волокно со смещенной дисперсией, PBS – поляризационный делитель пучка, LD – лазерный диод.

Увеличение энергии производилось за счет удлинения резонатора отрезком волокна с сохранением поляризации. Были испробованы несколько типов волокон (Fujikura DS-15, PM 1550 XP, OFS PM Raman), однако большая их часть обладала малой аномальной дисперсией в области 1,5 мкм, что оказывало

негативное воздействие на суммарную дисперсию резонатора. В результате было выбрано рамановское волокно с сохранением поляризации (PM Raman Fiber, OFS), обладающее большой нормальной дисперсией. Опробованы схемы с различными направлениями накачки (рис. 1). В конфигурации с сонаправленной накачкой получена генерация СЧДС с энергией 3,3-3,7 нДж, на рисунке 2а приведены спектры импульсов для конфигураций с шириной фильтра 35 нм.

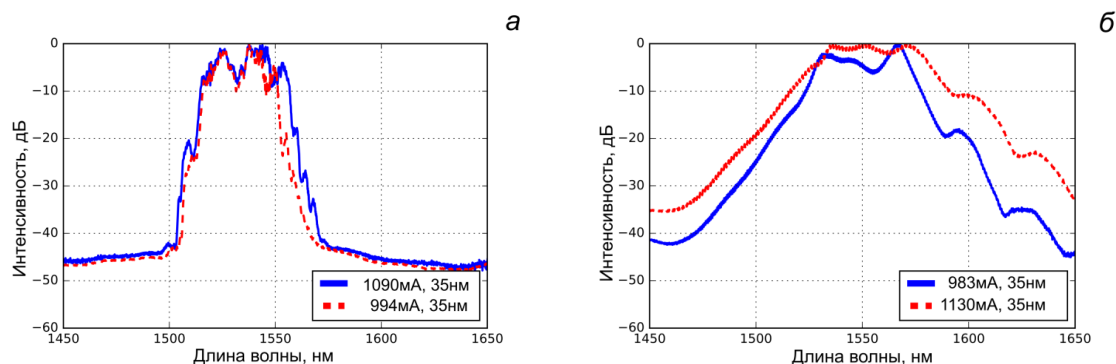


Рис. 2. Оптические спектры генерируемых импульсов в различных конфигурациях, а – сонаправленная накачка, б – накачка в противоположном направлении.

При использовании накачки в противоположном направлении энергия импульса увеличилась до 5,1-5,9 нДж (рис. 2б) и наблюдаемый спектр значительно уширился и потерял характерную для СЧДС форму. Стоит отметить, что существенное увеличение энергии импульсов не привело к генерации ВКР. В докладе будут представлены результаты измерения оптического спектра, интерференционной АКФ и радиочастотного спектра генерации данных импульсов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИАиЭ СО РАН (№0319-2018-0004).

## Литература

- [1] C. W. Freudiger, et al, *Nat. Photonics* **8**, 153–159 (2014).
- [2] G. Krauss, et al, *Nat. Photonics* **4**, 33–36 (2010).
- [3] V. S. Pivtsov, et al, *Quantum Electronics*, **44**, 06 (2014)
- [4] N. R. Newbury, et al, *J. Opt. Soc. Am. B*, **24**(8):1756–1770, (2007).
- [5] A. Schneider, et al, *Opt. Express* **14**, 5376 (2006).
- [6] D. S. Kharenko, et al, *Opt. Lett.* **37**, 4104–4106 (2012).
- [7] D. S. Kharenko, et al, *Opt. Letters* **42**(16), 3221-3224 (2017) .