

Усиление диссипативных солитонов РМ-тейперным волоконным усилителем

А.Г. Кузнецов^{1,*}, Д.С. Харенко^{1,2}, С.А. Бабин^{1,2}

¹Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

*E-mail: leks.kuznecov@gmail.com

DOI:10.31868/RFL2018.124-125

Полностью волоконные лазеры с синхронизацией мод позволяют генерировать короткие импульсы с высоким качеством пучка, обладают хорошей стабильностью и не требуют юстировок оптических элементов. Недавно были продемонстрированы новые схемы волоконных резонаторов, использующие как одномодовое волокно, где происходит нелинейное вращение поляризации, так и волокно с сохранением поляризации, в котором формируется диссипативный солитон. Энергия импульса в таких лазерах ограничена уровнем ~ 20 нДж [1], при превышении которого формируется шумовой импульс в другой спектральной области за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР). Использование в резонаторе волокон с большим диаметром моды (LMA) позволяет повысить порог генерации вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) и увеличить энергию импульса до 50 нДж. Дальнейшее увеличение выходной мощности лазера возможно при использовании дополнительного волоконного усилителя, например, на основе LMA световода [2] или микроструктурированных оптических волокон (PCF) [3]. Перспективным методом усиления оптического сигнала является использование тейперного (конусного) волокна с плавно меняющимся диаметром сердцевины [4, 5], что позволяет существенно повысить порог возникновения различных нелинейных эффектов.

В данной работе исследуется возможность усиления диссипативных солитонов с помощью тейперного усилителя с сохранением поляризации с последующим сжатием дифракционными решетками. Лазер с синхронизацией мод выполнен в кольцевой схеме, состоящей из двух функциональных частей: короткого участка из стандартного одномодового волокна, в котором происходит синхронизация мод за счёт эффекта нелинейного вращение поляризации, и длинного участка из волокна с сохранением состояния поляризации, в котором формируется диссипативный солитон [1]. Генерируемые импульсы растягиваются в отрезке РМ-волокна длиной ~ 200 м и направляются на вход тейпера [4]. Легированное ионами Yb^{3+} тейперное волокно представляет собой конусообразный световод с двойной оболочкой длиной 6 метров с диаметром сердцевины 15 мкм на его входе и 100 мкм на выходе. Для накачки усилителя с выходного конца используется многомодовый лазерный диод мощностью 60 Вт с длиной волны генерации 976 нм, излучение которого коллимируется в оболочку тейпера. Усиленный полезный сигнал с выхода тейпера направляется дихроичным зеркалом на двухпроходной компрессор с парой дифракционных решеток (1500 штрихов/мм) и сжатый импульс анализируется с помощью системы FROG, см. напр. [6].

Задающий осциллятор генерировал последовательность сильно-чирпованных импульсов длительностью 10 пс с частотой повторения 13 МГц. Средняя мощность лазера составила 20 мВт, центральная длина волны 1053 нм, а ширина спектра излучения ~ 13 нм (рис. 2а). При мощности накачки

усиливающего тейпера 50 Вт выходная мощность полезного сигнала составила ~27 Вт, что соответствует пиковой мощности 200 кВт (энергия импульса 2 мкДж), и его спектр приведен на рис. 1а. На рис. 1б приведена зависимость выходной мощности из усилителя от мощности его накачки.

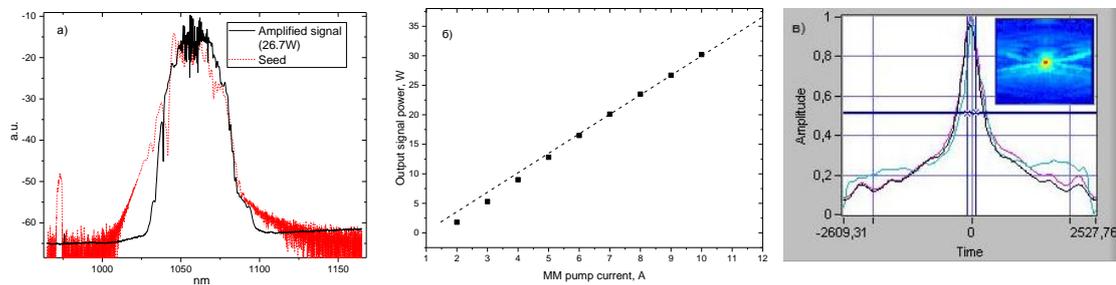


Рис. 1. Спектры входного и выходного из усилителя сигналов (а); зависимость выходной мощности сигнала от мощности накачки с широкого конца тейпера (б); автокорреляционная функция с соответствующим FROG трейсом (вставка) при выходной мощности 8 Вт (в).

Усиленные импульсы сжимались внешним компрессором на дифракционных решётках, их восстановленный профиль приведен на рис. 1в. Длительность сжатого импульса при 8 Вт выходной мощности составила 340 фс, однако с увеличением выходного сигнала до 18 Вт качество сжатого импульса несколько ухудшается - появляется дополнительный чирп, не компенсирующийся компрессором.

Таким образом, было продемонстрировано усиление диссипативных солитонов РМ-тейперным волокном до средней мощности 27 Вт (энергия в импульсе 2 мкДж) с последующим сжатием импульсов до 340 фс.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-32-00459 (работа А.Г.К.) и проекта государственного задания ИАиЭ СО РАН №0319-2018-0004 (работа Д.С.Х. и С.А.Б.).

Литература

- [1] D. S. Kharenko, et al, *Opt. Lett.*, **37** (19), 4104–4106 (2012).
- [2] X. Qi, et al, *Opt. Express*, **24** (15), 16874–16883 (2016).
- [3] T. Eidam et al *Opt. Express*, **19** (1), 255 (2011).
- [4] M. Y. Koptev et al., *Quantum Electron.*, **45** (5) (2015).
- [5] V. Filippov, et al, *Opt. Express*, **16** (3), 1929 (2008).
- [6] D. S. Kharenko, et al, *Opt. Express*, **23** (2), 1857–62 (2015).