

Спектрально-временная динамика шумоподобных импульсов в кольцевом волоконном Er/Yb лазере

И.А. Волков^{1*}, А.В. Судьин¹, С.Н. Ушаков^{1,2}, К.Н. Нищев¹

¹ Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

² Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

* E-mail: emofan_80@mail.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.172-173

В последние годы учёные достигли значительных успехов в изучении сложных нелинейных динамик благодаря исследованиям оптических систем, которые позволяют наблюдать сверхбыстрые нестабильности. Исследования позволили улучшить наше понимание нелинейной динамики и стимулировать новые подходы к классификации локализованных солитонных и солитонноподобных структур. Другие исследования были сосредоточены на нестабильности в диссипативных солитонных лазерах [1]. Особенно сложный режим связан с шумоподобными импульсными, когда фс- и субпс- импульсы со случайными характеристиками развиваются хаотически под гораздо более широкой огибающей [2]. Хотя данный режим наблюдался в течение десятилетий в экспериментах, физика остается плохо изученной, особенно для сильно нелинейных резонаторов. В настоящей работе представляем результаты исследования спектрально-временной динамики шумоподобных импульсов в волоконно-кольцевом эрбиевом лазере с пассивной синхронизацией мод.

Схема волоконного лазерного источника представлена на рис. 1. Однонаправленный кольцевой резонатор, накачиваемый п/п диодом, с общей длиной около 215 м включает в себя сумматор накачки, активное Er/Yb волокно, изолятор, два контроллера поляризации, делитель поляризации, бухты пассивного волокна, отрезка высоконелинейного волокна Ge304 и разветвителя 99/1. Синхронизация мод достигается за счет регулировки параметров мощности накачки и положения контроллеров поляризации (КП1 и КП2). К делителю поляризации (основной выход) подваривался разветвитель 1/3 для одновременного контроля выходных характеристик. Характеристики лазерного излучения регистрировались на основном (1) и дополнительном (2) выходах анализатором оптического спектра Yokogawa AQ6370C, осциллографом GWINSTEK GDS-3000, измерителем мощности и сканирующем автокоррелятором AA-10DD-30P.

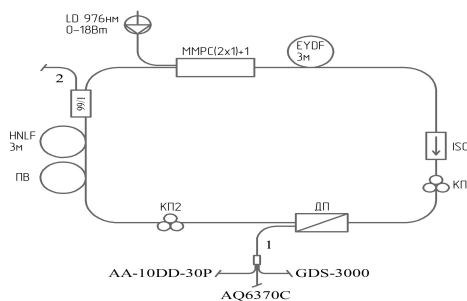


Рис. 1. Схема волоконного лазерного источника.

При установке мощности накачки 1,39 Вт и регулировки положений КП достигается импульсная генерация с широким и гладким оптическим спектром (рис 2,а). Ширина спектра на уровне -3 дБ составила 19,2 и 31,5 нм с 1 и 2 выхода соответственно. Как видно из осциллограммы (рис. 2, б (вставка)), частота

следования импульсов 0,95 МГц, что соответствует обходу резонатора. Ширина огибающей около 13 нс. В автокорреляционной функции (АКФ) (рис.2,в) присутствует пьедестал, который был шире окна сканирования, а длительность пика равна 475 фс. Такие особенности спектра и АКФ указывают, что данный импульс является шумоподобным.

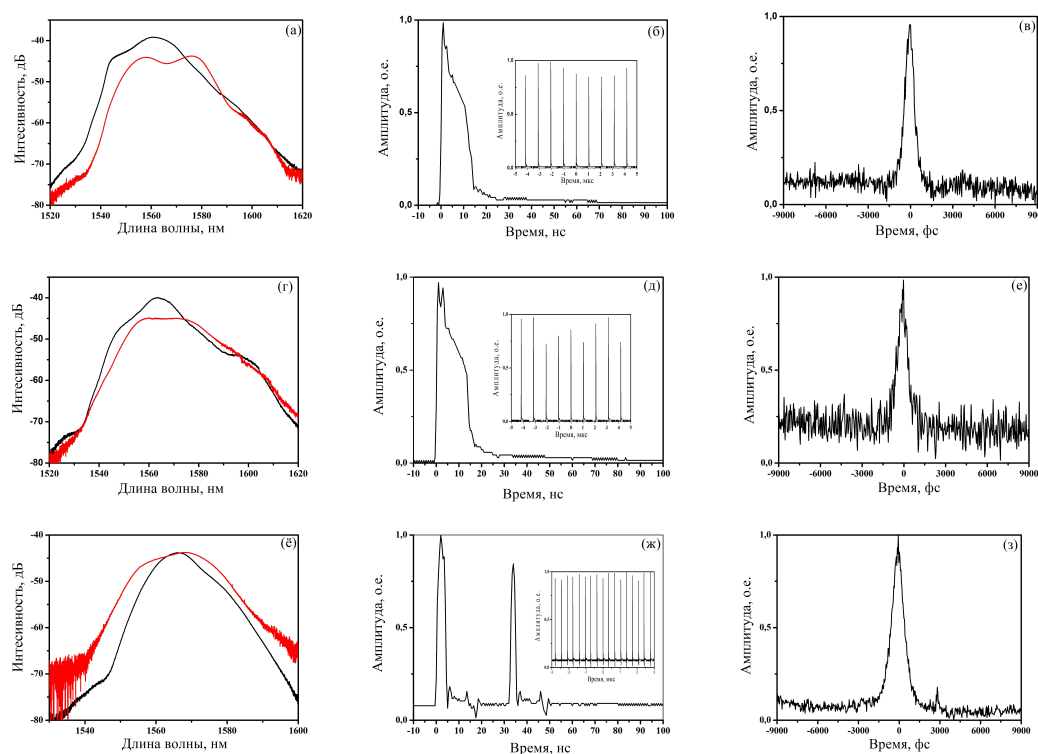


Рис. 2. Динамика выходных характеристик волоконного лазера: 1) спектры (а), осциллограмма (б), АКФ (в) при $P_n = 1,39$ Вт; 2) спектры (г), осциллограмма (д), АКФ (е) при $P_n = 1,55$ Вт; 3) спектры (ё), осциллограмма (ж), АКФ (з) при $P_n = 1,73$ Вт. Черная линия (спектр) – основной выход, красная линия (спектр) – дополнительный.

При последующем увеличении мощности накачки до 1,55 Вт (без подстройки КП) приводит к уменьшению ширины оптических спектров на выходах 1 и 2 до 14,8 и 20,5 нм (рис.2,г). Ширина огибающей импульса (рис. 2,д) не изменилась. Измерение АКФ показало, что длительность пика увеличилась до 622 фс. Дальнейшее увеличение мощности накачки до 1,73 Вт приводит к распаду огибающей импульса на две, и после небольшого времени работы происходит переход к гармонической синхронизации мод (рис. 2,ж). Ширина оптических спектров уменьшилась до 12,2 и 20,9 нм, соответственно, а длительность пика – 654 фс.

В данной работе была продемонстрирована спектрально-временная динамика шумоподобного импульса в кольцевом волоконном лазере на основе нелинейного вращения плоскости поляризации. Эти результаты будут полезны при изучении сложных нелинейных взаимодействиях внутри резонатора.

Литература

- [1] F. Meng, C. Lapre, C. Billet et al, *Nat. Commun.*, **12**, 5567 (2021)
- [2] P. Grelu, N. Akhmediev, *Nat. Photonics*, **6**, 84-92 (2012)