

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СЕМИСЕРДЦЕВИННОМ ВОЛОКНЕ *

✉ Н. В. Бочкарев^{1,2}, А. А. Ревякин^{1,2}, М. Д. Гервазиев^{1,2},
Н. А. Коляда¹⁻³, Д. С. Харенко^{1,2}, С. А. Бабин^{1,2}

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

²Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия

³Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия

✉ n.bochkarev@g.nsu.ru

В настоящее время многосердцевинные волокна со слабой связью между сердцевинами вызывают интерес как нелинейные дискретные физические системы в контексте их возможного применения в конструировании нелинейных оптических устройств [1, 2]. Теоретические работы предсказывают, что использование таких волокон позволит объединять излучение из разных лазерных источников в один пучок с минимальными потерями [3] и когерентно усиливать высокомогущные лазерные импульсы с сохранением основных характеристик излучения [4, 5]. Однако, ввиду сложности заведения излучения в многосердцевинные волокна и контроля параметров вводимого в волокно излучения, в настоящее время нет детального экспериментального исследования пространственно-временной динамики излучения даже для случая однопроходной схемы.

В нашей работе было экспериментально реализовано заведение излучения, структурированного с помощью пространственного модулятора света (spatial light modulator, SLM). Это позволило в режиме реального времени изменять параметры входного излучения без дополнительных юстировок оптомеханических элементов. Собрана экспериментальная установка с эффективностью заведения излучения в волокно 34 %. Исследованы пространственные характеристики излучения на выходе волокна в линейном и нелинейном режимах в зависимости от параметров входного излучения. Экспериментально обнаружены нелинейная перекачка энергии [6] (рис. 1, а) и влияние дополнительного механического напряжения — скрутки волокна на перераспределение энергии в линейном (см. рис. 1, б) и нелинейном режимах.

Столь необычное влияние скрутки волокна на перераспределение энергии объясняется неодинаковой разницей показателей преломления между сердцевинами из-за неточностей при изготовлении волокна и, как следствие, различных коэффициентов связи. Получены спектры и временные профили сигналов в зависимости от параметров входного излучения (рис. 2).

На графике, изображенном на рис. 2 (а), наблюдаются уширение спектров при малых мощностях, изменение формы спектральных линий и смещение положения максимума на другую длину волны начиная со средней мощности лазера 700 мВт. Экспериментально обнаружено временное сжатие импульса (см. рис. 2, б) при определенных параметрах входного излучения (длительность импульса определялась по уровню ширины на полувысоте временного профиля).

Полученные результаты показывают, что при определенных условиях семисердцевинное волокно со слабой связью проявляет свойство искусственных насыщающихся поглотителей [7] и может быть использовано как элемент в волоконных лазерах, генерирующих ультракороткие импульсы.

* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-72-30024).

© Н. В. Бочкарев, А. А. Ревякин, М. Д. Гервазиев, Н. А. Коляда, Д. С. Харенко, С. А. Бабин, 2024

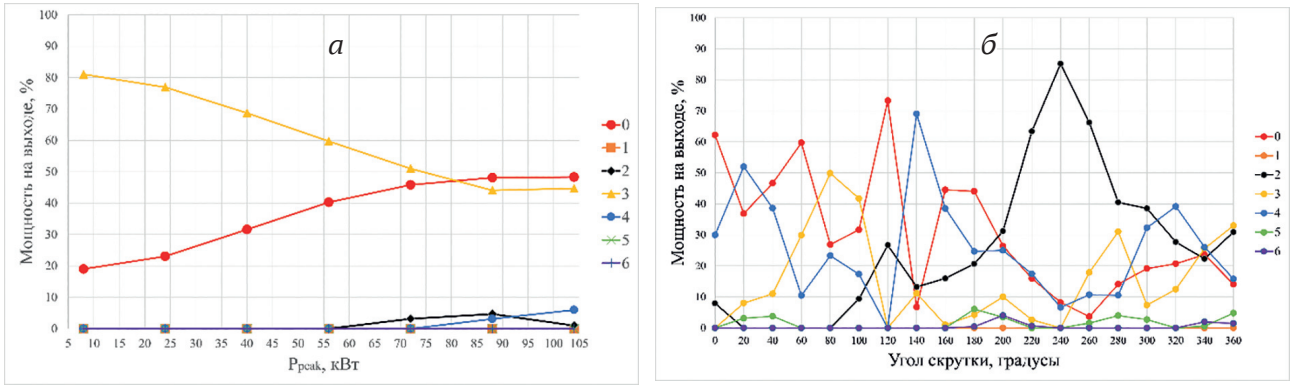


Рис. 1. Графики нелинейной перекачки (а) и перераспределения мощности на выходе волокна в зависимости от угла скрутки в линейном режиме (б) при вводе излучения в центральную сердцевину. В легендах к графикам 0 — центральная, 1–6 — периферийные выходные сердцевинки

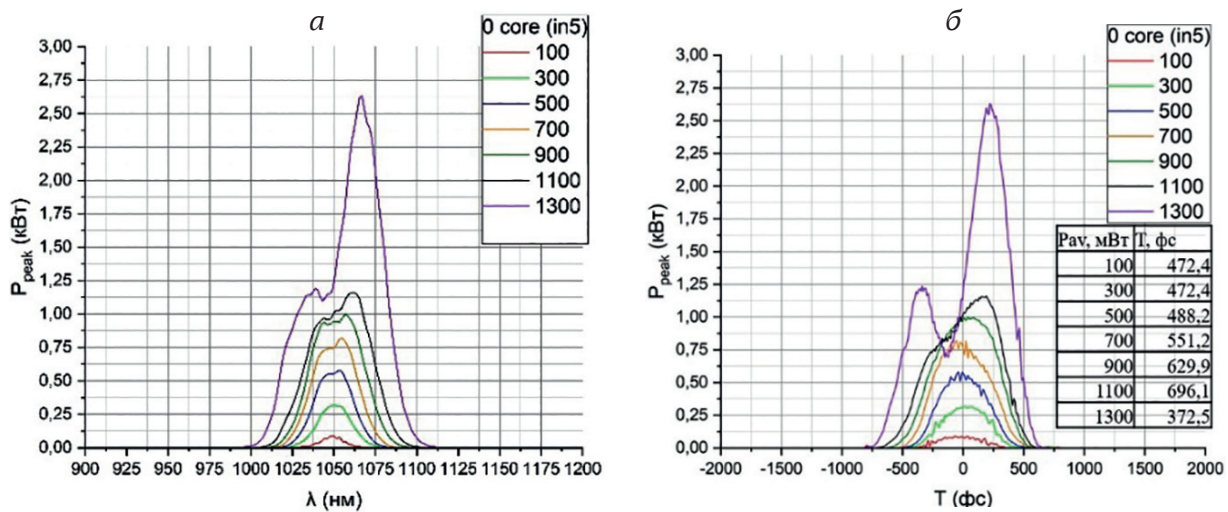


Рис. 2. Графики временных профилей (а) и спектров (б) в зависимости от входной мощности (в легендах к графикам 100, ..., 1300 — средние мощности лазера) при вводе в пятую периферийную сердцевину на выходе из центральной

Литература

1. Rubenchik A. M., Tkachenko E. V., Fedoruk M. P., Turitsyn S. K. Power-controlled phase-matching and instability of CW propagation in multicore optical fibers with a central core // Optics letters. 2013. Vol. 38. P. 4232.
2. Rubenchik A. M., Chekhovskoy I. S., Fedoruk M. P., Shtyrina O. V., Turitsyn S. K. Nonlinear pulse combining and pulse compression in multi-core fibers // Optics letters. 2015. Vol. 40. P. 721.
3. Chekhovskoy I. S., Rubenchik A. M., Shtyrina O. V. et al. Nonlinear discrete wavefront shaping for spatiotemporal pulse compression with multicore fibers // 2018. JOSA B. Vol. 35. P. 2169.
4. Andrianov A. V., Kalinin N. A., Anashkina E. A. et al. Selective Excitation and Amplification of Peak-Power-Scalable Out-of-Phase Supermode in Yb-Doped Multicore Fiber // Journal of Light-wave Technology. 2020. Vol. 38. P. 2464.
5. Balakin A. A., Skobelev S. A., Andrianov A. V. et al. Coherent amplification of high-power laser radiation in multicore fibers from a rectangular array of cores // Optics Letters. 2021. Vol. 46. P. 246.
6. Kharenko D., Koliada N., Gervaziev M. et al. Nonlinear pulse dynamic in a weak coupled normal dispersion multicore fiber // Quantum and Nonlinear Optics X. 2023. Vol. 12775. P. 23.
7. Kobtsev S. M. Artificial saturable absorbers for ultrafast fibre lasers // Optical Fiber Technology. 2022. Vol. 68. P. 102764.