

Нелинейное сложение оптических импульсов с помощью скрученных многосердцевинных световодов

И.С. Чеховской*, О.В. Штырина, М.П. Федорук

Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск
Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий,
г. Новосибирск

*E-mail: i.s.chekhovskoy@nsu.ru

DOI: 10.31868/RFL2020.197-198

Многосердцевинные световоды (multi-core fiber – MCF) к настоящему времени используются в различных областях нелинейной оптики. Несмотря на то, что основным приложением данных волокон является передача данных в телекоммуникационных линиях, MCF также начали активно применяться в лазерных приложениях. В частности, многообещающим направлением является использование MCF для разработки новых мощных источников лазерного излучения. В предыдущих работах [1, 2] нами было продемонстрировано, что распространение оптических импульсов в нелинейном режиме может привести к концентрации энергии этих импульсов в пределах определенной сердцевинки, обеспечивая при этом сложение, усиление и сжатие введенных в световод импульсов.

В данной работе рассматривается новый подход к сложению и сжатию оптических импульсов с применением скрученных относительно центральной оси MCF. Добавление равномерного вращения качественно меняет динамику оптического поля в MCF и открывает возможность для исследования новых типов нелинейных эффектов, таких как, например, нарушение PT-симметрии.

Распространение оптического поля в скрученном кольцевом световоде с центральной сердцевинкой может быть описано в приближении медленно меняющихся огибающих следующей системой связанных нелинейных уравнений Шредингера (НУШ):

$$\begin{cases} i \frac{\partial U_0}{\partial z} = D_0 \frac{\partial^2 U_0}{\partial t^2} + \gamma_0 |U_0|^2 U_0 + \sum_{n=1}^N C_0 U_n \\ i \frac{\partial U_n}{\partial z} = D_n \frac{\partial^2 U_n}{\partial t^2} + \gamma_n |U_n|^2 U_n + C \exp(-i\varphi) U_{n+1} + C \exp(i\varphi) U_{n-1} + C_0 U_0, n = 1 \dots N. \end{cases}$$

Здесь параметр φ задает относительное кручение периферийных сердцевин вокруг центральной оси световода. Для упрощения анализа коэффициенты в системе связанных НУШ в дальнейшем могут быть взяты равными единице.

Влияние скручивания на эффективность схемы сложения оптических импульсов было исследовано на примере 7-сердцевинного световода, для которого ранее был определен режим с наилучшим сложением, достигаемым при одновременном введении гауссовых импульсов $U(t) = \sqrt{P} \exp(-t^2/\tau^2)$ с пиковой мощностью $P = 0.687$ и шириной $\tau = 1.775$ во все сердцевинки световода. Параметр φ в расчетах изменялся в пределах от 0 до $\pi/2$. В случае отсутствия кручения волокна расстояние, на котором достигается наилучшее сложение импульсов в центральной сердцевинке (92.5%), равняется $z = 1.75$ и определяется как первый достаточно большой максимум пиковой мощности импульса в центральной сердцевинке.

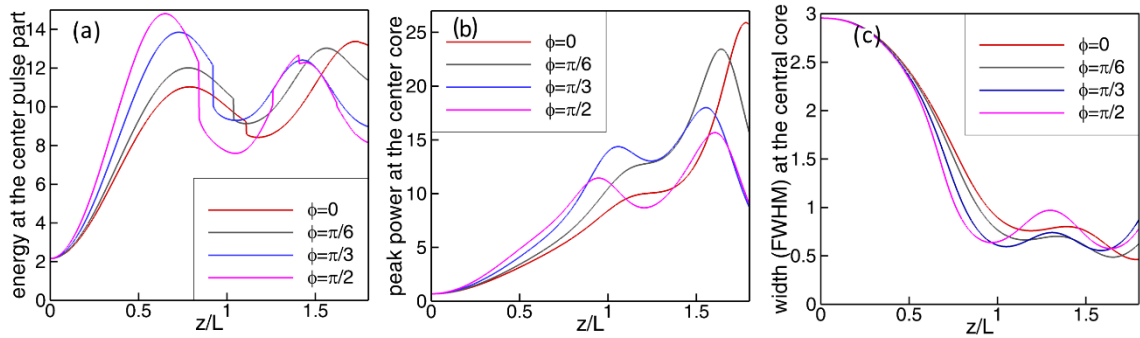


Рис. 1. Изменение характеристик импульса в центральной сердцевине.

На Рис. 1 изображена динамика вдоль MCF различных параметров импульса в центральной сердцевине. Энергия импульса без учета энергии, заключенной в пьедестале импульса, представлена на Рис. 1 (a). Как можно заметить, при увеличении кручения наблюдается смещение точки наиболее эффективного сложения на меньшее расстояние ($z = 0.5$). Кроме того, эффективность сложения увеличивается до 99%.

На Рис. 1 (b) показана эволюция пиковой мощности импульса вдоль волокна, а на Рис. 1 (c) – изменение ширины импульса на полувысоте. Отметим, что пиковая мощность в точке наилучшего сложения импульсов уменьшается с ростом параметра кручения, а ширина при этом меняется незначительно.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 20-11-20040). Работа Чеховского И.С. была поддержана грантом 14.Y26.31.0017 Министерства образования и науки.

Литература

- [1] A. M. Rubenchik, et al., *Opt. Lett.* **40**, 721–724 (2015)
- [2] I. S. Chekhovskoy, et. al., *Phys. Rev. A* **94**, 043848 (2016)