

Управление порядком солитонных молекул и особенности их распространения в оптическом волокне с аномальной дисперсией

Богомолов Н.М. (МГТУ им. Н.Э. Баумана), **Орехов И.О.** (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
Исмаил А. (МГТУ им. Н.Э. Баумана, МФТИ)

Научный руководитель – кандидат технических наук Сазонкин С.Г.
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Введение. В настоящий момент благодаря высокой частоте повторения стабильные лазеры УКИ с низким уровнем шума и джиттера являются перспективным направлением в области телекоммуникаций. Основное внимание в этой области исследований сосредоточено на увеличении пропускной способности данных за счет использования спектрального мультиплексирования каналов (СМП). Однако постоянно растущая потребность увеличения пропускной способности линий связи требует постоянного совершенствования систем передачи данных [1]. Ограничения технологии СМП уже становятся очевидными. В свете этого перспективным направлением развития телекоммуникаций является исследование новых режимов генерации сверхкоротких импульсов и их распространения в оптических волокнах. Солитонные молекулы (СМ) стали сильными соперниками в системах передачи данных.

С тех пор, как была обоснована теория связанных состояний импульсов [2], многие исследования сосредоточены на их возможных применениях. Однако некоторые вопросы остаются неизученными. Идея использования N импульсов для увеличения пропускной способности получила поддержку, когда была представлена численная модель, демонстрирующая принцип квантования энергии солитонов в лазерном резонаторе [3]. Недавнее исследование продемонстрировало режим генерации солитонных молекул в волоконных легированных эрбием лазерах [4]. Мало внимания уделяется их распространению в стандартных телекоммуникационных волокнах после резонатора. Также для решения телекоммуникационных задач необходимо значительно увеличить и контролировать количество связанных состояний в импульсе.

Основная часть. В данной работе сообщается о наблюдении генерации стабильных СМ высокого и переменного порядка (числа связанных импульсов). Было продемонстрировано изменение порядка солитонных молекул с 7-го до 18-го в полностью волоконном эрбиевом лазере с синхронизацией мод на основе эффекта нелинейной эволюции поляризации (НЭП). Когда мощность накачки увеличивалась в диапазоне от 165 мВт до 377 мВт и наоборот, наблюдалась генерация СМ с 7, 13 и 18 импульсами, соответственно, с одинаковым разделением между импульсами во временной области. Средняя длительность импульсов составляла $< 0,5$ пс при полной ширине на половине максимума с временным интервалом между импульсами $\sim 4,7$ пс. Возможность управлять количеством импульсов с помощью мощности накачки является обратимым и повторяемым процессом, не влияющим на стабильность достигнутого режима. Также был достигнут режим СМ 23-го порядка путем изменения поляризационного состояния резонатора с помощью контроллеров поляризаторов. Экспериментально была исследована эволюция связанного состояния этого режима при распространении в оптическом волокне с аномальной дисперсией. Кроме того, было проведено численное моделирование распространения режима солитонных молекул 23-го порядка. Получены результаты, необходимые для полного понимания природы СМ и возможности их дальнейшего применения в различных научных и инженерных областях [5].

Выводы. Предложен и исследован метод изменения количества связанных состояний в

импульсе, генерируемом в полностью волоконном эрбиевом лазере УКИ. Промоделирован и исследован процесс распространения СМ в волокне с аномальной дисперсией.

Список использованных источников:

1. S. Gu, B. Ślusarczyk, S. Hajizada, I. Kovalyova, A. Sakhbieva, Impact of the covid- 19 pandemic on online consumer purchasing behavior, *J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res.* 16 (6) (Sep. 2021) 2263–2281, <https://doi.org/10.3390/jtaer16060125>.
2. B.A. Malomed, Bound solitons in the nonlinear Schrodinger—Ginzburg-Landau equation, *Phys. Rev. A* 44 (10) (Nov. 1991) 6954–6957. Valley, G.C. Photonic analog-to-digital converters. *Opt Express* 2007, 15 5, 1955-82.
3. D.Y. Tang, L.M. Zhao, B. Zhao, A.Q. Liu, Mechanism of multisoliton formation and soliton energy quantization in passively mode-locked fiber lasers, *Phys. Rev. A* 72 (4) (Oct. 2005), <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.72.043816>.
4. Z. Wang, et al., Black Phosphorus Quantum Dots as an Efficient Saturable Absorber for Bound Soliton Operation in an Erbium Doped Fiber Laser, *IEEE Photon. J.* 8 (5) (Oct. 2016), <https://doi.org/10.1109/JPHOT.2016.2598085>.
5. M. Pang, W. He, X. Jiang, P.S.J. Russell, All-optical bit storage in a fibre laser by optomechanically bound states of solitons, *Nat. Photonics* 10 (7) (Jun. 2016) 454–458, <https://doi.org/10.1038/nphoton.2016.102>.