

ЭВОЛЮЦИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ТЕМНЫХ ИМПУЛЬСОВ В НЕЛИНЕЙНОМ ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

Корель И.И.^{1*}, Ньюшков Б.Н.^{1,2}, Кутищева А.Ю.¹, Четвергова Л.В.¹

¹Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

*E-mail: korel@corp.nstu.ru

Исследования эволюции темных импульсов, как правило, фокусируются на процессе формирования темных солитонов в условиях нормальной дисперсии [1], оставляя открытым вопрос о режимах распространения при аномальной дисперсии. Стабильные темные импульсы могут быть экспериментально получены с помощью волоконных эрбиевых лазеров на длине волны около 1.56 мкм. [2]. Мы изучили эволюцию темного импульса в условиях распространения, определяемых параметрами существующих типов одномодовых оптических волокон, которые являются наиболее подходящей средой для работы с излучением от волоконных источников. Численные решения показывают, что в условиях аномальной дисперсии наблюдается эффект трансформации темного импульса в цуг ультракоротких ярких.

Численные модели задачи об эволюции основывались на решении одномерного нелинейного уравнения Шрёдингера. Для верификации результатов использовалась адаптация и сравнение известных подходов решения данного класса задач, в частности – компактной диссипативной схемы [3] и метода Фурье с расщеплением по физическим параметрам [4]. Результаты моделирования представлены на Рис. 1 и 2.

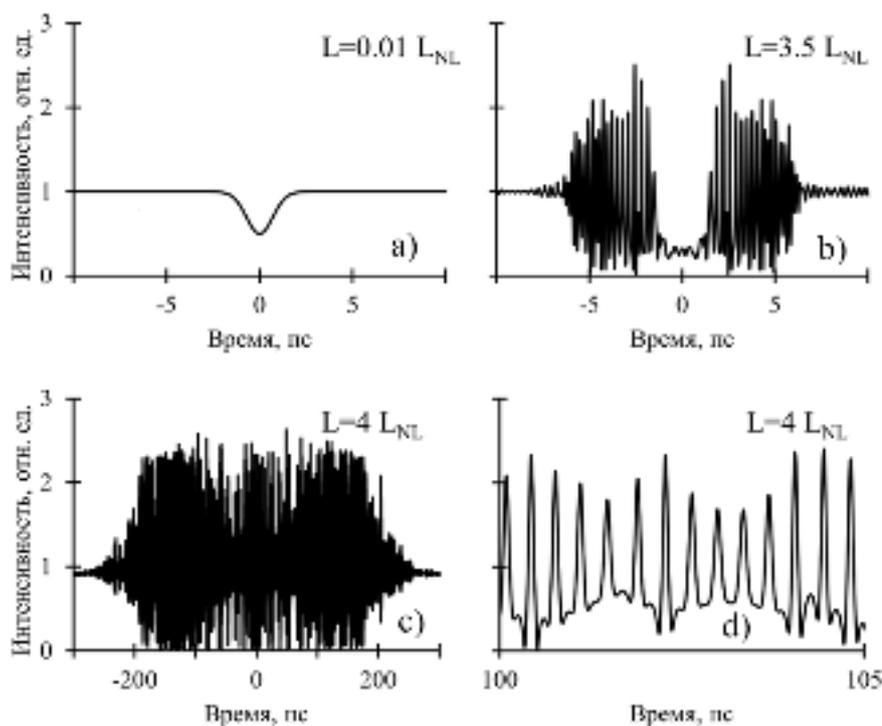


Рис. 1. Эволюция темного импульса в условиях аномальной дисперсии

В рамках численного эксперимента темный импульс длительностью 1 пс. располагался в центре светлого импульса длительностью 1 нс., с центральной длиной волны 1.56 мкм., пиковой мощностью 10 Вт. Литеры а, б, с – соответствуют длинам распространения, выраженным в характерных нелинейных длинах ($L_{NL}=33$ м.), дисперсия: $\beta_2=-1.8$ пс²/км. Рис. 1d показывает детализацию фрагмента импульсной структуры. Как видно из рисунка, в процессе эволюции темный импульс распадается на регулярные цуги импульсов высокой интенсивности и общей частотой следования. Эта частота растет по мере распространения. Для сравнения, на Рис. 2 показано распространение

такого же импульса с теми же параметрами численного эксперимента в условиях нормальной дисперсии. Типичной картиной такого распространения является формирование пары темных импульсов, без образования выразительных ярких последовательностей ультракоротких импульсов.

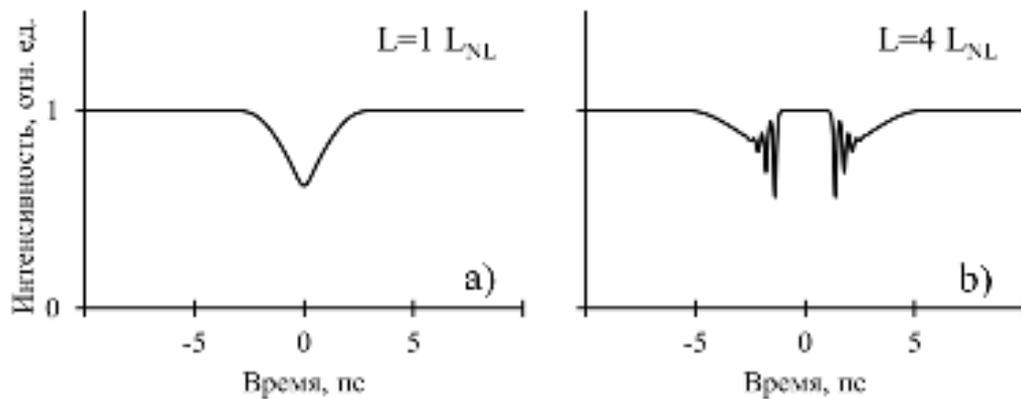


Рис. 2. Эволюция темного импульса в условиях нормальной дисперсии

Цуги лазерных импульсов ближнего инфракрасного диапазона с регулярной структурой и пакетной частотой следования в терагерцовом диапазоне находят применение в целом ряде приложений. В частности, они могут использоваться для генерации импульсов терагерцового излучения с помощью оптического выпрямления [5, 6], а также для спектроскопии, основанной на вращательном отклике молекул. Известный метод, основанный на эффекте Вернье [6], для управляемого формирования цугов ультракоротких импульсов с терагерцовой пакетной частотой следования связан со значительной экспериментальной сложностью и стоимостью. Предложенный метод трансформации темного ультракороткого импульса в регулярный цуг может стать интересным альтернативным решением этой задачи.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (FSUN-2020-0007).

Литература

1. W.Tomlinson et al., *J. Opt. Soc. Am. B* **6**, 329-334 (1989)
2. H.Zhang et al., *Phys. Rev. A* **80**, 045803 (2009)
3. Паасонен В.И., Федорук М.П., *Вычислительные технологии* **16**, №6, 2011
4. Balac S., Mahé F., *Journal of Computational Physics* **280**, 295-305 (2015)
5. J.A.Fülöp et al., *Opt. Express* **18**, 12311 (2010)
6. V.Stummer et al., *Optica* **7**, 1758 (2020)