

Переключение пространственных солитонов в системе из двух нелинейных дефектов

А. В. Маслова^{1,*}, Д. О. Игнатьева^{1,2,†}, В. Е. Лобанов^{1‡}¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет, кафедра фотоники и физики микроволн, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2²Российский квантовый центр, Россия, 143025, Московская область, Одинцовский р-н, дер. Сколково

Исследована динамика пространственного солитона в среде с каскадной нелинейностью при наличии локальной модуляции коэффициента нелинейности в форме двух параллельных дефектов. Изучены условия, при которых могут наблюдаться режимы преломления солитона дефектами и его захвата в тот или иной канал. Показано, что захват зависит как от параметров солитона (амплитуды, угла падения на дефект), так и от параметров дефектов (глубины модуляции коэффициента нелинейности, формы)

PACS: 42.65.Tg, 42.65.Jx, 42.65.Wi УДК: УДК:535.3

Ключевые слова: солитон, нелинейный дефект, каскадная нелинейность.

Создание новых методов управления динамикой солитонов является важной задачей современной фотоники, так как открывает возможность применения солитонов в телекоммуникационных системах в качестве носителей информации [1], управления светом при помощи света, создания оптических переключателей и в ряде других задач нелинейной оптики [2,3].

В работе рассмотрен способ управления динамикой пространственного солитона в среде с каскадной нелинейностью при наличии локальной модуляции коэффициента нелинейности в форме двух параллельных дефектов, причем ширина каждого нелинейного дефекта сопоставима с шириной солитона. Эволюция амплитуды солитона в среде с каскадной нелинейностью может быть описана при помощи нелинейного уравнения Шредингера [4]:

$$i \frac{\partial A}{\partial z} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + (1 + \chi(x, z)) |A|^2 A, \quad (1)$$

где нелинейность имеет локальную неоднородность $\chi(x, z)$ в виде двух параллельных каналов одинаковой формы и ширины:

$$\chi(x, z) = \chi_0 F \left(\frac{x + d_1 - \alpha z}{w} \right) + \chi_0 F \left(\frac{x + d_2 - \alpha z}{w} \right), \quad (2)$$

параметр χ_0 отвечает за глубину модуляции, $d_{1,2}$ — начальное расстояние для первого и второго дефектов соответственно, α — тангенс угла между солитоном и дефектами, w — ширина нелинейных дефектов. Функция отвечает за форму дефектов. Геометрия задачи изображена на рис. 1. Ранее было показано [6], что в нелинейной среде с положительной модуляцией нелинейности $\chi_0 > 0$ наблюдается изменение направления распространения солитона в зависимости от

его амплитуды, начального угла и параметров дефекта. При этом может наблюдаться как плавная перестройка угла наклона солитона, так и его захват нелинейным дефектом. Для выбора оптимального профиля дефекта для управления солитоном был [5] проведен анализ динамики солитона для нескольких видов профилей нелинейного дефекта F : профиля гауссовой формы, в виде прямоугольного канала, гиперболического секанса и двух близко расположенных каналов гауссовой формы, характерные ширина и глубина модуляции которых выбирались одинаковыми. Было выявлено, что солитон отклоняется сильнее в случае каналов прямоугольной формы, к тому же его захват происходит при более низком значении глубины модуляции нелинейности, в отличие от каналов других профилей. Поэтому в данной работе рассмотрена система из двух дефектов прямоугольного профиля.

Анализ динамики солитона в среде, содержащей два нелинейных канала, показал, что, в зависимости от параметров солитона и среды возможны следующие результаты взаимодействия солитона и каналов: солитон испытывает отклонение при взаимодействии с каждым из дефектов; солитон отклоняется первым дефектом и захватывается вторым; солитон захватывается первым дефектом.

Для иллюстрации возможности наблюдения трех вариантов динамики в зависимости от начальных параметров была численно рассчитана зависимость конечной координаты солитона χ_{fin} от глубины модуляции нелинейности. Результаты данного расчета изображены на рис. 2. Значение конечной координаты позволяет говорить о том, испытывает ли солитон отклонение, либо захват в первый $|\chi_{fin} - d_1| \leq w$ или второй $|\chi_{fin} - d_2| \leq w$ канал. Области, соответствующие захвату солитона в нелинейный канал, соответствуют горизонтальным плато на рис. 2, цифрами обозначен номер канала, в который захватывается солитон.

Аналогичная зависимость динамики солитона наблюдается и от его амплитуды: в случае небольших амплитуд солитон испытывает преломление обоими ка-

*E-mail: masanna93@ya.ru

†E-mail: ignatyeva@physics.msu.ru

‡E-mail: vallobanov@gmail.com

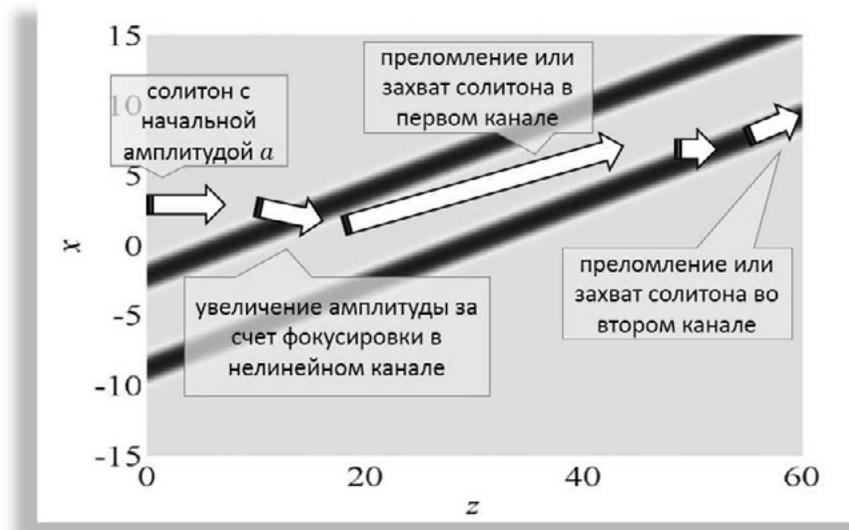


Рис. 1: Распространение солитона в среде с двумя нелинейными дефектами.

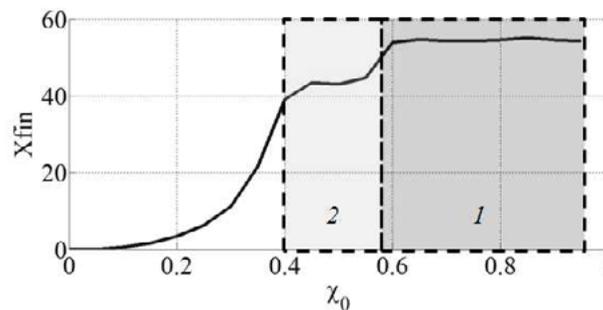


Рис. 2: Зависимость конечной координаты солитона от глубины модуляции нелинейности, иллюстрирующая отклонение солитона (не закрашенная область), захват солитона вторым каналом (светло-серая область), захват солитона первым каналом (темно-серая область).

налами, при превышении первого порогового значения начальной амплитуды происходит захват во второй канал, а при превышении второго — захват в первый канал.

Таким образом, возможно осуществление распреде-

ления солитонов между двумя каналами в зависимости от их амплитуды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 14-02-01012, № 14-02-90050).

- [1] *Kivshar Y.S.* Optical solitons: from fibers to photonic crystals. (Academic Press, London, 2003).
- [2] *Akhmediev N.N.* Solitons: nonlinear pulses and beams. (Chapman and Hall, London, 1997).
- [3] *Taylor J.R.* Optical solitons: theory and experiment. (Cambridge University Press, New York, 1992).
- [4] *Сухоруков А.П.* Ученые записки Казанского Государственного университета. **150**, кн. 2, С. 8. (2008).
- [5] *Маслова А.В.* Ученые записки физического факультета

МГУ. №4. С.144347. (2014).

- [6] *Игнатъева Д.О.* Фотонное эхо и когерентная спектроскопия. Сборник трудов. С.95. (2013).

Switching of spatial solitons in a system of two nonlinear defects**A. V. Maslova^{1,a}, D. O. Ignateva^{1,2,b}, V. E. Lobanov¹**¹*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Photonics and Microwave Physics Department
Moscow 119991, Russia*²*Russian Quantum Center**Skolkovo village, Moscow region 143025, Russia**E-mail: ^amasanna93@ya.ru, ^bignatyeva@physics.msu.ru.*

Soliton dynamics in a medium with a cascade nonlinearity in the presence of a local modulation nonlinearity coefficient in the form of two parallel defects was studied. The conditions under which there may be a regime of soliton refraction by defects and a regime of soliton trapping by a particular channel were investigated. It was shown that the soliton trapping depends on the soliton parameters (amplitude, the angle of incidence on defect), and the parameters of defects (nonlinearity coefficient of the modulation depth, shape)

PACS: 42.65.Tg, 42.65.Jx, 42.65.Wi

Keywords: soliton, nonlinear defect, cascade nonlinearity.

Received 27.07.2015.

Сведения об авторах

1. Маслова Анна Васильевна — студент; тел.: +7(919) 963-08-21, e-mail: masanna93@yandex.ru.
2. Игнатьева Дарья Олеговна — канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник; тел.: +7(495) 939-33-17, e-mail: ignatyeva@physics.msu.ru.
3. Лобанов Валерий Евгеньевич — канд. физ.-мат. наук, докторант; тел.: +7(495) 939-33-17, e-mail: vallobanov@gmail.com.