

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

УДК 530.1+535.3

А. М. ГОНЧАРЕНКО

К ТЕОРИИ СОЛИТОНОВ В ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ*Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси**(Поступила в редакцию 06.02.2015)*

Известно, что при достаточной мощности световых импульсов в нелинейных средах формируются оптические солитоны [1–4]. С другой стороны, существуют и активно исследуются среды с отрицательным показателем преломления [5, 6]. С точки зрения физики процесса представляется интересным рассмотреть основные особенности распространения солитонов в отрицательных средах. Для краткости ограничимся случаем одномерных пространственных постоянных солитонов, в которых, однако, проявляются основные особенности свойств солитонов в отрицательных средах.

Распространение солитонов определяется следующим нелинейным уравнением Шредингера относительно огибающей функции электрического поля $E(x, z)$:

$$\frac{\partial E}{\partial z} + \frac{i}{2k_0} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + i\beta_0 |E|^2 E = 0. \quad (1)$$

Полагая $E = A_0 \psi$, $\beta = \beta_0 |A_0|^2$ и в отрицательных средах $k_0 = -\sigma$, получаем следующее уравнение:

$$\frac{\partial \psi}{\partial z} - \frac{i}{2\sigma} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + i\beta |\psi|^2 \psi = 0. \quad (2)$$

Ищем решение этого уравнения в виде гауссова пучка

$$\psi = \exp\left(i\gamma z - \frac{x^2}{a^2}\right). \quad (3)$$

При этом из (2) находим

$$\gamma = 0, \frac{1}{a^2} = -\beta\sigma. \quad (4)$$

Следовательно, солитон в форме гауссова пучка может распространяться в нелинейной отрицательной среде при условии $\beta < 0$. А это означает, что в такой среде и нелинейность должна быть отрицательной ($\beta = -\beta_1$, $\beta_1 > 0$). При этом решение уравнения (2) есть функция

$$\psi = \exp\left(-\sigma\beta_1 x^2\right). \quad (5)$$

Полное поле солитона представляется в виде

$$E = E_0 \exp\left(i\sigma z + i\omega t - \sigma\beta_1 x^2\right).$$

Таким образом, как и в обычных средах, поперечный размер солитона определяется его интенсивностью, а именно: чем больше интенсивность ($\beta_1 \sim A_0^2$), тем меньше размер солитона. Фаза же солитона в отрицательной среде (как и должно быть) распространяется в направлении, обратном направлению его энергии.

Литература

1. *Silberberg Y.* // Opt. Lett. 1990. Vol. 15, N 22. P. 1282–1284.
2. *Snyder A. W., Mitchell D. J.* // Science. 1987. Vol. 276. P. 1538–1541.
3. *Rosanov N. N.* // Progr. in Opt. 1996. Vol. 35. P. 1–60.
4. *Гончаренко А. М.* Оптические гауссовы пучки и солитоны. Минск, 2011.
5. *Веселаго В. Г.* // Успехи физ. наук. 1967. Т. 92, вып. 3. С. 517–526.
6. *Шевченко В. В.* // Успехи физ. наук. 2011. Т. 181, вып. 11. С. 1171–1182.

A. M. GONCHARENKO

TO THE THEORY OF SOLITONS IN THE NEGATIVE MEDIA

Summary

The some properties of solitons in negative media are considered.