

УДК 621.373

ГЕНЕРАЦИЯ ТЕМНЫХ СОЛИТОНОВ В СПЕКТРАЛЬНОМ КОМПРЕССОРЕ

А.А. КУТУЗЯН, А.А. КИРАКОСЯН, Л.Х. МУРАДЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 17 января 2002 г.)

Показано, что спектральный компрессор, дополненный пространственной амплитудно-фазовой маской, помещенной в дисперсионной линии задержки, служит эффективным и удобным генератором темных временных солитонов.

1. Введение

Оптические солитоны в силу возможности их экспериментальной реализации и, тем самым, оптического моделирования исследуемых процессов, представляют академический интерес для многих направлений современной науки, разных ввиду разнообразия волновых явлений. Вместе с тем интерес к солитонным явлениям все возрастает с технической точки зрения в связи с успехами и внедрением оптической связи и телекоммуникации. С этой прикладной точки зрения особенно интересны темные солитоны в силу их устойчивости к энергетическим потерям и шумам излучения [1].

В настоящей работе для генерации и исследования темных солитонов предлагается новая, усовершенствованная схема спектральной компрессии, в которой образование темных солитонов осуществляется путем самоформирования. При подаче на вход световода темного импульса, не имеющего параметров солитона, в предложенной системе генерируется темный солитон. Точнее, темный временной солитон самоформируется в световоде из chirпированного нечетно-симметричного темного импульса не тангенс-гиперболической формы и несолитонной мощности, сформированного в системе простой пространственной фильтрацией.

Предлагаемая система – усовершенствованный спектральный компрессор [2], дополненный амплитудно-фазовой маской (рис.1). Спектральный компрессор состоит из дисперсионной линии задержки (ДЛЗ) и одномодового волоконного световода (ОВС). В качестве ДЛЗ может служить пара призм (П) или дифракционных решеток с двойным проходом луча. Амплитудно-фазовая маска (М) размещается перед зеркалом

(3) ДЛЗ. Амплитудный фильтр из центральной части излучения удаляет узкую полосу. Фазовый фильтр сообщает сдвиг фазы π одной половине импульса.

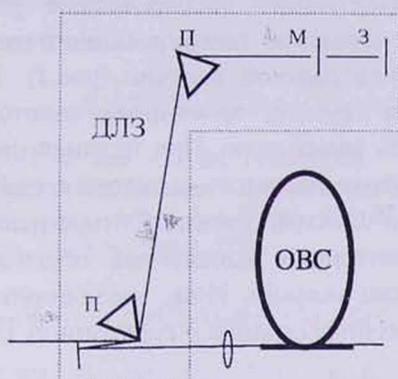


Рис.1. Схема усовершенствованного спектрального компрессора.

Анализ процесса проводился на основе численного моделирования. Распространение излучения в ДЛЗ как в среде с линейной аномальной дисперсией описывается во втором приближении теории дисперсии. Самовоздействие в ОВС как в среде с кубичной нелинейностью и нормальной дисперсией описывается нелинейным уравнением Шредингера [3]

$$i\partial u / \partial \zeta = (1/2)\partial^2 u / \partial t^2 - |u|^2 u.$$

Здесь безразмерная, медленно меняющаяся амплитуда имеет вид $u(\zeta, t) = [y \cdot t_0^2 / |\beta_2|]^{1/2} A$, где y – параметр нелинейности, $A(z, T)$ – размерная амплитуда временной огибающей импульса, $\zeta = z / L_d$ – безразмерное расстояние, $t = (T - z/u) / t_0$ – бегущее время, нормированные соответственно на дисперсионную длину $L_d = t_0^2 / |\beta_2|$ и начальную длительность импульса t_0 . В качестве начальных условий выбирается импульс с гауссовским профилем $A(\zeta, t) = \exp[-0,5 \cdot (t/t_0)^2]$. Для решения уравнения применялась схема расщепления по физическим факторам с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье на дисперсионном шаге [3].

Фильтрация излучения в ДЛЗ приводит к образованию темного импульса нечетной симметрии: в центральной части временного и спектрального профилей появляются впадины с нулевым значением интенсивности в центральных точках. Вместе с тем, проходя через ДЛЗ, излучение приобретает отрицательный chirp. Затем, образованный в ДЛЗ темный импульс при распространении в ОВС сжимается до длительностей, значительно меньших исходного (в ~ 10 раз), формируя темный солитон. Динамика распространения временных и спектральных профилей приведена на рис.2 и рис.3. Наши исследования, проведенные до длин ОВС $6,7 \cdot Z_0$ ($Z_0 = \pi/2 \cdot L_{ds}$ – период солитона), позволяют удостове-

ряться в солитонном характере образованного таким образом темного импульса. В области стабильности излучения ($\zeta_s = 17-28$) изменение длительности темного солитона составляет $\sim 10\%$, при том что общий светлый импульс претерпевает дисперсионное уширение в 2,5 раза (рис.2). Солитонное поведение генерированного темного импульса наглядно видно и в спектральной картине (рис.3). Центральный пик в спектре соответствует темному временному солитону; на центральной частоте интенсивность равна нулю. При нелинейном обогащении общего спектра ширина центрального пика остается стабильной. Устойчивое поведение этой части спектра, имеющей относительно высокую интенсивность, при существенных изменениях общего спектра возможно только при солитонном явлении. Итак, эволюционные картины спектра содержат достаточную информацию о солитонном характере импульса.

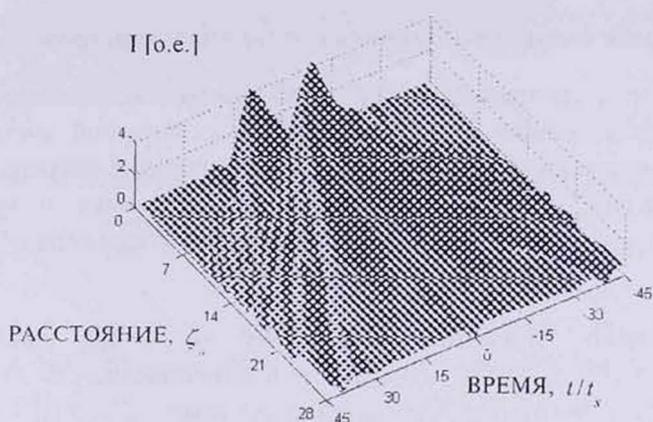


Рис.2. Динамика формирования темного солитона в световоде: временной профиль. Продольная координата $\zeta_s = z / L_{ds}$ нормирована на дисперсионную длину $L_{ds} = t_s^2 / |\beta_2|$, где t_s – длительность темного солитона, I – нормированная интенсивность.

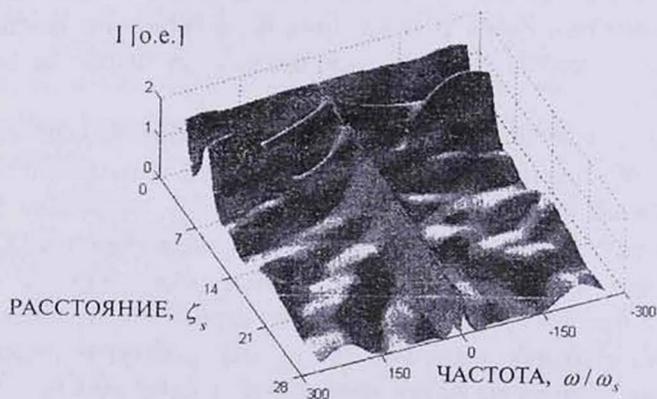


Рис.3. Динамика формирования темного солитона в световоде: спектральный профиль (ω_s – ширина спектра темного солитона).

Таким образом, солитонный характер генерированных темных импульсов проявляется с помощью стандартных спектральных измерений как альтернатива к непростой технике контроля за временным ходом амплитуды и фазы излучения.

Работа выполнена в рамках проекта ANSEF № PS28-00.

ЛИТЕРАТУРА

1. W.Zhao and E.Boukoff. J. Opt. Soc. Am. **B9**, 1134 (1992).
2. Н.Л.Маркарян, Л.Х.Мурадян, Т.А.Папазян. Квантовая электроника, **18**, 7 (1991).
3. G.P.Agrawal. Nonlinear Fiber Optics. San-Diego, Boston, New York, London, Sydney, Tokyo, Toronto. Academic press, 1995.

ՄՈՒԹ ՍՈԼԻՏՈՆՆԵՐԻ ԳԵՆԵՐԱՑՈՒՄԸ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ՍԵՂՄԻՉՈՒՄ

Ա.Ա. ԿՈՒՏՈՒԶՅԱՆ, Ա.Ա. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Լ.Խ. ՄՈՒՐԱԴՅԱՆ

Ցույց է տրված, որ սպեկտրալ սեղմիչը հագեցված տարածական ամպլիտուդա-փուլային ֆիլտրով՝ տեղակայված դիսպերսիոն հապաղման գծում, ծառայում է որպես էժամանակային մութ սոլիտոնների արդյունավետ և հարմար գեներատոր:

GENERATION OF DARK SOLITONS IN A SPECTRAL COMPRESSOR

A.A. KUTUZYAN, A.A. KIRAKOSYAN, L.KH. MOURADIAN

It is shown that a spectral amplitude-phase mask placed in the dispersive delay of a spectral compressor modifies it to the effective and convenient generator of dark temporal solitons.