

СОУДАРЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПУЧКОВ В НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ

Д.М. Зверев, А.П. Сухоруков, В.Е. Лобанов, А.А. Калинович,
А.К. Сухорукова

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Физический факультет, Москва, Россия
zverev@physics.msu.ru

Данная работа посвящена изучению несинхронного взаимодействия в квадратично-нелинейной среде трех лазерных импульсных пучков, амплитуды которых медленно меняются во времени и в пространстве. Импульсные пучки – это волны, которые ограничены во времени (вдоль направления распространения) и в пространстве (в поперечном направлении) [1-3].

Для изучения эффектов, возникающих в данном случае, было предпринято теоретическое исследование уравнений для медленно меняющихся амплитуд с учетом дифракции, дисперсии 2-го порядка и расстройки скоростей, задаваемых системой:

$$\frac{\partial A_1}{\partial z} + i \left\{ D_{1x} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + D_{1\tau} \frac{\partial^2 A}{\partial \tau^2} \right\} = -i\gamma_1 A_3 A_2^*, \quad (1)$$

$$\frac{\partial A_2}{\partial z} + i \left\{ D_{2x} \frac{\partial^2 A_2}{\partial x^2} + D_{2\tau} \frac{\partial^2 A_2}{\partial \tau^2} \right\} + v_2 \frac{\partial A_2}{\partial \tau} + \alpha \frac{\partial A_2}{\partial x} = -i\gamma_2 A_3 A_1^*, \quad (2)$$

$$\frac{\partial A_3}{\partial z} + i \left\{ D_{3x} \frac{\partial^2 A_3}{\partial x^2} + D_{3\tau} \frac{\partial^2 A_3}{\partial \tau^2} \right\} + v_3 \frac{\partial A_3}{\partial \tau} = i\Delta k A_3 - i\gamma_3 A_1 A_2. \quad (3)$$

Частоты связаны соотношением $\omega_1 + \omega_2 - \omega_3 = 0$, а волновые векторы имеют волновую расстройку $\Delta k = k_1 + k_2 - k_3$.

В случае достаточно большой волновой расстройки параметрическое взаимодействие, которое принимает характер каскадного процесса [4]. При рассмотрении слабого сигнала ($A_2 \ll A_1$) основные черты нелинейного взаимодействия импульсных пучков можно выявить с помощью решения только одного уравнения для амплитуды сигнала:

$$\frac{\partial A_2}{\partial z} + \alpha \frac{\partial A_2}{\partial x} + v \frac{\partial A_2}{\partial \tau} + iD_x \frac{\partial^2 A_2}{\partial x^2} + iD_\tau \frac{\partial^2 A_2}{\partial \tau^2} = ik_2 n_{nl2}(x, \tau) A_2, \quad (4)$$

в котором $\tau = t - z/u_1$, $\alpha = \angle(\mathbf{k}_2, \mathbf{z})$, $v = u_2^{-1} - u_1^{-1}$, $D_x = \frac{1}{2k_2}$, $D_\tau = -\frac{1}{2} \frac{\partial^2 k}{\partial \omega^2}$.

Уравнение (4) описывает распространение импульса в среде неоднородностью показателя преломления

$$n_{n12} = n_2 \left| A_1(\tau, x, z) \right|^2, n_2 = const. \quad (5)$$

Численное моделирование динамики параметрического взаимодействия импульсных пучков позволяет выделить ряд эффектов таких как прохождение сигнала через накачку, двойное отражение, одинарное отражение, обтекание сигналом опорного импульсного пучка. Основное внимание уделяется полному внутреннему отражению сигнала от накачки (см. рис.1).

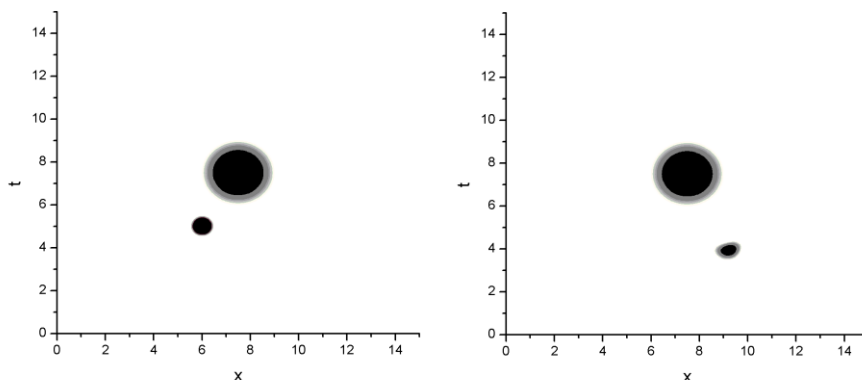


Рис. 1. Одинарное отражение сигнала от опорного импульсного пучка по времени

Результаты волновой теории сравниваются с результатами геометрической теории, полученными ранее [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кившарь Ю.С., Агравал Г.П. Оптические солитоны. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
2. Сухоруков А.П. Нелинейные волновые взаимодействия в оптике и радиофизике. М.: Наука, 1988.
3. Silberberg Y. // Opt. Lett. 1990. V. 15. Issue 22, P. 1282-1284.
4. Lobanov V.E., Sukhorukov A.P. // Phys. Rev. Lett. 2010. A. 82. 033809.
5. Зверев Д.М., Лобанов В.Е., Сухоруков А.П. // Сборник трудов участников XIII Всероссийской школы-семинара «Физика и применение микроволн» («Волны-2011»).