

НЕСТАЦИОНАРНАЯ БРЭГГОВСКАЯ ДИФРАКЦИЯ КОРОТКОГО ОПТИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА НА ИНДУЦИРОВАННОЙ РЕШЁТКЕ, ДВИЖУЩЕЙСЯ СО СВЕТОВОЙ СКОРОСТЬЮ

Т.А. Войтова, А.П. Сухоруков

*Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет
voytova@physics.msu.ru*

В работе исследуется взаимодействие сигнального оптического импульса с бегущей индуцированной решеткой показателя преломления. Нестационарную решетку для оптического излучения можно получить, используя периодическую последовательность импульсов волны накачки, распространяющуюся в среде с кубичной нелинейностью [1,2]. Ранее был исследован эффект полного внутреннего отражения сигнального импульса от неоднородности, индуцированной одиночным импульсом накачки [3,4], когда расстройка групповых скоростей не превышала критическую величину. В настоящей работе изучена динамика взаимодействия пробного импульса с одним или несколькими импульсами на основной частоте. Найденны условия, при которых последовательность импульсов накачки ведет себя как пространственно-временной аналог решетки, обеспечивая полное отражение сигнала от наведенной неоднородности. Также исследована зависимость коэффициента отражения пробного импульса в результате взаимодействия с такой наведенной структурой от величины расстройки групповых скоростей, нелинейного изменения показателя преломления, а также от формы профиля индуцированной неоднородности.

Рассмотрим взаимодействие двух оптических импульсов на частотах ω_1 (накачка) и ω_2 (сигнал) в среде с керровской нелинейностью и дисперсией второго порядка. Уравнения для медленно меняющихся амплитуд импульсов имеют вид:

$$\frac{\partial A_1}{\partial z} = iD_1 \frac{\partial^2 A_1}{\partial \eta^2} - i\gamma_1 (|A_1|^2 + 2|A_2|^2) A_1 \quad (1)$$

$$\frac{\partial A_2}{\partial z} = iD_2 \frac{\partial^2 A_2}{\partial \eta^2} - \nu \frac{\partial A_2}{\partial \eta} - i\gamma_2 (|A_2|^2 + 2|A_1|^2) A_2, \quad (2)$$

где z – продольная координата; $\eta = t - z/u_1$ – бегущее время; $u_j = (\partial k_j / \partial \omega_j)^{-1}$ – групповая скорость; $\nu = u_2^{-1} - u_1^{-1}$ – расстройка обратных групповых скоростей; $D_j = 1/2 \partial^2 \omega_j / \partial k_{0j}^2$ – коэффициент дисперсии второго порядка; $\gamma_j = \frac{\pi \chi_3 \omega_j}{2cn_j}$ – коэффициент нелинейности, k_{0j} – волновое число.

В приближении малости амплитуды сигнального импульса по сравнению с амплитудой накачки $A_2 \ll A_1$, сигнал распространяется

в среде с нелинейно индуцированной неоднородностью показателя преломления:

$$\frac{\partial A_2}{\partial z} = iD \frac{\partial^2 A_2}{\partial \eta^2} - \nu \frac{\partial A_2}{\partial \eta} - 2i\gamma_2 |A_1|^2 A_2. \quad (3)$$

Таким образом, для импульса на сигнальной частоте создается бегущая с групповой скоростью основного импульса индуцированная неоднородность, профиль которой повторяет распределение интенсивности волны накачки. Высокоинтенсивная накачка подается в виде одного или нескольких субимпульсов, сигнальный импульс имел гауссов профиль. Система уравнений (1), (2) решалась численно, варьировались различные параметры: профиль и длительность импульса накачки, количество импульсов в решетке, расстояние между импульсами решетки, расстройка групповых скоростей, величина нормированного на интенсивность накачки коэффициента нелинейности.

При фиксированных значениях расстройки групповых скоростей, глубины неоднородности, длительности импульсов накачки, расстояния между ними численно рассчитывались коэффициенты отражения по энергии и прохождения для различного числа субимпульсов в решетке. Увеличение количества импульсов в решетке приводит к полному отражению сигнала и отсутствию прохождения его через решетку, что показано на Рис. 1.

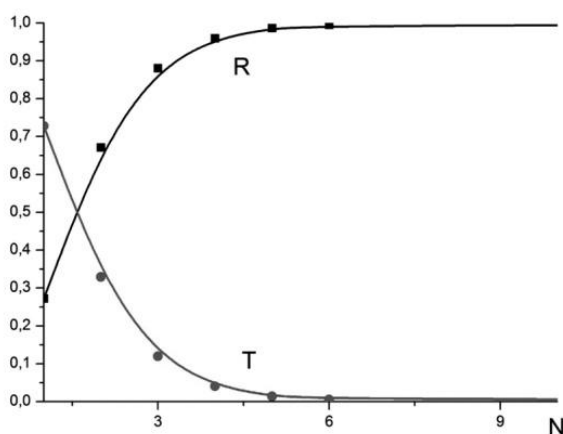


Рис. 1. Зависимость коэффициентов отражения R и прохождения T от количества субимпульсов накачки при фиксированных значениях $D = 0.02$, $\tau_1 = 0.3$, $\tau_2 = 26$, $\nu = 0.2$, $\eta_0 = 40$, $d = 6$, $\gamma_2 = 0.32$.

Таким образом, решетка, индуцированная последовательностью уже из шести импульсов накачки, практически не отличается от случая большого числа субимпульсов.

На Рис. 2 показаны характерные особенности отражательной способности индуцированных решеток в зависимости от расстройки групповых скоростей для фиксированных значений глубины неоднородности, длительности импульсов накачки и расстояний между ними. Для решетки из

одного импульса коэффициент отражения монотонно падает с ростом расстройки. При увеличении количества суб-импульсов накачки зависимость перестает быть монотонной. Появляется дополнительный максимум в области $\nu = 0.2$. Отраженное от каждого следующего субимпульса накачки излучение интерферирует, вся энергия отражается от индуцированной решетки. Таким образом, последовательность нескольких субимпульсов накачки обеспечивает полное отражение даже при больших расстройках, превышающих критическое значение, рассчитанное для одного импульса накачки.

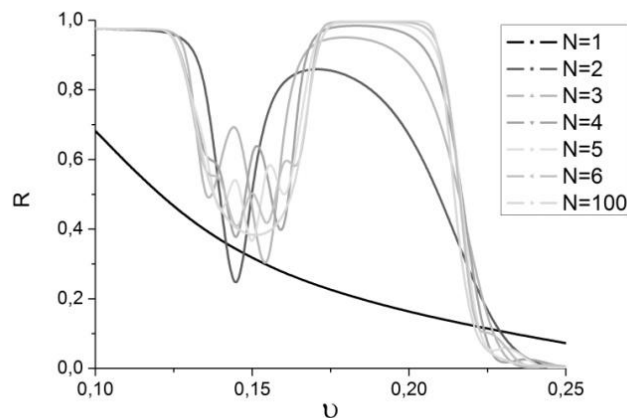


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от величины расстройки групповых скоростей для различного числа импульсов накачки. $D = 0.02$, $\tau_1 = 0.3$, $\tau_2 = 26$, $\eta_0 = 40$, $d = 1$, $\gamma_2 = 0.32$.

Таким образом, исследовано отражение сигнального импульса от решетки показателя преломления, индуцированной цугом субимпульсов накачки. Показано, что коэффициент отражения от такой структуры существенно зависит от параметров среды и самих взаимодействующих импульсов. Подбирая необходимые параметры, можно получить коэффициент отражения, изменяющийся в широких пределах, $0 \leq R \leq 1$.

Работа выполнена при поддержке грантами РФФИ № 11-02-00681 и №12-02-90023-Бел_а., фонда Династия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stegeman G.I. // Optical and Quantum Electronics, 1996. V. 28. P. 1691.
2. Pertsch T., et. al. // Optics Letters, 2005. V. 30. № 2. P. 177.
3. Lobanov V.E., Sukhorukov A.P. // Phys. Rev. A., 2010. V. 82. P. 033809.
4. Сухоруков А.П., и др. // Известия РАН. Серия физическая, 2012. Т. 76. №3. С. 350.