

УДК 535.16:534.341

Г. С. Митюрин¹, Е. В. Лебедева², А. Н. Сердюков¹

ФОТОАКУСТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ БЕССЕЛЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ

¹ Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины, ул.Советская, 104, 246019
Гомель, Беларусь
george_mityurich@mail.ru

² Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, пр.
Октября, 50, 246029 Гомель, Беларусь

Воздействие мощного лазерного излучения на кристаллические среды позволяет существенно расширить область применения фотоакустических методов исследования вещества. Рассмотрению нелинейных режимов импульсной генерации звука посвящено достаточно большое число публикаций, однако интерес к практическим вопросам нелинейной фотоакустики не ослабевает.

Целью настоящей работы является изучение особенностей фотоакустического преобразования бесселевых световых пучков (БСП) в нелинейных периодически поляризованных кристаллах, находящихся на диэлектрической подложке.

Нелинейное взаимодействие световых волн в периодически поляризованных структурах обладает большими потенциальными возможностями для эффективной генерации второй гармоники, а также для реализации параметрических эффектов генерации волн суммарной и разностной частот. Разработке параметрического генератора света на основе веерных периодически поляризованных структур ниобата лития с плавной перестройкой длины волны излучения посвящена работа [1]. Здесь же рассмотрена возможность использования генератора света в лазерном оптико-акустическом газоанализаторе медицинского назначения.

В работе рассмотрено нормальное падение амплитудно-модулированного на частоте Ω ТЕ-моды бесселевого светового пучка на периодически поляризованный нелинейный кристалл, вырезанный перпендикулярно оси третьего порядка [111] и находящийся на диэлектрической подложке. В соответствии с [2] вдоль оси третьего порядка кристаллов кубической симметрии может возникать генерация второй гармоники. В нашем случае предполагается, что волна основной частоты распространяется в области прозрачности кристалла, а амплитудно-модулированное излучение второй гармоники интенсивно поглощается. Ситуация, реализующая, например, в кристаллах типа силленитов, германате висмута, силикате висмута, которые прозрачны для излучения рубинового лазера ($\lambda \approx 0,694$ мкм), но интенсивно поглощают излучение на частоте второй гармоники.

Следует отметить, что реализация условий фазового синхронизма в гиротропных кристаллах кубической симметрии возможна, как показано в [2], благодаря явлению естественной или вынужденной (эффект Фарадея) оптической активности кристалла. Наличие, кроме этого, в нелинейных кристаллах периодической доменной структуры

позволяет реализовать режим квазисинхронизма, что ведет к эффективной генерации излучения на удвоенной частоте.

Таким образом, фотоакустический сигнал возникает в кристаллической пространственно поляризованной пластинке, которая находится на подложке, вследствие поглощения, модулированного по амплитуде бесселевого светового пучка на частоте второй гармоники. Под воздействием пучка света исследуемый неоднородный образец, находящийся на диэлектрической подложке, периодически нагревается модулированным излучением, что приводит к возбуждению термоакустических колебаний поверхности, освещаемой поляризационными модами БСП. Это приводит к отклонению зондирующего пучка на угол дефлекции (рассматривается случай трансверсальной геометрии взаимодействия возбуждающего и зондирующего пучков), величина которого зависит от термоупругих, нелинейных, оптических и дихроичных свойств исследуемого образца, а также поляризационных и энергетических параметров бесселевых световых пучков.

В работе впервые получено решение системы уравнений теплопроводности для трехслойной структуры, облучаемой ТЕ-модой бесселевого светового пучка и на основе метода функции Грина представлено выражение для угла фотодефлекции

$$\Phi(\rho, z, t) = \frac{\pi^2 w_0}{4n_{eff}} \frac{dn_{eff}}{dT} \bar{T} \int_0^t \frac{(1 + \cos \Omega t)x}{[w_0^2 + 8\beta_{cn}(t-\tau)]^{3/2}} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{w_0^2 + 8\beta_{cn}(t-\tau)}} e^{-\alpha_{eff}^2 \beta_{cn}(t-\tau)} d\tau,$$

где

$$\bar{T} = 2\pi \left[\frac{b_1^0 c_2^0 - b_2^0 c_1^0}{b_1^0 a_2^0 - b_2^0 a_1^0} e^{\sigma_S z} + \frac{a_1^0 c_2^0 - a_2^0 c_1^0}{b_1^0 a_2^0 - b_2^0 a_1^0} e^{-\sigma_S z} + e^{-\alpha_{eff} z} \right] \times \\ \times \frac{A_1 [N_1 R_1(0) + N_2 R_2(0)]}{\alpha_{eff}^2 - \sigma_S^2} A_0 B^{TE} e^{-r^2/w_0^2},$$

$$a_1^0 = k_{cn} \sigma_{cn} - k_1 \sigma_1, \quad a_2^0 = (k_{cn} \sigma_{cn} + k_2 \sigma_2) e^{\sigma_{cn} l}, \\ b_1^0 = k_{cn} \sigma_{cn} + k_1 \sigma_1, \quad b_2^0 = (k_{cn} \sigma_{cn} - k_2 \sigma_2) e^{-\sigma_{cn} l}, \\ c_1^0 = k_{cn} \alpha_{eff} + k_1 \sigma_1, \quad c_2^0 = (k_{cn} \alpha_{eff} - k_2 \sigma_2) e^{-\alpha_{eff} l}.$$

как функции диссипативных, геометрических, нелинейных и теплофизических параметров среды, а также энергетически-временных и поляризационных свойств квазибездифракционного излучения.

[1] Параметрический генератор света на основе периодических структур ниобата лития с плавной перестройкой длины волны излучения / Д. Б. Колкер [и др.] / Приборы и техника эксперимента. – 2014. – № 1. – С. 85–89.

[2] Бокуть В. Б. Преобразование частоты световых волн в оптически активных средах / В. В. Бокуть, А. Н. Сердюков // ЖПС. – 1970. – Т. 12. – Вып. 1. – С. 65–71.