

УДК 535.16:534.341

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

ТЕРМООПТИЧЕСКОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЗВУКА БЕССЕЛЕВЫМИ СВЕТОВЫМИ ПУЧКАМИ В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

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

В работе развита теория формирования фотодефлекционного отклика в слоях хиральных и ахиральных углеродных нанотрубок, находящихся на диэлектрической подложке, при облучении их поляризованными модами бесселевых световых пучков. В рамках исследований получено решение системы уравнений теплопроводности с использованием интегральных преобразований Фурье-Бесселя и Лапласа для трехслойной среды.

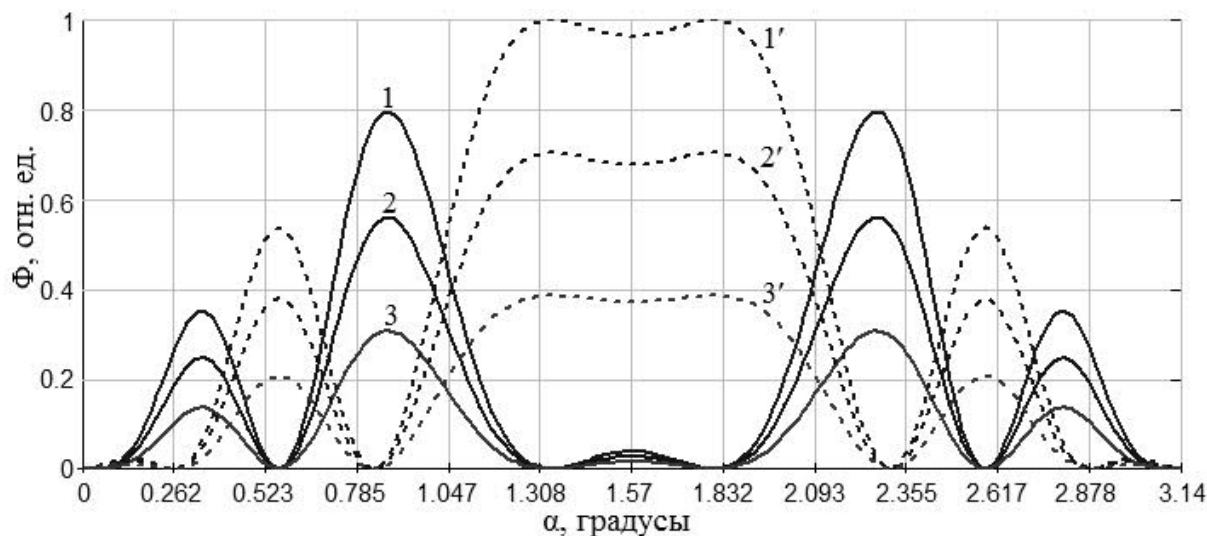
Перспективным материалом в различных областях науки и техники являются углеродные нанотрубки (УНТ). Одним из главных достоинств этих структур является возможность управления свойствами создаваемых слоев УНТ путем изменения геометрических размеров и конфигурации нанообъектов. Классическая теория электродинамики не всегда может быть применена для описания нанотрубок и, следовательно, требуется поиск новых квазиклассических теоретических подходов и исследований, которые позволяли бы решать задачи микро- и макроскопической электродинамики [1], лежащие в основе теоретической базы современной фотоакустической спектроскопии. В настоящей работе построена модель возбуждения фотодефлекционного сигнала в слое хиральных углеродных нанотрубок под действием бесселевых световых пучков. С учетом соотношения для скорости диссипации энергии и выражения для угла дефлексии пробного лазерного пучка (случай трансверсальной геометрии взаимодействия)

$$\Phi^T = \frac{1}{n_{\text{эф}}} \frac{dn_{\text{эф}}}{dT} \int \frac{dT(x, y, z, t)}{dx} dy,$$

несложно получить величину угла фотодефлексии, возникающего вследствие воздействия бесселевого светового пучка на слой хиральных углеродных нанотрубок.

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

Численный анализ зависимости амплитуды фотодефлекционного сигнала от угла конусности α для слоёв углеродных нанотрубок с различными индексами хиральности показывает, что при определенном значении параметра конусности и в зависимости от порядка моды бесселевых световых пучков ($m = 0$, $m = 1$), может наблюдаться максимум или минимум амплитуды фотодефлекционного отклика (рисунок 1).



$m = 0$: 1 – (2; 1), 2 – (3; 1), 3 – (4; 1); $m = 1$: 1' – (2; 1), 2' – (3; 1), 3' – (4; 1)

Рисунок 1. – Зависимость фотодефлекционного отклика от угла конусности при облучении УНТ различной хиральности TE -модами БСП

В результате расчетов фотодефлекционного сигнала для хиральных углеродных нанотрубок и проведенного графического анализа выявлена возможность управления амплитудой фотодефлекционного отклика при изменении угла конусности БСП, что достигается с помощью аксиконов, реализуемых на базе кристаллов, обладающих эффектом Погкельса[2] или применением оптических схем допускающих перестройку конусности бездифракционного излучения [3].

Таким образом, в работе построена модель возбуждения фотодефлекционного сигнала в слое хиральных углеродных нанотрубок под действием бесселевых световых пучков. Впервые получено решение системы уравнений теплопроводности с помощью интегральных преобразований Фурье-Бесселя и Лапласа для трехслойной среды, облучаемой модами световых пучков с бесселевым распределением интенсивности в пространстве.

[1] Максименко С. А. Электродинамика углеродных нанотрубок. / С. А. Максименко, Г. Я. Слепян // Радиотехника и электроника. – 2002. – Т. 47. – С. 261.

[2] Устройство термооптического возбуждения акустических волн: пат. 5969и Респ. Беларусь, МПК(2009) G10K 11/00 / П. И. Ропот, Г. С. Митюрнч; заявители Ин-т физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Белорусский торгово-экономический ун-т потребительской кооперации. – № и 20090659, заявл. 28.07.2009; опубл. 28.02.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 1. – С. 215.

[3] Устройство управляемой термооптической генерации акустической волны: пат. 10757и Респ. Беларусь, МПК(2006.01) G10K 11/00 / Г. С. Митюрнч, Е. В. Черненко, А. Н. Сердюков; заявитель ГГУ им. Ф. Скорины. – № и 20150083; заявл. 09.09.2015; опубл. 30.09.2015 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2015. – № 4. – С. 146.