

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ МОДЕЛИ ОПТИЧЕСКОГО ГИСТЕРЕЗИСА

Рыкова Галина Максимовна

Магистрант

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: rykova.galina@gmail.com

В работе [1] экспериментально обнаружен эффект нестационарного самовоздействия в пленочных образцах азосодержащего полимера с жидко-кристаллическими (АПЖК) свойствами вблизи фазовых переходов (ФП). При этом было показано, что зависимость коэффициента поглощения $\alpha = \alpha(T)$ по интенсивности от температуры T имеет гистерезисный характер, однако строгая математическая модель не рассматривалась.

В настоящей работе на основании проведенных экспериментов нами предложена следующая феноменологическая модель. Распределение температуры T в слое полимера описывается нелинейным уравнением теплопроводности

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \chi \Delta_{\perp} T = \frac{cn(\alpha)}{8\pi L} |A_0(x, y)|^2 (1 - \exp(-\alpha L)) - \frac{2\kappa}{L} T, \quad (1)$$

где ρ - плотность, c_p - теплоемкость, χ - коэффициент теплопроводности, κ - коэффициент теплоотдачи подложек, c - скорость света в вакууме, L - толщина АПЖК, $n(\alpha)$ - показатель преломления, $A_0(x, y)$ - комплексная амплитуда поля световой волны. В качестве уравнения, описывающего гистерезис, была выбрана известная в теории ферромагнетиков модель Chua [3]

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = g(T - f(\alpha)), \quad (2)$$

где $f(\cdot)$ - восстанавливающая функция, представляющая собой S-образную кривую, задаваемую двумя возможными устойчивыми состояниями слоя АПЖК, $g(\cdot)$ - диссипативная функция, определяющая величину отклонения α от S-образной кривой. По экспериментальным данным были получены представления для функций $f(x) = ax^3 + bx^2 + cx$ и $g(x) = c_1 x \exp(-c_2 x^2)$ и значения коэффициентов a, b, c, c_1 и c_2 . Коэффициент поглощения α и распределение

температуры T подчиняются граничным условиям

$$r \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=0, r_0} = 0, \quad r \frac{\partial \alpha}{\partial r} \Big|_{r=0, r_0} = 0, \quad (3)$$

задающим малость теплового потока и вызванного им изменения α на расстояниях $r = \sqrt{x^2 + y^2} \geq r_0$. Окончательно, уравнения (1)-(3), дополненные начальными характеристиками среды, определяют модель самовоздействия света в АПЖК вблизи ФП.

В пространственно-однородном приближении задача (1)-(3) описывается задачей Коши для обыкновенного дифференциального уравнения

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= \frac{cn(\alpha)}{8\pi L\rho c_p} (1 - \exp(-\alpha L)) - \frac{2\kappa}{L\rho c_p} T, \quad T|_{t=0} = T_0, \\ \frac{\partial \alpha}{\partial t} &= g(T - f(\alpha)), \quad \alpha|_{t=0} = \alpha_0, \end{aligned}$$

для которой были найдены характерные виды зависимостей $n(\alpha)$, обеспечивающие выполнение условий возникновения релаксационных колебаний [2].

На основе возмущения предельного цикла пространственно-однородной системы для пространственно-неоднородной задачи в координатах (r, t) были получены приближенные формулы решения и проведено их сравнение с численным решением (1) в полной постановке. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности предложенной модели для описания оптического гистерезиса.

Литература

1. Симонов А. Н. Нестационарное самовоздействие света в пленке жидкокристаллического полимера, содержащего молекулы азокрасителя // Квантовая электроника. 1999. Т. 28, С. 92–94.
2. Розанов Н. Н. Оптическая бистабильность и гистерезис в распределенных нелинейных системах. М.: Наука, 1997.
3. Chua L. O, Stromsmoe K. A. Lumped-Circuit Models for Nonlinear Inductors Exhibiting Hysteresis Loops // IEEE Transactions on Circuit Theory. 1970. V. 17, № 4. P. 564–574.