

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НЖК И ШИРИНЫ СВЕТОВОГО ПУЧКА НА ПАРАМЕТРЫ ОРИЕНТАЦИОННОЙ АБЕРРАЦИОННОЙ САМОФОКУСИРОВКИ

А.С. Золотко, В.Ф. Китаева, Н. Кроо*, Н.Н. Соболев, Л. Чиллаг*

Экспериментально исследовано влияние температуры нематического жидкого кристалла и радиуса светового пучка на параметры ориентационной аберрационной самофокусировки узких световых пучков.

Исследования проводились с нематическим жидким кристаллом (НЖК) 5ЦБ, имеющим нематическую фазу в интервале температур от 24 до 35°C на установке, описанной в /1/. Результаты экспериментальных исследований влияния температуры сводятся к следующему:

1. Пороговая мощность P_{th} с увеличением температуры НЖК монотонно убывает (это согласуется с результатами /2/).

2. Число колец N аберрационной картины при постоянной температуре монотонно возрастает с увеличением мощности пучка P и достигает максимального значения N_s при $P > 2P_{th}$. С увеличением температуры N_s убывает.

3. Время появления первого аберрационного кольца T_1 и время установления стационарной аберрационной картины T_2 /3/ уменьшаются с увеличением температуры (при фиксированной мощности) и мощности (при фиксированной температуре). Они обнаруживают немонотонную температурную зависимость при фиксированном значении отношения P/P_{th} (рис. 1.).

Уменьшение пороговой мощности с ростом температуры НЖК, как легко видеть, связано с уменьшением его параметра порядка S . Действительно, $P_{th} \sim K_{eff}/\Delta\epsilon$ /4/ (K_{eff} — эффективная упругая постоянная кристалла; $\Delta\epsilon$ — его оптическая анизотропия). Так как $K_{eff} \sim S^2$, $\Delta\epsilon \sim S$ /5/, то $P_{th} \sim S$.

Максимальное число аберрационных колец N_s , согласно теории ориентационной аберрационной самофокусировки /6/, должно уменьшаться с ростом температуры кристалла, так как при этом уменьшается величина оптической анизотропии, которая по существу и определяет величину N_s . Экспериментальный результат настоящей работы полностью подтверждает выводы теории.

Что касается времен T_1 и T_2 , то их величина обратно пропорциональна скорости χ переориентации директора /7/, которая при фиксированном значении величины P/P_{th} пропорциональна упругой постоянной K_{eff} и обратно пропорциональна разности $\mu_3 - \mu_2$ коэффициентов Лесли (вязкости):

$$\chi = \frac{2\pi K_{eff}}{(\mu_3 - \mu_2)L} \left\{ (1+g)^2 \left(\sqrt{\frac{P}{P_{th}}} - \frac{g}{1+g} \right)^2 - 1 \right\} \quad (1)$$

(L — толщина НЖК; $g = \sqrt{2}L/\pi w$; w — радиус светового пучка). С увеличением температуры НЖК уменьшается как K_{eff} , так и вязкость кристалла. Немонотонное изменение T_1 и T_2 , т. е., по существу χ , с ростом температуры НЖК свидетельствует о разных скоростях изменения упругих свойств кристалла и его вязкости.

Методика, предложенная в /7,8/, позволяет измерять скорость переориентации директора НЖК и, в частности, изучать ее зависимость от температуры. В настоящей работе мы ограничились определением χ для кристалла 5ЦБ для случая $P/P_{th} = 1,8$ и трех значений температуры кристалла. Полученные значения $\chi = 0,11 \text{ с}^{-1}$ ($t = 25^\circ\text{C}$), $\chi = 0,09 \text{ с}^{-1}$ ($t = 28^\circ\text{C}$), $\chi = 0,11 \text{ с}^{-1}$ ($t = 32^\circ\text{C}$) свидетельствуют, как и следовало ожидать, о немонотонной зависимости χ от температуры t .

При изучении зависимости параметров (P_{th} , T_1 , T_2 и Θ) ориентационной аберрационной самофокусировки от радиуса светового пучка w кювета с НЖК смещалась из центра перетяжки лазерного пучка $w = w_0$, создаваемой линзой с фокусным расстоянием $f = 280 \text{ мм}$, на разные расстояния l . На рис. 2 при-

*Центральный институт физических исследований Венгерской Академии наук, Будапешт.

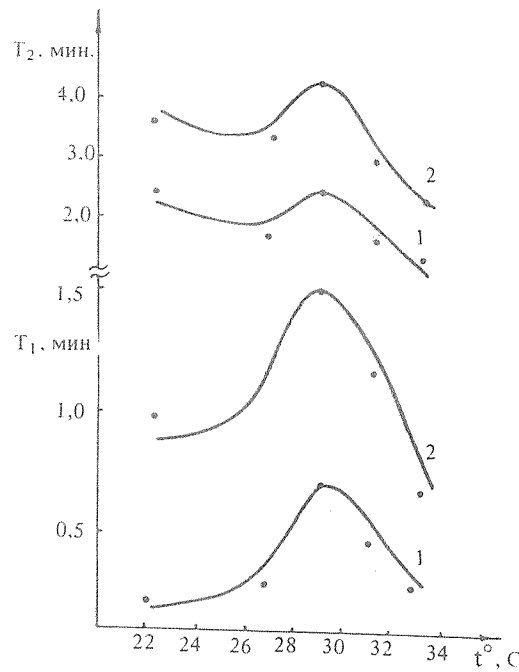
ведена полученная экспериментально зависимость P_{th} от l . Значения l и w связаны /9/ простым соотношением:

$$w^2(l) = w_0^2 [1 + (\lambda l / \pi w_0^2)^2]^2, \quad (2)$$

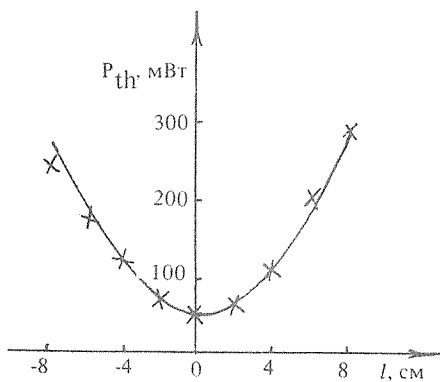
а значения P_{th} и w , согласно /8/, соотношением

$$P_{th} = A(1 + \pi w / \sqrt{2L})^2 \quad (3)$$

(L — толщина кристалла; A — константа, зависящая от свойств НЖК). Из измеренных значений P_{th} , используя соотношения (2) и (3), можно оценить значение $w_0 = 57$ мкм. (На рис. 2 сплошная кривая — зависимость P_{th} от l , рассчитанная по (3) для $w_0 = 57$ мкм.)

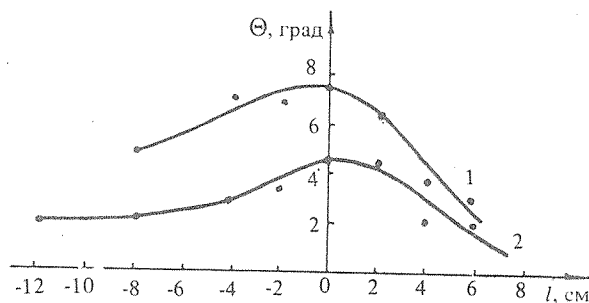


Р и с. 1 Зависимость времен T_1 и T_2 от температуры кристалла при $P/P_{th} = 1,4$ (1) и $P/P_{th} = 1,2$ (2).



Р и с. 2

Р и с. 2 Зависимость P_{th} от l . Кривая — расчет с $w_0 = 57$ мкм, точки — эксперимент.



Р и с. 3

Р и с. 3 Зависимость расходимости пучка Θ от величины l смещения кристалла при фиксированном числе абберационных колец $N = 15$ (1) и $N = 5$ (2).

Разным значениям l соответствуют разные кривизны волнового фронта светового пучка. Это может вносить ошибки в определение w_0 , но, как видно из рис. 2, экспериментальная зависимость P_{th} от l симметрична с хорошей точностью, что указывает на то, что в исследованном интервале l изменение кривизны волнового фронта можно не принимать во внимание.

С увеличением w при фиксированной мощности возрастают времена T_1 и T_2 , т. е. замедляется переориентация директора. Этот результат полностью согласуется с [7], где установлена зависимость χ от P/P_{th} .

Расходимость пучка Θ (при фиксированном числе колец) с ростом $|l|$ уменьшается (рис. 3). Это связано с тем, что с ростом $|l|$ уменьшается поперечный градиент показателя преломления необыкновенной волны. Расходимость же пучка Θ пропорциональна градиенту показателя преломления [6]. С его уменьшением она, естественно, должна падать, что и наблюдалось экспериментально (рис. 3).

Авторы благодарны М.И. Ермиловой за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китаева В. Ф., Золотько А. С., Соболев Н. Н. УФН, 138, 324 (1982).
2. Durbin S., Arakelian S. M., Shen Y. R. Phys. Rev. A, 47, 1411 (1981).
3. Золотько А. С. и др. Письма в ЖЭТФ, 32, 170 (1980).
4. Csillag L. et al. Mol. Cryst. Liq. Cryst., 84, 125 (1982).
5. П. де Жен. Физика жидких кристаллов. М., Мир., 1977.
6. Золотько А. С. и др. ЖЭТФ, 81, 933 (1981).
7. Золотько А. С. и др. Письма в ЖЭТФ, 36, 66 (1982).
8. Золотько А. С. и др. Препринт ФИАН № 139, М., 1982.
9. Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухорукоев А. П. Теория волн. М., Наука, 1979.

Поступила в редакцию 18 декабря 1985 г.