

УДК 532.783

**ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ
ОРИЕНТАЦИОННО-ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПЛАНАРНОМ
И ГОМЕОТРОПНОМ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ**

Г.С. ГЕВОРГЯН

Ереванский государственный университет, Армения

(Поступила в редакцию 3 сентября 2010 г.)

Экспериментально исследованы нелинейные явления, индуцированные лазером в нематических жидких кристаллах. Показано, что в зависимости от начальной ориентации жидкокристаллической ячейки и поляризации лазера эти явления проявляются в различных формах. Экспериментально исключена дифракционная природа явлений и для их объяснения предложен ориентационно-тепловой механизм.

Исследование нелинейностей в жидких кристаллах является одним из передовых направлений лазерной физики. Исследования показали, что жидкие кристаллы очень чувствительны к таким внешним воздействиям, как, например, статические электрические и магнитные поля, лазерные поля, тепловые воздействия и т.д. Из работы, проведенной в 1927 г. [1], стало ясно, что статические электрические и магнитные поля могут переориентировать молекулы НЖК. А в работах, проведенных в 1980 г. [2-4], теоретически и экспериментально доказано, что жидкие кристаллы обладают гигантской оптической нелинейностью (ГОН), в 10^9 раз превышающую известные до этого нелинейности (например, нелинейность сероуглерода CS_2). Ориентационная оптическая нелинейность жидких кристаллов была исследована также другими авторами [5-7]. В физике жидких кристаллов большой интерес представляют также и ориентационные фазовые переходы, индуцированные механическими и термомеханическими воздействиями. В 1984 г. было предсказано [8], что в нематических жидких кристаллах (НЖК) с деформированным директором могут проявляться различные термомеханические явления. Сущность одного из этих явлений состоит в том, что наличие температурного градиента в жидком кристалле приводит к переориентации директора. Это, так называемое третье термомеханическое явление, было экспериментально обнаружено в работе [9]. Кроме того, нами теоретически была изучена переориентация директора ЖК за счет гидродинамических движений в ячейке Хеле–Шоу [10].

Все эти явления интересны по той причине, что они выявляются в течение долгих промежутков времени (несколько секунд). При такой длительности проявления эффектов жидкие кристаллы могут служить хорошей

моделью для исследования динамики нелинейных оптических явлений в больших временных масштабах. Например, моделирование быстротекущих процессов при реальных масштабах времени дает возможность для исследования таких фундаментальных явлений, как фазовые переходы, неустойчивости, бифуркационные процессы, бистабильности и т.д.

Целью настоящей работы было исследование нелинейностей, индуцированных лазером в жидких кристаллах с планарной и гомеотропной ориентациями. Для этой цели была собрана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис.1. В эксперименте был использован инфракрасный лазер YAG:Nd с длиной волны 1.06 мкм и с гауссовым распределением интенсивности. С помощью поляризатора была обеспечена линейная поляризация излучения. Диаметр пучка составлял около 2 мм. В эксперименте использовались ЖК-ячейки толщиной 100 мкм с разными ориентациями (планарная, гомеотропная и хаотическая). Использовался жидкий кристалл типа 5СВ. Изображение прошедшего через ячейку пучка на экране регистрировалось цифровой камерой. Эксперимент был проведен при комнатной температуре, при нормальном падении пучка на ячейку.

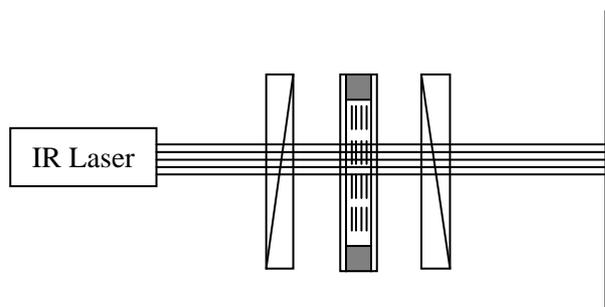


Рис.1. Схема экспериментальной установки: 1 – инфракрасный лазер, 2 – поляризатор, 3 – ЖК-ячейка, 4 – анализатор, 5 – экран.

Первоначально проводились исследования на планарной ЖК-ячейке. При поляризации лазера, перпендикулярной директору ЖК, и определенных значениях мощности было зарегистрировано возникновение кольцеобразного изображения со светлой точкой в центре (рис.2). При увеличении интенсивности происходил переход в изотропную фазу. При использовании анализатора после ячейки получались следующие результаты: 1) в случае параллельности поляризатора и анализатора наблюдалась самоканализация лазерного излучения на расстояние до 2 м от ячейки; 2) в случае перпендикулярности поляризатора и анализатора наблюдалось возникновение кольцеобразной формы, и при переходе в изотропную фазу появлялась точка в центре кольца. Мощность лазера и времена появления кольцеобразной формы и перехода в изотропную фазу приведены в табл. 1.

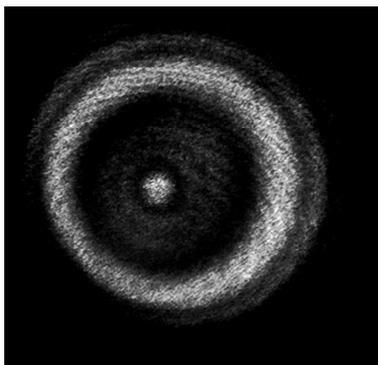


Рис.2. Изображение лазера на экране, полученное в ходе эксперимента.

Табл.1.

| Мощность лазера | Время формирования кольцеобразного изображения | Время перехода в изотропную фазу |
|-----------------|---|-------------------------------------|
| 1.76 Вт | 50 с | 1.5 мин |
| 1.6 Вт | 60 с | 3 мин |
| 1.44 Вт | 110 с | Не переходит |

Исследования проводились и в случае, когда поляризация лазера была параллельна директору планарной ЖК-ячейки. При этом также были зарегистрированы возникновение кольцеобразного изображения и переход в изотропную фазу. При использовании анализатора после ячейки были получены следующие результаты: 1) при параллельных поляризаторе и анализаторе наблюдалось возникновение кольцеобразной формы, и при переходе в изотропную фазу появлялась точка в центре кольца; 2) при перпендикулярных поляризаторе и анализаторе наблюдалась самофокусировка лазера. Мощность лазера и времена появления кольцеобразной формы и перехода в изотропную фазу совпадают с результатами предыдущих измерений, когда поляризация лазера была перпендикулярна директору ЖК (табл.1).

Были проведены также измерения для ЖК-ячейки с хаотическим распределением молекул. В этом случае также на экране было получено кольцеобразное изображение.

Все вышеприведенные измерения проводились также для ЖК, находящегося в изотропном состоянии благодаря нагреванию ячейки. В этом случае никакого изменения распределения пучка не происходило. Это доказывает, что полученный эффект имеет ориентационную природу.

Для исключения дифракционной природы полученного явления проводилось исследование на ячейке с целлофаном вместо жидкого кристалла с той

же толщиной. В ходе эксперимента изменения формы пучка не выявлялось. Это доказывает, что полученный эффект не имеет дифракционной природы.

Проводились также измерения для гомеотропно ориентированной ячейки. В ходе эксперимента наблюдалась самофокусировка пучка, и через некоторое время появились кольца типа ГОН. Поскольку при нормальном падении пучка на ячейку ГОН не может выявляться, то, следовательно, вместе с ГОН действует еще одно ориентационное явление.

Итак, можно резюмировать, что исследованное явление имеет ориентационную и недифракционную природу. Для объяснения полученного явления мы предлагаем ориентационно-тепловой механизм. Этот механизм может быть или тороидально-конвективным [11], или термомеханическим [9]. Сущность тороидально-конвективного механизма заключается в том, что лазерный луч с гауссовым поперечным распределением интенсивности, поглощаясь в жидкости, возбуждает конвективные движения тороидальной симметрии. При наличии конвекции в жидком кристалле происходит переориентация молекул, и на выходе системы получается изображение тороидальной формы. А сущность термомеханического механизма заключается в том, что при наличии температурного градиента в ЖК возникает переориентация молекул, что также приводит к появлению тороидальной формы на выходе системы. Какой именно механизм преобладает в исследованном явлении, будет выясняться в дальнейших экспериментах.

Автор благодарит Р.С.Акопяна и Р.Б.Алавердяна за ценные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **V.Fréedericksz, A.Repiewa.** Zeitschrift für Physik Society **42**, 532 (1927).
2. **Б.Я.Зельдович, Н.Ф.Пилипецкий, и др.** Письма в ЖЭТФ, **31**, 287 (1980).
3. **А.С.Золотько, В.Ф.Китаева, Н.Кроо, и др.** Письма в ЖЭТФ, **32**, 170 (1980).
4. **И.А.Будаговский, А.С.Золотько, В.Н.Очкин, и др.** ЖЭТФ, **131**, 204 (2008).
5. **I.C.Khoo, J.Ding, A.Diaz, Y.Zhang, K.Chen.** Mol. Cryst. Liq. Cryst., **375**, 33 (2002).
6. **I.C.Khoo, J.H.Park, J.D.Liou.** JOSA B, **25**, 1931 (2008).
7. **I.Janossy, A.D.Lloyd, B.S.Wherrett.** Mol. Cryst. Liq. Cryst., **179**, 1 (1990).
8. **Р.С.Акопян, Б.Я.Зельдович.** ЖЭТФ, **87**, 1660 (1984).
9. **G.S.Gevorgyan, M.R.Hakobyan, J.B.Poursamad.** Anniversary scientific session dedicated to the 90th anniversary of YSU, **1**, 58 (2009).
10. **М.Р.Акопян, Г.С.Геворгян, Р.С.Акопян.** Изв. НАН Армении, Физика, **45**, 339 (2010).
11. **R.S.Akopyan, R.B.Alaverdyan, A.G.Arakelyan, Yu.S.Chilingarian, S.Ts.Nersisyan, K.M.Sarkisyan.** Molecular Crystals and Liquid Crystals, **421**, 261 (2004).

LASER-INDUCED NONLINEAR THERMAL ORIENTATIONAL EFFECTS IN PLANARLY AND HOMEOTROPICALLY ALIGNED NEMATIC LIQUID CRYSTALS

G.S. GEVORGYAN

Laser-induced nonlinear effects in nematic liquid crystals have been investigated experimentally. It is shown that the effect emerges in various forms depending on the alignment of the liquid crystal cell and laser polarization. A diffractive nature of the effect is experimentally excluded. We propose a thermal orientational mechanism for explanation of obtained effects.