УДК 538.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ДИРЕКТОРА ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА МЕХАНИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ

А. Г. АРАКЕЛЯН

Ереванский государственный университет, Армения

(Поступила в редакцию 17 сентября 2008 г.)

Экспериментально исследованы процессы переориентации нематического жидкого кристалла при механических колебаниях одной из стенок кюветы. Обнаружены ориентационные структуры с интересными свойствами, исследованы их характеристики и процессы возникновения. Показано, что эти структуры имеют параметры, не зависящие от интенсивности и частоты механических колебаний.

1. Введение

Как известно, жидкие кристаллы (ЖК) обладают высокой чувствительностью к внешним воздействиям [1-3], в том числе к тепловым и гидродинамическим потокам [4]. В работе [5] подробно исследованы гидродинамические потоки в ЖК, возникающие при механических колебаниях сферической линзы. Переориентация директора ЖК, возникающая при движениях, позволяла визуализировать гидродинамические движения и использовать эти явления для регистрации сейсмических колебаний. Настоящая работа является продолжением работы [5] и посвящена исследованию переориентации директора жидкого кристалла при колебаниях цилиндрической линзы. При этом появилась возможность исследовать неизученные ранее особенности процессов.

2. Эксперимент

На рис.1 приведена схема экспериментальной установки. На прикрепленной к вибратору горизонтальной стеклянной подложке установлена цилиндрическая линза. В пространстве между линзой и подложкой находится слой нематического жидкого кристалла Е7. Поверхности линзы и подложки обработаны поверхностно-активным веществом ЦТАБ, что приводит к гомеотропной ориентации молекул ЖК. Эта ячейка находится между скрещенными поляризаторами, направления поляризации которых направлены под углом 45° к направлению колебаний. Электромеханический вибратор соединен с низкочастотным генератором для изменения частоты и амплитуды

колебаний в широких пределах. Для наблюдения ячейка снизу освещается источником белого света, а сверху установлены микроскоп с CCD камерой и фотоприемник, регистрирующий весь световой поток, проходящий через систему. Сигнал с фотоприемника регистрируется осциллоскопом Tektronix TDS220, а изображение CCD камеры анализируется компьютером.



Рис.1. Экспериментальная установка. 1 – источник света, 2 – конденсор, 3 – поляризатор, 4 – стеклянная подложка, 5 – цилиндрическая линза, 6 – слой ЖК, 7 – анализатор, 8 – фотоприемник, 9 – микроскоп с ПЗС (ССD) камерой, 10 – устройство возбуждения механических колебаний, 11 – измеритель амплитуды колебаний.

Колебания подложки приводят к колебаниям цилиндрической линзы относительно подложки и к возбуждению гидродинамических движений в слое ЖК. Под действием этих потоков направление директора ЖК меняется, что приводит к изменению поляризации света, проходящего через эти участки, и к просветлению ячейки [5].

3. Результаты и обсуждение

В работе [5] при колебаниях сферической линзы возникала лепестковая структура, которая позволяла определить направление колебаний. Эксперименты с цилиндрической линзой позволяют получить простую картину и проанализировать те особенности, которые маскировались сложной структурой потоков в [5].

В эксперименте наблюдались изображения, возникающие при колебаниях линз разной кривизны, при разных частотах и амплитудах колебаний. При малых амплитудах колебаний центральная часть изображения, которая соответствует области соприкосновения линзы и подложки, начинает просветляться. При увеличении амплитуды колебаний просветляется почти все поле, кроме двух темных линий, параллельных оси линзы и расположенных симметрично к линии соприкосновения линзы с подложкой. На рис.2 приведена картина поля микроскопа при следующих параметрах эксперимента: радиус кривизны линзы – 25,5 мм, амплитуда колебаний – 50 мкм, частота – 25 Гц, цена деления микроскопа – 0,05 мм. Наличие темных линий свидетельствует о том, что в этих областях слой ЖК остается гомеотропно ориентированным, тогда как в просветленных областях происходит переориентация директора ЖК [5]. Это областях позволяет утверждать, что В темных линий скорость гидродинамических потоков перпендикулярна плоскости подложки, а в остальных областях скорости потоков имеют горизонтальную составляющую, которая наклоняет направление директора ЖК.



Рис.2. Поле микроскопа при следующих параметрах эксперимента: радиус кривизны линзы – 25,5 мм, амплитуда колебаний – 50 мкм, частота – 25 Гц, цена деления микроскопа – 0,05 мм.



Рис.3. Состыкованные картины поля при амплитудах колебаний 15, 20, 30, 40, 50 мкм (снизу вверх). Радиус кривизны линзы – 25,5 мм, частота – 25 Гц, цена деления микроскопа – 0,05 мм.

На рис.3 приведены состыкованные картины поля при разных амплитудах колебаний 15–50 мкм. Видно, что хотя темные области постепенно преобразуются в линии толщиной порядка 50–100 мкм, однако расстояние между ними практически не меняется. Эксперименты показывают, что расстояние не меняется также при изменении частоты колебаний. В [5] было установлено, что угол переориентации ЖК пропорционален ускорению колебаний подложки (произведению амплитуды и квадрата угловой частоты). Эксперименты с линзами разной кривизны показывают, что расстояние между линиями увеличивается при увеличении радиуса кривизны линзы. Из геометрических соображений можно вычислить толщину слоя ЖК. В табл.1 приведены результаты этих экспериментов и вычислений. Видно, что толщина слоя ЖК в области темных линий составляет всего 1–4 мкм.

Радиус кривизны линзы, мм	расстояние между линиями, мм	толщина слоя ЖК, мм
25.5	0.85	0.0035
16	0.475	0.0018
60	1.4	0.0041
63.4	1.15	0.0026

Для того чтобы определить характерные размеры гидродинамических потоков, был поставлен следующий эксперимент – между линзой и подложкой, по краям линзы, перпендикулярно ее оси, были установлены полоски полимерной пленки, которые увеличивали минимальный зазор между линзой и подложкой. В то же время, они позволяли линзе свободно колебаться, упираясь на эти прокладки. Было измерено расстояние между темными линиями при разных толщинах прокладок. Результаты приведены в табл.2. При увеличении минимальной толщины слоя ЖК до 10 мкм расстояние между линиями увеличилось, но при дальнейшем увеличении толщины расстояние перестало меняться. Можно заключить, что при большой толщине ЖК в движение вовлекается только тонкий слой ЖК, примыкающий к линзе, толщиной порядка 10 мкм.

	n
Гаолица	1
таолица	-

радиус кривизны линзы, мм	толщина пленки, мкм	расстояние между линиями, мм
25.5	0	0.85
25.5	10	1.2
25.5	30	1.2

Суммируя результаты, можно утверждать, что при колебаниях цилиндрической линзы возникают гидродинамические потоки, характерные размеры которых порядка 5–10 мкм и зависят только от геометрии эксперимента и, возможно, от вязкости ЖК. Это позволяет создать в жидкокристаллическом слое очень стабильное распределение показателя преломления с малым рассеянием света, что может найти практические применения в акустооптике и планарной оптике (модуляторы света, управляемые планарные линзы).

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Л.М.Блинов. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М., Наука, 1978.
- 2. А.П.Капустин, О.А.Капустина. Акустика жидких кристаллов. М., Наука, 1986.
- 3. С.М.Аракелян, Ю.С.Чилингарян. Нелинейная оптика жидких кристаллов. М., Наука, 1984.
- Р.Б.Алавердян, Р.С.Акопян, М.Ж.Оганесян, Ю.С.Чилингарян. Оптика и спектроскопия, 84, 762 (1998).
- 5. Р.С.Акопян, Р.Б.Алавердян, А.Г.Аракелян, Г.Л.Есаян, С.Ц.Нерсисян, Ю.С.Чилингарян. Изв. НАН Армении, Физика, **37**, 107 (2002).

ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐՈՎ ՀԵՂՈՒԿ ԲՅՈՒՐԵՂԻ ՈՒՂՂՈՐԴՉԻ ՎԵՐԱԿՈՂՄՆՈՐՈՇՄԱՆ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Գ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ

Փորձարարականորեն հետազոտված են նեմատիկ հեղուկ բյուրեղի վերակողմնորոշման պրոցեսները բջջի պատերից մեկի մեխանիկական տատանումների ժամանակ։ Հայտնաբերվել են հետաքրքիր հատկություններով կողմնորոշումային կառուցվածքներ, հետազոտված են դրանց բնութագրերը և կազմավորման պրոցեսները։ Ցույց է տրված, որ այդ կա-ռուցվածքները ունեն մեխանիկական տատանումների ինտենսիվությունից և համախությունից անկախ պարամետրեր։

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LIQUID CRYSTAL DIRECTOR REORIENTATION BY MECHANICAL OSCILLATIONS

A.G. ARAKELYAN

The processes of liquid crystal reorientation by mechanical oscillations of one of cell substrates were studied experimentally. Orientational structures with interesting properties were observed. Characteristics and formation processes of these structures were investigated. It is shown that the parameters of these structures are independent of the intensity and frequency of mechanical oscillations.