

МОДУЛЯЦИЯ НА УДВОЕННОЙ ЧАСТОТЕ В КАПСУЛИРОВАННЫХ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

О.А. Афонин, В.Ф. Названов,
А.В. Новиков

В последнее время все больший интерес исследователей вызывают капсулированные нематические жидкие кристаллы (КНЖК), находящие применение в электрически управляемых дисплеях [1], оптически управляемых транспарантах [2] и ряде других устройств. В связи с этим представляется важным поиск новых режимов управления КНЖК, расширяющих их функциональные возможности.

В настоящей работе сообщается о реализации и способе управления режимом модуляции светового потока на удвоенной частоте переменного электрического поля в КНЖК. В отличие от случая модуляции на удвоенной частоте, в гомогенном смектике C^* [3] переход к режиму модуляции без удвоения частоты в КНЖК не требует перенастройки оптической системы, а управляется постоянным электрическим полем смещения.

Исследовались пропускание планарных ячеек с пленками КНЖК. НЖК марок Д-205 и СЖК-1-4 [4] были закапсулированы в поливиниловую матрицу (ПВС ГОСТ 10779-73). Распределение капель КНЖК по размерам удовлетворительно описывалось функцией Гаусса $f(d) = \exp\left[-\frac{(d-\bar{d})^2}{\Delta d_0^2}\right]$ с параметрами $\bar{d} = 4$ мкм, $\Delta d_0 = 2.5$ мкм, где \bar{d} - средний размер капель НЖК, Δd_0 - характеристическая полуширина функции распределения. Толщина пленок КНЖК составляла 25 мкм. Характеристика пропускания исследованных ячеек имела пороговое напряжение 10 В на уровне 0.1 от максимального пропускания, напряжение насыщения 40 В на уровне 0.9 и была почти линейна в этом диапазоне напряжений. К ячейке прикладывалось синусоидальное напряжение от генератора ГЗ-112/1 с частотой от 10 до 10^3 Гц и амплитудой от 10 до 30 В. Последовательно с генератором включался источник постоянного напряжения смещения, величина которого изменялась в пределах от 0 до 50 В. Проходивший через ячейку луч He-Ne лазера регистрировался фотоприемником, сигнал с которого, а также напряжение с генератора отображались на экране двухлучевого запоминающего осциллографа С8-2.

В отсутствие напряжения смещения во всем диапазоне рабочих частот и напряжений в ячейке КНЖК наблюдался режим модуляции на удвоенной частоте синусоидального управляющего напряжения для всех значений коэффициента модуляции $0 < m < 1$ (рис. 1, а). Приложение постоянного напряжения смещения приводило к изменению амплитуд двух соседних максимумов электрооптического отклика

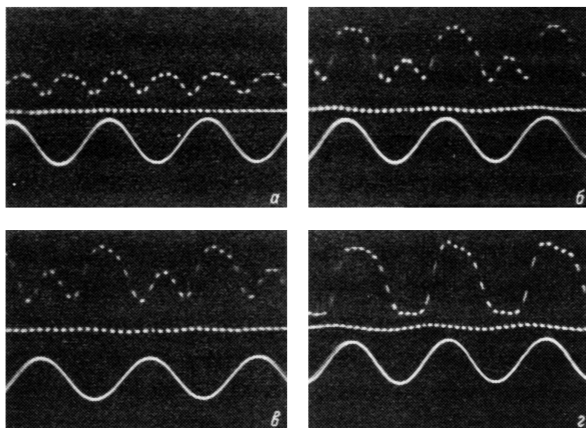


Рис. 1. Осциллограммы электрооптического отклика пленки КНЖК на синусоидальное управляющее электрическое напряжение величиной $U_{sin} = 20$ В и частотой 100 Гц в зависимости от величины и полярности постоянного напряжения смещения: а) $U_{см} = 0$ В, б) $U_{см} = 25$ В, в) $U_{см} = -25$ В, г) $U_{см} = 40$ В.

ячеек КНЖК (рис. 1, б). Величина одного из них увеличивалась, в то время как второго – уменьшалась. Изменение полярности напряжения смещения меняло ситуацию на противоположную (рис. 1, в). Разность амплитуд максимумов пропускания $\Delta A = |A_1 - A_2|$ оставалась прежней при сохранении абсолютных величин напряжений и почти линейно зависела от величины напряжения смещения до полного подавления меньшего максимума (рис. 1, г). Чем выше была амплитуда синусоидального напряжения, тем большая величина постоянного напряжения смещения требовалась для перехода к режиму модуляции без удвоения частоты.

Наблюдавшиеся особенности электрооптического отклика исследованных ячеек обусловлены особенностями формирования характеристики пропускания пленок КНЖК. Взаимодействие электрического поля с НЖК в отсутствие примесей и поверхностной поляризации определяется только анизотропией диэлектрической проницаемости НЖК $\Delta \epsilon$ и не зависит от направления поля [5]. Наблюдавшаяся в исследованных пленках КНЖК биполярная конфигурация директоров [6] в каплях НЖК и соответствующий ей эллипсоид показателей преломления жидкого кристалла [7] при достижении управляющим электрическим полем некоторой критической величины E_c переориентируются вне зависимости от направления поля из положения рассеяния света 1-1 ($n_M < n_E$ для света с поляризацией \vec{E} , рис. 2, вставка), определяемого деформацией формы капли, в нерассеивающее положение 2-2 ($n_M \approx n_0$). Величина E_c определяется выражением [8]:

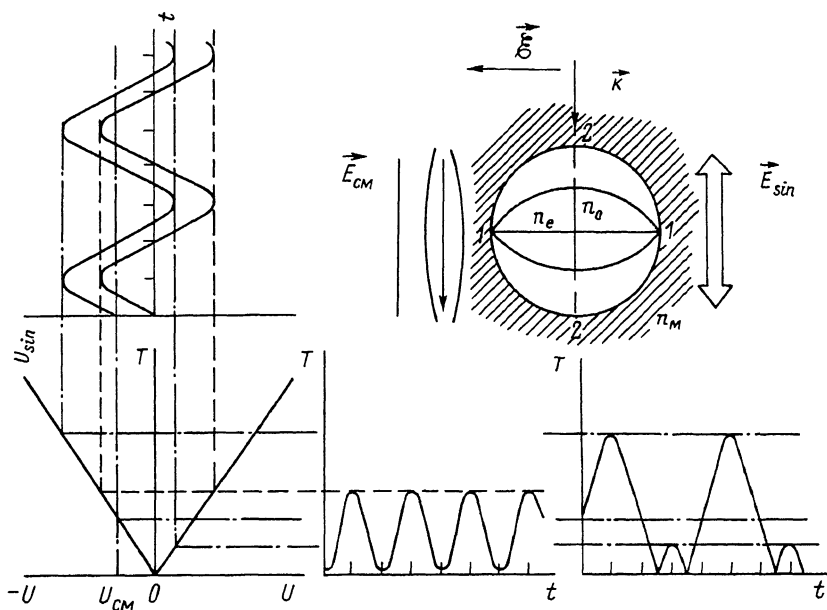


Рис. 2. Проекция управляющего синусоидального напряжения на идеальную беспороговую и линейную характеристику пропускания пленки КНЖК, поясняющая переход от режима модуляции на удвоенной частоте к режиму модуляции без удвоения частоты. На вставке: эллипсоид показателей преломления капли НЖК.

$$E_c = \frac{A(2\epsilon_M + \bar{\epsilon})}{3\epsilon_M d_c} \left(\frac{\kappa}{\epsilon_0 \Delta\epsilon} \right)^{1/2},$$

где ϵ_M и $\bar{\epsilon}$ – диэлектрическая проницаемость поливиниловой матрицы и средняя диэлектрическая проницаемость капли НЖК, соответственно, $\Delta\epsilon$ – диэлектрическая анизотропия НЖК, κ – константа упругости НЖК, A – параметр, характеризующий отличие формы капли от сферической, и d_c – диаметр капли. Распределение капель НЖК по размерам в пленке КНЖК приводит к тому, что при изменении управляющего поля $|\vec{E}_{упр}|$ происходит последовательное переключение ансамблей капель НЖК с диаметрами d_c , определяемыми условием достижения критического поля E_c . Таким образом, характеристика пропускания пленки КНЖК формируется зависящими от величины поля вкладками ансамблей капель в общее светорассеяние и симметрична по отношению к направлению управляющего электрического поля. Симметричная характеристика пропускания обеспечивает режим модуляции на удвоенной частоте в КНЖК в отсутствие поля смещения (рис. 2).

При приложении постоянного электрического поля смещения сложение переменного и постоянного полей увеличивает величину

эффективного поля $E_{эф} = |\vec{E}_{пер} + \vec{E}_{см}|$, действующего на каплю, если направления полей совпадают, и уменьшает $E_{эф}$, если $\vec{E}_{пер}$ и $\vec{E}_{см}$ направлены противоположно. При малых величинах $\vec{E}_{см}$ уменьшение $E_{эф}$ приведет к выключению ансамблей капель с малыми d_c , т.к. действующие на них поля станут меньше критических, что снизит пропускание пленки КНЖК (меньший максимум на рис. 1, б). При совпадении направлений $\vec{E}_{пер}$ и $\vec{E}_{см}$ произойдет увеличение пропускания за счет включения ансамблей капель с наименьшими d_c , если еще не достигнуто насыщение характеристики пропускания пленки КНЖК (большой максимум на рис. 1, б). Изменение полярности поля смещения приведет к сдвигу осциллограммы электрооптического отклика пленки КНЖК по фазе на 90° (рис. 1, в), т.к. в этом случае будет компенсироваться противоположный полупериод переменного электрического поля. Дальнейшее увеличение $\vec{E}_{см}$ приведет к полной экранировке противоположнонаправленного полупериода переменного поля и переходу к режиму модуляции без удвоения частоты (рис. 2).

Различная инерционность ансамблей капель вследствие дисперсии их размеров приводит к зависящему от d уменьшению вклада ансамбля в переменную составляющую пропускания с увеличением частоты управляющего поля. Модуляция светового потока на высоких частотах переменного поля только за счет ансамблей с малыми d снижает коэффициент модуляции m , но требует меньших величин поля смещения для перехода к режиму модуляции без удвоения частоты. В исследованных ячейках переход к режиму модуляции без удвоения частоты для $U_{sin} = 20$ В на частоте 100 Гц осуществлялся при $U_{см} = 40$ В, а на частоте 500 Гц – при $U_{см} = 20$ В с коэффициентами модуляции в режиме удвоения частоты 0.5 и 0.22 соответственно.

Увеличение порогового напряжения и крутизны характеристик пропускания пленок КНЖК приведет к существенным искажениям формы электрооптического отклика при управлении синусоидальным напряжением (что особенно проявится у оксидных систем с малыми \bar{d} и Δd_o [7]), однако все описанные выше особенности сохранятся.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] F e r g a s o n J. // SID Int. Symp. Dig. Tech. Papers. 1985. V. 16. P. 68–70.
- [2] А ф о н и н О.А., Н а з в а н о в В.Ф., Н о в и - к о в А.В. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 2. С. 129–133.
- [3] С о н и н А.С. Введение в физику жидких кристаллов. М.: Наука, 1983. 320 с.
- [4] К о в ш о в Е.И., С е в а с т ь я н о в В.П. // Электронная техника. 1982. В. 5–6 (111–112). С. 7–11.

- [5] Д е Ж е н П. // Физика жидких кристаллов. М.: Мир, 1977. 400 с.
- [6] В о л о в и к Г.Е., Л а в р е н т о в и ч О.Д. // ЖЭТФ. 1983. Т. 85. В. 6. С. 1997-2010.
- [7] W и В.-G., W e s t J.L., D o a n e J.W. // J. Appl. Phys. 1987. V. 62. № 9. P. 3925-3931.
- [8] К о в а л ь ч у к А.В., К у р и к М.В., Л а в р е н т о - в и ч О.Д. // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. В. 5. С. 350-364.

Поступило в Редакцию
4 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 6
02; 07

26 марта 1989 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАННИХ СТАДИЙ ОПТИЧЕСКОГО ПРОБОЯ ОРГСТЕКЛА

Г.П. К у з ь м и н, Г.Р. Т о к е р

В работе исследовались ранние стадии процесса лазерного разрушения прозрачного полимера при фокусировке в объем образца гигантского импульса излучения рубинового лазера. Использование в эксперименте в качестве диагностической методики импульсной двухэкспозиционной голографической микроинтерферометрии позволило визуализировать картину несобственного пробоя прозрачного полимера одиночным лазерным импульсом в моменты времени, непосредственно примыкающие к концу импульса. Определены давления за фронтом сферических ударных волн субмиллиметровых размеров, инициированных поглощением лазерного излучения на включениях.

В настоящее время выполнено большое количество работ экспериментального и теоретического характера, связанных с выяснением механизмов лазерного разрушения прозрачных твердых тел [1], в том числе прозрачных полимеров [2]. Показано (исчерпывающая библиография содержится в [2]), что оптический пробой прозрачных полимеров обусловлен всегда присутствующими в объеме образца поглощающими включениями. Нагрев поглощающего включения сфокусированным лазерным излучением надпороговой интенсивности сопровождается возникновением термоупругих напряжений, тепловой ионизации и других тепловых эффектов, приводящих к объемному разрушению прозрачного полимера.

В отличие от традиционных методов исследования оптического пробоя прозрачных диэлектриков [3], в настоящей работе предпринята попытка визуализации и исследования области пробоя методами голографической интерферометрии, обеспечивающими высокие временное и пространственное разрешение [4] (отметим, что в [5] голографическая методика использовалась для получения тенеграмм области пробоя, а давление определялось косвенным образом).