

**Исследования электрооптических параметров Текстурного и
Холестерико-нематического фазового переходов
в индуцированных холестериках**

**А. Фечан, З. Матвеевич, Батбаярын Даваасүрэн,
Батбаярын Оюунсүрэн.**

Разработаны электрооптические параметры Холестерико-нематического фазового и Текстурного переходов. Объектами исследования были жидкокристаллические смеси (ЖКС) на основе сложных нематических матриц с низкой процентной концентрацией оптически активной примеси (до 2 %). Для определения физических свойств этих объектов проводились исследования их электрооптических и временных характеристик. Исследования проводились в температурном интервале 275-310 К. В состав смеси нематической матрицы СЖК-1 входят гомологи ряда цианобифенилов и оксицианобифенилов. Для создания индуцированной спиральной структуры в нематической матрице вводились члены ряда эфиров холестерина одноосновных карбоновых кислот а также не жидкокристаллическая оптически активная добавка (ОАД) - ВХН-3.

Разнообразие отраслей применения и конструктивных решений аналогового индикатора на основе жидкого кристалла не разрешает сформулировать единых требований для выбора электрооптической среды таких устройств. Поэтому, создание эффективного индикатора на основе индуцированного холестерика требует выбора материала со свойствами, которые отвечают конкретному предназначению устройства. Исходя из этого, исследования

электрооптических характеристик индуцированных холестериков проводились в следующих направлениях:

- достижение максимально широкого диапазона управляющего напряжения;

- достижение максимального контраста;

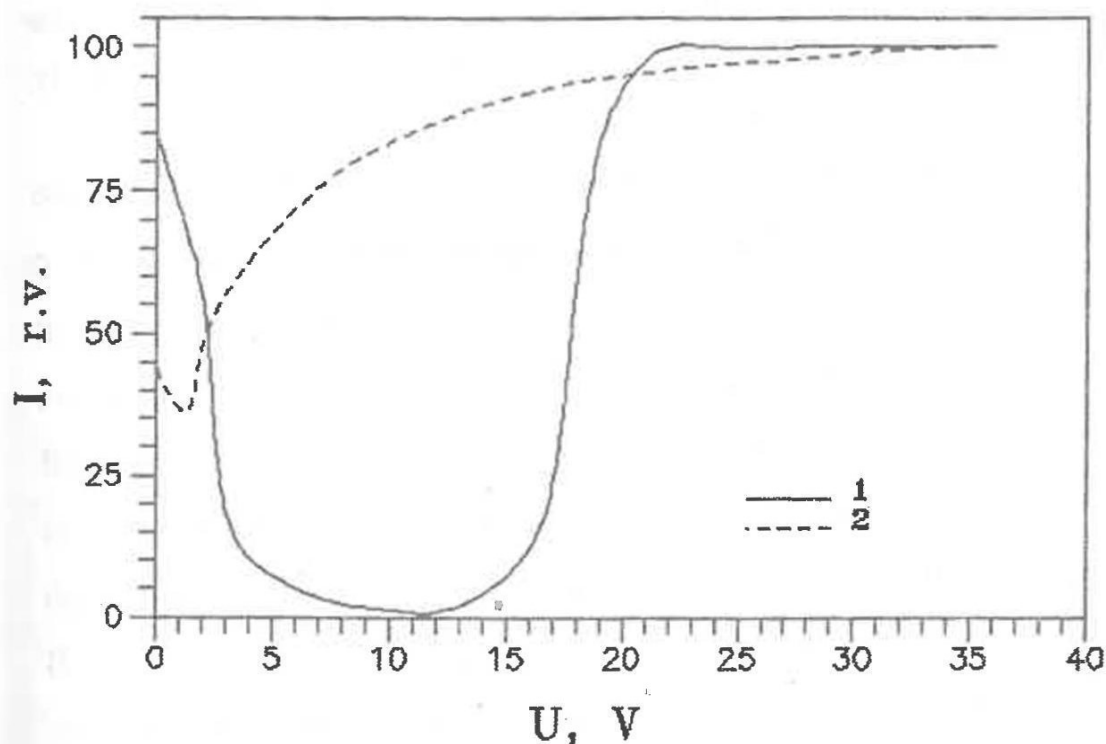
- оптимизация крутизны вольт-контрастной характеристики;

Текстурные и фазовые превращения в слое индуцированного холестерика и критические поля текстурного и фазового переходов

Холестерико-нематический фазовый переход (ХНФП) - один из наиболее сложных электрооптических эффектов в жидких кристаллах. В общем случае ХНФП состоит из двух этапов, каждый из которых сопровождается оптической активностью образца. Первый этап заключается в изменении текстуры слоя жидкого кристалла от прозрачной текстуры Гранжана к непрозрачной текстуре "отпечатки пальцев"- текстурный переход. Другим этапом является именно фазовый холестерико-нематический переход от текстуры "отпечатки пальцев" к гомеотропно ориентированной нематической фазе. Наличие текстурного перехода (ТП) зависит от начальной ориентации слоя жидкого кристалла. При начальной ориентации типа "отпечатки пальцев" эффект ХНФП происходит без ТП. На рис.1 приведены типичные вольт-контрастные характеристики индуцированных холестериков для нематической матрицы СЖК-1 с оптически активной добавкой, которые характеризуются разной закручивающей способностью: холестерилпропионатом (кривая 1) и холестерилстеаратом

(кривая 2). На рис. 2 - типичные вольт-контрастные характеристики для нематических матриц с разным процентным присутствием сильнополярной составляющей (с разными величинами констант упругости) и холестерилпропионата как оптически активной примесью. Как видно из рисунков, характер изменения интенсивности во время ХНФП существенно зависит от состава индуцированных холестериков.

Как видим, индуцированные холестерики с большим шагом спирали (кривая 2 на рис. 1 и кривые 2, 3 на рис. 2) имеют более пологие вольт-контрастные характеристики, и практически отсутствующий участок минимального пропускания в сравнении с индуцированными холестериками с меньшим шагом спирали (кривые 1 на рис. 1 и .2). В формировании шага спиральной структуры принимает участие определенное количество квазинематических слоёв, общая толщина которых равна величине



шага.

Рис.1. Типичные вольт-контрастные характеристики для смесей на основе нематической матрицы СЖК-1 и примесями холестерилпропионата (1) и холестерилстеарата (2). Концентрация примеси 2%, толщина ячейки-25мкм.

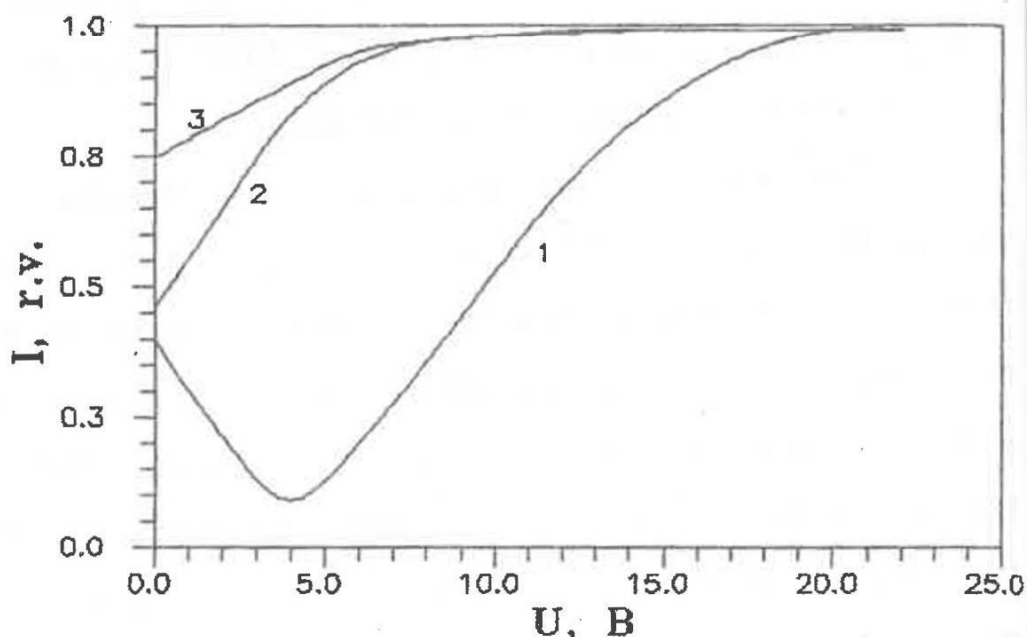


Рис. 2. Типичные вольт-контрастные характеристики для смесей на основе нематической матрицы S-1 и примесями холестерилпропионата (1), холестерилпеларгоната (2) и холестерилмиристата (3).

Соответственно структура с большим шагом есть менее стойкой и более способной к деформации, а структура с меньшим шагом есть более стойкой и менее способной к деформации вследствие меньшего количества задействованных квазинематических слоёв. Поэтому, в диапазоне напряжений $U_{kd} < U < U_{cn}$ в индуцированных холестериках с большим шагом происходит его плавная деформация к полному исчезновению индуцированной спирали и перехода в нематическую текстуру. В индуцированных холестериках с малым шагом спирали в начале диапазона сил, вызванных приложенным электрическим полем,

не достаточно для деформации спирали (интервал существования минимальной прозрачности), при дальнейшем увеличении поля происходит скачкообразное возрастание шага до бесконечности в зоне $U \leq U_{\text{сн}}$ (зона быстрого возрастания интенсивности).

Однако в практике эффект ХНФП происходит в ограниченном образце. Влияние краевых эффектов на вольт-контрастные характеристики ХНФП можно описать, учитывая соотношение толщины слоя жидкого кристалла к шагу индуцированной спирали (d/P_0). В результате исследований получена эмпирическая зависимость интенсивности света, который проходит через жидкокристаллическую ячейку от величины приложенного напряжения, которая даёт возможность описать два приведённых случая :

$$(1) \quad I(U) = I_{\text{max}} - \Delta I \cdot \exp\left(-a \cdot (U - U_{\text{kd}})^n\right),$$

$$a = \frac{I_n(I_{\text{max}})}{(U_{\text{сн}} - U_{\text{kd}})^n},$$

где I_{max} , I_{min} - соответственно максимальное и минимальное значения интенсивности;

U_{kd} - напряжение конической деформации;

$U_{\text{сн}}$ - напряжение прямого ХНФП;

n - коэффициент, который зависит от d/P_0 , констант упругости K_{22} , K_{33} . Величина коэффициента n зависит от констант

упругости смеси и конструктивного параметра d/P_0 . Рост параметра d/P_0 приводит к возрастанию величины n и наоборот, увеличение констант упругости индуцированных холестериков приводит к его уменьшению. Для качественной оценки зависимости величину n можно принимать равной d/P_0 . На рис.3 изображены расчётные зависимости, полученные с помощью выражения 1, которые хорошо описывают экспериментальные результаты, приведенные выше. В табл. 1 и 2 приведены величины констант упругости исследованных нематических матриц [1], а также закручивающей способности эфиров холестерина, которые использовались как оптически активные добавки. Как видим, изменение процентного соотношения между компонентами нематической матрицы разрешает в широких пределах изменять величины констант упругости матриц ($10^{-9} \dots 10^{-12}$ Н). При этом, поскольку шаг спиральной структуры связан с концентрацией оптически активной примеси соотношением [2]

$$P = \frac{1}{\beta \cdot c}, \quad (2)$$

где β - закручивающая способность примеси, c - концентрация примеси в смеси, использованная для создания спиральной структуры эфиров холестерина с разными величинами закручивающей способности и в разных концентрациях даёт возможность создавать индуцированные холестерики с шагом

спирали от единиц до сотен мкм. Таким образом, изменяя состав индуцированных холестериков, возможно в широких пределах регулировать их физические параметры, и, таким образом управлять крутизной ВКХ ХНФП.

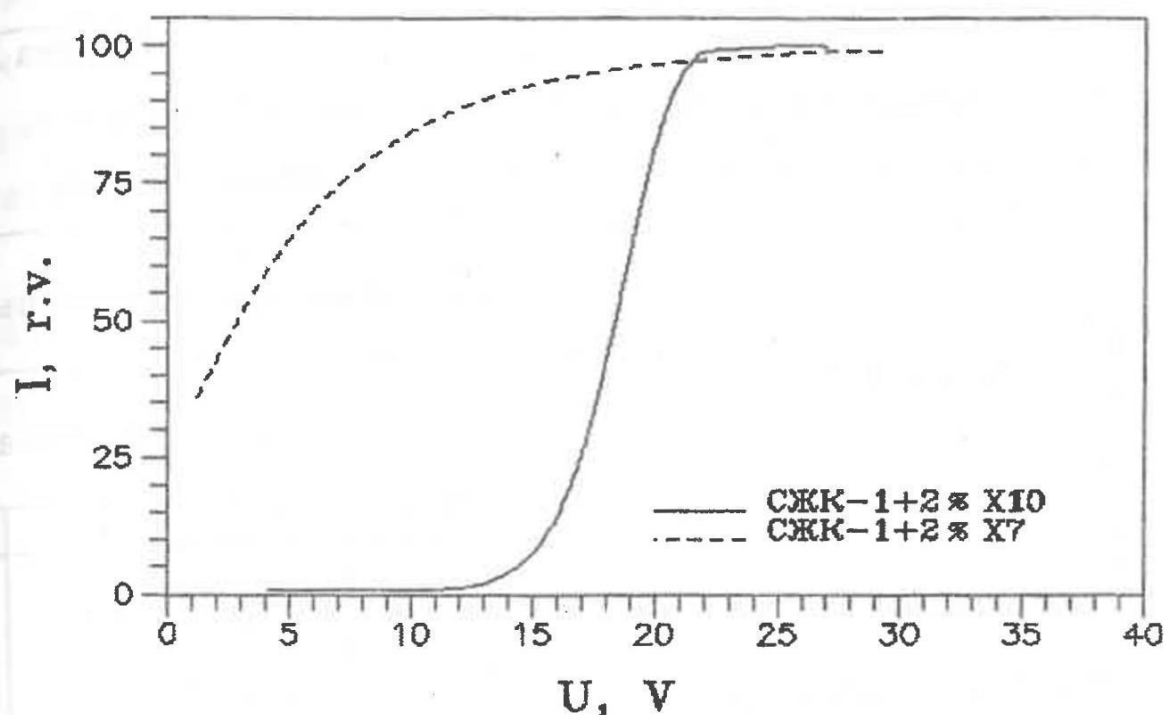


Рис. 3. Расчетные зависимости пропускания ЖК-ячейки от величины приложенного напряжения для смесей на основе нематической матрицы СЖК-1.

Таблица .1

Константы упругости исследованных нематических матриц

Нематическая матрица	$K_{22} \cdot 10^{-12}, \text{ Н}$ ($T=293 \text{ К}$)	$K_{33} \cdot 10^{-12}, \text{ Н}$ ($T=293 \text{ К}$)
Смесь-1	2.75	1.6
Смесь-2	22.71	48.08
Смесь-3	24.89	49.82

Смесь-4	61.55	356.71
СЖК-1	13.25	42.65

Таблица 2

Закручивающая способность некоторых эфиров холестерина, которые использовались как оптически активные добавки

№	Название эфира	Закручивающая способность, β				
		Нематическая матрица				
		C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
1	Холестерилпропионат	1.58	0.89	0.86	0.81	
2	Холестерилпеларгонат	0.98	0.55	0.54	0.40	
3	Холестерилундецилат	-	-	-	-	
4	Холестерилмиристат	0.60	0.38	0.35	0.15	
5	Холестерилстеарат	-	-	-	-	

Вывод:

Анализ проведённых исследований разрешает сформулировать следующие рекомендации по использованию исследованных материалов как оптически активной среды индикаторов [3,4]:

1. Для создания устройств высокой информативной ёмкости следует выбирать жидкокристаллический материал с константами упругости порядка $10^{-10} \dots 10^{-9}$ Н и величиной конструктивного параметра (d/P_0) $0,5 \dots 2$. Использование смесей с меньшим значением конструктивного параметра приводит к резкому возрастанию интенсивности пропускания жидкокристаллической ячейки в конфокальной текстуре.

2. Для устройств с высококонтрастной шкалой следует использовать жидкокристаллические материалы с величинами констант упругости порядка $10^{-11} \dots 10^{-12}$ Н и величиной $d/P_0 > 3$.

Литература:

1. Nematic-cholesteric mixtures with a wide diapazon of field hysteresis relative value of cholesteric-nematic phase transition for display device/ Gotra Z., Mikityuk Z., Fechan A., Batbayarin D.// Proc. of IS&T/SPIE's 9-th Annual Symposium - USA. San-Jose, February 9-14, 1997.- P.194-204.
2. Б.М.Болотин, М.В.Лосева. Связь строения органических соединений с их мезогенными свойствами - В кн.: Жидкие кристаллы. Под ред. С.А.Жданова. - М.: Химия, 1979.- с.29.
3. Пат. 1287, Монголия, МПК⁶ G 09 G 3/36. Шингэн талстат индикатор/ Д. Батбаярин, З.Ю. Готра, О.З.Готра, О.Р. Петрив, Б.И. Сенюк, И.И. Смалюх.- №1924; Заявл.10.04.97; Опубл. 22.09.97, "Оюуны Омч", №7 (1997).

4. Пат. 1288, Монголія, МПК⁶ G 09 G 3/36. Шингэн талстат индикатор/ Д. Батбаярин, З.Ю. Готра, О.З.Готра, О.Р. Петрив, Б.И. Сенюк, И.И. Смалюх.- №1931; Заявл.10.04.97; Оpubл. 22.09.97, "Оюуны Омч", №7 (1997).