

В работе показано, что высокая стабильность эмиссии жидкометаллических источников ионов сохраняется в широкой области токов при определенных условиях, зависящих, в частности, от состава рабочего вещества и характера смачивания расплавом поверхности твердого ядра. Возбуждение колебаний на поверхности жидкого эмиттера происходит таким образом, что ток извлекаемого ионного пучка оказывается модулированным в основном на периферии.

Если допустить возможность иной интерпретации особенностей эмиссии жидкого металла, то представляется вероятным, что модуляция эмиттируемого тока связана с нарушением ламинарности течения жидкой пленки к вершине острия. Возмущение поверхности пленки наступает при некоторой скорости движения, что определяет порог неустойчивости по току пучка.

Возбуждение колебаний жидкой эмиттирующей поверхности и их влияние на извлекаемый ионный пучок, несомненно, требуют дальнейшего детального теоретического и экспериментального рассмотрения.

Литература

- [1] Дудников В. Г., Шабалин А. Л. ЖТФ, 1985, т. 55, № 4, с. 776—778.
 [2] Wilson R. G. Nucl. Instr. Meth., 1972, v. 100, N 1, p. 9—12.
 [3] Дудников В. Г., Шабалин А. Л. Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, № 19, с. 1184—1187.
 [4] Inshitan T., Shimase A., Tamura H. Jap. J. Appl. Phys., 1982, v. 21, N 5, p. L277—L278.

Институт физики АН УССР
Киев

Поступило в Редакцию
2 июня 1987 г.

УДК 532.783

Журнал технической физики, т. 58, в. 12, 1988

ИНДИКАТРИСЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМОГО СВЕТОРАССЕЙЯНИЯ НЕМАТО-ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ

Е. А. Морозова, М. Г. Томилин, В. С. Мильников

Холестерико-нематический фазовый переход (ХНФП) [1] в жидких кристаллах (ЖК) находит применение в различных устройствах отображения и обработки информации [2-4], что делает актуальным детальное изучение механизма процесса и его эксплуатационных характеристик.

Цель работы состояла в экспериментальном изучении закономерностей изменения индикатрис светорассейяния немато-холестерических смесей с положительной величиной анизотропии диэлектрической проницаемости ($\Delta\epsilon > 0$) и различными концентрациями холестерической компоненты при изменении параметров управляющего напряжения.

Объектом исследования была трехкомпонентная смесь, содержащая *n*-циановый эфир *n*'-гептилбензойной кислоты (40%), *n*-бутил-*n*'-метоксиазоксибензол (40%) и *n*-бутил-*n*'-гептаноилоксиазоксибензол. Для смеси область существования мезофазы 0—66 °С, $\epsilon = 10.7$, оптическая анизотропия $\Delta n = 0.2$ и удельная проводимость $\sigma = 1 \cdot 10^{-10}$ Ом⁻¹·см⁻¹. В качестве холестерической добавки использовался нанот холестерина.

Было изготовлено пять электрооптических ячеек с концентрацией нанота холестерина в ЖК 1.8, 3.9, 9.0, 12.65 и 24.5%. Заполнение ячеек ЖК осуществлялось в вакууме. Толщина слоя ЖК составляла 10 мкм. Специальных мер для ориентации молекул ЖК в ячейках не принималось.

В исходном состоянии во всех ячейках наблюдалась рассеивающая конфокальная текстура. При подаче критического значения напряжения U_c происходит переход от рассеивающего состояния к прозрачному гомеотропному.

Установка для измерения углового распределения силы излучения ЖК ячеек была основана на гониофотометре с ценой деления шкалы углового отсчетного устройства 20' и когерентном источнике излучения ($\lambda = 633$ нм) мощностью 0.1 мВт. Угловое разрешение фотоприемника ФЭУ-79 обеспечивалось точечной диафрагмой, размещенной в задней фокальной плоскости объектива фотоприемного устройства, и составляло 5'. Сигнал с гониофотометра поступал на логарифматор, а с него на самописец. Подробное описание методики измерений и схема установки приведены в работе [5].

На рисунке приведены семейства индикатрис светорассеяния — угловое распределение силы излучения — при изменении амплитуд переменного (A) и постоянного (B) напряжений.

Исходя из условия симметричности полученных графиков относительно нормали к ячейке ($\varphi=0^\circ$), на рисунке, A , B , приведены значения относительной силы излучения только в диапазоне изменения φ $[0, +\varphi]$, а в области φ $[0, -\varphi]$ построены индикатрисы исходного светорассеяния ячейки ($U=0$ В), светорассеяние по завершению ХНФП гомеотропно ориентированного слоя ЖК и расходимость источника излучения.

Все индикатрисы характеризуются острой направленностью в области малых углов φ от нормали при всех режимах управления. Это значит, что интенсивность нормальной нерассеянной компоненты излучения источника совместно с рассеянием по нормали на несколько порядков выше интенсивности рассеянной диффузной компоненты.

Характер изменения формы индикатрис при увеличении управляющего напряжения отличается отсутствием их подобия и существенной зависимостью от концентрации холестерической компоненты в смеси. Так, для смеси с минимальным (1.8 %) содержанием холестерика при $U=0$ в исходной индикатрисе наблюдаются локальные перегибы, по-видимому, представляющие собой сильно размытые дифракционные рефлексы на хаотически ориентированных спиралах конфокальной текстуры. С подачей напряжения размеры локальных искажений формы исходной индикатрисы возрастают, что вызвано переориентацией осей холестерических спиралей перпендикулярно вектору электрического поля. При $U=1.7$ В наблюдаются максимумы интенсивности, причем при $U=5.3$ В их интенсивность возрастает при угле $\approx 10^\circ$ и уменьшается при меньших углах. Это свидетельствует об уменьшении числа холестерических спиралей, ориентированных под малыми углами к вектору электрического поля, и увеличении числа спиралей, ориентированных ортогонально. С этим, видимо, связано слабое смещение максимумов в направлении $\varphi=0^\circ$.

При $U=6.5$ В форма индикатрисы в области малых углов выпрямляется, а в области углов $5-10^\circ$ сохраняются два отчетливых локальных максимума, которые смещаются при возрастании U , что свидетельствует о раскрутке холестерической спирали. При $U=7.3$ В происходит ХНФП. Малая концентрация холестерика в смеси обеспечивает максимальную разницу в формах индикатрис при крайних положениях светорассеяния и минимальное значение U_x .

Для смеси с содержанием холестерика 3.9 % исходная индикатриса обладает меньшей эффективностью светорассеяния, чем в предыдущем случае. С увеличением U до значения 2.6 В индикатриса уширяется как в области больших, так и малых углов. Начиная с 5 В из нее формируется резко суженный центральный максимум и отдельно отстоящие дифракционные максимумы первого и второго порядков. При $U=10$ В центральный максимум еще более сужается, а дополнительные максимумы возрастают по интенсивности, достигая близких друг к другу значений. Это может свидетельствовать о завершении процесса переориентации осей холестерических спиралей в направлении, перпендикулярном вектору электрического поля. Увеличение интенсивности этих максимумов сопровождается их сдвигом в направлении центрального максимума, что объясняется происходящей раскруткой холестерических спиралей. Связь между шагом холестерической спирали p , длиной волны излучения λ и углом селективного рассеяния φ_n для случая нормально падающего света, согласно [6], имеет вид

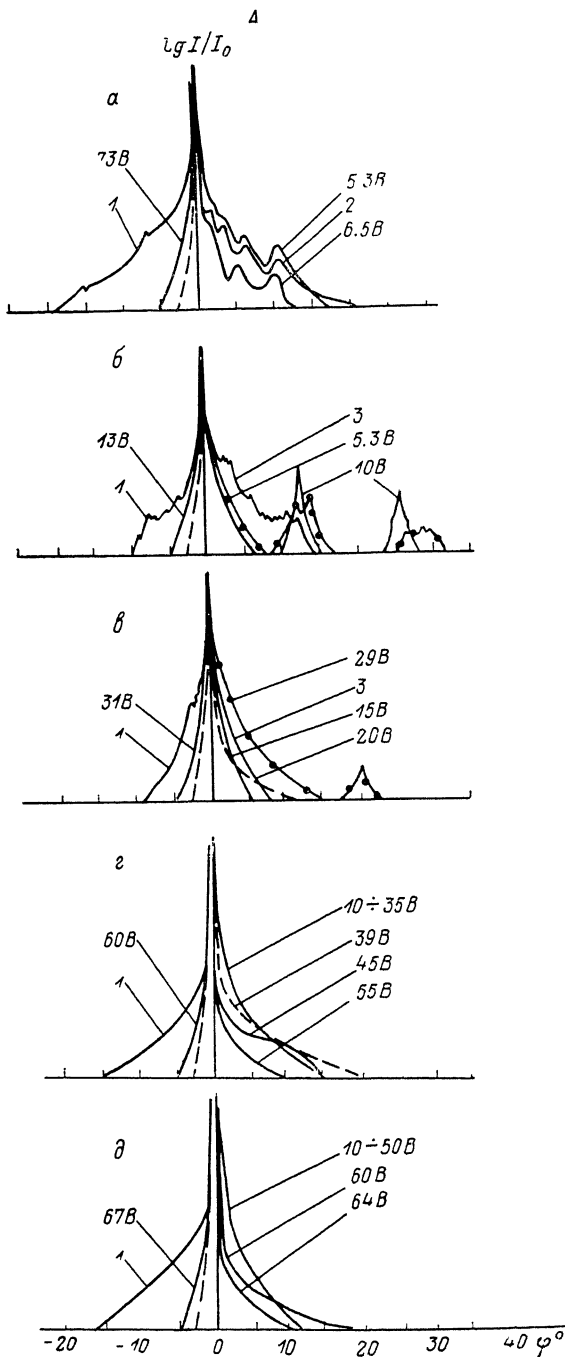
$$\lambda = p\bar{n} \sin \left[\frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{\sin \varphi_n}{\bar{n}} \right) \right],$$

где \bar{n} — средний показатель преломления слоя ЖК. Отсюда можно рассчитать шаг холестерической спирали и его изменение при увеличении напряжения. Для случая, представленного на рисунке A , b , из расчетов следует: при $U_1=5.3$ В $p_1=5.83$ мкм, при $U_2=10.0$ В $p_2=6.07$ мкм, т. е. шаг спирали увеличивается на 0.24 мкм, т. е. на 4 %. ХНФП происходит при значительно возросшем $U_x=13$ В.

При концентрации холестерика 9 % (рисунок A , b) картина изменения формы индикатрис носит качественно аналогичный характер. По условиям проведения эксперимента зарегистрирован только дополнительный максимум первого порядка при $U=29$ В. ХНФП произошел при $U_x=31$ В. Форма индикатрис для смесей с большей концентрацией холестерика (рисунок A , z , d) была более плавной. Значения U_x возрастали, что объясняется увеличением силы индукции холестерических спиралей.

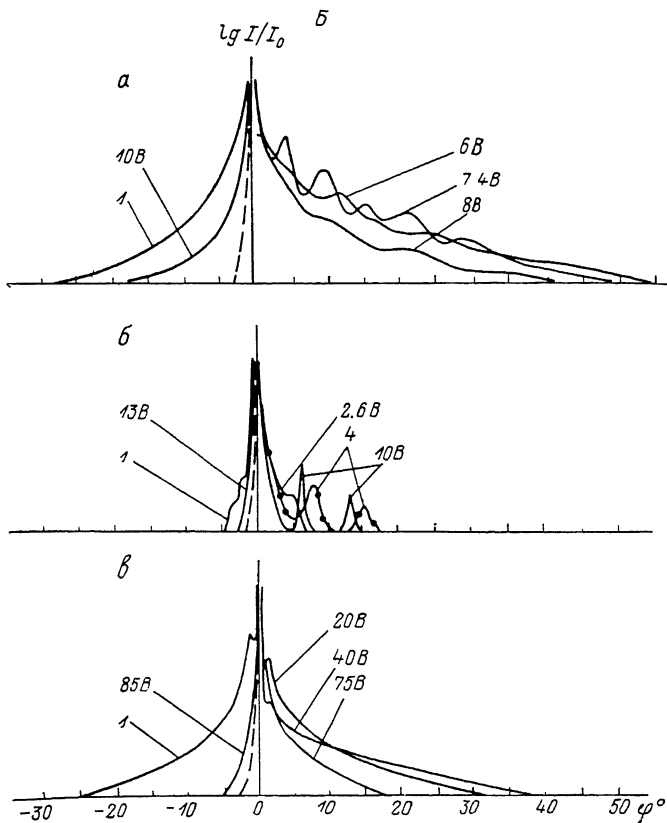
Индикатрисы гомеотропно ориентированного слоя ЖК при различных концентрациях холестерика во всех случаях одинаковы с точностью проведения эксперимента.

Зависимость величины U_x от концентрации холестерика в смеси линейна на начальном участке (до 13 %) С).



Семейство индикатрис светорассеяния немато-холестерической смеси для различных амплитуд приложенного переменного ($f=2$ кГц) (А) и постоянного (Б) напряжения (U, B). Концентрация наноста холестерина в смеси составляет: А = 1.8 (а), 3.9 (б), 9.0 (в), 12.7 (г) 24.5 % (д); Б – 1.8 (а) 3.9 (б), 24.5% (в). Штриховая линия — расходимость источника излучения.

Как видно из рисунка *Б, а, б*, при питании постоянным напряжением формы индикатрис и характер их изменения при увеличении напряжения аналогичны случаю питания переменным напряжением, однако форма индикатрис более плавная, ХНФП происходит при больших напряжениях, что объясняется процессами протекания электрического тока в ЖК, сопровождаемыми эффектами поляризации и накоплением зарядов на электродах.



Продолжение рисунка

Использование гониофотометрического метода открывает возможности детального изучения особенностей ХНФП, его кинетики и зависимостей от концентрации в ЖК смеси холестерической добавки и режимов управления.

Экспериментальное изучение управляемого светорассеяния немато-холестерических смесей выявило острую направленность их индикатрис, отсутствие подобия в их изменении, образование дифракционных максимумов.

Это ограничивает диапазон применения таких электрооптических ячеек с исходным интенсивным светорассеянием в основном переключением в прозрачное нерассеивающее состояние и модуляцией ИК излучений [7].

Литература

- [1] *Jackman E., Meiboom S., Snyder L. C.* J. Amer. Chem. Soc., 1967, v. 89, N 8, p. 5981—5982.
- [2] *Чилая Г. С.* Физические свойства и применение жидких кристаллов с индуцированной спиральной структурой. Тбилиси: Мецниереба, 1985, с. 88.
- [3] *Васяева Л. И., Владимиров Ф. Л., Моричев И. Е.* и др. Квант. спектр., 1983, т. 10, № 8, с. 1542—1546.
- [4] *Мыльников В. С., Морозова Е. А., Моричев И. Е.* ЖТФ, 1984, т. 54, № 3, с. 573—577.
- [5] *Гитин А. В., Каретников А. А., Томилин М. Г.* В кн.: Оптика жидких кристаллов. Л., ГОИ, т. 60, в. 194, с. 48—56.
- [6] *Ferguson J. L.* Appl. Optics, 1968, v. 7, N 9, p. 1729—1739.
- [7] *Данилов В. В., Данилов О. Б., Жуковская Л. Д.* и др. Квант. электр., 1985, т. 12, № 8, с. 1690—1694.

Поступило в Редакцию
18 июня 1987 г.