

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД ИЗОТРОПНАЯ ЖИДКОСТЬ – ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ

Т.А.Ротинян, Е.И.Рюмцев, С.Б.Язиков

При изучении фазового перехода изотропная жидкость – жидкий кристалл в сильном импульсном электрическом поле обнаружены отклонения зависимости вынужденной анизотропии от закона Керра. Установлена возможность изменения точки фазового перехода электрическим полем.

Экспериментальное исследование воздействия на жидкие кристаллы сильных внешних полей представляет значительные трудности. Это связано с необходимостью использования магнитных или электрических полей с достаточно высокой напряженностью, обеспечивающей энергию взаимодействия жидкого кристалла с внешним полем, соизмеримую с энергией межмолекулярных воздействий, ответственных за дальний ориентационный порядок в мезоморфном веществе. Использование реально достижимых в эксперименте магнитных полей не позволяет решить поставленную задачу¹. Гораздо перспективнее применение электрических полей^{2,3}. Однако в случае использования постоянных или переменных (синусоидальных) полей возникают принципиальные трудности, связанные с электропроводностью жидких кристаллов, влиянием гидродинамических потоков⁴, их диэлектрическим нагревом⁵, а также возможностью электрического пробоя в полях достаточно высокой напряженности.

В настоящей работе впервые для изучения влияния сильного электрического поля на фазовый переход изотропная жидкость – жидкий кристалл использованы импульсные электрические поля, которые позволили исключить влияние указанных выше паразитных факторов на исследуемые явления. В качестве метода исследования использовался эффект Керра (электрическое двойное лучепреломление), который позволил изучить как характер зависимости двойного лучепреломления от напряженности электрического поля в предпереходной области температур в условиях ярко выраженных флуктуаций ориентационного порядка в изотропной фазе^{6,7}, так и влияние внешнего поля на температуру фазового перехода T_0 из изотропного в жидкокристаллическое состояние.

На ячейку Керра подавались одиночные электрические импульсы длительностью 0,1 мсек и напряженностью E до $2 \cdot 10^5$ В/см. Термостатирование ячейки осуществлялось с точностью $0,05^\circ\text{C}$.

Для измерения разности фаз δ , возникающей в ячейке Керра под действием электрического поля и достигающей при использованных напряженностях поля нескольких десятков длин волн, электрический импульс имел специальную форму: экспоненциально нарастающий передний фронт и короткий задний срез (рис. 1, а). Нарастание напряжения на переднем фронте сопровождалось появлением максимумов и минимумов светового потока, соответствующих изменению разности фаз интерферирующих обыкновенного и необыкновенного лучей на 2π (рис. 1, б).

Число наблюдаемых минимумов m определяло величину двойного лучепреломления Δn , возникающую в исследуемом веществе $\Delta n = m\lambda/l$ ($m = 1, 2, \dots$) при различных напряженностях электрического поля. Здесь $\lambda = 628$ нм – длина волны источника света, $l = 0,5$ см – длина ячейки Керра.

В качестве объектов исследования использовались три гомолога параалкилцианобифенилов – шестой (6 ЦБ, $T_0 = 29,5^\circ\text{C}$), восьмой (8 ЦБ, $T_0 = 40,0^\circ\text{C}$) и десятый (10 ЦБ, $T_0 = 50,5^\circ\text{C}$), характеризующиеся большой положительной по знаку диэлектрической анизотропией мезофазы ($\Delta\epsilon \sim 10$) и заметно отличающимися теплотами перехода q из изотропного в жидкокристаллическое состояние: $q = 0,07$ ккал/моль (6 ЦБ), $q = 0,16$ ккал/моль (8 ЦБ), $q = 0,64$ ккал/моль (10 ЦБ)⁸.

На рис. 2 представлены зависимости измеренного двойного лучепреломления от E^2 при различных температурах $\Delta T = T - T_0$ для 6ЦБ. Линейные зависимости Δn от E^2 в области малых полей характеризуются отклонением от закона Керра в сторону увеличения измеряемой анизотропии при достаточно больших напряженностях E . Обнаруженные отклонения соответствуют разности фаз δ в несколько длин волн. Детальное изучение характера наблюдаемых отклонений является задачей последующих исследований. Дальнейшее повышение напряженности поля позволило найти значения E , при которых кювета с веществом становилась непрозрачной в проходящем пучке (рис. 1, в). Исчезновение светового потока связывается нами с переходом вещества из изотропной в нематическую фазу под действием электрического поля. Величина напряженности поля, обеспечивающая переход образцов в жидкокристаллическое состояние, представлена в зависимости от температуры образца ΔT

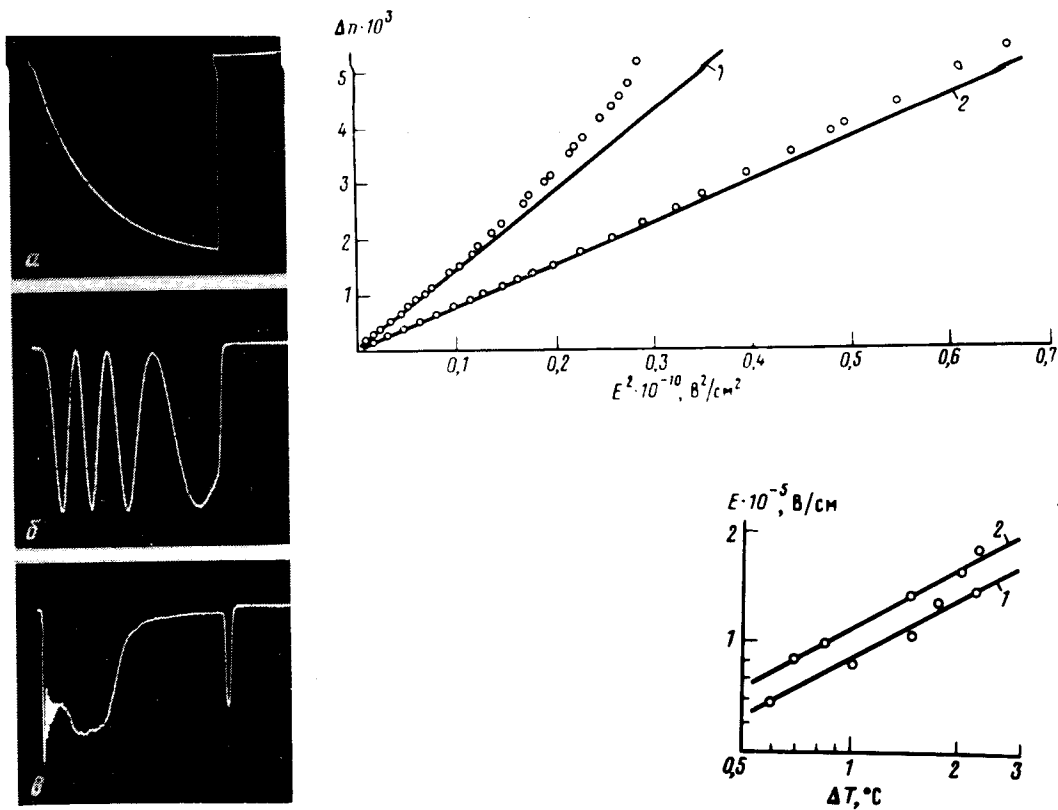


Рис. 1. Электрический импульс *a* и осциллограммы светового потока, прошедшего через ячейку Керра с 6ЦБ, при $\Delta T = 0,4^\circ \text{C}$ и различных напряженностях электрического поля: *b* — $E = 2,0 \cdot 10^4 \text{ В/см}$, *v* — $E = 5,9 \cdot 10^4 \text{ В/см}$

Рис. 2. Зависимость величины двойного лучепреломления Δn от квадрата напряженности электрического поля E^2 в изотропной фазе 6ЦБ при различных температурах ΔT : 1 — $0,1^\circ \text{C}$, 2 — $0,8^\circ \text{C}$

Рис. 3. Зависимость изменения температуры фазового перехода от величины напряженности электрического поля в логарифмическом масштабе: 1 — 6ЦБ, 2 — 8ЦБ

на рис. 3. Наклон приведенных прямых, равный двум, соответствует пропорциональности изменения температуры фазового перехода E^2 . Полученные экспериментальные данные позволяют заключить, что значения E , необходимые для осуществления фазового перехода, зависят от величины q . При фиксированной температуре ΔT для реализации фазового перехода

да требуются тем большие значения E , чем выше теплота перехода образца из изотропного в жидкокристаллическое состояние (рис. 3). Следует отметить, что в случае 10 ЦБ, для которого характерна наибольшая теплота перехода из изотропного в смектическое состояние, не удалось достичь фазового перехода даже при максимальных значениях E , использованных в настоящей работе.

Таким образом, электрическое поле может существенно влиять на упорядоченность изотропной фазы нематических жидких кристаллов. Это проявляется в обнаруженных отклонениях оптической анизотропии, вызванной электрическим полем, от закона Керра, а также в возможности перехода вещества из изотропного состояния в упорядоченную нематическую фазу под действием внешнего поля.

Литература

1. *Rosenblatt C.* Physical Review A, 1983, 27, 1234.
2. *Nicastro A.J., Keyes P.H.* Phys. Rev., A, 1984, 30, 3156.
3. *Helfrich W.* Phys. Rev. Lett., 1970, 24, 201.
4. *Nicastro A.J., Inman K.G.* Molecular Crystals and Liquid Crystals, 1982, 90, 111.
5. *Shadt M.* Phys. Lett., 1982, A81, 355.
6. *Френкель Я.И.* ЖЭТФ, 1939, 9, 952.
7. *Цветков В.Н., Рюмцев Е.И.* Кристаллография, 1968, 13, 290.
8. *Coles H.J.* Molecular Crystals and Liquid Crystals. Letters, 1978, 49, 67.

Ленинградский
государственный университет
им. А.А.Жданова

Поступила в редакцию
8 сентября 1987 г.