

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОРОГОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В НЕМАТИКАХ

Л.К.Вистинь, И.Г.Чистяков, С.П.Чумакова,
В.В.Пархоменко

Впервые выявлено различие между доменами, образующимися в переменных и постоянных электрических полях. Показано, что пороговое напряжение постоянного электрического поля слабо зависит от температуры, это позволяет наблюдать домены во всей области температур. Приводится фотография доменов, существующих при $t = -60^\circ\text{C}$. В переменном поле при определенных частотах порог быстро растет с понижением температуры и ниже этих температур домены в нематике не возникают.

Исследовано влияние температуры на пороговое напряжение образования доменов в нематиках. Пороговое напряжение определялось визуально по возникновению доменов [1] или низкочастотной электрогидродинамической неустойчивости в тонком (15 мкм) слое жидкого кристалла и измерялось ламповым вольтметром ВК-7-9. Наблюдение за образцом велось в поляризационном микроскопе. При установившейся температуре накладывалось электрическое поле пороговой величины и наблюдалась картина появления доменов, затем поле выключалось, образец охлаждался до следующей температуры и процесс наблюдения возникновения и исчезновения доменов повторялся.

Образец охлаждался жидким азотом от комнатной температуры. Температура измерялась хромель-алюмелевой термопарой с помощью моста ПП-63. Эксперименты проведены с веществом ЖК-440 (смесь 2/3 п-н-бутил-п'-метилоксиазоксибензола и 1/3 п-н-бутил-п'-гептаноилоксибензола) и смесью МББА с ЭББА. В большом объеме ЖК-440 обладало нематической фазой в области температур $-20 \div 75^\circ\text{C}$ [2]. Нами был установлен ранее неизвестный факт, что в достаточно тонких слоях $h \leq 30$ мкм ЖК-440 имело устойчивую фазу в области температур $-60 \div 75^\circ\text{C}$. Ниже -60°C вещество переходило в стеклообразное состояние. Это позволило исследовать зависимость V_n от температуры в этом веществе. В смеси МББА с ЭББА кристаллизация начиналась при обычных температурах около -10°C . ЖК-440 имел проводимость, согласно данным [2], 10^{-12} (ом·см) $^{-1}$ и легировался токопроводящей добавкой до 10^{-10} (ом·см) $^{-1}$ с отношением проводимостей $\sigma_1 / \sigma_2 \approx 1,8$, диэлектрическая анизотропия, согласно [2], $\approx -0,4$. Смесь МББА с ЭББА также легировалась до $\sigma \approx 10^{-10}$ (ом·см) $^{-1}$.

Были измерены температурные зависимости пороговых напряжений V_n в постоянных электрических полях и в низкочастотных электрических полях при частотах 20, 40, 80, 200, 400 гц рис. 1. При этом обнаружена особенность в поведении порогового напряжения V_n при возбуждении слоя нематического жидкого кристалла постоянным электрическим полем (прямая 1) рис. 1. Как для ЖК-440, так и для смеси МББА с ЭББА пороговое напряжение не изменяется с понижением температу-

ры вплоть до перехода нематика в твердую фазу и остается равным $7 \div 8 \text{ в}$ для ЖК-440 и $5 \div 6,5 \text{ в}$ для смеси МББА с ЭББА. Некоторое повышение приблизительно на 1 в порога в ЖК-440 связано, по-видимому, с ориентацией молекул в слое жидкого кристалла от планарной ближе к нормальной при понижении температуры образца. Если жидкий кристалл возбуждать переменным электрическим полем, то наблюдается в определенном для каждой частоты f температурном интервале сильная зависимость V_n от температуры жидкокристаллического слоя (кривые 2 \div 6 рис. 1). Низкая частота требует более низкой температуры ($\approx -15^\circ\text{C}$), при этом рост V_n идет круто практически при одной и той же температуре. Максимального значения (95 в) V_n достигает приблизительно за $2,5 \div 3 \text{ мин}$. С повышением частоты температурный интервал изменения порогового напряжения расширяется и сдвигается в область более высоких температур, где кривая роста порогового напряжения идет менее круто.

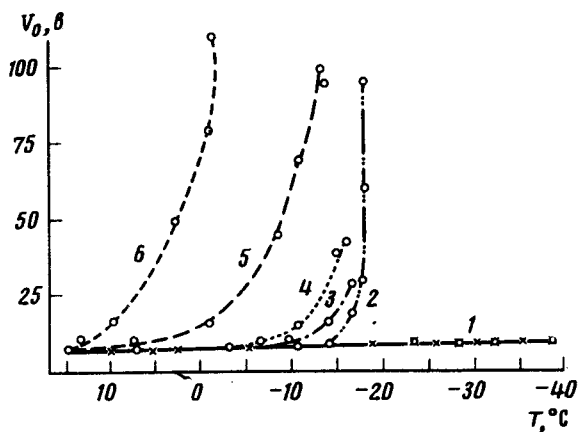


Рис. 1. Зависимость порогового напряжения V_n от температуры $t^\circ\text{C}$: 1 — постоянное электрическое поле: \times — ЖК-440; \circ — смесь МББА + ЭББА; 2 — ЖК-440 переменное электрическое поле $f = 20 \text{ гц}$; 3 — МББА + ЭББА $f = 20 \text{ гц}$; 4 — МББА + ЭББА $f = 80 \text{ гц}$; 5 — ЖК-440 $f = 200 \text{ гц}$; 6 — ЖК-440 $f = 400 \text{ гц}$

В настоящее время довольно полно развита теория электрогидродинамической неустойчивости нематических жидких кристаллов [3]. Рост порогового напряжения с понижением температуры может быть качественно объяснен этой теорией. По-видимому, скачок порогового напряжения при $f = 20 \text{ гц}$ связан с резким увеличением коэффициентов вязкости, а также анизотропии вязкости. Как показали Пикин и Штольберг [4] пороговое напряжение V_n сильно зависит от анизотропии вязкости и при определенных величинах η_1 и η_1^* доменная текстура может вообще не возникать, что и наблюдается экспериментально в переменном электрическом поле. Более пологий рост порогового напряжения с понижением температуры при $f = 200 \text{ гц}$, $f = 400 \text{ гц}$ обусловлен, вероятно, не только изменением коэффициентов вязкости материала, но и уменьшением активной токовой составляющей при повышении частоты.

Остается необъяснимым вопрос, почему при изменении температуры образца пороговое напряжение постоянно, если образец возбуждается постоянным электрическим полем? Вероятно, в этом случае домены возникают вследствие накопления объемного заряда внутри слоя жидкого кристалла. При этом благодаря анизотропии электропроводности и отрицательной диэлектрической анизотропии жидкого кристалла, в

нем происходит неравномерное по объему жидкокристаллического слоя распределение объемного заряда. Этому способствует также и то, что применявшееся в качестве токопроводящей добавки вещество диссоциирует на ионы, радиусы которых сильно отличаются. Следовательно, ионы обладают различной подвижностью в электрическом поле. Неоднородно распределенное по образцу внутреннее электрическое поле в результате действия обратного пьезоэлектрического эффекта приводит к возникновению деформаций в слое жидкого кристалла. Эти деформации визуализируют, в свою очередь, распределение объемного заряда по образцу и выглядят в виде доменов рис. 2. Таким образом, эксперимент показывает, что в случае действия постоянных полей нельзя пользоваться теорией электрогидродинамических неустойчивостей (ЭГДН) в жидких кристаллах 3 и здесь более справедлива теория флек-

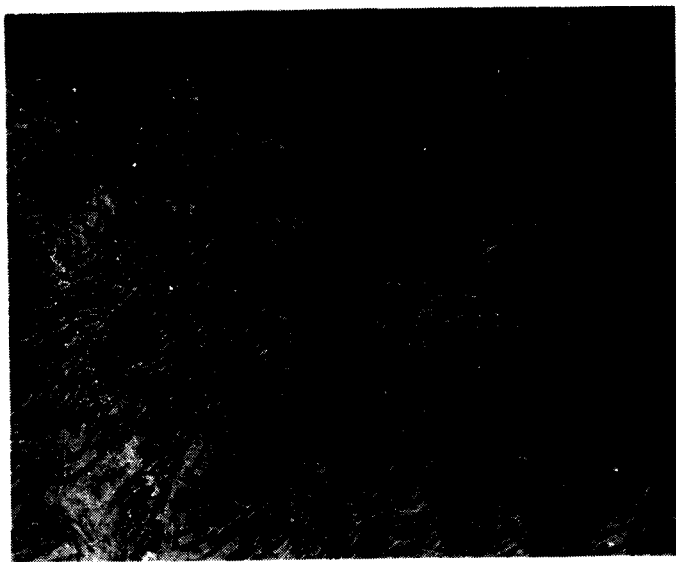


Рис. 2. Вид доменов при $t = -60^{\circ}\text{C}$. Николи скрещены. Узкие домены соответствуют параллельному расположению плоскости поляризации проходящего света, а широкие — перпендикулярному

электрического образования доменов, развиваемая Держанским и др. [5]. Это подтверждает и тот факт, что при низких температурах течение в слое жидкого кристалла отсутствует, а домены образуются.

Основным выводом данной работы следует считать то, что впервые получены домены при низких температурах и выявлено различие между электрогидродинамическим и электростатическим поведением жидкого кристалла.

Авторы выражают большую благодарность академику Б.К.Вайнштейну за предложенную задачу.

Институт кристаллографии
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
19 января 1977 г.

Литература

- [1] R. Williams. J. Chem. Phys., 39, 384, 1963.
- [2] М.Ф.Гребенкин. Министерство Химической промышленности СССР, Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей. М., 1976 г.
- [3] P.G. de Gennes. The Physics of Liquid Grystals Clarendon Press Oxford, 1974.
- [4] С.А.Пикин, А.А.Штольберг. Кристаллография, 18, 445, 1973 г.
- [5] А.Держанский, Б.Митов, Х.Хинов. Доклады Болгарской АН, 27, №4, 1974 г.
-