

05.2;06.3;07

## ЭФФЕКТ ФРЕДЕРИКСА В КАПСУЛИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОМ КАПЛЯХ НЕМАТИКА

© В.А.Зырянов, В.В.Пресняков, В.Ф.Шабанов

Эффект Фредерикса в капсулированных полимером нематических жидких кристаллах (КПНЖК) с биполярной конфигурацией директора в каплях ЖК исследован для случая нежесткой фиксации полюсов [1,2]. При этом эффект переориентации заключается в перемещении полюсов по поверхности капли без разрушения одноосной симметрии ее объема, а величина порогового поля зависит от анизотропии капель [2]:

$$E_c = \frac{1}{a} \left( \frac{2\varepsilon_p + \varepsilon_{lc}}{3\varepsilon_p} \right) \left( \frac{K(l^2 - 1)}{\varepsilon_0 \Delta\varepsilon} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где  $a$  — длина максимальной оси эллипсоидальной капли;  $l = a/c$  — отношение длины максимальной к минимальной оси;  $\varepsilon_0$  — абсолютная диэлектрическая проницаемость;  $\Delta\varepsilon$  — анизотропия диэлектрической проницаемости НЖК;  $K = (K_{11} + K_{22} + K_{33})/3$ ,  $K_{ii}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) — модули упругости соответственно для  $S$ -,  $T$ -и  $B$ -деформации;  $\varepsilon_{lc}$  и  $\varepsilon_p$  — диэлектрические проницаемости ЖК и полимера. Величина  $(2\varepsilon_p + \varepsilon_{lc})/3\varepsilon_p$  — поправка на действующее поле в капле ЖК. Однако нежесткая фиксация полюсов капель характерна не для всех КПНЖК структур.

Целью работы является исследование особенностей эффекта Фредерикса в КПНЖК пленке с сильным планарным сцеплением молекул нематика и полимера, обеспечивающим жесткую фиксацию полюсов биполярной структуры.

Нематический ЖК 5CB капсулировался в поливинилбутирале (в соотношении 1:1) из раствора в этаноле. Поливинилбутираль известен как ориентант, обуславливающий жесткую планарную ориентацию молекул ЖК [3]. Капли ЖК в полимерной пленке были расположены в один слой. Размер капель и структура упорядочения директора в них определялись с помощью поляризационного микроскопа. В исходном состоянии капли имели форму сплюснутого эллипсоида с максимальным размером осей  $a_0 = b_0 = 19$  мкм в плоскости пленки и поперечной оси  $c_0 = 11$  мкм. Оси биполярной структуры капель НЖК лежали в плоскости пленки, но не имели преимущественного направления ориентации.

Для исследования зависимости порога Фредерикса от анизотропии капле НЖК образец пленки размером  $5 \times 20$  мм растягивался в одном направлении. В результате капли приобретали форму вытянутого вдоль направления растяжения эллипсоида ( $a > b > c$ ). Длина оси  $c$  в процессе растяжения рассчитывалась из условия сохранения объема капли. Оси биполярной структуры капле НЖК в этом случае совпадали с максимальной осью эллипсоида. Толщина пленки определялась контактным способом с погрешностью 1 мкм и в начальном состоянии составляла 16 мкм.

Измерение вольт-контрастных характеристик (ВКХ) проводилось с использованием гелий-неонового лазера, излучение которого проходило через прозрачные электроды и образец между ними, диафрагмировалось и попадало на фотодиод. Сигнал с фотодиода выводился на двухкоординатный самописец. Образец переориентировался под действием знакопеременного электрического поля частотой 1 кГц. Кривая ВКХ записывалась в течение 0.1 мин при стабильной температуре  $22^\circ \text{C}$ .

Процесс переориентации капле нематика в исследуемых образцах существенно отличается от случая [1,2]. Точечные дисклинации, соответствующие полюсам биполярной структуры и расположенные на концах длинной оси капле, остаются неподвижными. Переориентация капли имеет пороговый характер и начинается с центра, постепенно распространяясь к границам.

На рис. 1 показан типичный вид вольт-контрастной характеристики (ВКХ) исследуемых образцов КПНЖК-пленки для компоненты света, поляризованной параллельно направлению растяжения пленки. Выше порога наблюдаются осцилляции светопропускания. Данный результат согласуется с теорией [4], откуда следует, что для больших капле зависимость сечения рассеяния от фазовой задержки света в ЖК имеет осциллирующий характер. Осцилляции не связаны с возникновением дефектов структуры капле, так как визуальные наблюдения показывают отсутствие дисклинаций в этом диапазоне значений напряженности электрического поля. Наличие осцилляций облегчает экспериментальное определение величины порога Фредерикса.

На рис. 2 представлены измеренные в настоящей работе значения порогового поля в зависимости от степени эллиптичности капле нематика (отношения  $a/c$ ). К сожалению, экспериментальные измерения аналогичной зависимости для случая [1,2] отсутствуют. Поэтому проведено сравнение только с результатами расчета по формуле (1). Для расчета использованы значения  $K_{11} = 6.2 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$ ,

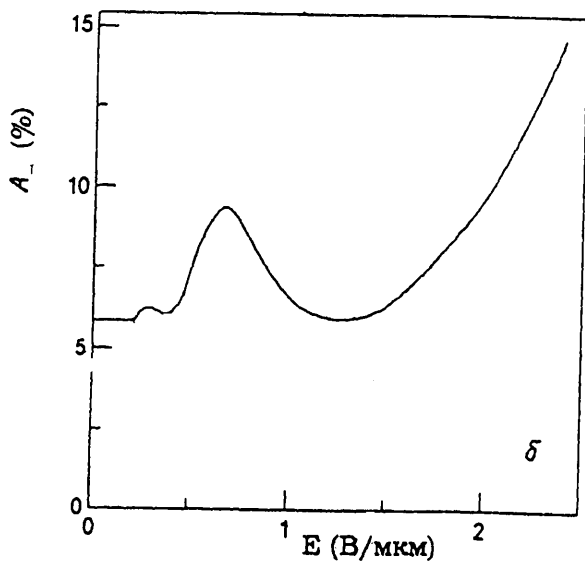
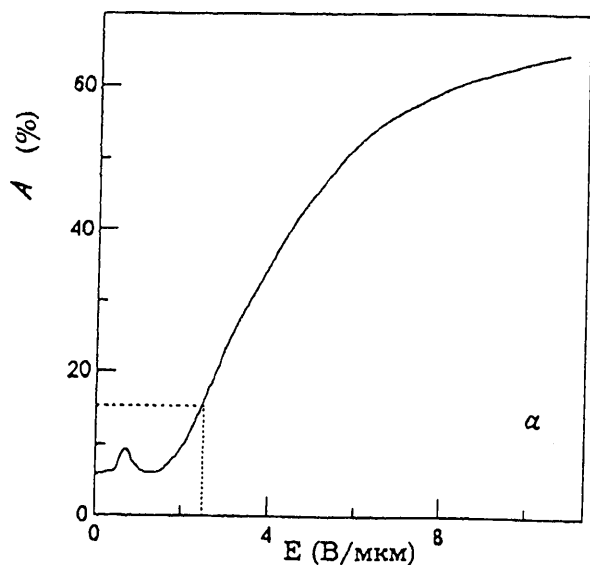


Рис. 1.  $\alpha$  — типичный вид кривой ВКХ для света, поляризованного параллельно направлению растяжения КПНЖК пленки;  $l = 8$ ;  $\delta$  — фрагмент данной кривой в увеличенном масштабе ( $A_1$  — светопропускание).

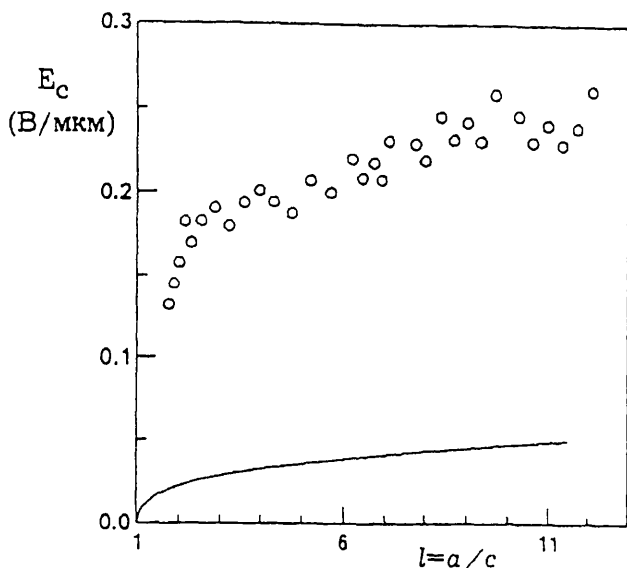


Рис. 2. Зависимость порогового поля от степени эллиптичности каплей нематика. 1 — экспериментальные данные; 2 — результаты расчета по формуле (1).

$K_{22} = 3.1 \cdot 10^{-12}$  Н,  $K_{33} = 8.3 \cdot 10^{-12}$  Н [5],  $\Delta\epsilon = 1.8$  [6] и экспериментально определенное отношение  $\epsilon_{lc}/\epsilon_p = 1.46$  ( $E_{lc}$  в данном случае — перпендикулярная компонента диэлектрической проницаемости ЖК). Из сравнения следует, что величина порогового поля существенно больше в случае жесткой фиксации полюсов. По-видимому, это связано со сложным характером возникающей под действием поля упругой деформации директора НЖК: одновременно *B*-типа вдоль оси *a*, *T*-типа вдоль оси *b* и *S*-типа вдоль оси *c* соответственно.

Таким образом, в исследованных образцах КПНЖК пленки с жестким планарным сплечением молекул нематика и полимера переориентация каплей ЖК имеет пороговый характер, начинаясь с центральной части и распространяясь к границам, при этом полюса каплей остаются неподвижными. Показав осциллирующий характер ВКХ, обусловленный осцилляцией сечения рассеяния каплей при плавном изменении фазовой задержки света в ЖК. Измеренные значения порога Фредерикса в зависимости от анизотропии каплей НЖК лежат существенно выше результатов расчета по формуле (1), что показывает необходимость разработки соответствующей теоретической модели.

## Список литературы

- [1] Ковальчук А.В., Лаврентович О.Д., Серган В.В. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 3. С. 197-202.
- [2] Wu B.-C., Erdmann J.H., and Doane J.W. // Liq Cryst. 1989. V. 5. N 5. P. 1453-1465.
- [3] Коньяр Ж. // Ориентация нематических жидких кристаллов и их смесей. Минск: Изд-во Мин ун-та, 1986. С. 104.
- [4] Zumer S. // Phys. Rev. A. 1988. V. 37. N 10. P. 4006-4015.
- [5] Bunning J.D., Faber T.E., Sherrell P.L. // J. Physique. 1981. V. 42. P. 1175-1182.
- [6] Чандрасекар С. // Жидкие кристаллы. М.: Мир, 1980. С. 344.

Институт физики им. Л.В. Киренского  
СО РАН

Поступило в Редакцию  
25 января 1996 г.