

ОБРАТИМЫЙ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПАМЯТИ В СМЕКТИЧЕСКОМ А ЖИДКОМ КРИСТАЛЛЕ С ЧАСТОТНОЙ ИНВЕРСИЕЙ АНИЗОТРОПИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

А.Р. ИМАМАЛИЕВ, Ш.Ш. ШИХАЛИБЕЙЛИ, М.Б. БАБАНЛЫ,
С.З. ТЕМИРНИЯЗОВА

Бакинский Государственный Университет,
370148, Баку, ул. З. Халилова, 23.

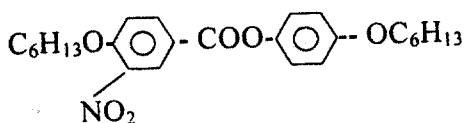
В данной работе мы получили смектический А жидкий кристалл с частотной инверсией анизотропии диэлектрической проницаемости ($\Delta\epsilon$) путем смешивания двух жидких кристаллов с противоположными знаками $\Delta\epsilon$: выше частоты инверсии $\Delta\epsilon > 0$, что позволяет осуществить планарно-гомеотропный переход, а ниже этой частоты $\Delta\epsilon < 0$, что позволяет осуществить также полевой эффект – гомеотропно-планарный переход.

1. ВВЕДЕНИЕ

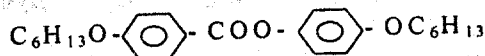
Известно, что электрооптические эффекты в смектических А жидких кристаллах происходят с памятью. Это позволяет сильно упрощать электронные схемы управления жидкокристаллического дисплея, если есть возможность осуществить обратимый переход с помощью электрического поля (стирание). До недавних времен эту проблему решали следующим образом. Для записи информации использовали смектический А жидкий кристалл с большой положительной анизотропией диэлектрической проницаемости ($\Delta\epsilon > 0$) и, подавая высокочастотное поле (порядка несколько килогерц), осуществляли планарно-гомеотропный переход. Для стирания же использовали низкочастотное (например, 20 Гц) электрическое поле, которое вызывает электрогидродинамическую неустойчивость (ЭГДН), проявляющуюся как переход из гомеотропного в рассеивающее состояние. Подробную информацию о таком способе управления дисплеем можно найти в работе [1]. Недостаток этого способа состоит в том, что ЭГДН – это токовый эффект, который ограничивает долговременность работы дисплея из-за слабого химического разложения жидкого кристалла. Кроме того, потребляемая дисплеем энергия также увеличивается. Чтобы избежать это, в данной работе мы предлагаем использовать смектический А жидкий кристалл с частотной инверсией анизотропии диэлектрической проницаемости: выше частоты инверсии (f_0) $\Delta\epsilon > 0$, что позволяет осуществить планарно-гомеотропный переход. Ниже этой частоты $\Delta\epsilon < 0$, тогда возможно и можно осуществить также полевой эффект – гомеотропно-планарный переход. Кроме этого, были измерены некоторые характерные характеристики указанных эффектов.

2. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

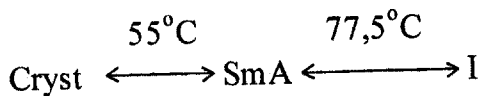
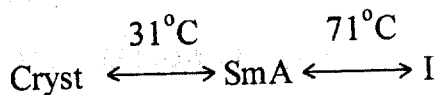
Первый смектический А жидкий кристалл с частотной инверсией диэлектрической проницаемости был предложен в работе [2]. Вещество было однокомпонентным и имело положительное значение $\Delta\epsilon$ ниже некоторой частоты f_0 и отрицательное значение $\Delta\epsilon$ выше f_0 . Предложенный нами смектический А жидкий кристалл проявляет противоположное свойство и является смесью двух смектических А жидких кристаллов



и
2.



с температурами фазовых переходов



в мольном соотношении 2:3

Измерение диэлектрической проницаемости жидкого кристалла было проведено традиционным способом как отношение емкостей заполненной и пустой ячейки:

$$\epsilon = \frac{C}{C_0}$$

.В случае планарной ориентации жидкого кри-

сталла получим ϵ_{\perp} , а в случае гомеотропной – ϵ_{\parallel} . Мост переменного тока Е8-2 позволяет с достаточной точностью измерять емкость ячейки в частотном интервале от 200 Гц до 10 кГц. Электрооптические характеристики были изучены на установке, собранной на основе поляризационного микроскопа Полам -111.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ.

На рис.1 показаны частотные зависимости ϵ_{\parallel} , ϵ_{\perp} и $\Delta\epsilon$ отдельных компонентов, а также их смеси в мольном соотношении 2:3. Как видно, анизотропия диэлектрической проницаемости меняет знак при частоте $f_0 \approx 850$ Гц. Выше этой частоты $\Delta\epsilon > 0$ и, начиная с частоты 1500 Гц, почти не меняет значение, а ниже f_0 , $\Delta\epsilon < 0$ и резко увеличивается по модулю с понижением частоты. Поэтому, порог планарно-гомеотропного эффекта выше 1500 Гц почти не зависит от частоты (для ячейки с толщиной 12

мкм она равна 180 В), а порог гомеотропно-планарного перехода резко падает с уменьшением частоты. На рис.2 показаны частотные зависимости порога гомеотропно-планарного перехода при разных толщинах.

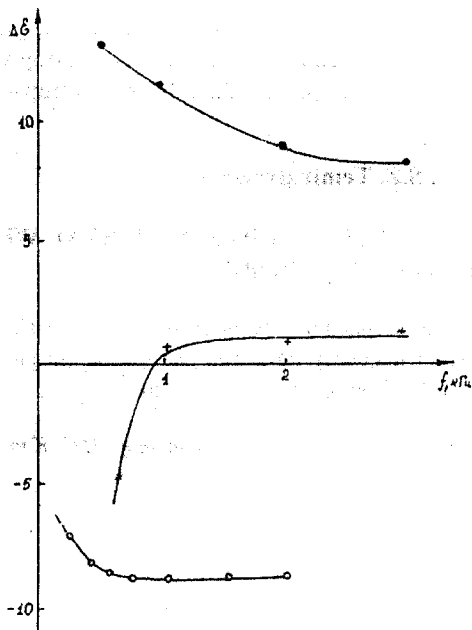


Рис. 1 Частотные зависимости анизотропии диэлектрической проницаемости жидких кристаллов 1 (○), 2 (●) и их смеси в мольном соотношении 2:3 (+)

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Вещества 1 и 2 сильно смектогенны и хорошо смешиваются, образуя смектическую А фазу в широком температурном интервале. Молекулы обоих веществ обладают сильной дипольной группой С-NO₂. Дипольный момент этой группы 4,1 D, почти параллелен длине оси молекулы 2 и образует угол 60° с осью молекулы 1. Поэтому ЖК 1 имеет большую отрицательную анизотропию диэлектрической проницаемости (Δε=-8,5), а для ЖК 2 Δε=+11,5 при частоте 1 кГц. Поэтому, можно предположить, что при концентрации, определяемой формулой, $x(-8,5) + (1-x)11,5 = 0$ ожидается компенсация Δε при частоте 1 кГц. Это уравнение дает $x_1 = x = 0,575$ и $x_2 = 1 - x = 0,425$ для ЖК 1 и ЖК 2, соответственно. А фазовая диаграмма показывает, что при $x_1 = 0,6$ и $x_2 = 0,4$ (т.е. $x_1 : x_2 = 3:2$) Δε меняет знак около частоты $\nu_0 = 850$ Гц, что неплохо согласуется с расчетными значениями.

В смеси имеются как продольные, так и поперечные диполи С-NO₂, и переориентация продольных диполей в электрическом поле затрудняется уже при очень низких частотах и при частоте 400 Гц релаксация $\epsilon_{||}$ почти завершается. А релаксация ϵ_{\perp} простирается вплоть до 1500 Гц. Разница в наклонах кривых $\epsilon_{||}(f)$ и $\epsilon_{\perp}(f)$ приводит к изменению знака Δε при указанной частоте. Причиной перехода молекул ЖК из гомеотропной ориента-

ции в планарную является и диэлектрический момент, а также момент, обусловленный анизотропией электропроводности. Для выяснения относительной роли каждого момента мы построили частотную зависимость порогового напряжения гомеотропно-планарного перехода в двойном логарифмическом масштабе. При низких частотах ($f \leq 200$ Гц) порог слабо растет с ростом частоты, что дает основания полагать, что переход обусловлен диэлектрическим моментом. Известно, что пороговое напряжение в этом случае определяется формулой Пароди [3]:

$$U_n^2 = \frac{8\pi W_a d}{|\Delta\epsilon| \ell}$$

где ℓ - длина молекулы, W_a - сумма упругой энергии и энергии, связанной с образованием дислокаций и дисклиний.

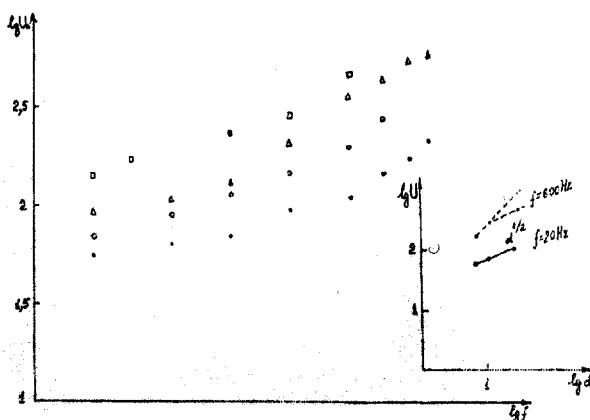


Рис.2. Частотные зависимости пороговых напряжений Гомеотропно-планарного перехода в смеси ЖК-1+ЖК-2 (2:3) при различных толщинах: на вставке к рисунку показана толщина зависимость порогового напряжения при разных частотах.

Слабый рост порогового напряжения с ростом частоты связан с уменьшением $|\Delta\epsilon|$. Это еще раз подтверждается тем, что при низких частотах U_n зависит от толщины ячейки по закону $d^{1/2}$.

При частотах, близких к частоте инверсии f_0 , наклон кривой становится равным единице. Это говорит о том, что $|\Delta\epsilon|$ приближается к нулю, и в гомеотропно-планарном переходе ответственным является токовый момент. Это соответствует результатам ранее проведенных измерений для порога ЭГДН в смектиках [1], которые интерпретируются авторами в рамках теории Герста-Гуссенса [4].

[1] D.F. Aliev, V.I. Aristov, V.V. Mitrokhin, V.P. Sevostyanov. Displays, 1991, №4, pp.86-90
 [2] D. Coates. Mol.Cryst.Liq.Cryst. (lett), 1978, v.49, pp.8

[3] O. Parodi. Solid State Commun. 1972, 11, pp.1503-1507
 [4] J.A. Guerst, W.J. Gossens. J.Phys. 1972, 41A, pp.369-371

A.R. İmaməliyev, Ş.Ş. Şıxəlibəyli, M.B. Babanlı, S.Z. Temirniyazova

DİELEKTRİK ANİZOTROPİYASI İNVERSİYASI XASSƏSİNƏ MALİK OLAN SMEKTİK A MAYE KRİSTALDA DÖNƏR YADDAŞLI ELEKTROOPTİK EFFEKT

Əks işarəli dielektrik anizotropiyasına ($\Delta\epsilon$) malik iki maye kristalı qarışdırmaqla tezlik inversiyalı dielektrik anizotropiyasına malik smektik A maye kristal alınmışdır. İnversiya tezliyindən yuxarıda $\epsilon\Delta > 0$ olur ki, bu həmin tezliklərdə planar – homeotrop keçid həyata keçirməyə imkan verir. Həmin tezlikdən aşağı tezliklərdə ($\Delta\epsilon < 0$) əks istiqamətdə yenə də sırf sahə keçidi – homeotrop – planar keçid yaratmaq olur.

A.R. Imamaliyev, Sh.Sh. Shikhalibeyli, M.B. Babanlı, S.Z. Temirniyazova

THE REVERSIBLE ELECTROOPTIC EFFECT WITH MEMORY IN SMECTIC A LIQUID CRYSTAL WITH FREQUENCY INVERSED DIELECTRIC CONSTANT ANISOTROPY

The smectic A liquid crystal with frequently inversed dielectric anisotropy ($\Delta\epsilon$) has been obtained by mixing of two liquid crystals having the opposite signs of dielectric anisotropy. At the frequencies higher than inversion frequency $\epsilon\Delta > 0$ and one can realise planar - homeotropic transition. Bellow the inversion frequency $\epsilon\Delta < 0$ and it is possible to realize the homeotropic-planar transition.

Дата поступления: 25.12.2000

Редактор: Ч.О. Каджар