

УДК 532.783

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ БИНАРНОЙ СИСТЕМЕ

А.Ц. САРКИСЯН, З.В. БАГДАСАРЯН, К.К. ВАРДАНЯН,
Л.С. БЕЖАНОВА, С.М. ЯЙЛОЯН

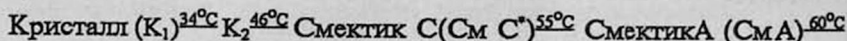
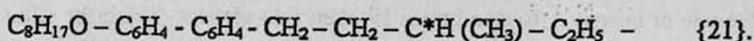
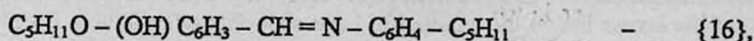
Институт прикладных проблем физики НАН Армении

(Поступила в редакцию 30 августа 1998 г.)

Проведено исследование некоторых особенностей сегнетоэлектрического фазового перехода в жидкокристаллической бинарной системе. Показано, что в исследуемой системе ответственными за возникновение спонтанной поляризации являются, в основном, флексоэлектрические эффекты.

Известно, что одним из важных физических параметров сегнетоэлектрических жидких кристаллов (С*ЖК) является диэлектрическая проницаемость. Возникновение спонтанного дипольного упорядочения в сегнетоэлектрических жидких кристаллах сопровождается аномалиями температурных и частотных зависимостей диэлектрической проницаемости в направлении, перпендикулярном оси геликоида, а ее величина зависит как от амплитуды и частоты измерительного поля, так и от близости к температуре перехода смектик С* – смектик А и от волнового числа геликоида. В настоящей работе методом диэлектрических измерений проведено исследование некоторых особенностей сегнетоэлектрического фазового перехода в сегнетоэлектрической бинарной системе, где в качестве смектической матрицы выбрана 4-пентил-N-(4-пентилокси-2-гидроксипензидилден) амино – {16}, а в качестве хиральной добавки – 4-(d-3-метилпентил)-4'-оксилоксибифенил – {21}(20%).

Ниже приведены химические формулы компонентов и температуры фазовых переходов исследованной системы:



Хиральный нематик (ХН)^{45°C} Изотропная жидкость (ИЖ) – {16}/{21}(20%).

Диэлектрические измерения проводились с помощью устройства типа TR-9701, действующего по принципу мостов Шеринга. Для проведения эксперимента изготавливались ячейки типа "сэндвич". Планарную ориентацию получали предварительной обработкой поверхностей ячеек. Диэлектрическим измерениям подвергались образцы с толщиной 10 мкм. Так как влияние амплитуды измерительного поля особенно существенно на низких частотах, то при снятии температурных зависимостей поперечной составляющей диэлектрической проницаемости (ϵ_1) на малых частотах использовалось малое измерительное поле напряженностью $E \approx 20 \text{ В}\cdot\text{см}^{-1}$, что на порядок меньше величины критического поля.

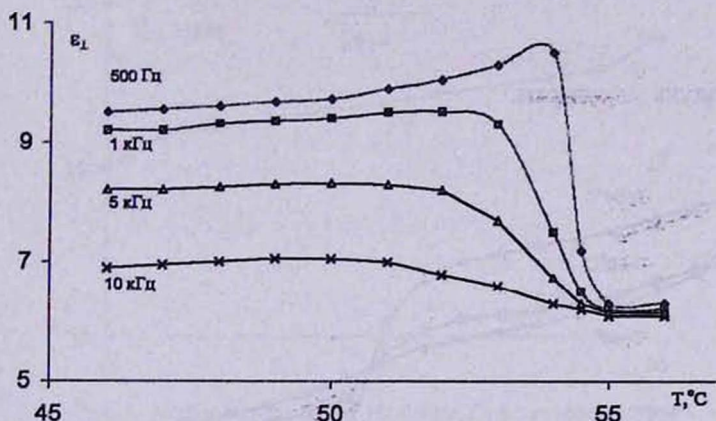


Рис.1. Зависимости поперечной составляющей диэлектрической проницаемости от температуры при различных частотах в сегнетоэлектрической фазе бинарной системы {16}/{21}(20%).

На рис.1 приведены температурные зависимости ϵ_1 в системе {16}/{21}(20%) для разных частот. Как видно из рисунка, температурные зависимости ϵ_1 по-разному ведут себя в окрестности перехода $\text{СмС}^* - \text{СмА}$. На низких частотах кривая зависимости ϵ_1 проходит через максимум вблизи точки перехода, а с повышением частоты максимумы вырождаются и смещаются в сторону низких температур. Такое поведение ϵ_1 в зависимости от частоты объясняется тем обстоятельством, что с увеличением температуры частоты релаксации системы сдвигаются в сторону низких частот (см. рис.2). Характерное время релаксации ($\tau = 1/2\pi f_{\text{рел}}$) ансамбля постоянных диполей в $\text{С}^*\text{ЖК}$ в статическом случае

определяется из выражения для диэлектрической проницаемости [1]:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} + \frac{2\pi\chi^2\mu_1|\mu_1 - \mu_2q_0|}{\gamma_1(1/\tau^2 + \omega^2)^{1/2}}, \quad (1)$$

где χ – диэлектрическая восприимчивость, μ_1 – коэффициент линейного пьезоэффекта, μ_2 – коэффициент флексоэлектрического эффекта, q_0 – волновой вектор спирали, γ_1 – коэффициент вращательной вязкости, ε_{∞} – диэлектрическая проницаемость, связанная со смещением в измерительном поле индуцированных диполей и компонент постоянных диполей молекул, направленных параллельно длинным осям молекул, τ – время релаксации в сегнетоэлектрической фазе и определяется следующим образом:

$$\tau = \frac{\gamma_1}{k_3 q_0^2}, \quad (2)$$

где k_3 – модуль упругости.

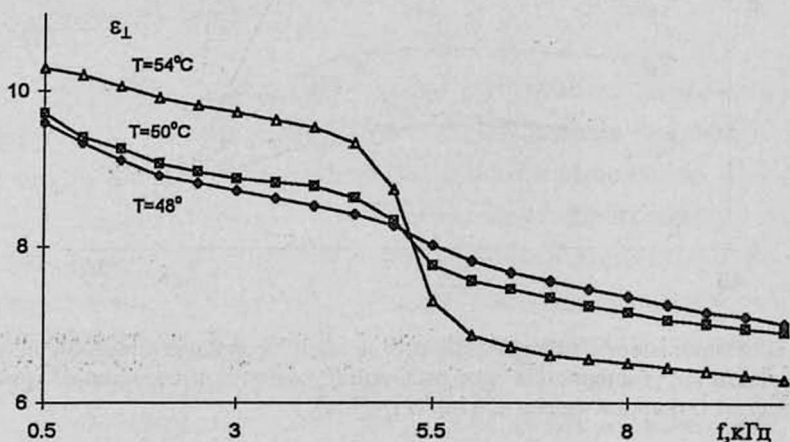


Рис. 2. Частотные зависимости поперечной составляющей диэлектрической проницаемости при различных температурах в сегнетоэлектрической фазе бинарной системы {16}/{21} (20%).

Как видно из формулы (1), величина дисперсии ε в сегнетоэлектрической фазе определяется соотношением между пьезомодулями μ_1 и μ_2 , отвечающими пьезоэффектам различного типа, и величиной времени релаксации τ , которая, в свою очередь, определяется зависимостью шага спирали от температуры. Из приведенных выше экспериментальных данных следует, что в области низких частот имеют место релаксационные процессы, соответствующие, по-видимому, смещениям боль-

ших ансамблей молекул за счет взаимодействия их постоянных диполей с внешним электрическим полем. Макроскопически это взаимодействие проявляется в периодическом изменении шага геликоида, причем молекулы согласованно перемещаются по коническим поверхностям, оставляя угол наклона молекул к смектическим слоям постоянным. Для подтверждения правильности этого описания с помощью метода поляризационной микроскопии была определена температурная зависимость шага геликоида в исследованной системе (измерялись расстояния между параллельными доменами в планарной текстуре, когда ось геликоида параллельна подложкам) (см. рис.3). Как видно из рис.1, 3, температурные зависимости ε_1 и шага геликоида в системе весьма схожи.

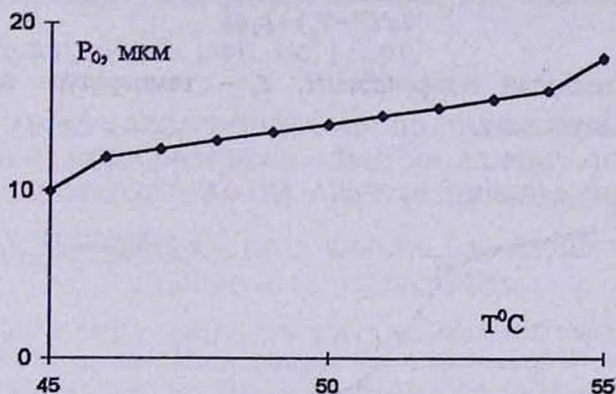


Рис.3. Зависимость шага спирали P_0 от температуры в бинарной системе {16}/{21}(20%).

Из рис.1 видно, что в СМА фазе вблизи температуры перехода наблюдается слабая дисперсия ε_1 . Наложение переменного измерительного поля в СМА фазе затрудняет свободное вращение молекул вокруг своих длинных осей и вызывает появление одной поперечной поляризации. В этом случае, согласно принципу Неймана, симметрия системы должна понизиться до группы симметрии 2 и директор n отклоняется на угол θ в плоскости, перпендикулярной оси 2 (так называемый пьезоэффект в СМА фазе [2]). Поле в этом случае вызывает модуляцию угла θ и изменение поляризации ($P \sim \chi \mu_1 \theta$) по амплитуде с частотой ω . Этот процесс характеризуется определенной частотой релаксации $\omega_{rel} = 2\pi f_{rel}$. При $\omega < \omega_{rel}$ следовало ожидать дисперсию величины ε , что и наблюдается на рис.1. Как видно из рис.4, слабая дисперсия на-

блюдается также в частотной зависимости ε_1 в СМА фазе вблизи точки перехода. При этом частота дисперсии ε_1 в СМА фазе примерно на порядок меньше, чем в СМС* фазе. Этот результат имеет определенную физическую интерпретацию, если обратить внимание на выражение для ε , полученное (как и в случае СМС* фазы) из выражения для плотности свободной энергии в СМА фазе [1]:

$$\varepsilon - \varepsilon_\infty = \frac{4\pi\chi^2\mu_1^2}{\gamma_1(1/\tau_1^2 + \omega^2)^{1/2}} \quad (3)$$

Здесь τ_1 – время релаксации в СМА фазе и выражается следующим образом:

$$\tau_1 = \frac{\gamma_1}{2a'(T - T_c) + k_3 q_0^2}, \quad (4)$$

где a' – постоянный коэффициент, T_c – температура перехода в параэлектрическую фазу.

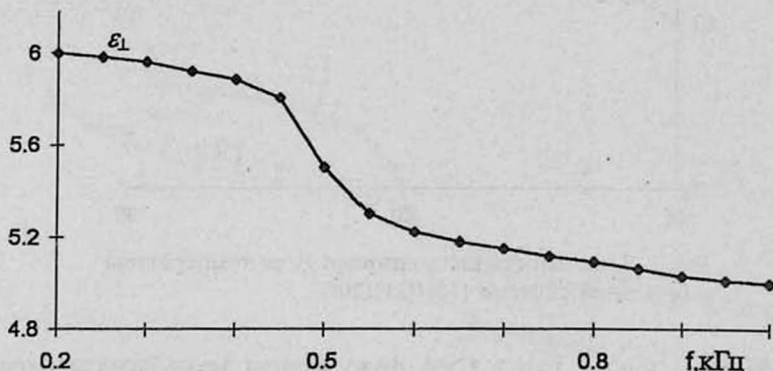


Рис.4. Частотная зависимость поперечной составляющей диэлектрической проницаемости при температуре $T=56^\circ\text{C}$ в смектической А-фазе бинарной системы {16}/{21}(20%).

Сравнивая (3) с выражением

$$\varepsilon = \varepsilon_\infty + \frac{2\pi\chi^2\mu_1\mu_2q_0}{\gamma_1(1/\tau^2 + \omega^2)^{1/2}}, \quad (5)$$

которое было получено из выражения (1) с учетом оценки отношения двух пьезомодулей

$$\frac{\mu_2 q_0}{\mu_1} \approx 10, \quad (6)$$

представленной в работе [3], убеждаемся, что, вследствие выполнения условия (6) дисперсия ϵ_1 в СМА фазе примерно на порядок меньше, чем в СМС* фазе. Это согласуется с результатами эксперимента (см. рис.2,4). Таким образом, для исследованной системы условие (6) соблюдается, и можно указать на то, что в бинарной системе {16}/{21}(20%) возникновение спонтанной поляризации и дисперсия ϵ_1 в сегнетоэлектрической фазе, в основном, обусловлены флексоэлектрическими эффектами. А в СМА фазе, как видно из выражения (3), определяющую роль в вышеуказанных процессах играет линейный пьезоэффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.А.Пикин, В.Л.Инденбом. УФН, 125, 251 (1978).
2. Р.Блинц, Б.Жекш. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. М., Мир, 1976.
3. Г.С.Чилая, В.Г.Чигринов. УФН, 163, 1 (1993).

ՀԵՂՈՒԿ ԲՅՈՒՐԵՂԱԿԱՆ ԲԻՆԱՐ ՀԱՍՏԱՐԳՈՒՄ
ՍԵԳՆԵՏԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՓՈԽԼԱՅԻՆ ԱՆՑԱՆ ՈՐՈՇ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա.Յ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Զ.Վ. ԲԱԳԴԱՍԱՐՅԱՆ, Կ.Կ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ,
Լ.Ս. ԲԵՅՀԱՆՈՎԱ, Ս.Ս. ՅԱՅԼՈՅԱՆ

Կատարված է հեղուկ բյուրեղական փնաք համակարգում սեգնետաէլեկտրական փուլային անցման դրոշ առանձնահատկությունների հետազոտություն: Ցույց է տրված, որ հետազոտված համակարգում սպոնտան բևեռացման առաջացման համար, հիմնականում, պատասխանատու են ֆլեքսոէլեկտրական էֆեկտները:

INVESTIGATION OF SOME FEATURES OF FERROELECTRIC PHASE TRANSITION IN A LIQUID-CRYSTAL BINARY SYSTEM

A.TS. SARKISSYAN, Z.V. BAGHDASARYAN, K.K. VARDANYAN,
L.S. BEZHANOVA, S.M. YAYLOYAN

Investigation of some features of the ferroelectric phase transition in a liquid-crystal binary system is carried out. It is shown that in investigated system the flexoelectric effects are responsible, in basic, for occurrence of the spontaneous polarization.