

О НЕКОТОРЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СМЕКТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА.

Х.Ф. АББАСОВ, Г.М. БАЙРАМОВ, К.М. БУДАГОВ

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

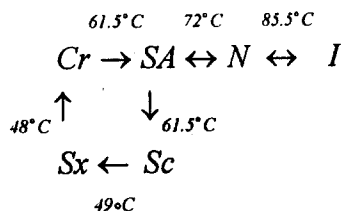
Изучены частотные зависимости компонент диэлектрической проницаемости и диэлектрической анизотропии, построены соответствующие диаграммы Коул-Коула смектических А и С фаз жидкого кристалла.

Определены параметры распределения, время релаксации для планарной и гомеотропной текстур этих смектических жидкокристаллических мезофаз.

Смектические жидкие кристаллы при использовании в практических целях должны удовлетворять определенным требованиям [1,2]. Таковыми являются, например, низкие пороговые напряжения используемого эффекта, долгая память, высокое быстродействие и т.д., которые так или иначе обусловлены материальными параметрами вещества [3]. Важными из них являются компоненты диэлектрической проницаемости, диэлектрическая анизотропия, анизотропия электропроводности. Изучение частотной, температурной зависимости указанных параметров дает возможность выяснить роль молекулярных фрагментов в образовании смектических мезофаз [4].

В данной работе рассмотрены частотные зависимости компонент диэлектрической проницаемости и диэлектрической анизотропии, построены соответствующие диаграммы Коул-Коула для смектических А и С фаз но-нилоксифенилового эфира бутилоксибензойной кислоты.

Температуры фазовых переходов следующие:



Исследованное вещество проявляло смектические А и С фазы в широком температурном интервале.

Эксперименты проводились на установке, собранной на основе поляризационного микроскопа. Для измерения диэлектрической проницаемости и электропроводности при различных частотах электрического поля воспользовались компенсационным методом. Точность измерений составляла $\Delta c \approx \pm 1 \text{ pF}$ и $\Delta \sigma \approx \pm 0,01 \mu\text{S}$.

Планарная текстура была получена либо исходным натиранием поверхности электродов тканью, либо из гомеотропной текстуры посредством подачи электрического поля.

Гомеотропная текстура была достигнута в ряде случаев легированием вещества $\approx 1\%$ гексилоксибензойной

кислоты (ГОВК) или из планарной текстуры посредством подачи электрического поля.

По теории Дебая частотная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости ($\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$) задается формулой [4]:

$$\epsilon^* = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_{CT} - \epsilon_{\infty}}{1 + i\omega\tau} \quad (1)$$

где, ϵ_{∞} - высокочастотное, ϵ_{CT} - статическое значения диэлектрической проницаемости, ω - круговая частота электрического поля, τ - время релаксации.

Или после разделения ϵ^* на действительную и мнимую части получим:

$$\epsilon' = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_{CT} - \epsilon_{\infty}}{1 + \omega^2\tau^2} \quad (2)$$

$$\epsilon'' = \frac{\epsilon_{CT} - \epsilon_{\infty}}{1 + \omega^2\tau^2} \cdot \omega\tau \quad (3)$$

График зависимости ϵ'' от ϵ' при строгом выполнении теории Дебая представляет собой полуокружность, которая и называется диаграммой Коул-Коула. Точки пересечения полуокружности с осью ϵ' дают значения ϵ_{∞} (близкие к началу координат) и ϵ_{CT} (дальше от начала координат).

Измерив емкость C и электропроводность σ при различных частотах, определяем ϵ' и ϵ'' :

$$\epsilon' = \frac{d}{\epsilon_0 S} C \quad \epsilon'' = \frac{d}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{\delta}{\omega} \quad (4)$$

По максимуму зависимости ϵ'' от ω определяется время релаксации $\tau_{\text{рел}} = 1/\omega_{\text{д}}$

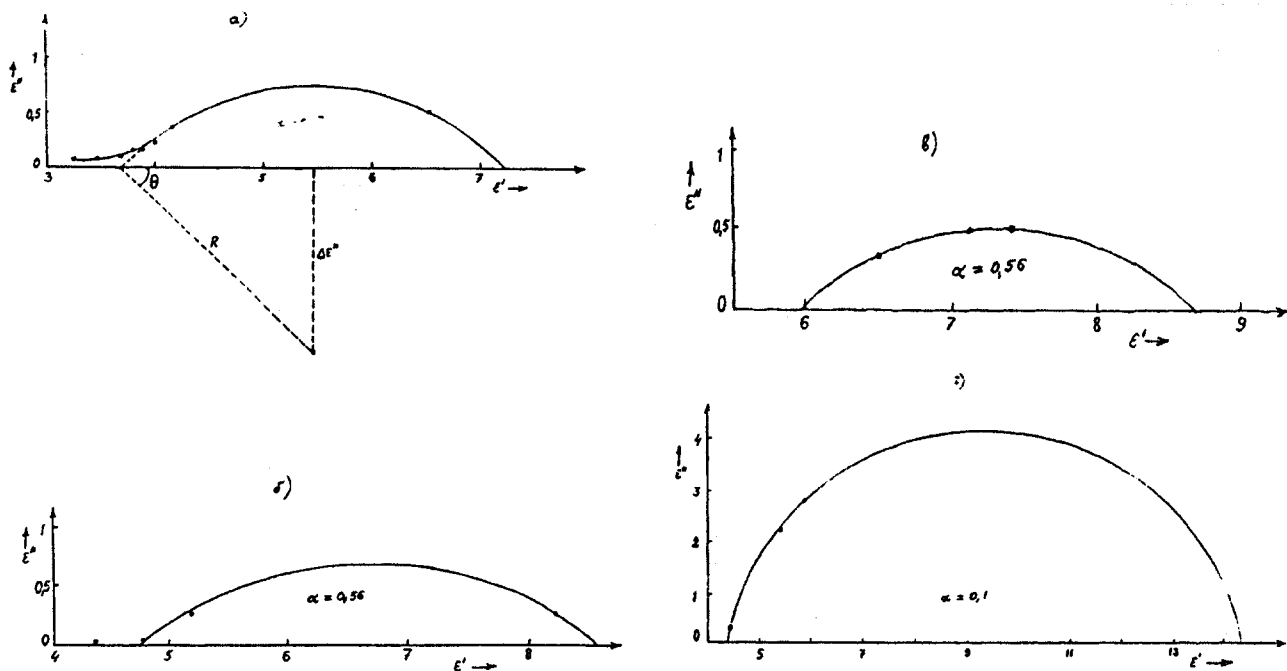


Рис.1 Диаграммы Коул-Коула для гомеотропной (а) и планарной текстуры (б) смектика А при температуре 64°C и для соответствующих текстур смектика С при температуре 56°C (в) и (г).

Следуя вышеуказанной модели, были построены диаграммы Коул-Коула для исследованного вещества (рис.1)

Видно, что центры полуокружностей смещены вниз относительно оси абсцисс. Это можно объяснить существованием нескольких времен релаксаций. В этом случае зависимость комплексной диэлектрической проницаемости задается формулой, предложенной К.Коул и Р.Коул:

$$\epsilon^* = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_{CT} - \epsilon_\infty}{1 + (i\omega\tau)^{1-\alpha}} \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (5)$$

где α - параметр распределения времен релаксации. Когда $\alpha=0$, формула (5) переходит в (1), процесс релаксации протекает с одним временем. С ростом α диапазон распределения времен релаксации расширяется.

Из графика по смещению $\Delta\epsilon''$ или по углу θ легко можно определить α (рис.1).

$$\Delta\epsilon'' = \frac{\epsilon_{CT} - \epsilon_\infty}{2} \text{ctg}(1 - \alpha) \quad \alpha = \theta/(\pi/2) \quad (6)$$

Таким образом определенные значения параметра α зависят от температуры, текстуры жидкокристаллической фазы: $\alpha \approx 0,5$ для гомеотропной текстуры S_A при 64°C и $\alpha = 0,56$ для планарной текстуры S_A при той же температуре. Для гомеотропной текстуры S_C при 56°C $\alpha = 0,56$. Для планарной текстуры S_C при этой же температуре $\alpha = 0,1$. Последнее значит, что вращение по образующей конуса энергетически более выгодно и проходит с почти одним временем релаксации.

Значения статической (ϵ_{CT}) и высокочастотной диэлектрических проницаемостей (ϵ_∞) зависят от текстуры, температуры и вида жидкокристаллической фазы.

В планарной текстуре смектической А фазы значения этих параметров превышают значения соответствующих величин для гомеотропной текстуры. Это обусловлено поперечным дипольным моментом молекул рассматриваемого жидкого кристалла: $\mu(\text{COO}) \approx 2,3 \text{ D}$ [5].

В смектике С значения ϵ_∞ и ϵ_{CT} для гомеотропной текстуры растут по сравнению со смектиком А. Это связано с тем, что с переходом в смектик С вклад $\mu(\text{COO})$ в $\epsilon_{ГОМ}$ растет.

При частоте $\approx 75000 \text{ Гц}$ наблюдается частотная инверсия знака диэлектрической анизотропии в смектической С фазе с отрицательного на положительный (рис.2). Причиной этого является более сильный рост $\epsilon_{ГОМ}$ с частотой, нежели $\epsilon_{ПЛАН}$. При относительно высоких частотах в S_C ($\epsilon \cong \epsilon_\infty$) значение $\epsilon_{ГОМ}$ превышает значение $\epsilon_{ПЛАН}$ приблизительно на $\approx 1,8$. Смектические жидкие кристаллы с частотной инверсией диэлектрической проницаемости позволяют на практике избежать нежелательных токовых явлений и работать на чисто полевых эффектах.

Как это следует из диаграмм Коул-Коула в рассмотренном диапазоне частот с ростом частоты ϵ'' растет, и по максимальным значениям ϵ'' методом экстраполяции определяли Дебаевские времена релаксации:

$$\begin{aligned} \tau_D(S_{Ahom}) &\approx 1.3 \mu\text{s} , \\ \tau_D(S_{Aplan}) &\approx 1.2 \mu\text{s} , \\ \tau_D(S_{Chom}) &\approx 1.6 \mu\text{s} , \\ \tau_D(S_{Cplan}) &\approx 1.1 \mu\text{s} \end{aligned}$$

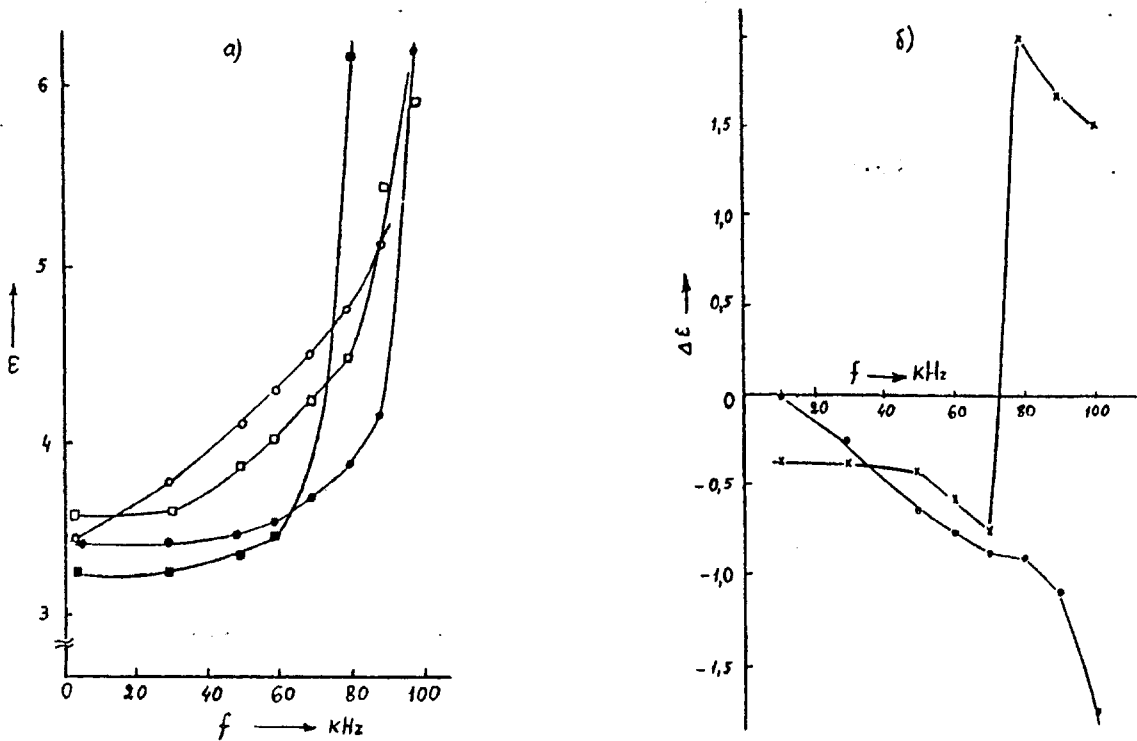


Рис.2 Частотные зависимости: а) продольного компонента диэлектрической проницаемости ($\epsilon_{||}$) смектика А "•", смектика С "•" и поперечного компонента (ϵ_{\perp}) для смектика А "○" и смектика С "□"; б) диэлектрической анизотропии ($\Delta\epsilon$) для смектика А "•" и смектика С "х".

Видно, что, вращение молекул по образующей конуса в планарной текстуре смектической С фазы происходит легче и быстрее по сравнению с остальными случаями как и было отмечено нами выше. Вращение молекул вокруг короткой оси затруднено. Влияние температуры на

времена релаксации в рассмотренном интервале температур незначительно. Эксперименты по выявлению механизма релаксации и дисперсии диэлектрической проницаемости смектиков рассмотренного класса, а также других типов продолжаются.

- [1] W. H. de Jeu, "Physical Properties of Liquid Crystalline Materials", Gordon and Breach, New York, 1980, p.49ff.
- [2] Л.М. Блинов, "Электро и магнитооптика жидких кристаллов", Москва, "Наука", 1978.
- [3] G.Durand, "Optical Applications of Liquid Crystals, Polymers, Liquid Crystals and Low-Dimensional Solids", p.239, 1984.

- [4] H.Kresse, "Dielectric Behaviour of Liquid Crystals", Fortschritte der Physik, 30, 1982, 10, 507-582.
- [5] X.Ф.Аббасов, Г.М.Байрамов, "Физика", АН Аз. Республики, №2, 1999

X.F. Abbasov, Q.M. Bayramov, K.M. Budaqov

SMEKTIK MAYE KRİSTALIN BƏ'Zİ XASSƏLƏRİ BARƏDƏ

Maye kristalın smektik A və C fazalarının dielektrik nüfuzluluğunun komponentləri və dielektrik anizotropiyasının tezlik asılılıqları öyrənilmiş, uyğun Koul-Koul diaqramları qurulmuşdur. Bu smektik maye kristal mezofazalarının planar və homeotrop teksturaları üçün paylanma parametrləri və relaksasiya müddətləri təyin edilmişdir.

Abbasov H.F., Bayramov G.M., Budagov R.M.

ON SOME DIELECTRIC PROPERTIES OF THE SMECTIC LIQUID CRYSTAL

The frequency dependence of the dielectric constant and dielectric anisotropy permittivities components, and its anisotropy of the smectic A and C liquid crystals were studied, the Coul-Coul diagrams are constructed. The distribution parameters and the relaxation time for planar and homeotrop textures of this smectic liquid crystals are defined.

Дата поступления: 11.03.00

Редактор: Ч.О. Каджар