

УДК 544.25

АНИЗОТРОПИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ НА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ

Д.Л. Богданов, В.А. Емельянов, А.В. Шубин

*Московский государственный областной университет
105005, Москва, ул. Радио, 10а*

Аннотация. Измерены диэлектрические проницаемости ориентированных магнитным полем нематических жидких кристаллов ЖК-1282, ЖК-440 и Н-37 в СВЧ-диапазоне при атмосферном давлении в интервале температур 293-350К. У всех исследуемых жидких кристаллов зависимость диэлектрических проницаемостей ϵ_{\perp} и ϵ_{\parallel} от температуры выражена слабо. У жидких кристаллов Н-37 и ЖК-1282 на частоте 30 ГГц наблюдается анизотропия $\Delta\epsilon$ с противоположным знаком. У ЖК-440 смены знака на данной частоте не наблюдается.

Ключевые слова: Жидкие кристаллы, ЖК-440, ЖК-1282, Н-37, диэлектрическая проницаемость, анизотропия диэлектрической проницаемости, сверхвысокие частоты, смена знака $\Delta\epsilon$.

В жидкостях с неполярными молекулами результаты измерения диэлектрической проницаемости на низких частотах совпадают со значениями, полученными при измерениях в статических полях. В случае с жидким кристаллом (ЖК) получение достоверного значения для диэлектрической проницаемости на низких частотах весьма затруднительно, т.к. его молекулы обладают собственным дипольным моментом, обуславливающим наличие у вещества ориентационной поляризации. При этом молекулы испытывают значительное дезориентирующее влияние из-за наличия теплового движения и многочисленных течений, возникающих в жидкости.

С увеличением частоты внешнего переменного поля диполи молекул не успевают следовать за изменениями поля и на первый план выступают деформационные механизмы поляризации. Таким образом, при высоких частотах ориентационными явлениями можно пренебречь.

Практический интерес представляет собой измерение зависимости анизотропии диэлектрической проницаемости жидкого кристалла, ориентированного магнитным полем от температуры в области сверхвысоких частот.

В качестве исследуемых веществ были взяты жидкие кристаллы Н-37, ЖК-440 и ЖК-1282. Измерения проводились на частоте 30 ГГц в интервале температур 293-350К при атмосферном давлении методом вариации толщины образца [7, с. 191-193, 206-209].

Выбор ЖК Н-37, ЖК-440 и ЖК-1282 в качестве объектов исследования обусловлен следующим:

- а) их научно-прикладной значимостью, так как данные вещества имеют широкий температурный интервал существования нематической фазы и нашли техническое применение в устройствах отображения информации;
- б) обладают разными знаками анизотропии диэлектрической проницаемости;

в) составляющие смесей являются наиболее изученными жидкими кристаллами, что позволяет привлекать дополнительную информацию для теоретического анализа.

ЖК-1282 обладает положительной анизотропией диэлектрической проницаемости, представляет собой смесь алкоксицианбифенилов, массовая доля которых в смеси 80%, эфира Демуса, массовая доля которого 16% и эфира Грея, составляющего 4% от общей массы смеси [4].

ЖК-440 обладает отрицательной анизотропией диэлектрической проницаемости и представляет собой смесь п-н-бутил-п-метоксиазоксибензола [БМОАБ] (67%) и н-бутил-п-гептаноилоксиазоксибензола [БГОАБ] (33%) [4].

ЖК Н-37 обладает отрицательной анизотропией диэлектрической проницаемости, представляет собой бинарную смесь п-4-метоксибензилиден-4-п-бутиланилина (МББА) и 4-этоксибензилиден-4-п-бутиланилина (ЭББА)[5]. Молярное соотношение компонент в Н-37-1:1.

На рис. 1-3 изображены графики зависимости диэлектрических проницаемостей ϵ_{\perp} и ϵ_{\parallel} от температуры для жидких кристаллов Н-37, ЖК-1282 и ЖК-440 на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении. Пунктирной линией обозначен фазовый переход ЖК в изотропную жидкость.

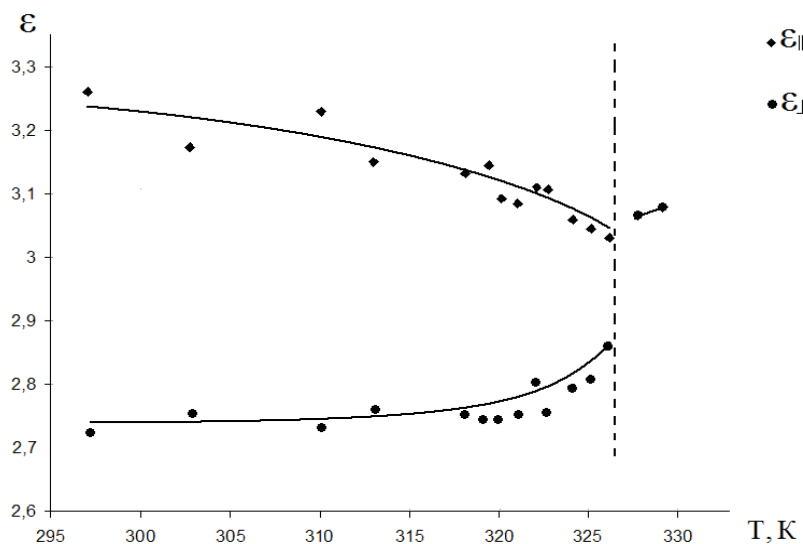


Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для жидкого кристалла Н-37, на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении

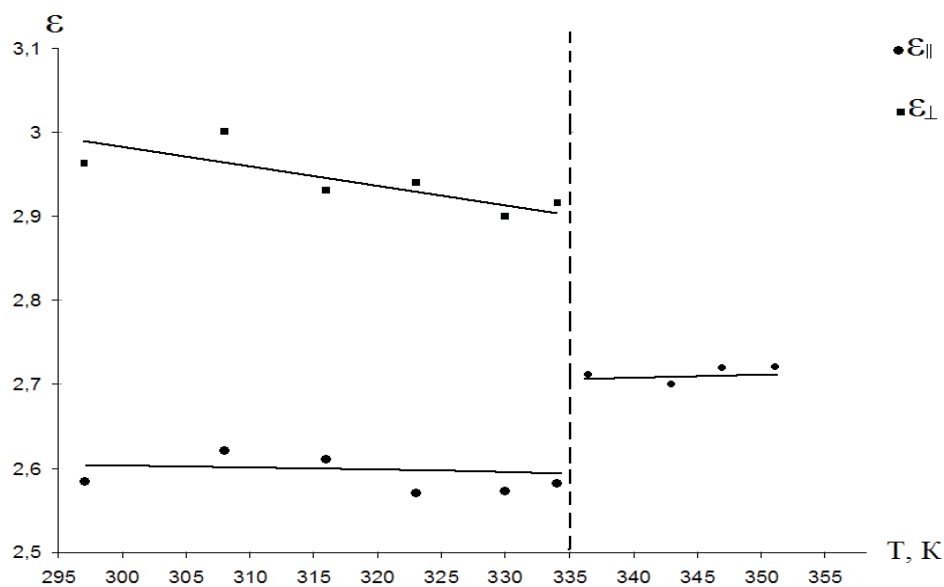


Рис. 2. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для ЖК-1282 на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении

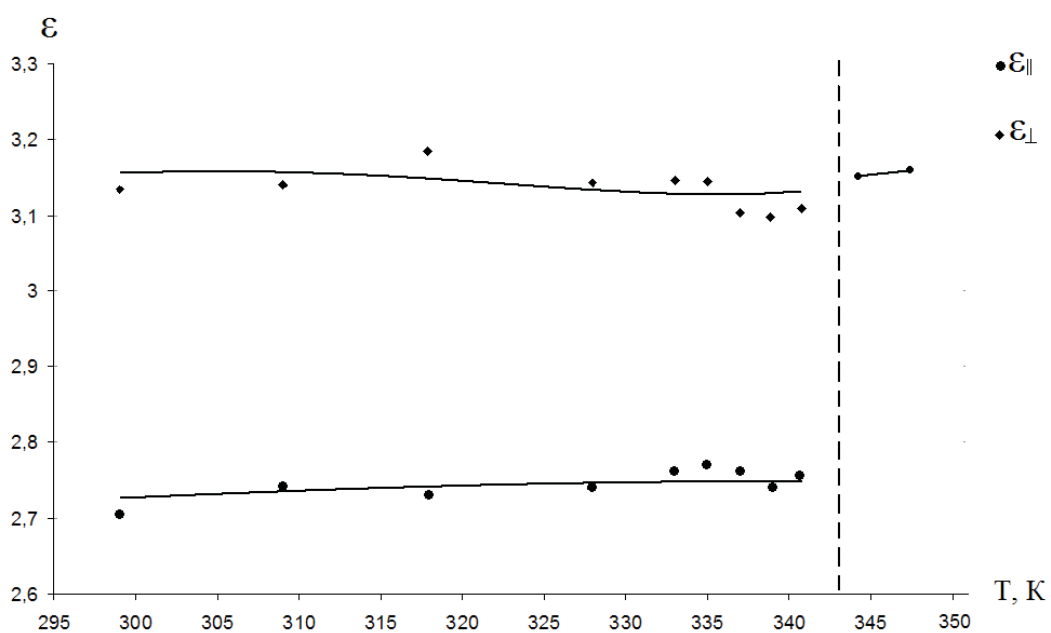


Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для ЖК-440 на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении

Из графиков, представленных на рисунках видно, что диэлектрические проницаемости ϵ_{\perp} и $\epsilon_{||}$ у всех трёх исследуемых ЖК слабо зависят от температуры. Это связано с тем, что в области высоких частот выступают на первый план деформационные меха-

низмы поляризации диэлектрика, характерной особенностью которых является малая инерционность. А ориентационные механизмы поляризации, на которые оказывает большое дезориентирующее действие тепловое движение молекул, что и обуславливает зависимость диэлектрической проницаемости от температуры на высоких частотах, из-за большой инерционности, проявляются слабо [8, с. 24-25, 51]. После фазового перехода значение диэлектрической проницаемости не зависит от направления магнитного поля.

На рис. 4-6 изображены графики зависимости анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$ от температуры для жидких кристаллов Н-37, ЖК-1282 и ЖК-440 на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении. Пунктирной линией обозначен фазовый переход ЖК в изотропную жидкость.

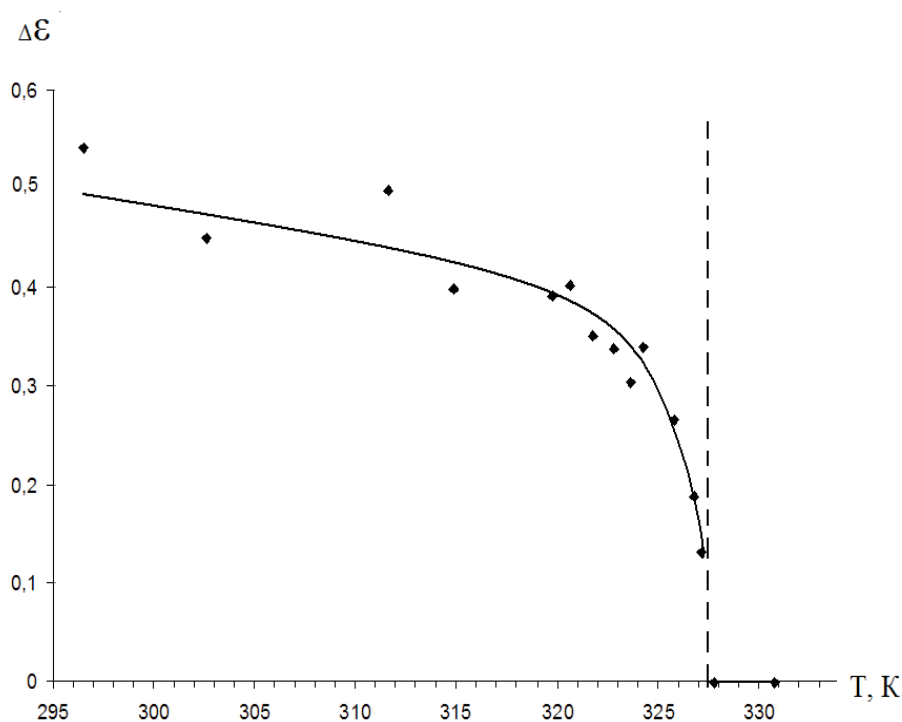


Рис. 4. Зависимость анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$ от температуры для ЖК Н-37 на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении

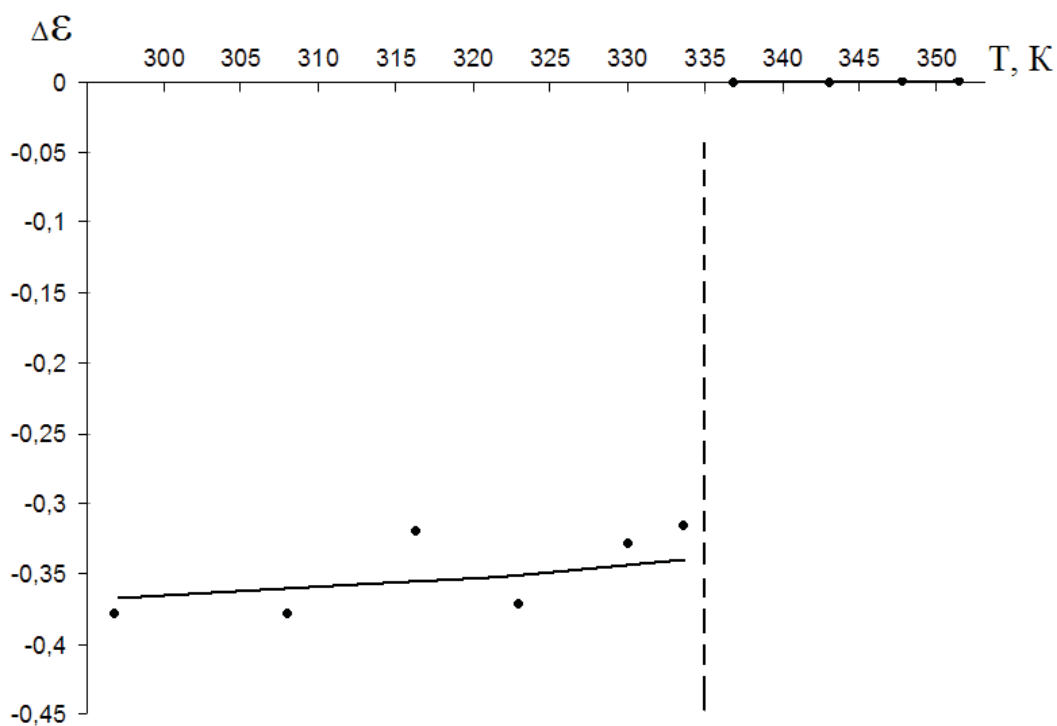


Рис. 5. Зависимость анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$ от температуры для ЖК-1282 на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении

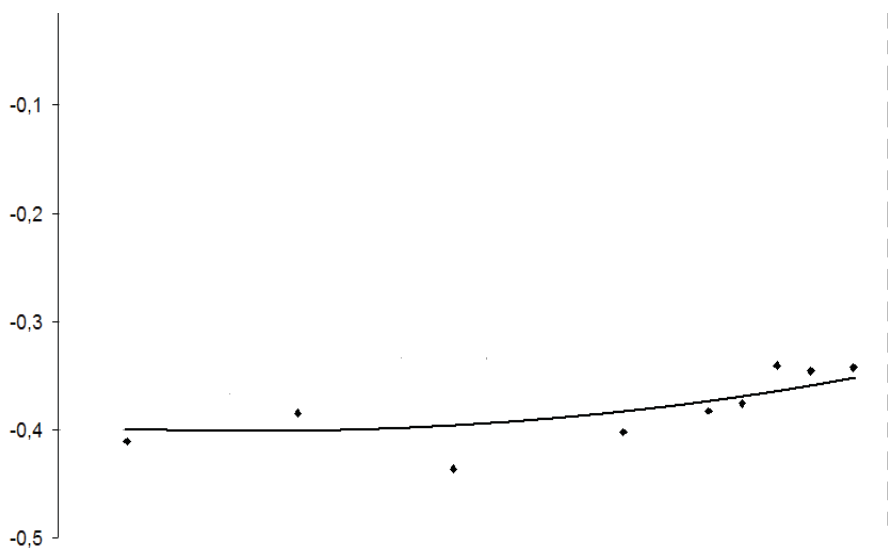


Рис. 6. Зависимость анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$ от температуры для ЖК-440 на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении

Из графиков, представленных на рис. 4-6 видно, что анизотропия диэлектрической проницаемости ЖК Н-37 на частоте 30 ГГц положительна, с ростом температуры её значение уменьшается и становится равным нулю при фазовом переходе ЖК в изотропную жидкость. У ЖК-440 и ЖК-1282 анизотропия диэлектрической проницаемости на частоте 30 ГГц отрицательна и менее выражено зависит от температуры, скачкообразно уменьшаясь до нуля при фазовом переходе.

Анизотропия диэлектрической проницаемости у жидкого кристалла Н-37 на низких частотах отрицательна, у ЖК-1282 – положительна [4,5]. Из рис. 5,6 видно, что на частоте 30 ГГц для двух данных веществ наблюдаются противоположные знаки анизотропии $\Delta\epsilon$. Это объясняется следующим.

Для большинства материалов диэлектрическая проницаемость в случае переменных электрических полей зависит от частоты [1, с.13]. Наличие анизотропии диэлектрической проницаемости НЖК и её дисперсия объясняется в рамках ориентационно - дипольных представлений. При этом ϵ_{\perp} отвечает механизму ориентационной поляризации НЖК, связанному с поворотами жёстких стержнеобразных молекул вокруг длинной, а ϵ_{\parallel} – вокруг короткой оси [6]. С увеличением частоты из-за инерционности молекулярных вращений оси молекул не успевают следовать за изменениями направления поля, в связи с чем уменьшается вклад соответствующего вида вращения в ориентационную поляризацию вещества и значения ϵ_{\perp} и ϵ_{\parallel} становятся зависящими только от деформационных механизмов поляризации молекул ЖК. Такая дисперсия диэлектрических проницаемостей ϵ_{\perp} и ϵ_{\parallel} в жидких кристаллах как с положительной, так и с отрицательной анизотропией является причиной уменьшения положительных величин $\Delta\epsilon > 0$ и возрастания отрицательных значений $\Delta\epsilon < 0$, что при дальнейшем увеличении частоты, в ряде случаев, приводит к инверсии знака $\Delta\epsilon$ [3, с. 296, 6]. Следует также отметить, что смена знака анизотропии $\Delta\epsilon$ на противоположный происходит при вполне определённой критической частоте f_c [2, с. 186].

Этот эффект представляет интерес для получения дополнительной информации о динамических характеристиках молекул и весьма важен для различных технических устройств, работающих на высоких частотах.

Результаты измерений диэлектрической проницаемости и её анизотропии на частоте 30 ГГц при атмосферном давлении свидетельствуют о том, что ориентационная поляризация на высокой частоте вносит маленький вклад в общую поляризацию молекул ЖК, а преобладающей при данных условиях является деформационная составляющая поляризации, обуславливающая соответствующие значения диэлектрической проницаемости. В связи с этим у жидких кристаллов Н-37 и ЖК-1282 на частоте 30 ГГц наблюдается анизотропия $\Delta\epsilon$ с противоположным знаком. У жидкого кристалла ЖК-440 смены знака на данной частоте не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрёлх Г. Теория диэлектриков. М.: Издательство иностранной литературы, 1960. - 251с.
2. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978. - 384с.

3. Капустин А.П. Электрооптические и акустические свойства жидких кристаллов. - М.:1978. – 368с.
4. Кузнецов В.С. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата наук. М.: 2008.
5. Емельянов В.А. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата наук. - М. 2002.
6. Б.А. Беляев, Н.А. Дрокин, В.Ф.Шабанов, В.Н. Шепов. ФТТ, 2000.том 42, вып.3
7. Брандт А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. М.: Издательство физико-математической литературы,1963. – 404с.
8. Ахадов Я. Ю. Диэлектрические параметры чистых жидкостей. – М.: Издательство МАИ, 1999. – 856с.

ANISOTROPY OF THE DIELECTRIC PERMITTIVITY OF NEMATIC LIQUID CRYSTALS IN SUPER HIGH FREQUENCY RANGE

D. Bogdanov, V. Emelianov, A. Shubin

*Moscow state regional university
10a, Radio st., Moscow, 105005, Russia*

Abstract. The dielectric permittivity of nematic liquid crystals LC-1282, LC-440 and N-37 oriented by magnetic field was measured in microwave range at atmospheric pressure for a temperature range from 293 K to 350 K. Dielectric permittivities ϵ_{\perp} and ϵ_{\parallel} of all three studied liquid crystals show little dependence on changes in temperature. N-37 and LC-1282 show anisotropy $\Delta\epsilon$ with the opposite sign at 30 GHz. No change in sign is observed for LC-440 at the same frequency.

Keywords: Liquid crystals, LC-440, LC-1282, N-37, dielectric permittivity, anisotropy of dielectric permittivity, Super High Frequency, change in sign $\Delta\epsilon$.

УДК 535.41

РЕКОНСТРУКЦИЯ КОНТУРА ЛОЦИРУЕМОГО ОБЪЕКТА ПО ПАРАМЕТРАМ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ 4-ГО ПОРЯДКА ПОЛЯ РАССЕЯННОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, РЕГИСТРИРУЕМОГО МАТРИЧНЫМ ФОТОДЕТЕКТОРОМ

П.В. Аракчеев, Е.В. Бурый, А.С. Марянина, Д.А. Семеренко

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5*

Аннотация. Предложен и с применением физических моделей экспериментально исследован способ реконструкции контура лоцируемого объекта, основанный на определении величин угловых размеров объекта по параметрам корреляционной функции 4-го порядка поля излучения. Оценку каждого углового размера пред-