

## ОСОБЕННОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА 5СВ В ДЕЦИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН

*Б.А.Беляев, Н.А.Дрокин, В.Ф.Шабанов, В.Н.Шенов*

*Институт физики им. Л.В.Киренского СО РАН*

*660036 Красноярск, Россия*

Поступила в редакцию 14 июля 1997 г.

В диапазоне частот от 50 до 1000 МГц, с использованием гибридных микрополосковых дискретноперестраиваемых резонаторов, исследована дисперсия и анизотропия диэлектрической проницаемости жидкого кристалла 5СВ в твердой, нематической и изотропной фазах. В диэлектрических спектрах обнаружены резонансные особенности, которые увеличиваются с ростом температуры. Установлено, что участок дисперсии, обусловленный ориентированными колебаниями молекул мезофазы, захватывает область частот почти до 300 МГц, а выявленные резонансы могут быть связаны с конформационными колебаниями молекул.

PACS: 61.30.-v

Дисперсия диэлектрической проницаемости жидких кристаллов во многом обусловлена ориентационными механизмами поляризации молекул мезофазы [1]. Установлено: что для нематических жидких кристаллов (НЖК) частоты релаксации вращения молекул вокруг их короткой или длинной оси попадают в диапазон от 1 кГц до 10 МГц [2,3]. Однако, как показывают исследования, набор характерных движений молекул и соответствующих им частот релаксаций гораздо разнообразнее. В частности некоторые времена релаксации и их физическая интерпретация были получены с помощью диаграмм Коула–Коула при изучении диэлектрических спектров НЖК в широком диапазоне частот [2–4]. При этом измерения диэлектрических характеристик в диапазоне свыше 10 МГц были проведены всего лишь на шести фиксированных частотах [4].

В настоящей работе исследованы спектры диэлектрических проницаемостей и анизотропии жидкого кристалла 5СВ в наиболее трудном для эксперимента диапазоне частот от 50 до 1000 МГц. Измерения проводились на гибридных микрополосковых резонаторах (датчиках) кольцевого типа с ячейкой для исследуемого материала, изготовленной в виде вертикальных параллельных пластин в пучности высокочастотного электрического поля [5]. В зазор между пластинами величиной 100 мкм заливался образец НЖК и удерживался в нем силами поверхностного натяжения. Дискретная перестройка частоты резонаторов с малым шагом осуществлялась подключением миниатюрных калиброванных индуктивных элементов в разрыв кольца в области пучности тока. Измерения проводились в термостате, а заданная температура поддерживалась с точностью 0.1°С.

Действительная компонента диэлектрической проницаемости НЖК  $\epsilon'$  определялась по сдвигу резонансной частоты датчика с образцом относительно пустого. В качестве эталонного материала для калибровки резонаторов использовался бензол ( $\epsilon = 2.28$ ). В результате достигнутая абсолютная точность определения  $\epsilon'$  была не ниже 0.02. Для измерения анизотропии диэлектрической проницаемости жидкого кристалла (различия  $\epsilon_{||}$  и  $\epsilon_{\perp}$ ) датчик вместе с термостатом размещался в постоянном поле электромагнита напряженностью

$H = 2200 \text{ Э}$ , ориентирующем директор молекул НЖК либо параллельно, либо перпендикулярно направлению высокочастотного поля накачки.

На рис.1 приведены спектры действительных компонент диэлектрической проницаемости исследуемого жидкого кристалла  $\epsilon'_{\parallel}$  и  $\epsilon'_{\perp}$  (кривые 1 и 2 соответственно). Спектры снимались для упорядоченной нематической фазы при температуре  $t = 20^{\circ}\text{C}$ . Видно, что наиболее сильно дисперсия  $\epsilon'_{\perp}$  и  $\epsilon'_{\parallel}$  проявляется в диапазоне 50–500 МГц. Причем обе кривые имеют ярко выраженный минимум в области 300 МГц и острый максимум в области 350 МГц. Видно также, что анизотропия  $\epsilon'_{\perp} - \epsilon'_{\parallel} \approx 0.5$  на частоте 50 МГц монотонно убывает с ростом частоты и почти не наблюдается выше 300 МГц.

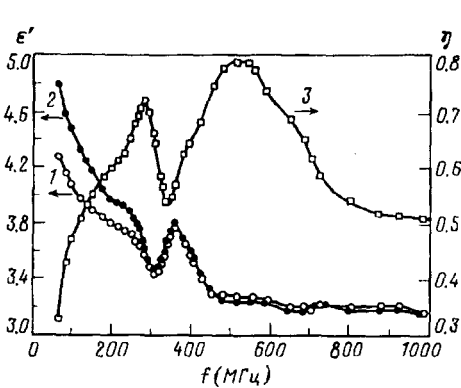


Рис.1. Частотные зависимости действительных компонент диэлектрической проницаемости  $\epsilon'_{\parallel}$  – кривая 1,  $\epsilon'_{\perp}$  – кривая 2 и анизотропии диэлектрических потерь – 3 для нематической фазы жидкого кристалла

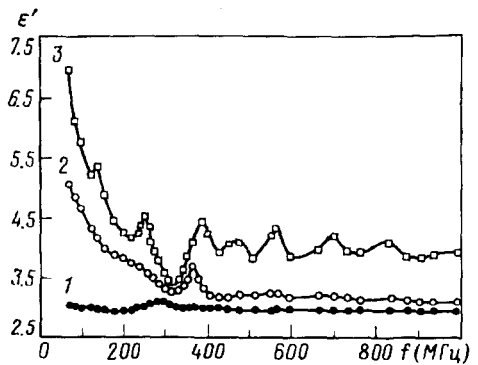


Рис.2. Частотная зависимость действительной компоненты  $\epsilon'$  диэлектрической проницаемости жидкого кристалла в твердой фазе – кривая 1, нематической – кривая 2 и изотропной – 3

На рис.1 представлена также частотная зависимость относительной разности мнимых компонент проницаемости  $\eta = (\epsilon''_{\parallel} - \epsilon''_{\perp}) / \epsilon''_{\perp}$  (кривая 3), характеризующая анизотропию диэлектрических потерь в образце. Эта зависимость построена по изменению интенсивности резонанса датчика с образцом для двух ориентаций постоянного магнитного поля. Абсолютная точность определения  $\eta$  в эксперименте не ниже 0.01. Видно, что анизотропия диэлектрических потерь имеет два максимума в области 300 и 500 МГц, разделенных глубоким минимумом в области 350 МГц там, где располагается максимумы  $\epsilon'_{\perp}$  и  $\epsilon'_{\parallel}$ . Как известно [3], в исследуемом кристалле анизотропия диэлектрических потерь практически отсутствует в области 10 МГц, где наблюдается максимум  $\epsilon''$ , связанный с резонансом колебательных движений молекул. Однако, как показывает эксперимент, уже при 50 МГц  $\eta \approx 0.3$  и с ростом частоты увеличивается, достигая максимума  $\eta \approx 0.8$  при 500 МГц, а затем монотонно понижается с ростом частоты до  $\eta \approx 0.5$  на частоте 1000 МГц.

На рис.2 представлены спектры  $\epsilon'_{\perp}$ , снятые для трех различных состояний мезофазы кристалла 5CB – твердой ( $t = 10^{\circ}\text{C}$ ), жидкой нематической ( $t = 25^{\circ}\text{C}$ ) и жидкой изотропной ( $t = 50^{\circ}\text{C}$ ). Видно, что наиболее сильно дисперсия проявляется для нематической фазы и изотропной жидкости (кривые 2, 3). В твердом состоянии дисперсия практически отсутствует во всем частотном диа-

пазоне (кривая 1), за исключением области в районе 300 МГц, где отчетливо проявляется, хотя и слабая, дисперсия. При повышении температуры, особенности дисперсии, обнаруженные в области 300 МГц, увеличиваются, а после перехода в изотропную жидкость появляется целый ряд дополнительных пиков, расположенных ниже и выше по частоте (кривая 3).

Интересно отметить, что при повышении температуры компонента диэлектрической проницаемости  $\epsilon'$  увеличивается во всем диапазоне частот за исключением небольшой области вблизи 300 МГц, где она меняется незначительно (см. кривые 2 и 3). Как показывает эксперимент, компонента проницаемости  $\epsilon''$  с ростом температуры также монотонно увеличивается во всем диапазоне частот. Однако при температурах фазовых переходов из твердого состояния в нематическую фазу, а из нематической в изотропную жидкость, диэлектрические потери увеличиваются небольшими скачками, которые хорошо регистрируются по интенсивности резонанса датчика.

Из сравнения кривых 1 и 2 на рис.1, видно, что ориентация директора молекул относительно высокочастотного электрического поля влияет на дисперсионные спектры только в области частот от 50 до 300 МГц, где наблюдается монотонное уменьшение с одновременным сближением  $\epsilon'_{\perp}$  и  $\epsilon'_{\parallel}$ . Очевидно, этот участок является продолжением высокочастотного склона дисперсионных зависимостей, обусловленных резонансом ориентационных колебаний молекул.

Резонансные особенности на дисперсионных кривых в области частот выше 300 МГц, по-видимому, связаны с внутримолекулярными конформационными движениями гибких фрагментов молекул [4]. К ним, в частности, могут приводить резонансы длинных алкильных цепей "хвостов" или сильно полярных групп C – N [6]. Этот вывод подтверждают и температурные исследования диэлектрических констант, из которых следует, что наиболее ярко высокочастотные резонансы на дисперсионных кривых  $\epsilon'(f)$  проявляются при увеличении температуры в изотропной фазе НЖК. С понижением температуры величина наблюдаемых особенностей уменьшается, тем не менее они проявляются даже в твердой фазе жидкого кристалла. Кроме того, в изотропной фазе жидкого кристалла практически исчезает анизотропия диэлектрических потерь, которая так ярко проявляется в нематической фазе.

- 
1. П. де Жен, *Физика жидких кристаллов*. М.: Мир, 1977.
  2. P.G.Cummins, D.A.Dunmur, and D.A.Laidler, *Molec. Phys. Liq. Cryst.* **30**, 109 (1975).'
  3. H.Mada and A.Nishikawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **32**, 1009 (1993).
  4. J.M.Wacrenier, C.Druon, D.Lippens, *Molec. Phys.* **43**, 97 (1981).
  5. Б.А.Беляев, Н.А.Дрокин, В.Н.Шепов, *ЖТФ* **65**, 189 (1995).
  6. И.П.Базаров, Э.В.Геворкян, *Статистическая физика жидких кристаллов*. М.: Из-во МГУ, 1992.