АКУСТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

К.Г. ПАРПИЕВ, Д. ЭРГАШЕВ, А. АРТЫКОВ

Мақолада нематик суюқ кристаллар аралашмаларининг 3 ÷610 МГц оралигида ўрганилган акустик хоссалари натижалари баён қилинган.

Results of the clause acoustic characteristic solution fluid crytal are stated in article in range frequencies from 3 till 610 MHz.

Акустическая спектроскопия нематических жидкокристаллических систем позволяет получить ценную информацию о временах релаксации, величинах объемной и сдвиговой вязкостей, а также проверить существующие теории анизотропного состояния вещества.

Объектами исследования являлись двухкомпонентная смесь Н-8 состоящая из двух частей метоксибензилиден-н-бутиланилина (МББА) и одной части этоксибензилиден-н-бутиланилина (ЭББА), температура просветления T_c=324,7 К при Р=10^5 Па.

Измерения скоростей распространения и коэффициента поглощения ультразвука в диапазоне частот от 3 до 610 МГц проводились импульсно-фазовым методом переменного и фиксированного расстояния с погрешностью 0,1% и 5-7% соответственно.

Результаты эксперимента выявили следующие основные закономерности:

1. На частоте 3 МГц скорость ультразвука уменьшается с повышением температуры как в нематической, так и в изотропной фазах, за исключением области фазового перехода, где скорость ультразвука проходит через минимум, после чего увеличивается при переходе в изотропную фазу. Минимальные значения скорости ультразвука в точке просветления равны 1432 м/с. Численное значение скорости на частоте 610 МГц больше, чем на частоте 3 МГц как в нематической, так и в изотропной фазах, то есть наблюдается частотная зависимость скорости звука.

2. Коэффициент поглощения ультразвука в исследованном растворе с ростом частоты уменьшается, на частоте 3МГц с приближением к T_c как в нематической, так и в изотропной фаз, α/f^2 возрастает и в области фазового перехода переходит через максимум, величина которого равна 38,6·10^{-12} м$^{-1}$с^2. На частоте 610 МГц α/f^2 уменьшается с повышением температуры и в области фазового перехода не имеет экстремальных значений. Величина α/f^2 на частоте 610 МГц на 2-3 порядка меньше, чем на частоте 3 МГц во всем исследованном интервале. Экспериментальные результаты показывают, что гидродинамичность режима распространения ультразвука соблюдается на обоих частотах во всем исследованном температурном интервале.

Согласно гидродинамике НЖК, в терминах теории Форстера [1], угловая зависимость коэффициента поглощения ультразвука без учета теплопроводности описывается соотношением:

$$\frac{\alpha(\theta)}{f^2} = \frac{2\pi^2}{\rho c_0^3} \cdot [\nu_2+\nu_4+2\cdot(-\nu_2+2\cdot\nu_3-\nu_4+\nu_5)\cdot \cos^2\theta + 2\cdot(\nu_1+\nu_2+2\nu_3)\cdot \cos^4], \quad (1)$$

где ν_1, ν_2 и ν_3 - коэффициенты сдвиговой вязкости, $\nu_4 - \nu_2, \nu_5$ – коэффициенты объемной вязкости, ρ - плотность НЖК, c_0 - низкочастотное значение скорости звука.

Таким образом, полученные экспериментальные данные по условным зависимостям коэффициента поглощения ультразвука позволяют рассчитать ряд комбинаций диссипативных коэффициентов НЖК. Согласно гидродинамической теории, для двух предельных ориентаций вектора магнитной индукции и волнового вектора имеем следующие уравнения:

$$\frac{(\alpha''/f^2)\rho c_0^3}{2\pi^2} = 2\nu_1 + \nu_2 - \nu_4 + 2\nu_5 = \eta_{vs}^{\parallel}, \quad (2)$$

$$\frac{(\alpha''/f^2)\rho c_0^3}{2\pi^2} = \nu_2 + \nu_4 = \eta_{vs}^{\perp}, \quad (3)$$

Численные значения $\eta_{vs}^{\parallel}$ и $\eta_{vs}^{\perp}$ которых для Н-8 приведены в таблице-1.

Таблица-1. Н-8, Р=10^2 Па, 3,6 МГц, В=0,3 Тл.

Т,К	295	305	315	318	320	323
$\eta_{vs}^{\parallel}$, Па·с	0.84	1.15	1.50	1.89	2.34	2.98
$\eta_{vs}^{\perp}$,Па·с	0.53	0.87	1.29	1.57	2.00	2.84

Из анализа угловой зависимости коэффициента поглощения ультразвука определены:

а ($\rho c_0^3/4\pi^2$) = $-\nu_2+2\nu_3-\nu_4+\nu_5 = \eta_а$, (4)

в ($\rho c_0^3/4\pi^2$) = $\nu_1+\nu_2-2\nu_3 = \eta_в$, (5)

которые имеют качественно тот же вид, что коэффициенты ***а*** и ***в*** (таблица-2).

Таблица-2. Н-8, Р=10^2 Па, 3,6 МГц, В=0,3 Тл.

T_c-Т,К	2	7	10	17	20	23	27
$\eta_а \cdot 10^2$, Па·с	7,34	15,2	12,9	11,6	11,2	11,6	12,6
$\eta_в \cdot 10^2$, Па·с	0,1	0,7	0,8	1,9	2,6	2,9	3,2

В магнитоакустических исследованиях НЖК коэффициенты объемной вязкости $\nu_4 - \nu_2$ и ν_5 следует рассматривать как величины, зависящие от частоты. Допустим, если существует один релаксационный процесс, объемные вязкости связаны с частотой согласно соотношению:

$\nu_i = \nu_i^0(1-\omega^2\tau_v^2)^{-1}$, (6)

где ν_i^0 - значения коэффициентов объемной вязкости при ω→0.

В этом случае при высокочастотных измерениях можно считать, что объемные вязкости отрелаксированы и НЖК является, «квазинесжимаемой» средой. Тогда высокочастотные измерения позволяют определить два коэффициента вязкости:

$\nu_1 = (\rho c_0^3/4\pi^2) \times (\alpha''/f^2)_{610}$, (7)

$\nu_2 = (\rho c_0^3/4\pi^2) \times (\alpha^{\perp}/f^2)_{610}$, (8)

По известным значениям ν_1 и ν_2 и данным низкочастотных измерений из соотношений (2) и (3) можно вычислить коэффициенты объемной ν_4 и ν_5 , информацию о которых нельзя получить другими методами. Таким образом, по данным магнитоакустических и реологических измерений можно вычислить коэффициенты вязкости ν_i, , численные значения которых для Н-8 приведены в таблице:

Таблица-3. Н-8, $\nu_i \times 10^2$, Па·с, ρ=10^5 Па.

Т,К	ν_1	ν_2	ν_3	ν_4	ν_5	ν_6
298,3	2,91	2,50	1,52	41,4	52,4	38,9
303,0	2,60	2,25	1,43	42,8	53,5	40,5
306,9	2,31	2,02	1,45	46,4	54,7	44,4
311,0	2,08	1,84	1,47	62,5	68,9	61,0
316,8	1,75	1,58	1,79	131	138	129
319,5	1,52	1,45	1,96	201	206	200
321,3	1,42	1,38	1,55	277	278	276
322,7	-	1,32	-	132	-	131
328,0	-	1,22	-	63,2	-	62

При анализе полученных зависимостей объемных и сдвиговых вязкостей от температуры учитывались следующие обстоятельства. Величина коэффициентов объемной вязкости характеризуется двумя нормальными релаксационными процессами: со структурной релаксацией и с релаксацияей параметра порядка. Существование инверсии зависимостей анизотропии скорости (ΔC), модуля упругости (ΔK_4) и объемной вязкости ($\Delta\eta_v$) от температуры указывает, что они имеют сложную релаксационную природу. Один из возможных механизмов связан с изменением конформации алкильных цепей, другой - с «затормаживанием» изменений параметра порядка вблизи фазового перехода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хабибуллаев П.К., Геворкян Э.Г., Лагунов А.С. Реология жидких кристаллов.-Т.: Фан, 1992.- С. 297
2. Богданов Д.Л., Геворкян Э.В., Лагунов А.С. //Акустический журнал.- 1980.-Т.26.-№1.- С.28- 34
3. Цветков В.Н., Коломиец И.П., Рюмцев Е.И., Алиев Ф.М.//Докл.АН СССР.- 1973.- Т.209.- №5.- С.1074-1078
4. Блинов А.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов.- М.: Наука, 1978
5. Шмелев О.Я., Пронин В.Н. Установка для прецизионных акустических иследований в жидких кристаллах. // Применение ультраакустики к исследованию вещества. Вып.35.- М.,1983.- С.16-23
6. Парпиев К.Г., Артыков А. Ультразвуковые исследования ориентационной релаксации нематических жидких кристаллов при высоких давлениях. //Научный вестник АГУ. - 2009. - № 4.- С.6-9

Андижон давлат университети,
2009 йил 11 январда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. И.Н.Каримов)