

уменьшается. Область применимости выражений (6) определена неравенством $|\Delta| \ll \omega_0$, которое выполняется при $k \ll 2\omega_0 / A$ (мы учли, что $A \ll c$).

Таким образом, показано, что в условиях резонанса с атомами, находящимися на границе раздела, может существовать поверхностный поляритон, даже если граничащие среды имеют диэлектрические проницаемости одного знака.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] А г р а н о в и ч В.М., М а л ' ш у - к о в А.Г. // Opt. Comm. 1974. V. 11. N 2. P. 169-171.
- [2] А г р а н о в и ч В.М. // УФН. 1975. Т. 115. В. 2. С. 199-237.
- [3] А г р а н о в и ч В.М., Р у п а с о в В.И., Ч е р - н я к В.Я. // Письма в ЖЭТФ. 1981. Т. 33. В. 4. С. 196-199.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
2 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 8

26 апреля 1989 г.

03; 05.3

ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ ГОЛУБЫХ ФАЗ

М.Д. М х а т в р и ш в и л и, Г.С. Ч и л а я,
З.М. Э л а ш в и л и

В работе впервые измерены величины вязкости и сдвиговой упругости непосредственно в голубой фазе. Штегемейер и Полманн [1] при измерении в капиллярах вискозиметре определили высокий пик значения кинематической вязкости в голубой фазе (ГФ). Однако узкий температурный интервал ГФ им не позволил измерить конкретную величину вязкости. Сдвиговые вязкоупругие характеристики измерялись также в работах [2-4].

В настоящей работе использовались смеси нематического жидкого кристалла Н-(4-бутоксibenзилиден)-4-Н-бутиламина (ББА) с немезогенным тигогенин каприлатом (ТК), в которых наблюдалась широкотемпературная голубая фаза [5, 6]. В смеси ББА с ТК, начиная с концентрации ТК 13.5 до 16%, наблюдается только ГФ I, в интервале концентрации 16-21% ГФ I и ГФ II и при концентрациях более 21% наблюдаются все три промежуточные фазы.

Вязкоупругие свойства ГФ нами измерялись на модифицированном вискозиметре Тсуда с плоским капилляром [7]. Вязкость вычислялась

Рис. 1. Температурная зависимость логарифма вязкости, измеренной в паузах.

Указаны интервалы существования смектической (СЖК), холестерической (ХЖК), голубой (ГФ) и изотропной (ИФ) фаз.

$$\text{по формуле } \eta = \frac{\Delta p t}{\Delta \rho \mu t_{\mu}} \eta_{\mu} \quad (1),$$

где Δp и $\Delta \rho \mu$ — разность давлений в случае жидкого кристалла и жидкости с известной вязкостью η_{μ} , t и t_{μ} — время протекания. Концентрация ТК выбиралась 28.8%,

т.к. в этом случае ГФ имеет широкий температурный интервал ($\sim 10^{\circ}$ при охлаждении). Измерение η в ГФ было возможно лишь при больших значениях Δp (~ 400 мм водяного столба). На рис. 1 показана зависимость $\lg \eta$ от температуры для исследуемой смеси.

Как видно из рисунка, в ГФ вязкость на несколько порядков больше, чем в холестерической фазе. В холестерической фазе вязкость уменьшается, но остается примерно в 10 раз больше, чем в изотропной. В смектической фазе вязкость вновь быстро возрастает.

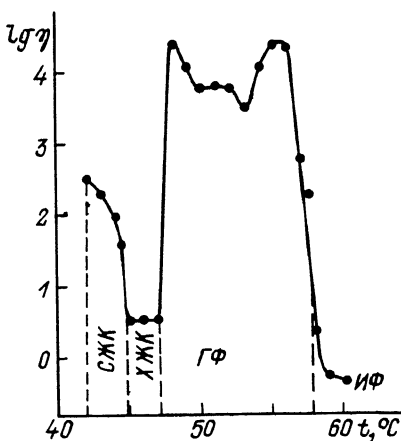
В работе предложен также метод определения упругости ГФ, которая, как всякая система с трансляционным порядком, характеризуется упругостью.

Основная идея нашего метода такова.

Действуем на жидкий кристалл в капилляре давлением до того предела, пока не начнется полное перемещение. В микроскопе мы наблюдаем перемещение внутренних слоев в условиях, когда поверхностные слои в силу сцепления с границей капилляра остаются неподвижными. После прекращения действия давления воздушного столба на жидкий кристалл восстанавливается первоначальная форма капиллярного слоя. Как показано на рис. 2, измеряем максимальное перемещение Δx . Направим ось x вдоль длины капилляра, ось z перпендикулярно плоскости. Обозначим через l длину образца, заполненного жидким кристаллом, λ — модуль сдвиговой упругости.

В условиях равновесия сила давления должна уравниваться силой упругости, т.е.:

$$\frac{d^2 x}{dz^2} = - \frac{\rho}{l \lambda} .$$



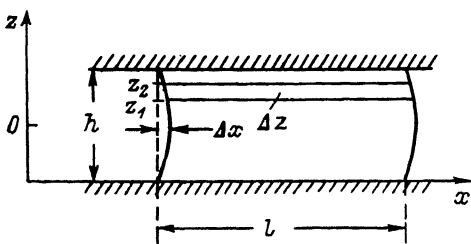


Рис. 2. Схематическое представление деформированного состояния голубой фазы.

Решение этого уравнения дает

$$x = -\frac{1}{2} \frac{\rho}{\lambda l} z^2 + \frac{1}{2} \frac{\rho}{l \lambda} h z.$$

Отсюда находим максимальный сдвиг $\Delta x = \frac{1}{8} \frac{\rho h^2}{\lambda l}$, где h — толщина жидкого кристалла (0.4 мм), ρ — давление. Поэтому, измеряя максимальный сдвиг Δx , мы можем по этой формуле вычислить упругий модуль λ .

На рис. 3 показана зависимость $l_0 \lambda$ от температуры для смеси 28.8% ТК. При этой концентрации наблюдаются все три модификации ГФ. При этих концентрациях ТК все рефлексы кругового дихроизма находятся в области поглощения смеси, и этим методом идентифицировать фазовые переходы ГФ-I \rightarrow ГФ-II \rightarrow ГФ-III невозможно. Однако по наблюдениям перестройки структуры под микроскопом удалось определить температуры переходов, указанные на рисунке.

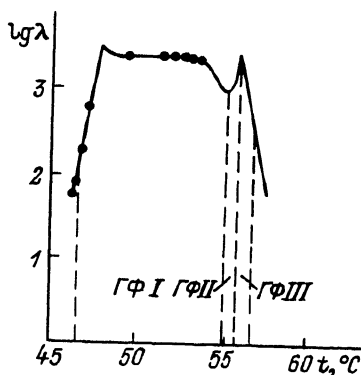
Измеренная величина λ совпадает с данными, полученными в [4], и по порядку величины совпадает с теоретическими оценками [8].

Что касается вязкости, наши результаты совпадают с данными Штегемейера. В [4] получены более низкие значения η , т.е. того же порядка, что и в холестерике. Различие, по-видимому, связано с известной для родственных структур (холестерик) зависимостью вязкости от скорости сдвига.

Отметим также, что в настоящей работе измерения сдвиговой упругости проводились на поликристаллических образцах. Подобные же измерения, но на монокристаллических образцах с различной ориентацией позволили бы получить все модули сдвига голубых фаз.

В заключение мы считаем своим приятным долгом поблагодарить за ценные обсуждения В.А. Белякова, Л.М. Блинова, В.Е. Дмитриенко, Е.И. Каца, С.А. Пикина.

Рис. 3. Температурная зависимость логарифма модуля упругого сдвига, измеренного в единицах CGS . Указаны интервалы существования ГФ-I, ГФ-II, ГФ-III.



С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Stegemeyer H., Pollmann P. // *Molec. Cryst. Liq. Cryst.* 1982. V. 82. P. 123.
- [2] Cladis P.E., Pieranski P. and Joanicot M. // *Phys. Rev. Lett.* 1984. V. 52. P. 542.
- [3] Clark N.A., Vohra S.T. and Hanssely M.A. // *Phys. Rev. Lett.* 1984. V. 52. P. 57.
- [4] Kleiman R.N., Bishop D.J., Pindare R. and Toborek P. // *Phys. Rev. Lett.* 1984. V. 26. P. 2137.
- [5] Chanishvili A.G., Chilaya G.S., Elashvili Z.M., Ivchenko S.P., Khostaria D.G. and Vinokur K.D. // *Mol. Cryst. Liq. Cryst. (lett.)*. 1986. V. 3. P. 91.
- [6] Chilaya G.S., Elashvili Z.M. and Mkhattrishvili M.D. Abstracts of Vvinter conf. on LC, Buldaria, 1987.
- [7] Chilaya G.S., Elashvili Z.M., Lisetski L.N., Mkhattrishvili M.D. and Vinokur K.D. // *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 1984. V. 124. P. 333.
- [8] Дмитриенко В.Е. // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т 43. В. 7. С. 324-327.

Институт кибернетики
АН ГССР, Тбилиси

Поступило в Редакцию
3 февраля 1989 г.