

АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕКТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ В-МОДИФИКАЦИИ В СТАТИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

А.С.Лагунов, В.А.Баландин

Исследована температурная зависимость скорости ультразвука для различных углов ориентации магнитного поля и волнового вектора. Обнаружено изменение знака анизотропии скорости ультразвука в сравнении с нематической фазой. На основе измерений рассчитана температурная зависимость упругих констант.

Изучение поведения акустических параметров при распространении ультразвуковых волн в жидкокристаллических мезофазах позволяет получить информацию о молекулярных и термодинамических свойствах данного класса сред конденсированного состояния вещества. Смектические *B* фазы, представляющие собой слоистые структуры с гексагональной упорядоченностью в расположении молекул в слое [1], менее изучены в сравнении с более высокотемпературными смектиками *A* и *C* и сопоставление их свойств со свойствами других мезофаз, а также твердых тел вызывает интерес с точки зрения построения теории жидкокристаллического состояния. В данной работе приведены результаты измерения скорости продольного ультразвука на частоте 3 МГц в смектических *B* фазах бутоксибензилиден-бутиланилина (БББА) и бутоксибензилиден-октиланилина (ББОА). Данные вещества имеют следующие схемы фазовых переходов. БББА: кристалл (*Cr*) $\xrightarrow{8^{\circ}\text{C}}$ смектик $S_3 \xrightarrow{32^{\circ}\text{C}}$ смектик $B(S_B) \xrightarrow{42,5^{\circ}\text{C}}$ смектик $A(S_A) \xrightarrow{43,5^{\circ}\text{C}}$ нематик (*N*) $\xrightarrow{70,9^{\circ}\text{C}}$ изотропная жидкость (*I*); ББОА: $Cr \xrightarrow{29,8^{\circ}\text{C}} S_B \xrightarrow{47,5^{\circ}\text{C}} S_A \xrightarrow{61,5^{\circ}\text{C}} N \xrightarrow{73^{\circ}\text{C}} I$. Классификация фаз соответствует данным работы [2]. Исследования проводились в магнитном поле индукцией 3 кГс импульсно-фазовым методом сравнения фронтов импульсов [3]. Погрешность определения скорости ультразвука в температурном интервале превышающем температуру фазового перехода $S_A - S_B$ на 2°C , составляла 0,15%. Как известно в смектических фазах изменение ориентации магнитного поля относительно направления распространения ультразвука не вызывает изме-

нения акустических параметров, поэтому анизотропия скорости ультразвука $\Delta C / C_{\perp} = (C_{\parallel} - C_{\perp}) / C_{\perp}$ определялась как разность между соответствующими кривыми, полученными при охлаждении из нематической фазы в магнитном поле, ориентированном параллельно и нормально относительно волнового вектора. Здесь $C_{\parallel, \perp}$ — скорости ультразвука в направлениях параллельном и перпендикулярном магнитному полю.

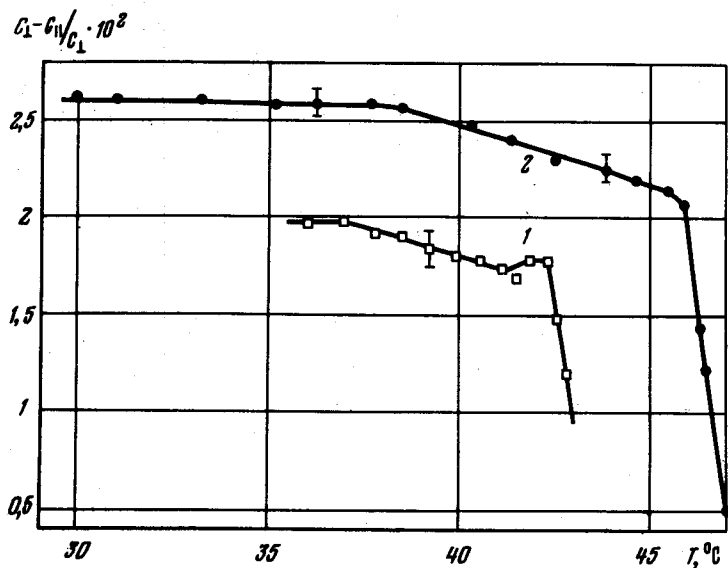


Рис. 1. Температурная зависимость анизотропии скорости ультразвука. 1 — в БББА, 2 — в ББОА.

На рис. 1 представлены температурные зависимости анизотропии $\Delta C / C_{\perp}$ в БББА (кривая 1) и в ББОА (кривая 2). В обоих веществах величина $\Delta C / C_{\perp}$ резко возрастает по абсолютной величине при фазовом переходе $S_A - S_B$, с уменьшением температуры возрастание становится более плавным (температурный коэффициент анизотропии скорости уменьшается в 10 – 12 раз), далее $\Delta C / C_{\perp}$ не изменяется с температурой, оставаясь равной $\sim 2 \cdot 10^{-2}$ для БББА и $\sim 2,6 \cdot 10^{-2}$ для ББОА. При исследовании S_B фаз отмечено изменение знака анизотропии скорости ультразвука по сравнению с нематической фазой, а именно, $C_{\perp} - C_{\parallel} > 0$.

Исходя из симметрии смектиков В [4] угловая зависимость скорости ультразвука $C(\theta)$ определяется следующим выражением:

$$2\rho C^2(\theta) = C_{11} \sin^2 \theta + C_{33} \cos^2 \theta + C_{44} + \{ [(C_{11} - C_{44}) \sin^2 \theta - (C_{33} - C_{44}) \cos^2 \theta]^2 + 4(C_{13} + C_{44})^2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta \}^{1/2},$$

где C_{11} , C_{33} , C_{13} , C_{44} — упругие постоянные, ρ — плотность.

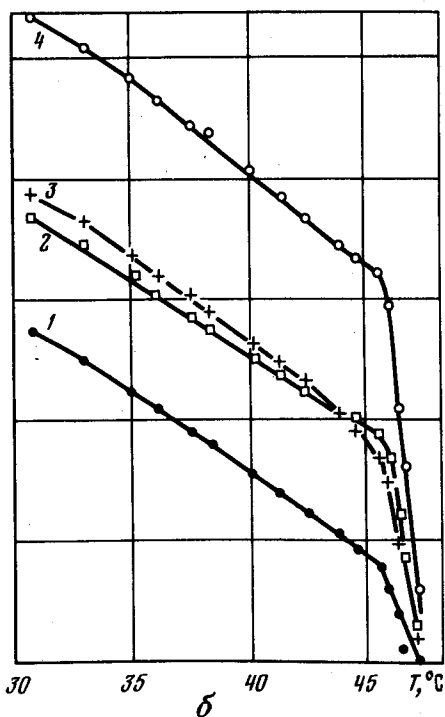
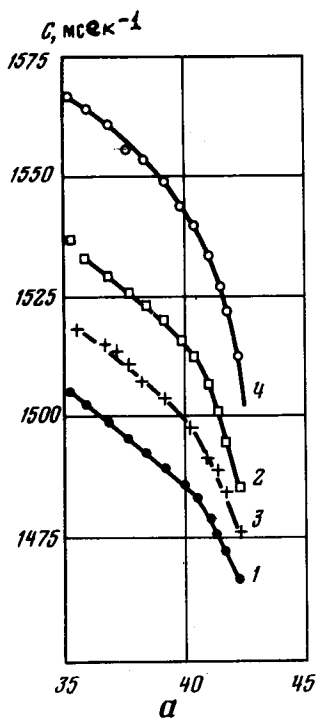


Рис.2. Температурная зависимость скорости ультразвука для различных углов ориентации θ : а — в БББА, б — в ББОУ. 1 — $\theta = 30^\circ$, 2 — $\theta = 0^\circ$, 3 — $\theta = 60^\circ$, 4 — $\theta = 90^\circ$.

$C_{ij}/\rho \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2 \cdot \text{сек}^{-2}$

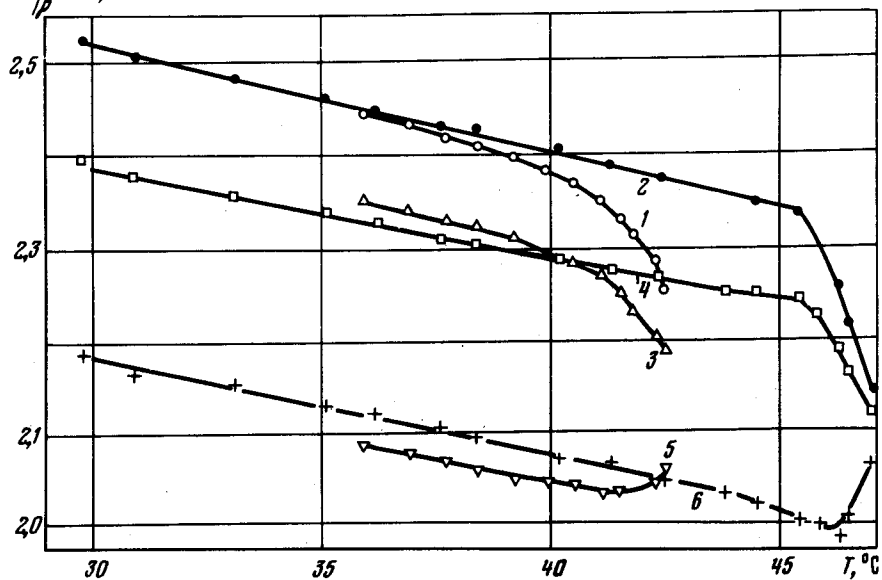


Рис.3. Температурная зависимость упругих постоянных C_{11} — 1,2; C_{33} — 3,4; C_{13} — 5,6 в БББА (нечетные номера) и ББОУ (четные номера).

На рис.2 приведены результаты измерения скорости ультразвука для углов ориентации равных $0, 30, 60, 90^\circ$. На основе этих измерений, используя приведенное выше соотношение, были рассчитаны температурные зависимости упругих констант C_{11}, C_{33}, C_{13} , показанные на рис.3. Упругие постоянные C_{11} и C_{33} с понижением температуры возрастают. Постоянные C_{13} в обоих веществах проходят через минимум вблизи фазового перехода $S_A - S_B$. Исползованная в работе методика не позволяет оценить величину сдвигового модуля C_{44} из угловой зависимости скорости ультразвука, поскольку в этом случае погрешность определения C_{44} превышает 100%. Согласно результатам импедометрических исследований S_B фазы ББОА [5] значения сдвигового модуля на частотах ниже 5 МГц не превышают 10^7 дин/см². Поскольку данная величина на три порядка меньше значений объемных упругих постоянных, то приведенные в настоящей статье модули рассчитывались в предположении $C_{11}, C_{33}, C_{13} \gg C_{44}$. Полученный в настоящей работе знак анизотропии скорости ультразвука не совпадает с данными работы [4], согласно которым в S_B фазе этил-метоксибензильден-аминоциннамата величина $C_{11} - C_{12} > 0$. Указанное различие может быть связано с использованием в работе [4] в качестве объекта исследования неочищенных образцов S_B фазы, которая по своей природе является метастабильной и монотропной в отличии от S_B фаз БББА и ББОА.

Всесоюзный заочный
 машиностроительный институт

Поступила в редакцию
 22 марта 1979 г.

Литература

- [1] A.M.Levelut, M.Lambert. Comptes Rendus Acad. Sci 272 B, 1018, 1971.
- [2] G.Smith, Z.Gardlund. J. Chem. Phys., 59, 3214, 1973.
- [3] В.А.Баландин, О.Я.Шмелев. Сб. Применение ультраакустики к исследованию вещества. М., ВЗМИ, вып.30, 1978.
- [4] K.Miyano, J.Ketterson. Phys. Rev., A, 12, 615, 1975.
- [5] Y.Thiriet, P.Martiny. J. Phys. Lett., 36, 125, 1975.