

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.231.1

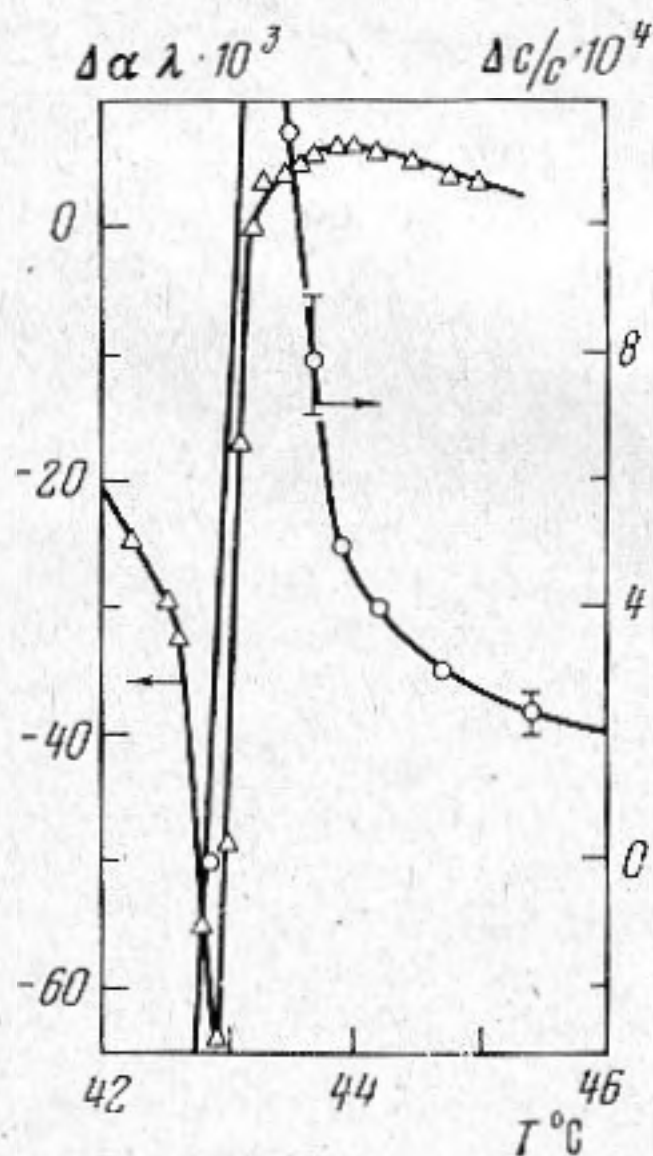
ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА
В ОБЛАСТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА НЕМАТИК — СМЕКТИК A

В. А. Баландин, А. С. Лагунов

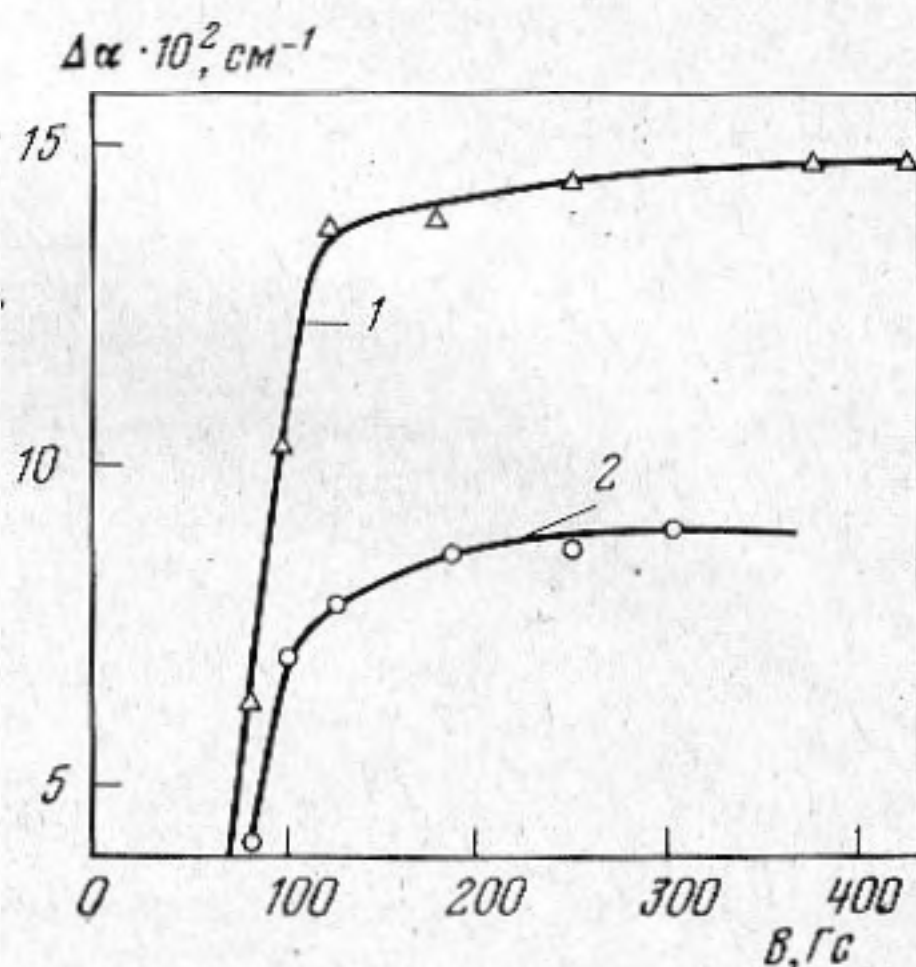
Изучение фазовых переходов типа нематик — смектик является одной из актуальных задач физики жидких кристаллов. В последние годы появился целый ряд экспериментальных и теоретических исследований фазовых переходов нематик (N) — смектик A (S_A). Изучение влияния магнитного поля и связанного с ним поведения анизотропии исследуемых параметров позволяет проследить изменение молекулярных и термодинамических свойств жидких кристаллов при полиморфных превращениях.

Объектом исследования являлся N — n-бутоксibenзилиден-n-бутиланилин, имеющий следующую схему фазовых переходов: кристалл $\xrightarrow{8^{\circ}\text{C}}$ смектик S₃ $\xrightarrow{35^{\circ}\text{C}}$ смектик B $\xrightarrow{42,5^{\circ}\text{C}}$ смектик A $\xrightarrow{43,5^{\circ}\text{C}}$ нематик $\xrightarrow{70,9^{\circ}\text{C}}$ изотропная жидкость. Классификация фаз и температура фазового перехода кристалл — смектик S₃ соответствуют данным работы [1].

Исследования проводились импульсно-фазовым методом переменной частоты [2] при охлаждении образца в магнитном поле. Величины анизотропии скорости ультра-



Фиг. 1



Фиг. 2

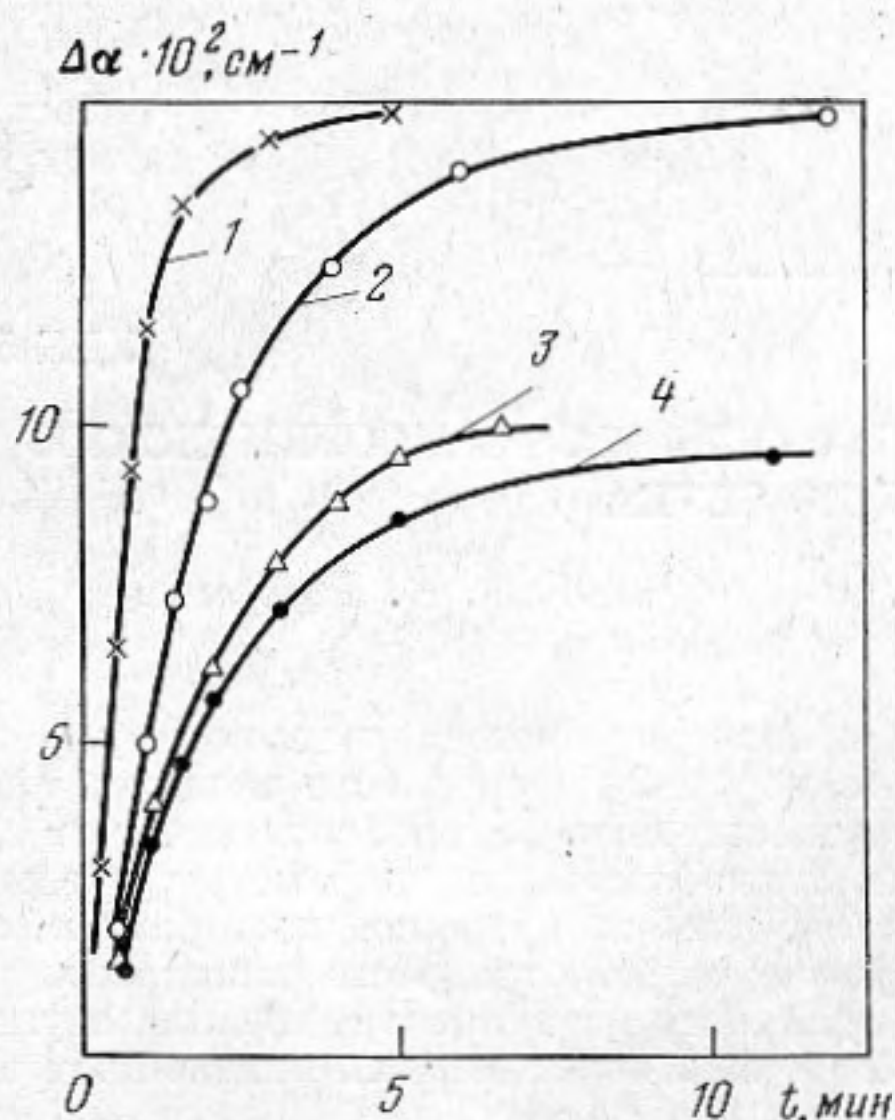
Фиг. 1. Анизотропии коэффициента поглощения и скорости ультразвука в области фазового перехода N-S_A

Фиг. 2. Зависимость анизотропии коэффициента поглощения ультразвука от индукции магнитного поля. 1 — при T=43,5° С; 2 — при T=45,4° С

звука $\Delta c/c_{\perp} = (c_{\parallel} - c_{\perp})/c_{\perp}$ и коэффициента поглощения на длину волны $\Delta\alpha\lambda = (\alpha_{\parallel} - \alpha_{\perp})\lambda$ в нематической фазе определялись при переориентации магнитного поля на 90° относительно волнового вектора. Здесь $c_{\parallel, \perp}$, $\alpha_{\parallel, \perp}$ — соответственно скорости и коэффициенты поглощения ультразвука в магнитном поле нулевой и нормальной ориентации, λ — длина ультразвуковой волны. Как известно, в смектических фазах изменение ориентации магнитного поля не вызывает изменения акустических пара-

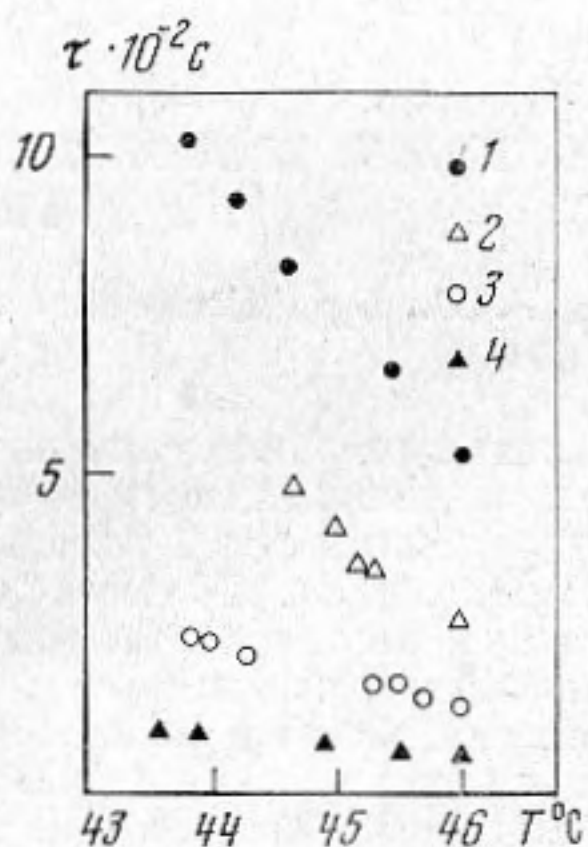
метров, поэтому величина $\Delta\alpha\lambda$ при температуре ниже $43,5^\circ\text{C}$ определялась как разность между кривыми $\alpha_{\parallel}\lambda(T)$ и $\alpha_{\perp}\lambda(T)$, полученными при охлаждении образца в магнитном поле нулевой и нормальной ориентации. Абсолютное значение скорости, необходимое для определения λ , измерялось импульсно-фазовым методом переменного расстояния. Все измерения проводились на частоте 3 МГц . Погрешности определения величин $\Delta c/c_{\perp}$ и $\Delta\alpha\lambda$ не превышали соответственно 30 и 15%.

На фиг. 1 представлены температурные зависимости анизотропии $\Delta\alpha\lambda$ и $\Delta c/c_{\perp}$ в области фазового перехода $N-S_A$ в магнитном поле индукции 3 КГс . Из графика видно, что величина $\Delta\alpha\lambda$ в нематической фазе с уменьшением температуры возрастает в три раза, затем уменьшается, при температуре $43,2^\circ\text{C}$ меняет знак, достигает минимального значения $-64 \cdot 10^{-3}$ при $42,9^\circ\text{C}$ и далее увеличивается. Анизотропия



Фиг. 3

Фиг. 3. Временная зависимость анизотропии коэффициента поглощения ультразвука. 1 — при $B=385\text{ Гс}$, $T=44^\circ\text{C}$; 2 — при $B=235\text{ Гс}$, $T=44^\circ\text{C}$; 3 — при $B=235\text{ Гс}$, $T=45,9^\circ\text{C}$; 4 — при $B=180\text{ Гс}$, $T=45,9^\circ\text{C}$



Фиг. 4

Фиг. 4. Температурная зависимость времен релаксации величины $\Delta\alpha$ 1 — при $B=100\text{ Гс}$; 2 — при $B=125\text{ Гс}$; 3 — при $B=180\text{ Гс}$; 4 — при $B=250\text{ Гс}$

скорости ультразвука с понижением температуры возрастает на порядок, затем после достижения максимума резко уменьшается, изменяя знак при $42,8^\circ\text{C}$.

При наложении магнитного поля нулевой ориентации на неориентированный образец жидкого кристалла наблюдается увеличение коэффициента поглощения ультразвука, значение которого определяется величиной индукции магнитного поля. При малых индукциях (B) анизотропия $\Delta\alpha$ сильно зависит от величины магнитного поля (фиг. 2). С ростом индукции эта зависимость достигает насыщения. Временная зависимость анизотропии коэффициента поглощения для фиксированных значений индукции и температуры показана на фиг. 3. Приведенные кривые в пределах погрешности эксперимента описываются уравнением

$$\Delta\alpha = \Delta\alpha_m (1 - e^{-t/\tau}),$$

где $\Delta\alpha_m$ — максимальное значение анизотропии коэффициента поглощения при данной температуре, t — время, τ — время релаксации величины $\Delta\alpha$. Для каждого фиксированного значения температуры определялись времена релаксации анизотропии коэффициента поглощения при различных значениях индукции магнитного поля. Полученные таким образом температурные зависимости времен релаксации представлены на фиг. 4. Ниже приведены рассчитанные значения величины τB^2 для различных температур (T):

$T, ^\circ\text{C}$	45,9	45,2	44,8	44,0	43,5
$\tau B^2 \times 10^{-6} [\text{см}^{-1} \cdot \text{г} \cdot \text{с}^{-1}]$	2,42	2,90	3,14	5,50	8,54

Если связать анизотропию коэффициента поглощения, возникающую при наложении на образец магнитного поля, с ориентацией директора нематической фазы, то, согласно гидродинамике Лесли — Эриксона [3], $\tau H^2 = \gamma_1 / \Delta\alpha$, где γ_1 — коэффициент

вращательной вязкости, H – напряженность магнитного поля, $\Delta\chi$ – анизотропия диамагнитной восприимчивости. В этом случае приведенные данные имеют порядок отношения $\gamma_1/\Delta\chi$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Smith G. W., Gardlund Z. G. Liquid crystalline phase in a doubly homologous series of benzylideneanilines-textures and scanning calorimetry. J. Chem. Phys., 1973, 59, 6, 3214–3228.
2. Mullen M. E., Lüthi B., Stephen M. J. Sound velocity in a Nematic Liquid Crystal. Phys. Rev. Lett., 1972, 28, 13, 799–801.
3. Leslie F. M. Some constitutive equations for anisotropic fluids. Quart. J. Mech. and Appl. Math., 1966, 19, p. 3, 357–370.

Всесоюзный заочный
машиностроительный институт

Поступила
9 января 1979 г.

УДК 534.222

О ВЛИЯНИИ ТЕПЛОВОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ НА ТЕРМООПТИЧЕСКУЮ ГЕНЕРАЦИЮ ЗВУКА

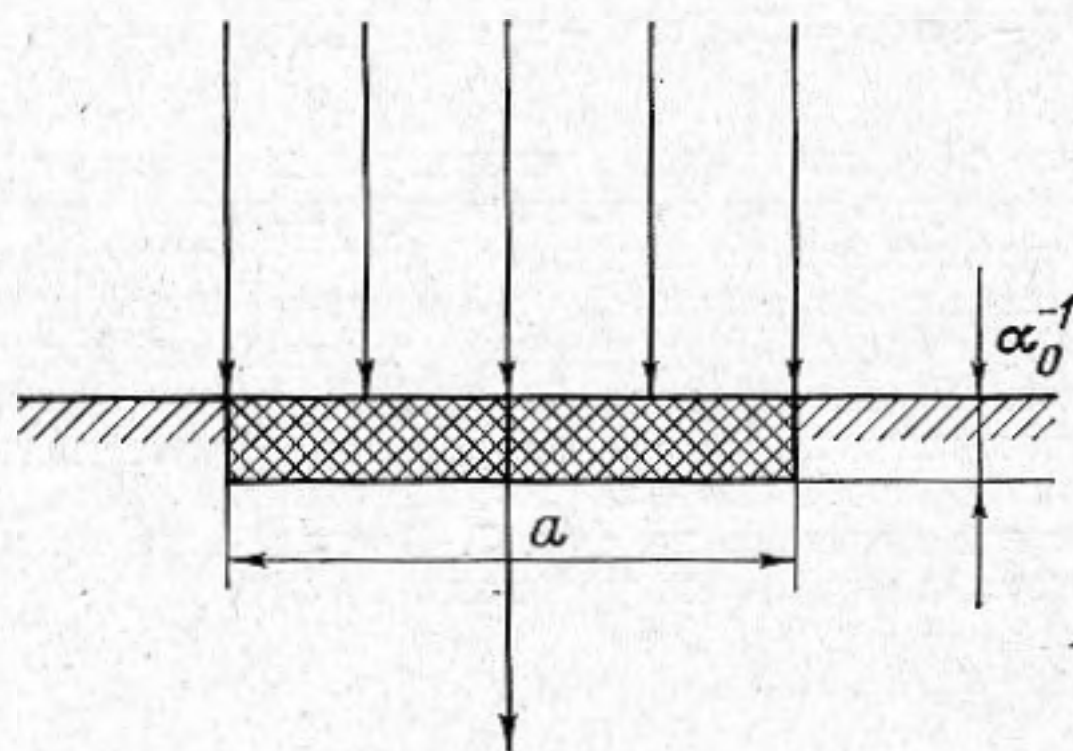
*Л. В. Бурмистрова, А. А. Карabutov, О. В. Руденко,
Е. Б. Черепецкая*

Термооптическое возбуждение звука происходит благодаря тепловому расширению среды, поглощающей световое излучение [1, 2]. При работе мощных термооптических преобразователей локальное повышение температуры составляет от единиц до десятков градусов. В таких условиях теплофизические параметры среды уже, вообще говоря, нельзя считать постоянными. Наиболее сильно, как правило, сказывается зависимость от температуры коэффициента $\beta(T)$ теплового расширения среды.

Рассмотрим влияние такого рода нелинейности на процесс генерации звука. Для исследования «тепловой» нелинейности без учета акустических нелинейных эффектов примем уравнение состояния в следующем виде:

$$(1) \quad p' = c_0^2 \rho' + \rho_0 c_0^2 \beta(T) T'$$

Здесь температура $T = T_0 + T'$, где T_0 – начальная температура, а T' – ее приращение; p' , ρ' – приращения давления и плотности (ρ_0 – равновесное значение плотности), c_0 – адиабатическая скорость звука.



Фиг. 1. Геометрия задачи

Используя выражение (1), можно получить следующее уравнение для описания поведения волны давления:

$$(2) \quad \frac{\partial^2 p'}{\partial t^2} - c_0^2 \Delta p' = \rho_0 c_0^2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} [\beta(T) T']$$

Рассмотрим плоскую задачу (фиг. 1). Пусть из прозрачной среды I нормально к плоской границе раздела с поглощающей свет средой II падает световой поток, зависимость интенсивности которого от времени описывается функцией $f(t/\tau_0)$.

Если характерное время выделения энергии τ_0 достаточно мало по сравнению с временем продольной диффузии тепла, то приращение температуры T' определяется