

О НОВОМ ТИПЕ НЕУСТОЙЧИВОСТЕЙ В ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

Н.А.Тихомирова, А.В.Гинзберг, Е.А.Курсанов, Ю.П.Бобылев,
С.А.Пикин, П.В.Адоменас

В нематической фазе жидких кристаллов при температурах, близких к температурам перехода в смектическую фазу, обнаружен новый тип азимутальной ориентационной неустойчивости, создаваемой электрическим полем. Предлагается возможное объяснение наблюдаемому эффекту.

Как известно, обычные "домены" Вильямса (ДВ) существуют в нематических жидких кристаллах с положительной анизотропией электропроводности $\sigma_a > 0$ и отрицательной анизотропией диэлектрической проницаемости $\epsilon_a < 0$. При этом геометрия наблюдаемой картины однозначно определяется исходной планарной ориентацией: ДВ параллельны оси y , если в невозмущенном состоянии молекулы параллельны оси x (электрическое поле E направлено вдоль оси z перпендикулярно плоскости xu слоя толщины l). С уменьшением величины σ_a порог $E_{\text{ш}}$ возникновения ориентационных модуляций $\exp(ikx)$, где $k \sim e^{-1}$, резко возрастает [1], и при $\sigma_a \leq 0$ ДВ не возникают. Поэтому образование неоднородной нематической структуры в веществе с $\sigma_a \leq 0$ и $\epsilon_a < 0$ свидетельствовало бы о существовании нового физического явления в такой анизотропной среде.

В [2] сообщалось об искажении ДВ в веществе 4-н-бутоксibenзил-идене-4'-н-октиланилине (а) при $\sigma_a \rightarrow 0$ (с понижением температуры), что указывает на возможное существование новой моды неустойчивости.

В настоящей работе проведено исследование нематических фаз веществ (а) и (б) – 4-н-бутоксibenзил-идена -4'-н-гептиланилина.

Обнаружено, что в области $T < T_c$ в этих веществах возникает новый тип неустойчивостей, в которой все возмущения подчиняются закону $\exp(iky)$.

Образцы в виде тонких слоев ($l = 15 - 35 \text{ мк}$), заключенных между прозрачными проводящими электродами, помещались в печь, температура в которой могла поддерживаться постоянной с точностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$ или меняться с постоянной скоростью порядка $0,5 \text{ град/мин}$. Оптическая система позволяла проводить наблюдение и фотографирование параллельно с записью прозрачности образцов в поляризованном свете. Точки фазовых переходов регистрировались оптическим методом. Пороговое напряжение образования неустойчивостей определялось по зависимостям прозрачности от приложенного напряжения при постоянной температуре. Проводимость соответственно ориентированных образцов измерялась в постоянном поле $0,1 \text{ в}$.

Температуры существования нематических мезофаз в исследованных образцах составляли $63,2 - 77,6$ и $55,7 - 82,5^\circ\text{C}$ для (а) и (б) соответственно.

Обнаружено, что σ_a изменяет знак при температурах T_0 , равных $67,2^\circ\text{C}$ для (а) и $68,4^\circ\text{C}$ для (б). На рис. 1 приведена температурная зависимость порогов образования ДВ при $T > T_0$ и неустойчивостей нового типа при $T < T_0$ исследованных соединений. На рис. 2 приведена фотография ориентационных модуляций при $T < T_0$. В окрестности точки T_0 наблюдалось сосуществование неустойчивостей обоих типов (наблюдаемая картина сходна с описанной в [2]), которые пространственно разделялись при наличии малого градиента температуры. Температуры T_0 , определенные по изменению знака σ_a и по зависимости порога E_c от T совпадают в пределах погрешности эксперимента. Отметим, что при переходе исследованных веществ в смектическую фазу неустойчивость не наблюдается.

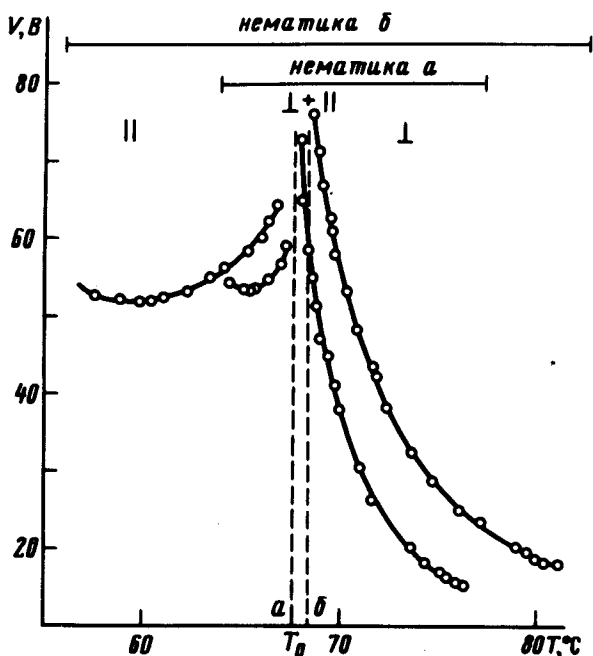


Рис. 1. Зависимость порогового напряжения от температуры в исследованных образцах соединений (а) и (б): $\omega = 50$ гц, толщина слоя 35 мк, \perp — домены ДВ, \parallel — новая модулированная неустойчивость, $\perp + \parallel$ — область смешанных доменов

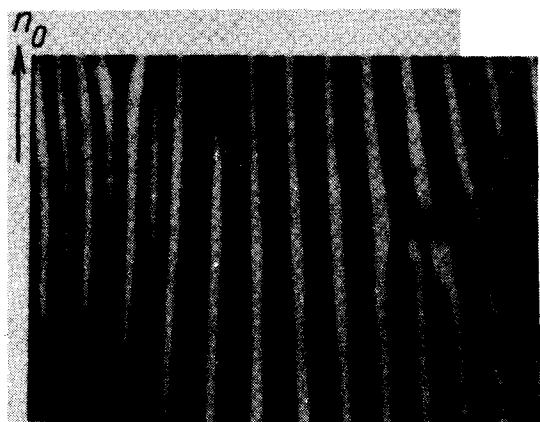


Рис. 2. Модулированная структура при $T < T_0$ в образце (б): $n_0 \uparrow$ — направление первоначальной ориентации, толщина слоя 35 мк, внешнее электрическое поле перпендикулярно плоскости слоя

Оптические наблюдения показали, что полученная картина полос характеризуется периодическими отклонениями молекул от оси x в плоскости xu и xz соответственно на углы $\psi \sim \exp(iky)$ и $\theta \sim \exp(iky)$. Такая азимутальная ориентационная структура может быть, в принципе, обусловлена разными физическими причинами.

Во-первых, возникновение ψ -отклонений возможно в результате электрогидродинамического эффекта, если в невозмущенном состоянии все молекулы ориентированы под углом $\theta_0 \neq 0$ в плоскости xz [3, 4].

Второй причиной рассматриваемого явления может служить пороговая пьезоэлектрическая неустойчивость, однозначно характеризующаяся описанной структурой ориентационных возмущений. Порог этого эффекта, связанного с существованием в жидких кристаллах линейной связи между деформациями ($\partial\psi/\partial y$, $\partial\theta/\partial y$, $\partial\psi/\partial z$, $\partial\theta/\partial z$) и внешним электрическим полем $E(t)$, определяется выражениями

$$E_c \approx \begin{cases} \frac{2\pi k}{l|e_1 - e_2|(1 + \mu)}, & \omega < \frac{K}{\gamma} \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 \\ 4 \sqrt{\frac{\gamma\omega}{|\epsilon_a|(1 - |\mu|)}}, & \omega > \frac{K}{\gamma} \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 \frac{1}{1 - |\mu|} \end{cases}$$

где K — модуль упругости, e_1 и e_2 — пьезомодули, γ — вязкость вещества, ω — частота электрического поля,

$$\mu = \frac{\epsilon_a k}{4\pi(e_1 - e_2)^2}.$$

Подчеркнем, что этот пороговый, в отличие от [4], эффект существует только при $|\mu| < 1$.

Величина пьезомодулей определяется величиной постоянного дипольного момента молекул или молекулярных группировок и может заметно изменяться при перестройке ближнего порядка в жидком кристалле. В веществах, типа исследованных в данной работе, отмечалась возможность образования специфических молекулярных группировок в нематической фазе [2]. Это явление возникает при понижении температуры и приближении к точке перехода T_{NS} в смектическую фазу, образование которой существенно зависит от диполь-дипольного взаимодействия молекул [1]. Наблюдаемая температурная зависимость $E_c(T)$ может объясняться известным [1] увеличением модулей упругости и вязкости в непосредственной близости от точки T_{NS} , а также предполагаемым уменьшением величины $|e_1 - e_2|$ вдали от T_{NS} . Измеренная частотная зависимость $E_c(\omega)$ качественно согласуется с приведенным выражением. В окрестности точки T_{NS} по нашим оценкам $(e_1 - e_2)^2 \sim \sim 10^{-7}$ ед. CGSE.

Литература

- [1] P.G. de Gennes. The Physics of Liquid Crystals, Clarendon Press. Oxford, 1974.
 - [2] M.Goscianski, L.Leger. J. de Phys. Coll., 36, C1-231, 1975.
 - [3] С.А.Пикин, В.Л.Инденбом. Кристаллография, 20, 1127, 1975.
 - [4] S.Pikin, G.Ryschenkow, W.Urbach. J. de Phys., 37, 241, 1976.
-