

СЕЛЕКТИВНОЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА В ФОГОВОЙ ФАЗЕ

Е.И.Демихов, В.К.Долганов, С.П.Крылова

Измерен спектр рассеяния света от фоговой фазы жидкого кристалла. Обнаружено, что спектр рассеяния селективен по длинам волн с полушириной дифракционного пика превышающей дифракционную полуширину в квазикристаллических VP_I и VP_{II} фазах. Широкополостность спектра указывает на отсутствие дальнего порядка в фоговой фазе.

В последние годы экспериментально¹⁻⁵ и теоретически⁶⁻¹⁰ интенсивно изучаются так называемые голубые фазы хиральных жидких кристаллов. Экспериментально обнаружено до трех (VP_I , VP_{II} , VP_{III}) промежуточных голубых фаз, лежащих в узком температурном интервале ($\sim 0,1 \div 1^\circ$) между жидкостью (ИЖ) и холестерическим жидким кристаллом (ЖК). Показано, что VP_I и VP_{II} фазы обладают кубической структурой, определен ряд характеристик этой структуры. Успехи в экспериментальном исследовании позволили построить теорию⁸⁻¹⁰ описывающую кубические VP_I и VP_{II} фазы жидких кристаллов. Что касается фазы VP_{III} или фоговой (fog) фазы, то природа ее неясна, экспериментальные сведения крайне малочисленны^{1,5}, нет теории, предсказывающей ее возникновение. Поэтому экспериментальное исследование характеристик VP_{III} в настоящее время представляет наибольший интерес в изучении голубых фаз ЖК. Фоговая фаза в короткошаговых холестериках предшествует появлению фаз VP_I и VP_{II} при охлаждении из ИЖ с сильно развитыми флуктуациями вблизи точки абсолютной неустойчивости жидкости. В связи с этим изучение VP_{III} существенно не только для выяснения ее природы, но и вообще для понимания характера фазовых переходов в ЖК.

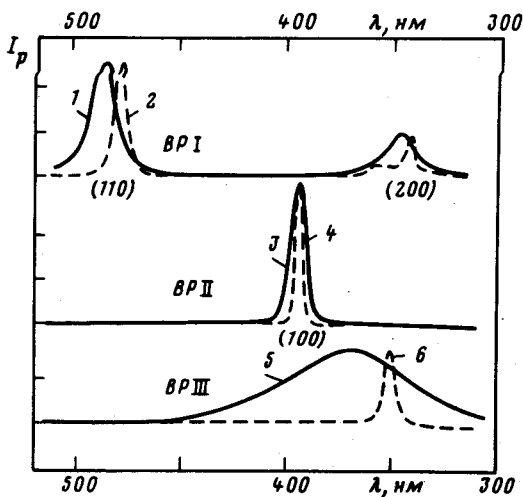
В данной работе приводятся результаты измерения рассеяния света в VP_{III} фазе; сопоставление с данными для VP_I и VP_{II} позволило сделать заключение о характере трансляционного порядка в фоговой фазе.

Измерения проведены на жидком кристалле холестерил – нонаноата и смеси холестерил – нонаноата и холестерил – хлорида. Спектры прохождения и рассеяния ($2\theta = 170^\circ$) измерялись с одного и того же участка образца $0,5 \times 0,5 \text{ мм}^2$; толщина кварцевой кюветы $0,5 \text{ мм}$; точность поддержания температуры $\sim 0,01^\circ\text{C}$. Поскольку монодоменные ориентированные образцы VP_{III} фазы получить не удается, спектры VP_{III} фазы сопоставляются со спектрами поликристаллических образцов VP_I и VP_{II} фаз. Для получения поликристаллических образцов, холестерил – нонаноат нагревали до изотропной жидкости, охлаждался до холестерической фазы и выдерживался в ней в течение часа; голубые фазы в исследованных образцах получены нагреванием из холестерической фазы. Контроль полидоменности образцов VP_I и VP_{II} осуществлялся по спектрам прохождения, данные по спектрам прохождения в VP_{III} со гласуются с результатами Мейбома и Саммона¹, что служило для нас критерием получения фоговой фазы. Измерения проведены в интервале $630 - 230 \text{ нм}$ с использованием водородной лампы; приводимые в работе спектры представляют собой экспериментальные спектр рассеяния, деленные на спектр лампы.

Спектры фаз VP_I и VP_{II} (рис. 1) представлены рефлексами (110) , (200) объемно-центрированной решетки O^8 и (100) простой кубической решетки O^2 . Структура в области дифракционного пика (200) связана с двойными отражениями на плоскостях (110) ¹⁾. Полуширина рефлексов определяется полидоменностью образца. Непосредственно после получения VP_I ширина рефлекса может достигать 20 нм даже в том случае, когда переход осуществлялся из холестерической фазы с узкими рефлексами. Выдержка образца в VP_I фазе приво-

1) На возможность такой интерпретации структуры обратил наше внимание В.Е.Дмитриенко.

дит к сужению рефлексов (рис. 1). Качественно другая картина наблюдается для VP_{III} . Рассеяние селективно по длинам волн ($\lambda_{\text{макс}} \cong 366 \text{ нм}$), однако, в отличие от рассеяния в фазах VP_I и VP_{II} , спектр широкополосный, полуширина пика $\Delta\lambda \approx 76 \text{ нм}$. Вид спектра не зависит от того получена ли фаза из VP_{II} или из ИЖ. Выдержка образца в VP_{III} фазе не приводит к узкополосной дифракции. Спектр рассеяния расположен в области перегиба спектра пропускания VP_{III}^1 . Переход узкополосного рассеяния в VP_{II} к широкополосному в VP_{III} происходит скачком, рассеяние с промежуточной полушириной не наблюдается. В пределах VP_{III} фазы $\lambda_{\text{макс}}$ и $\Delta\lambda$ изменяются незначительно. Интенсивность рассеяния уменьшается с повышением температуры. Спектральный сдвиг рассеяния при переходе $VP_{II} \rightarrow VP_{III}$ указывает, что VP_{III} фаза не является текстурным вариантом VP_{II} .



Спектр дифракции света (I_p) в холестерил – нонаноате в VP_I фазе: $T = 90,63^\circ \text{C}$ (1), $T = 90,7^\circ \text{C}$ (2); VP_{II} : $T = 90,95^\circ \text{C}$ (3, 4); VP_{III} : $T = 91,0^\circ \text{C}$; холестерике: $T = 90,4^\circ \text{C}$ (6). Спектры 2 и 4 измерены через 2 часа после получения фаз. Масштаб по оси ординат спектра дифракции VP_{III} увеличен в 6 раз по сравнению с VP_{II} (3)

Фоговая фаза смеси холестерил – нонаноата и холестерил – хлорида также обладает селективным широкополосным рассеянием, которое сдвинуто как и дифракция от VP_I и VP_{II} в длинноволновую область. В кубических VP_I и VP_{II} фазах на длинах волн $\lambda / \sqrt{2}$ (λ – положение длинноволнового рефлекса) наблюдаются дифракционные пики. В фоговой фазе при соответствующих длинах волн дифракционного максимума нами не обнаружено.

Большую полуширину пика рассеяния в VP_{III} фазе следует связывать с конечными размерами области упорядочения директора. Корреляционная длина L (эффективный размер, на котором порядок сохраняется) оцененная из паракристаллической модели¹¹ ($L \cong \pi^2 / 6, 25\Delta S$, где ΔS – полуширина дифракционного максимума в единицах $S = 2n \sin \theta / \lambda$), оказалась $L \sim 1,1 \text{ мк}$, что соответствует $Ln/\lambda \sim 4 \div 5$. Такой малый размер корреляционных длин нельзя приписать обычному полидоменному образцу. Интересно отметить, что такого же порядка величина отношения Ln/λ , полученная из рентгеновских измерений, у аморфных веществ¹² (L – характеризует в этом случае молекулярное упорядочение), хотя сам размер области когерентного рассеяния в VP_{III} на три – два порядка больше. Отличие фоговой фазы от обычной изотропной жидкости состоит либо в изменении близкого порядка (соответствующего пику в отражении), либо в возможном, но не обнаруженном ориентационном порядке. В первом случае переход ИЖ – VP_{III} представляет первый пример фазового перехода первого рода между жидкостями, отличающимися близким порядком. Аналогию можно найти в расслоении растворов, но в этом случае изменение близкого порядка носит тривиальный характер и связано с изменением концентрации.

Авторы выражают благодарность В.Л.Покровскому, Е.И.Кацу, В.А.Белякову и В.Е.Дмитриенко за обсуждение и ценные замечания, В.М.Филеву – за интерес к работе.

Литература

1. *Meiboom S., Sammon M.* Phys. Rev., A, 1981, 24, 468.
2. *Marcus M.* Phys. Rev. A, 1982, 25, 2272, 2276.
3. *Flack J., Crooker P., Svoboda R.* Phys. Rev. A, 1982, 26, 723.
4. *Кизель В.А., Прохоров В.В.* Письма в ЖЭТФ, 1983, 38, 283.
5. *Collings P.J.* Phys. Rev. A, 1984, 30, 1990.
6. *Бразовский С.А., Дмитриев С.Г.* ЖЭТФ, 1975, 69, 979.
7. *Бразовский С.А., Филев В.М.* ЖЭТФ, 1978, 75, 1140.
8. *Беляков В.А., Дмитриенко В.Е., Осадчий С.М.* ЖЭТФ, 1982, 83, 585.
9. *Grebel H., Hornreich R., Shtrikman S.* Phys. Rev. A, 1983, 28, 1114.
10. *Grebel H., Hornreich R., Shtrikman S.* Phys. Rev. A, 1984, 30, 3264.
11. *Вайнштейн Б.К.* Дифракция рентгеновских лучей на цепных молекулах. Изд. АН СССР, 1963, глава V.
12. *Долганов В.К., Новомлинский Л.А., Шмытько И.М.* ФТТ, 1981, 23, 2427.

Институт физики твердого тела
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 апреля 1985 г.