

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

532. 783(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
(28—29 января 1987 г.)**

28 и 29 января 1987 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

28 января

1. Б. И. Островский. Структура жидких кристаллов
2. Л. М. Блинов. Электрооптика жидких кристаллов
3. Е. И. Кац, В. В. Лебедев. Динамика свободно подвешенных пленок смектиков

29 января

4. С. А. Пикин, М. А. Осипов. Сегнетоэлектричество в жидких кристаллах
5. Ю. М. Львов, Л. А. Фейгин. Получение и структура лэнгмюровских пленок
6. Л. М. Блинов. Физические свойства и применение лэнгмюровских пленок

Краткое содержание докладов приводится ниже.

532.783(048)

Б. И. Островский. Структура жидких кристаллов. Исследования жидких кристаллов являются в настоящее время интенсивно развивающимся направлением в физике конденсированного состояния. Изучение свойств жидких кристаллов (ЖК) и дальнейшее развитие теории жидкокристаллического состояния опираются в первую очередь на результаты структурных исследований, в частности на рентгеноструктурный анализ.

Жидкокристаллическое состояние характерно для органических молекул, имеющих сильно анизотропную форму — стержней или дисков. Эти соединения при плавлении не сразу переходят из кристаллического состояния в жидкое, а образуют одну или несколько промежуточных фаз, обладающих различной степенью ориентационного (нематика) и трансляционного (смектики) порядка. В рентгеновском эксперименте фактически измеряется фурье-образ корреляционной функции плотности, восстановление которой из данных по рассеянию позволяет судить как об упаковке молекул ЖК, так и об особенностях дальнего ориентационного и трансляционного порядка в них.

Различные жидкокристаллические фазы дают отличающиеся картины рассеяния рентгеновских лучей, что дает возможность их идентифицировать, устанавливать группу симметрии и тип упаковки молекул. Из рентгеновских данных рассчитываются статистические функции, характеризующие различные нарушения исходной кристаллической решетки, определяется наклон молекул и распределение электронной плотности в смектических слоях.

Для исследования ближнего порядка в расположении молекул нематических ЖК используется построение различных функций межатомных (межмолекулярных) расстояний. Знание наиболее вероятных расстояний между молекулами в сочетании с известными их стереохимическими моделями позволяет рассчитать возможные варианты расположения молекул ЖК. Основной сложностью, связанной с извлечением структурной информации из рентгеновских спектров нематических ЖК, является то, что структурная амплитуда молекул зависит от их ориентации относительно волнового вектора падающего излучения, а корреляционная функция плотности определяется не только положением центров масс молекул, но и их относительной ориентацией: $G = G(\mathbf{r}, \Omega)$.

Образование смектиков А и С связано с возникновением одномерного трансляционного порядка в трехмерной жидкости. Характерной особенностью таких систем является отсутствие истинного дальнего порядка вследствие неустойчивости по отношению к длинноволновым флуктуациям фазы параметра порядка. В результате корреляционная функция $G(r)$ не является более константой при $r \rightarrow \infty$, а затухает алгебраически как $r^{-\eta}$, где η — малый индекс. При этом острые брэгговские пики, характерные для трехмерных кристаллов, заменяются степенными сингулярностями вида $(q - q_0)^{-2+\eta}$. Рентгеновские исследования показывают, что смектики А дают узкие линии рассеяния в окрестности волнового вектора структуры $q_0 = 2\pi/d$ (d — период смектических слоев), характерные для совершенных кристаллов. Размер области однородности смектика А, в которой не происходит сбоя фазы параметра порядка, составляет в точке перехода в нематик величину порядка 5–6 мкм ($10^3 - 10^4 d$).

Жидкие кристаллы, обладающие сильной полярной группой, на одном из концов молекулы, образуют смектические фазы с периодом слоев, несоизмеримым с длиной индивидуальной молекулы. В некоторых случаях возникают смектические А- и С-фазы, где одновременно присутствуют периодические структуры с волновыми векторами, отвечающими упаковке различных структурных «единиц» ЖК. Такие несоизмеримые смектические ЖК по своим свойствам напоминают несоизмеримые фазы в сегнетоэлектриках и твердых растворах замещения.

Чрезвычайно интересны в структурном отношении так называемые «экзотические» смектики — трехмерные тела, обладающие по сравнению со смектиками А и С различной степенью позиционного порядка в слоях или порядка в ориентации связей (кристаллографических осей). Рентгеновские исследования, проведенные с высоким разрешением, показывают, что фазы, ранее классифицирующиеся как смектики В, во многих веществах на самом деле являются не жидкими кристаллами, а ламеллярными системами с истинным дальним порядком в трех измерениях. Однако имеются и примеры, когда смектическая В-фаза представляет собой стопку гексатических слоев с дальним порядком в ориентации связей и ближним трансляционным порядком. Есть основания полагать, что особенности строения ряда новых ЖК фаз (F, I и др.) связаны с тем или иным видом дипольного упорядочения молекул. В таких ЖК системах возникают несоизмеримые структуры, обнаруживаются смектики с модуляцией слоев.

Ориентационный и трансляционный порядок возможен и в системах, состоящих из дискообразных молекул. В смектических фазах такие молекулы образуют вместо слоев колонки, содержащие стопки дискообразных молекул. Для этих фаз характерно двумерное гексагональное расположение

центров масс молекул, при этом трансляционный порядок в направлении, перпендикулярном к образующимся плоскостям, отсутствует. Такой тип ЖК соответствует двумерной волне плотности в трехмерной жидкости.

Большое значение для определения характера перехода от двух измерений к трем имеет изучение свободно подвешенных пленок жидких кристаллов, в которых возможно осуществлять контролируемое увеличение числа молекулярных слоев. В таких системах при малом числе слоев n ($n \leq 20$) удается наблюдать смектики, представляющие собой стопки гексатических слоев. В объеме ЖК эти свойства не проявляются. Нельзя не отметить также ЖК структуры, в которых отсутствует центр инверсии. К таким системам, образованным хиральными молекулами, относятся холестерические жидкие кристаллы, хиральные смектики С и голубая фаза холестериков.

В заключение перечислим проблемы, представляющиеся в настоящее время наиболее важными при изучении структуры жидких кристаллов:

1. Восстановление вида корреляционной функции $G(\mathbf{r}; \Omega)$, зависящей как от положения центров масс молекул, так и от их ориентации в нематических жидких кристаллах.
2. Изучение особенностей дальнего порядка в слоевых системах с одномерным и двумерным трансляционным порядком. Сюда относятся смектики А и С, лиотропные фазы L_α и L_β , модельные мембраны, дискотики.
3. Исследование «экзотических» смектиков типа В, F, I и т. д.
4. Изучение систем с пониженной размерностью пространства с целью определения условий и характера перехода от двух измерений к трем. Это относится к таким системам, как свободно подвешенные ЖК пленки, слой амфифильных молекул на поверхности растворителя, поверхностные слой ЖК, тонкие пленки Лэнгмюра — Блоджетт.
5. Исследование несоразмерных слоевых структур и смектиков с модуляцией слоев в жидких кристаллах, состоящих из полярных молекул.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- В а й н ш т е й н Б. К., Ч и с т я к о в И. Г. // Проблемы современной кристаллографии. — М.: Наука, 1975. — С. 12.
- Д е Ж е н П. Ж. Физика жидких кристаллов. — М.: Мир, 1977.
- Б л и н о в Л. М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. — М.: Наука, 1978.
- Leadbetter A. J. // The Molecular Physics of Liquid Crystals. — London: Academic Press, 1979. — Ch. 13.
- П и к и н С. А. Структурные превращения в жидких кристаллах. — М.: Наука, 1981.
- Pindak R., Moncton D. // Phys. Tod. May. 1982. P. 57.
- Litster J. D., Birgeneau R. J. // Ibidem. P. 26.
- Кац Е. И. // УФН. 1984. Т. 142. С. 99.
- Львов Ю. М., Островский Б. И., Фейгин Л. А. // Кристаллография. 1987. Т. 32. С. 972.
- Зисман А. Н., Никифоров Д. В., Островский Б. И., Терентьев Е. М. // Письма ЖЭТФ. 1987. Т. 45. С. 193.

[532.783+5351(048)]

Л. М. Блинов. Электрооптика жидких кристаллов. Своей популярностью жидкие кристаллы обязаны главным образом их многочисленным применениям в микроэлектронике. Индикаторы часов и калькуляторов (первое поколение), телевизионные экраны и дисплеи ЭВМ (второе поколение), модуляторы и устройства оптической обработки информации (третье поколение) — все это примеры приборов, где используются электрооптические эффекты в жидкокристаллических материалах. Эти эффекты исключительно многообразны ¹, но в любом случае работает одна и та же общая схема. На первом этапе электрическое поле так или иначе «связывается» с одним из параметров порядка жидкого кристалла (здесь проявляется «твердотельный» характер вещества). На втором этапе, стремясь минимизировать свою энергию под действием поля, жидкий кристалл течет, перестраивается и меняет молекулярную ориентацию, характеризующуюся