

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Геологический факультет

Кафедра кристаллографии и кристаллохимии.

Курсовая работа

НА ТЕМУ:

«ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА»

Выполнил: студент 105 группы
Ивлев Б.А.

Научный руководитель: к.г.-м.н., н. с.
Аксенов С.М.

Москва 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. История открытия жидких кристаллов.....	4
2. Особенности строения молекул жидких кристаллов.....	5
3. Жидкокристаллические фазы, образованные молекулами жидких кристаллов.....	7
3.1. нематическая фаза.....	7
3.2. смектическая фаза (-А, -С, -В).....	8
3.3. дискотические (дискотики D).....	10
3.4. холестерические (холестерики Chol).....	11
3.5. лиотропные и полимерные жидкие кристаллы.....	13
4. Область применения жидких кристаллов.....	14
5. Заключение.....	22
6. Список литературы.....	23

Введение

Жидкий кристалл - это специфическое агрегатное состояние вещества, в котором оно проявляет одновременно свойства кристалла и жидкости. Большинство веществ может находиться только в трех, всем хорошо известных агрегатных состояниях: твердом или кристаллическом, жидком и газообразном. Оказывается, некоторые органические вещества, обладающие сложными молекулами, кроме трех названных состояний, могут образовывать четвертое агрегатное состояние — жидкокристаллическое [1]. Это состояние осуществляется при плавлении кристаллов некоторых веществ. При их плавлении образуется жидкокристаллическая фаза, отличающаяся от обычных жидкостей. Эта фаза существует в интервале от температуры плавления кристалла до некоторой более высокой температуры, при нагреве до которой жидкий кристалл переходит в обычную жидкость.

Подобно обычной жидкости, жидкий кристалл обладает текучестью и принимает форму сосуда, в который он помещен. Этим он отличается от известных всем кристаллов. Однако, несмотря на это свойство, объединяющее его с жидкостью, он обладает свойством, характерным для кристаллов. Это - упорядочение в пространстве молекул, образующих кристалл. Правда, это упорядочение не такое полное, как в обычных кристаллах, но оно существенно влияет на свойства жидких кристаллов, чем и отличает их от обычных жидкостей. Неполное пространственное упорядочение молекул, образующих жидкий кристалл, проявляется в том, что в жидких кристаллах нет полного порядка в пространственном расположении центров тяжести молекул, хотя частичный порядок может быть. Это означает, что у них нет жесткой кристаллической решетки. Поэтому жидкие кристаллы, подобно обычным жидкостям, обладают свойством текучести.

Обязательным свойством жидких кристаллов, сближающим их с обычными кристаллами, является наличие порядка пространственной ориентации молекул. Такой порядок в ориентации может проявляться, например, в том, что все длинные оси молекул в жидкокристаллическом образце ориентированы одинаково. Эти молекулы должны обладать вытянутой формой. Кроме простейшего названного упорядочения осей молекул, в жидком кристалле может осуществляться более сложный ориентационный порядок молекул.

Полиморфизм жидкокристаллической фазы изучают разными методами. Широко используются методы:

- 1) микроскопии в поляризованном свете,
- 2) сканирующей дифференциальной адиабатической калориметрии,

3) рентгеноструктурный анализ.

Каждый из этих методов позволяет понять различные стороны жидкокристаллической фазы, которые в совокупности дают полную картину формирования и существования фазы в зависимости от условий.

2. История открытия жидких кристаллов

Впервые образование необычной фазы было замечено австрийским ботаником Ф.Рейнитцером в 1888 г., который изучал роль холестерина в растениях. Нагревая твердое вещество холестерилбензоат, он обнаружил, что при температуре $\approx 145^\circ\text{C}$ кристаллы плавятся и образуют мутную, сильно рассеивающую свет жидкость, ныне называемую жидким кристаллом, которая при дальнейшем нагревании $\approx 179^\circ\text{C}$ становится совершенно прозрачной (см. рис.1). У этого соединения имеются 3 различные фазы: твердое, жидкокристаллическое и жидкое. Интервал этого перехода составляет 34°C . Ф. Рейнитцер отметил также, что при нагревании меняется цвет жидкого кристалла — от красного к синему, с повторением в обратном порядке при охлаждении.

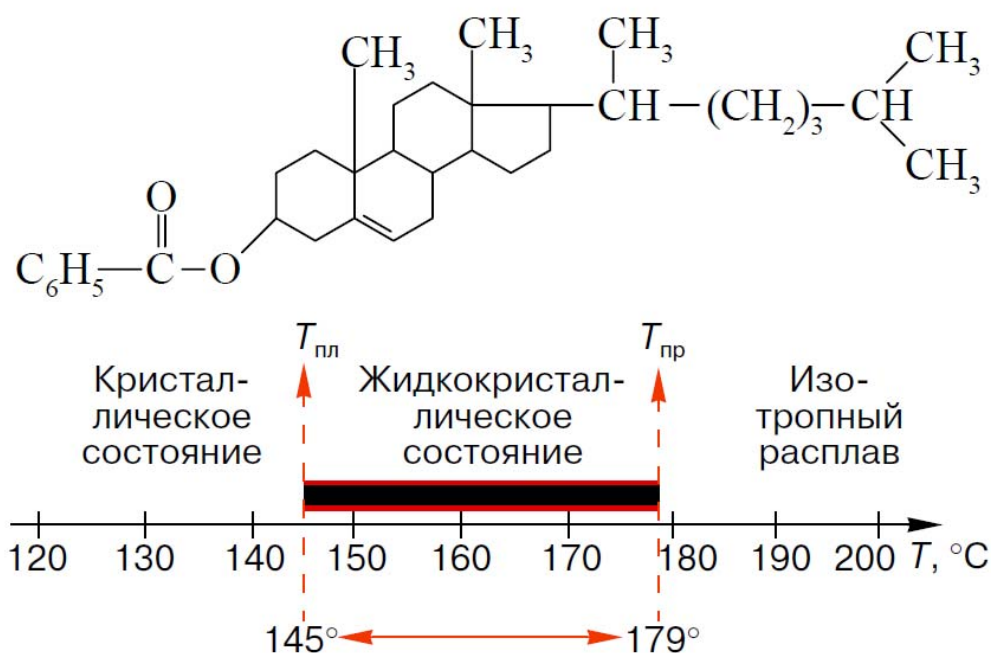


Рис.1. Первое ЖК-соединение - холестерилбензоат и диаграмма, иллюстрирующая температурную область существования ЖК-фазы.

Ф. Рейнитцер попросил немецкого физика О. Лемана исследовать физические особенности производных холестерина (холестерилацетата и холестерилбензоата).

Каждое из соединений вело себя как жидкость по своим механическим свойствам и как кристаллическое твердое тело — по оптическим свойствам. О.Леман показал, что мутная промежуточная фаза — это кристаллоподобная структура и предложил для нее термин «жидкий кристалл». Затем Ж. Фридель предложил называть эти соединения мезоморфными (греч. «мезос»- промежуточный, средний) и разделил их на 3 класса. Соединения, которые имеют свойства схожие с мылами, он назвал смектическими структурами. Нематические (греч. «немо» - нить) структуры, схожи со смектическими по своим оптическим свойствам и третьи - холестерические структуры, к которым относится большое число производных холестерина. После многочисленных исследований в 1904 г. О.Леман написал книгу «Жидкие кристаллы», в ней были приведены экспериментальные факты, подтверждающие существование жидкокристаллического состояния вещества.

Однако понимание природы ЖК-состояния веществ установление и исследование их структурной организации приходит значительно позднее. Серьезное недоверие к самому факту существования таких необычных соединений в 20 — 30-х годах сменилось их активным исследованием. Работы Д. Форлендера в Германии во многом способствовали синтезу новых жидкокристаллических соединений. Голландец С. Озеен и чех Х. Цохер создали теорию упругости, русские ученые В.К. Фредерикс и В.Н. Цветков в 30-х годах впервые исследовали поведение жидких кристаллов в электрических и магнитных полях. Однако то 60-х годов изучение жидких кристаллов не представляло существенного практического интереса, и все научные исследования имели достаточно ограниченный, чисто академический интерес.

Ситуация резко изменилась в середине 60-х годов, когда в связи с бурным развитием микроэлектроники и микроминиатюризации приборов потребовались вещества, способные отражать и передавать информацию, потребляя при этом минимум энергии. И вот здесь на помощь пришли жидкие кристаллы, двойственный характер которых (анизотропия свойств и высокая молекулярная подвижность) позволили создать управляемые внешним электрическим полем быстродействующие и экономичные жидкокристаллические индикаторы, являющиеся по существу основным элементом многомиллионной "армии" часов, калькуляторов, плоских экранов телевизоров и т. д.

Жидкокристаллический бум, в свою очередь, стимулировал активную научную деятельность, созывались международные симпозиумы и конференции по жидким кристаллам, организовывались школы для молодых ученых, выпускались сборники и монографии.

2. Особенности строения молекул жидких кристаллов

Органические вещества, которые могут находиться в жидкокристаллическом состоянии, представляют собой молекулы палочкообразной формы, так называемые каламитики (рис.2). Кроме палочкообразных молекул в жидкокристаллическом состоянии могут находиться молекулы более сложной структурной формы - дискообразной формы (рис.3). Молекулы жидкокристаллических соединений называют мезогенами, а фрагменты молекул, способствующих формированию жидкокристаллической фазы – мезогенными группами. Мезогенные группы чаще всего представляют собой бензольные кольца, связанные непосредственно друг с другом с помощью различных химических группировок: $-\text{CH}=\text{CH}-$, $\text{CH}=\text{N}-$, $-\text{NH}-\text{CO}-$ и др. Характерной особенностью всех жидкокристаллических соединений является ассиметрическая формула молекул, обуславливающая расположение молекул преимущественно параллельно друг другу вдоль их длинных (каламитики) и коротких (дискотики) осей [1,2].

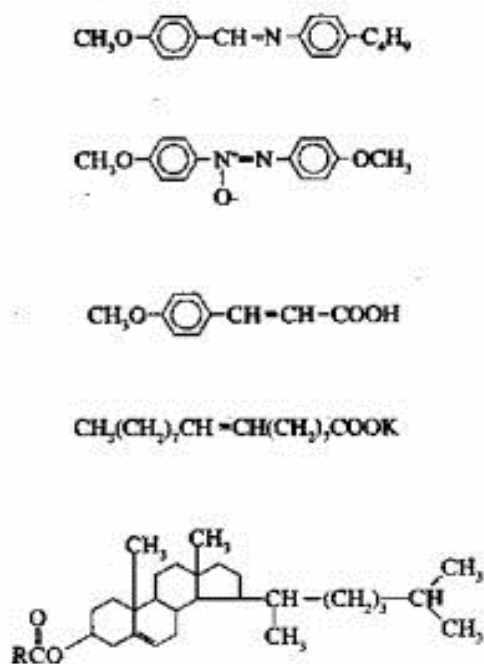


Рис.2 Палочкообразные мезогены (каламитики)

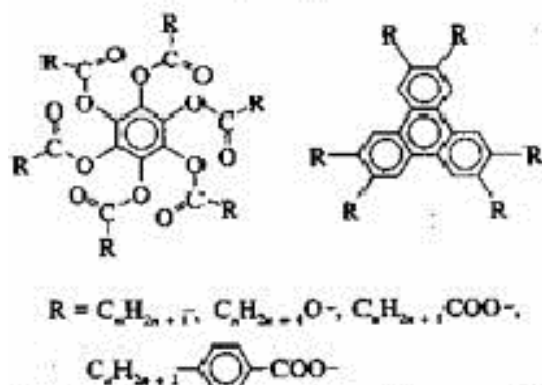


Рис.3. Дискотические мезогены (дискотики)

Лиотропные жидкие кристаллы состоят из молекул, каждая молекула состоит из двух частей: полярной «головки» (гидрофильная группа) и углеводородного «хвоста» (гидрофобная группа). Подобные соединения при растворении в воде образуют мицелярные растворы, в которых полярные головки торчат наружу, находясь в контакте с водой, а углеводородные хвосты контактируют друг с другом и направлены внутрь. Такие мицеллы являются структурными элементами лиотропных жидких кристаллов, формируя цилиндрическую или ламелярную форму.

Полимеры, которые образуют жидкие кристаллы могут быть двух типов. Гребенчатые полимеры представляют собой полимерную цепочку, к которой присоединены мезогенные группы. Другим видом полимерных жидких кристаллов являются полимеры, цепочки которых содержат фрагменты мезогенных групп. При достаточно гибкой связи между мезогенными группами в полимере они могут создавать нематическую или смектическую фазу.

3. Жидкокристаллические фазы, образованные молекулами жидких кристаллов

3.1. Нематическая фаза

Органическая молекула, имеющая форму палочек, из изотропной жидкости переходит затем в анизотропную жидкую фазу, которую называют нематическим жидким кристаллом (рис.4).



Рис.4. Нематическая фаза, ориентация молекул

Нематическая фаза неполярна, т.е. директор $\mathbf{n}(\mathbf{r}) = -\mathbf{n}(\mathbf{r})$. Вектор $\mathbf{n}(\mathbf{r})$ направлен вдоль оси z и имеет проекции $(n_x, n_y, n_z) = (0, 0, 1)$. Молекулы нематика могут поступательно двигаться по всем трем направлениям (трансляционная группа симметрии нематика $T(3)$), тем самым обеспечивая ему наибольшую текучесть из всех жидких кристаллов. Локальная плотность нематика постоянна $\rho(\mathbf{r}) = \text{const}$; нематическая фаза оптически одноосная [2].

3.2. Сметическая фаза

Фаза смектик А - фаза смектик -А образуется молекулами с длинными хвостами при охлаждении нематика или непосредственно из изотропной фазы. Особенностью фазы смектик -А является периодичность в одном направлении с периодом равным межслоевому расстоянию d . Внутри каждого слоя, в горизонтальной плоскости упаковка молекул остается хаотической, т.е. жидкостной. При этом корреляций положений молекул в соседних слоях отсутствуют (см. рис.5).

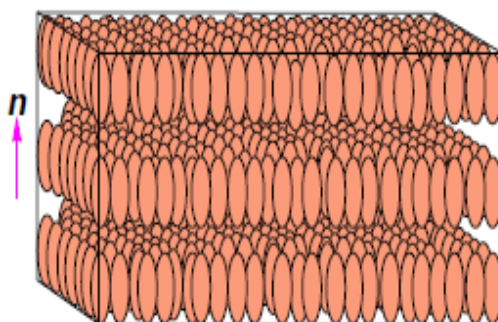


Рис.5. Слоистая структура смектической -А фазы.

Таким образом, фаза -А является одновременно одномерным кристаллом (вдоль оси z) и двухмерной жидкостью (вдоль осей x и y). Фаза -А, как и в нематической фазе, $\mathbf{n}(\mathbf{r}) = -\mathbf{n}(\mathbf{r})$ и координаты директора $(n_x, n_y, n_z) = (0, 0, 1)$. Трансляционная симметрия сохранилась

только в плоскости слоя, т. е. в двух направлениях x и y симметрия стала $T(2)$. Плотность слоя не зависит от x и y $\rho(x), \rho(y) = \text{const}$, однако ρz оказывается периодической функцией расстояния вдоль нормали к молекулярному слою. Сметическая -А фаза оптически одноосна [2].

Фаза сметик -С - в сметической-С фазе длинные молекулярные оси отклонены от нормали к слоям на угол θ . Угол θ изменяется от 0 до 45° . Пространственные положения молекул в соседних слоях не корректированы, а их наклон корректирован. Директор \mathbf{n} совпадает с преимущественным направлением длины молекулярных осей; $\mathbf{n}(\mathbf{r}) = \mathbf{n}(\mathbf{r})$. Особенности строения сметической -С фазы показано на рис. 6.



Рис.6. Сметик С. Молекулярная структура сметической-С фазы

Проекция директора на оси $(n_x, n_y, n_z) = (\sin\theta \cos\Phi, \sin\theta \sin\Phi, \cos\theta)$, при этом ось z направлена перпендикулярно слоям. Проекция директора \mathbf{n} на плоскость слоя называется с-директором. Трансляционная группа симметрии $T(2)$. Волна плотности изменяется также, как и для сметической -А фазы $\rho(z) = \rho_0 + \rho_1 \cos qz$.

Фаза С оптически двуосная, а проекции \mathbf{n} на координатные оси различные: $n_1 \neq n_2 \neq n_3$ (нормаль к слоям направлена вдоль z) [2].

Фаза сметик -В - фаза В обладает свойствами гексагональной симметрии: поворотная ось 6-го порядка C_6 , совпадает с директором \mathbf{n} , зеркальная плоскость σ_h , обеспечивающая симметрию концов молекул жидкого кристалла; $\mathbf{n} = -\mathbf{n}$; 12 вертикальных плоскостей σ_v , из которых 6 проходит через углы 6-ти угольника сметикоми 6 - по серединам сторон; 12 осей C_2 , перпендикулярных оси C_6 и лежащих в плоскости σ_v (см. рис.4).

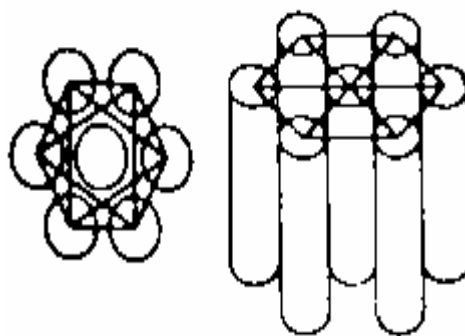


Рис.7. Структура смектической -В фазы.

Смектическая -В фаза обладает оптической одноосностью и 3-х мерной периодичностью волн плотностью вдоль осей x , y и z . Смектическую -В фазу можно рассматривать как 3-х мерный кристалл, однако, необходимо учитывать корреляцию молекул в соседних слоях. Если корреляция в положении молекул соседних слоев наблюдается, то это настоящий кристалл, хотя модуль упругости сдвига слоев может быть очень малым. Если межслоевых корреляций нет, то мы имеем дело с гексатическим жидким кристаллом смектиком B_{hex} [2].

3.3. Дискотическая фаза

Дискотические фазы построены из молекул –дисков. Различают колончатые дискотические фазы (см. рис. 8) и дискотическую фазу N_D (рис.9).

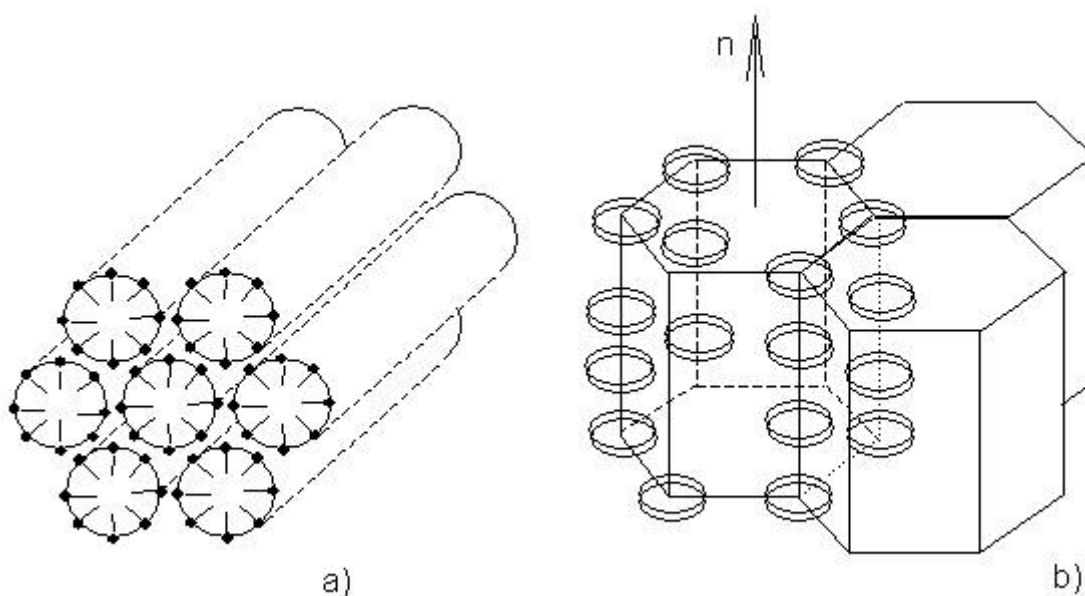


Рис.8. Структура дискотической колончатой фазы (a) и (b).

Диско-нематическая фаза возникает при охлаждении изотропного вещества, состоящего из молекул дискообразной формы.

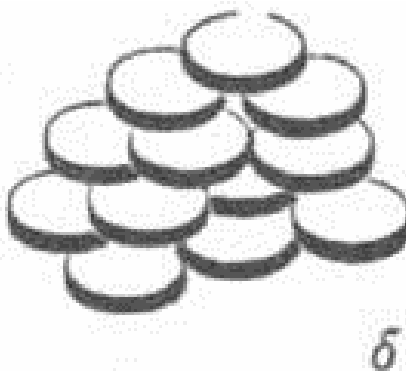


Рис.9 Структура дискотической нематической фазы.

Дискотическая фаза не смешивается с нематической фазой – палочнообразующими молекулами (калиматные нематики), хотя их симметрия и некоторые свойства одинаковы: $\mathbf{n} = -\mathbf{n}$, $\rho = \text{const}$, оптическая одноосность. Колончатая дискотическая фаза (см. рис.8) является примером двумерного кристалла и одномерной жидкости – это трудно себе представить. В дискотиках директор \mathbf{n} представляет собой направление нормалей молекул – дисков, на рисунке $\mathbf{n} \parallel z$. Трансляционное движение ограничено только направлением вдоль столбиков, т.е. параллельна \mathbf{n} и соответствует группе T_1 . Дискотические фазы могут иметь разную симметрию. При охлаждении дискотиков можно наблюдать последовательность фаз: изотропная I, нематическая N_D , колончатая ортогональная D_0 , колончатая начальная D_t и кристаллическая K [2,3].

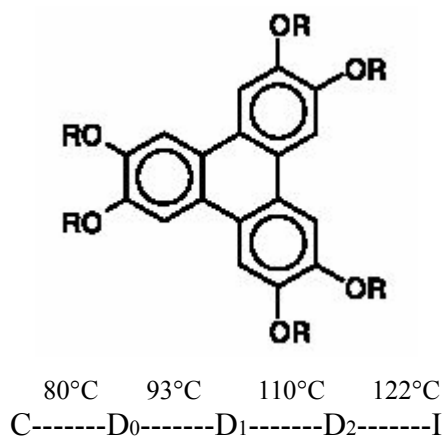


Рис.10. Структурная формула и последовательность фазовых переходов в соединении из класса трифенилена.

3.4. Холестерическая фаза

Холестерические жидкие кристаллы, или холестерики (от названия вещества холестерина), состоящие из хиральных молекул. К ним относятся, главным образом, производные холестерина. Сам холестерин не дает мезофазы. В холестерических жидких

кристаллах молекулы расположены в слоях, как и в смектиках, однако длинные оси молекул параллельны плоскости слоев, а их расположение в пределах слоя напоминает скорее нематик. Слои в холестерических кристаллах тонкие, мономолекулярные. Каждая молекула имеет плоскую конфигурацию и боковую метильную СН₃-группу, расположенную над или под плоскостью. При такой конфигурации атомов в молекулах следует, что направление ориентации длинных осей молекул в каждом последующем слое отклонено на 15 угловых минут по сравнению с предыдущим слоем. Эти отклонения суммируются по всей толщине вещества, что приводит к образованию спиральной молекулярной структуры холестерического жидкого кристалла.

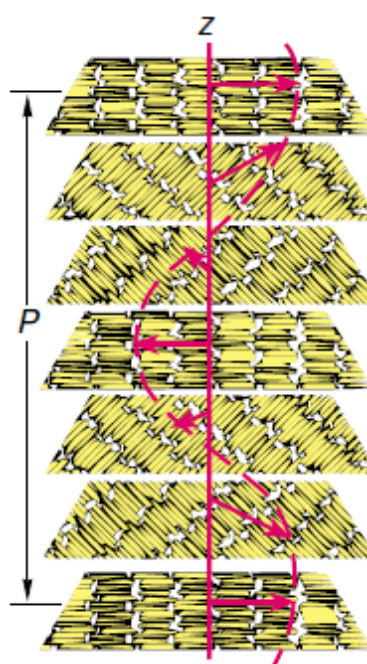


Рис.11. Структура холестерической фазы.

Из рисунка видно, что каждая плоскость моделирует поперечное сечение спиральной структуры в пределах одного из многих ее периодов. Ось спирали проходит по горизонтали, образуя правый винт. Короткие штрихи показывают ориентацию палочкообразованных молекул в плоскости жидкого слоя.

Холестерические жидкие кристаллы похожи по структуре на нематики, но имеют принципиальное отличие. Оно состоит в том, что в холестерике, свободном от внешних воздействий, однородная ориентация оптической оси является энергетически невыгодной. Молекулы холестерина можно расположить параллельно друг другу (как в нематике) в тонком монослое, но в соседнем слое хиральные молекулы должны быть повернуты на

некоторый малый угол: энергия этого состояния оказывается меньшей, чем при однородной ориентации оси (см. рис.10). В стопке таких нематических монослоев ось поворачивается постепенно от слоя к слою, образуя в пространстве правый или левый винт.

Угол между векторами соседних монослоев и шаг винта k в холестерике можно грубо оценить, исходя из простых предположений. Очевидно, чем меньше угол (где угол между векторами соседних монослоев) тем меньше энергия взаимодействия спирального участка молекулы с соседней молекулой и тем больше взаимодействие основных плоских участков молекул. Поскольку, грубо говоря, спиральный участок содержит один атом, а плоский - 100, то отношение этих энергий взаимодействия составляет около 0,01. Поэтому угол составляет сотые доли полного оборота. Холестерики ярко окрашены и малейшее изменение температуры (до тысячных долей градуса) приводит к изменению шага спирали и, соответственно, изменению окраски жидкого кристалла [2,3].

3.5. Лиотропные и полимерные жидкие кристаллы

Молекулы лиотропных жидких кристаллов образуют мицеллы, которые являются структурными элементами жидкокристаллических фаз (цилиндрическая или ламиллярная).

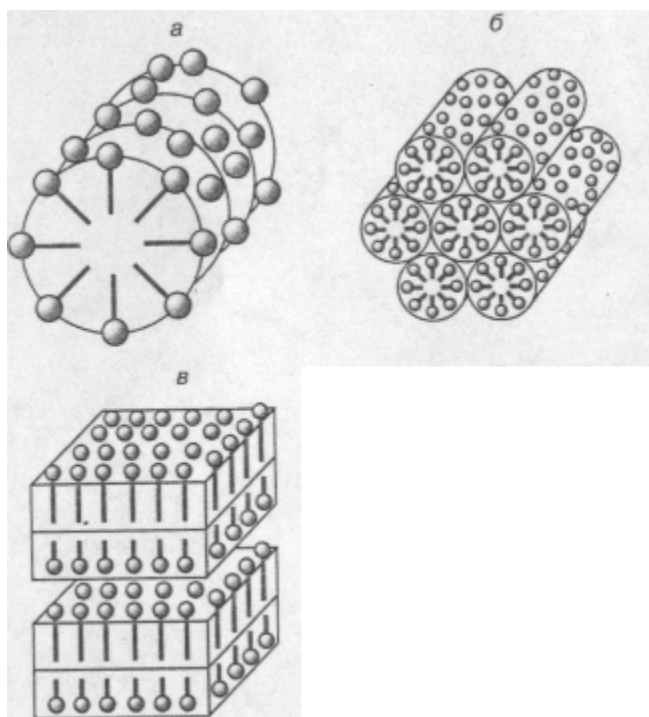


Рис.12. а- инверсная цилиндрическая мицелла. б- гексагональная лиотропная фаза. в-

ламинлярна лиотропная фаза [4].

Полимерные жидкие кристаллы могут создавать нематическую или смектическую фазы.



Рис.13. Общий принцип создания ЖК-полимеров

4. Область применения жидких кристаллов

Расположение молекул в жидких кристаллах изменяется под действием таких факторов, как температура, давление, электрические и магнитные поля; изменения же расположения молекул приводят к изменению оптических свойств, таких, как цвет, прозрачность и способность к вращению плоскости поляризации проходящего света. (У холестерически-нематических жидких кристаллов эта способность очень велика.) На всем этом основаны многочисленные применения жидких кристаллов.

Применение жидких кристаллов в медицине

Зависимость цвета от температуры используется для медицинской диагностики.

Нанося на тело пациента некоторые жидкокристаллические материалы, врач может легко выявлять затронутые болезнью ткани по изменению цвета в тех местах, где эти ткани выделяют повышенные количества тепла (рис.14). Таким образом, жидкокристаллический индикатор на коже больного быстро диагностирует скрытое воспаление и даже опухоль.



Рис.14. Результат диагностики тканей человека

Применение жидких кристаллов на производстве

С помощью жидких кристаллов обнаруживают пары вредных химических соединений и опасные для здоровья человека гамма- и ультрафиолетовое излучения. На основе жидких кристаллов созданы измерители давления, детекторы ультразвука.

Применение жидких кристаллов в интегральных схемах

Одним из этапов производства микросхем является фотолитография, которая состоит в нанесении на поверхность полупроводникового материала специальных масок, а затем в вытравливании с помощью фотографической техники так называемых литографических окон. Эти окна в результате дальнейшего процесса производства преобразуются в элементы и соединения микросхемной схемы. От того, насколько малы размеры соответствующих окон, зависит число элементов схемы, которые могут быть размещены на единице площади полупроводника, а от точности и качества вытравливания окон зависит качество микросхемы. Выше уже говорилось о контроле качества готовых микросхем с помощью холестерических жидких кристаллов, которые визуализируют поле температур на работающей схеме и позволяют выделить участки

схемы с аномальным тепло-выделением. Полезным оказалось применение жидких кристаллов (теперь уже нематических) на стадии контроля качества литографических работ. Для этого на полупроводниковую пластину с протравленными литографическими окнами наносится ориентированный слой нематика, а затем к ней прикладывается электрическое напряжение. В результате в поляризованном свете картина вытравленных окон отчетливо визуализируется. Более того, этот метод позволяет выявить очень малые по размерам неточности и дефекты литографических работ, протяженность которых всего 0,01 мкм.

Мониторы на жидких кристаллах

Несмотря на большое число возможных применений ЖК, основное их применение связано с электро-оптическими (ЭО) приборами (см. рисунки 15, 16 и 17). Для таких применений ЖК (нематик) должен обладать четырьмя необходимыми свойствами, а именно: 1) поверхностным упорядочением, 2) переориентацией директора электрическим полем или диэлектрической анизотропией, 3) вращением плоскости поляризации света или оптической анизотропией и 4) ориентационной эластичностью (способностью молекул к различным поворотам).

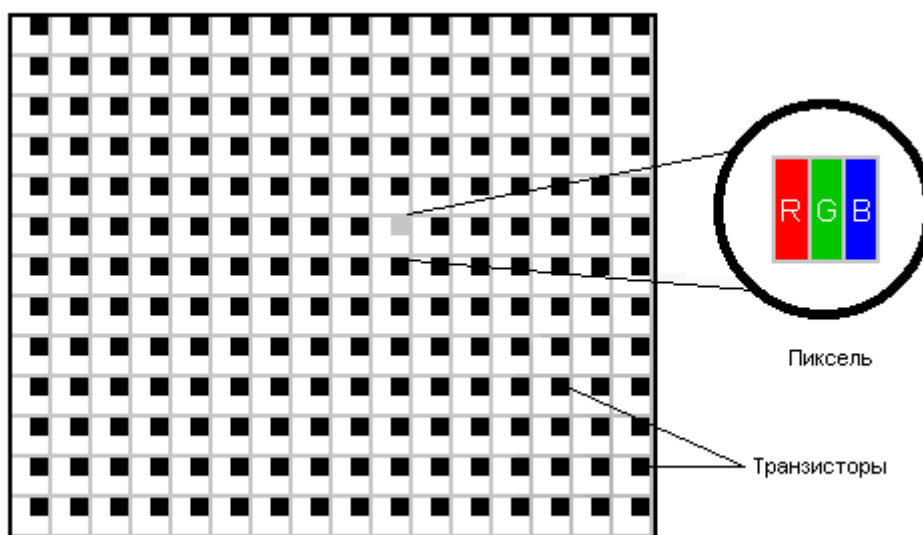


Рис. 15. Устройство ЖК-матрицы.

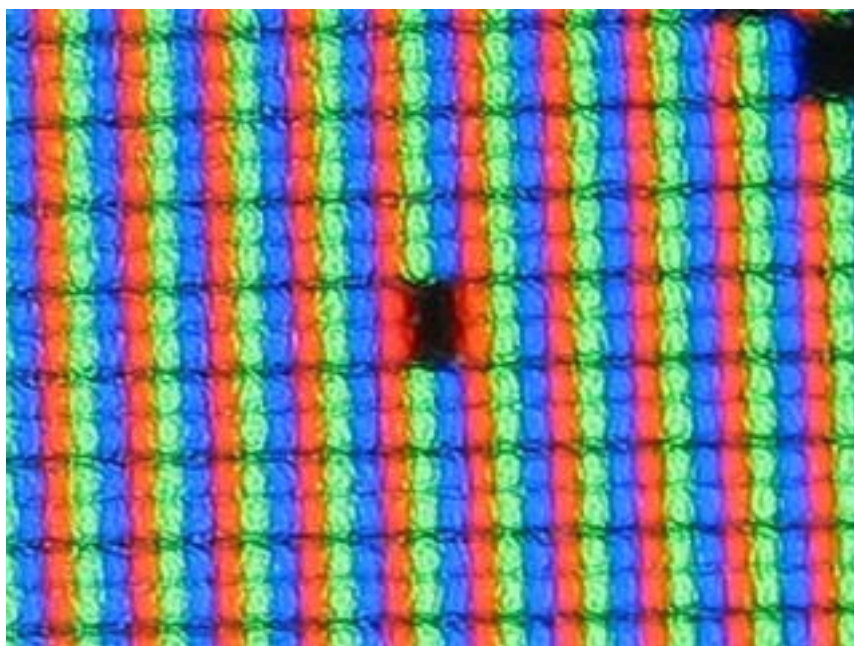


Рис.16. Макрофотография типичной ЖК-матрицы. В центре можно увидеть два дефектных субпикселя (зелёный и синий).

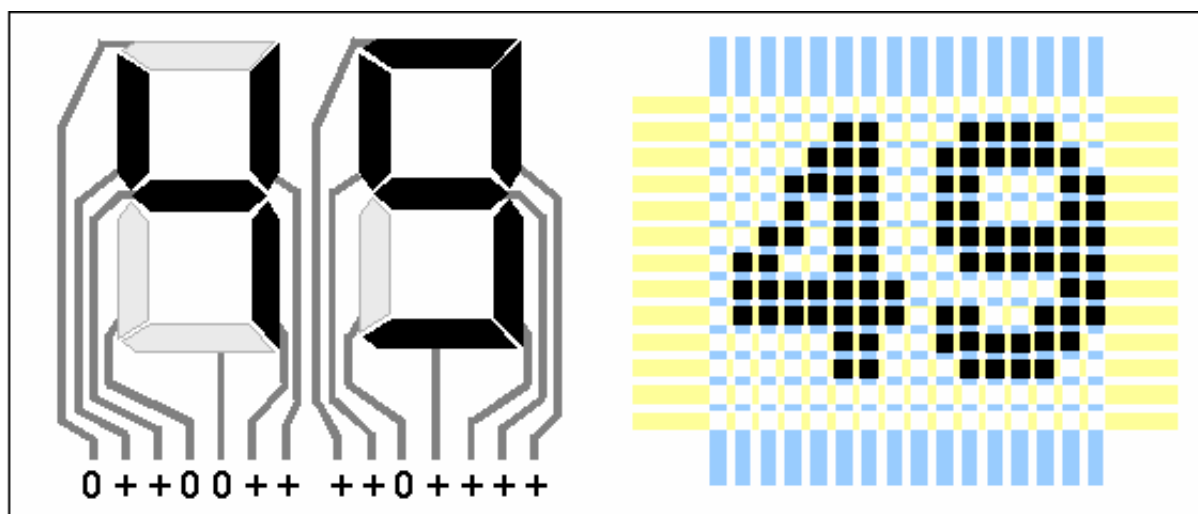


Рис.17. ЖК дисплей

Рассмотрим все свойства по отдельности

1) поверхностное упорядочение. Обычно ЭО дисплей представляет собой стеклянную кювету толщиной меньше 20 мкм, в которую помещен ЖК. Направление директора ЖК может быть задано обработкой поверхностей кюветы таким образом, чтобы молекулы ЖК выстраивались в определенном направлении параллельно плоскости кюветы или перпендикулярно к ней. Один из способов обработки поверхности

заключается в нанесении на нее тонкого слоя твердого полимера и последующего «натирания» его в одном направлении.

2) диэлектрическая анизотропия ЖК может быть записана как разность диэлектрической проницаемости в направлении параллельном директору и перпендикулярном ему. Если директор выстраивается параллельно полю то $\Delta\epsilon > 0$.

3) Оптическая анизотропия связана с анизотропией коэффициента преломления – n , или двулучепреломлением. Это означает, что материал имеет два значения n для направлений поляризации света параллельно и перпендикулярно директору, разница между ними Δn есть мера оптической анизотропии. Для работы ЖК дисплея эта величина должна быть $> 0,2$. Ориентационная эластичность необходима для обеспечения поворота молекул при приложении поля и возврата их в исходное положение после выключения поля. Это свойство описывается эластичными константами наклона, закручивания и изгиба — $K11$, $K22$ и $K33$.

4) Используя различные ориентации директора (изначально с помощью поверхностного упорядочения) затем с помощью приложения электрического поля можно сконструировать простейший ЭО прибор. При этом верхнюю и нижнюю поверхность кюветы натирают в перпендикулярных направлениях, так что директор ЖК поворачивается от верха кюветы к низу на 90° , таким образом, вращая плоскость поляризации. Контраст изображения достигается с помощью скрещенных поляроидов. В скрещенных поляроидах эта ячейка выглядит светлой. Если теперь приложить электрическое поле, директор молекул ЖК будет выстраиваться параллельно полю, вращение плоскости поляризации исчезнет, и свет в скрещенных поляроидах перестанет проходить. Напряжение, необходимое для поворота директора составляет обычно 2В-5В и определяется диэлектрической анизотропией и эластичными константами. Прохождение света через ЖК ячейку в скрещенных поляроидах без напряжения и с напряжением. Важно, что действие электрического поля не связано с дипольным моментом молекулы и поэтому не зависит от направления поля. Это позволяет использовать для управления переменное поле (постоянное поле может приводить к накоплению зарядов на электродах и выходу прибора из строя). Важным параметром является также время возвращения ЖК в исходное состояние после выключения поля, оно определяется поворотом длинных молекул и составляет 30-50 мс. Такое время достаточно для работы различных дисплеев, но на несколько порядков превышает время необходимое для работы телевизионных экранов. ЖК дисплей имеет несколько слоев, где ключевую роль играют две панели,

сделанные из очень чистого стеклянного материала, называемого субстрат или подложка. Слои собственно и содержат тонкий слой жидких кристаллов между собой. На панелях имеются бороздки, которые направляют кристаллы, сообщая им специальную ориентацию. Бороздки расположены таким образом, что они параллельны на каждой панели, но перпендикулярны между двумя панелями. Продольные бороздки получаются в результате размещения на стеклянной поверхности тонких пленок из прозрачного пластика, который затем специальным образом обрабатывается. Соприкасаясь с бороздками, молекулы в жидких кристаллах ориентируются одинаково во всех ячейках. Две панели расположены очень близко друг к другу. Сверху и снизу помещены две поляризационные пленки. Для подсветки обычно используется лампа, иногда дисплеи, например, дисплеи часов работают в отраженном свете. Для подачи информации на стеклянные панели наносится слой полупрозрачного ITO, в качестве электрода. Электроды наносятся в виде точек или сегментов, на которые подается отдельная информация. Если расположить большое число электродов, которые создают разные электрические поля в отдельных местах экрана (ячейки), то появится возможность при правильном управлении потенциалами этих электродов отображать на экране буквы и другие элементы изображения. Электроды помещаются в прозрачный пластик и могут принимать любую форму. Технологические новшества позволили ограничить их размеры величиной маленькой точки (0.3 мкм), соответственно на одной и той же площади экрана можно расположить большее число электродов, что увеличивает разрешение монитора, и позволяет нам отображать даже сложные изображения в цвете. Цвет получается в результате использования трех фильтров, которые выделяют из излучения источника белого света три основных компонента. Комбинируя три основных цвета для каждой точки или пикселя экрана, появляется возможность воспроизвести любой цвет. Первые ЖК дисплеи были очень маленькими, около 8 дюймов по диагонали, в то время как сегодня они достигли 15-дюймовых размеров для использования в ноутбуках, а для настольных компьютеров производятся дисплеи с диагональю 20-дюймов и более. Технология создания ЖК дисплеев, не может обеспечить быструю смену информации на экране. Изображение формируется строка за строкой путем последовательного подвода управляющего напряжения на отдельные ячейки, делающего их прозрачными. Такой дисплей имеет много недостатков с точки зрения качества, потому что изображение не отображается плавно и дрожит на экране. Маленькая скорость изменения прозрачности кристаллов не позволяет правильно отображать движущиеся изображения. Для решения

части вышеописанных проблем применяют специальные технологии [4].

Мониторы с активной матрицей

Лучших результатов с точки зрения стабильности, качества, разрешения, гладкости и яркости изображения можно добиться, используя экраны с активной матрицей, которые, впрочем, стоят дороже. В активной матрице (active matrix) используются отдельные усилительные элементы для каждой ячейки экрана, компенсирующие влияние емкости ячеек и позволяющие значительно уменьшить время изменения их прозрачности. Функциональные возможности LCD-мониторов с активной матрицей почти такие же, как у дисплеев с пассивной матрицей. Разница заключается в матрице электродов, которая управляет ячейками жидких кристаллов дисплея. В случае с пассивной матрицей разные электроды получают электрический заряд циклическим методом при построчном обновлении дисплея, а в результате разряда емкостей элементов изображение исчезает, так как кристаллы возвращаются к своей изначальной конфигурации. В случае с активной матрицей к каждому электроду добавлен запоминающий транзистор, который может хранить цифровую информацию (двоичные значения 0 или 1) и в результате изображение сохраняется до тех пор, пока не поступит другой сигнал. Запоминающие транзисторы должны производиться из прозрачных материалов, что позволит световому лучу проходить сквозь них, а значит, транзисторы можно располагать на тыльной части дисплея, на стеклянной панели, которая содержит жидкие кристаллы. Для этих целей используются тонкие пленки Thin Film Transistor (или — TFT). Это те управляющие элементы, при помощи которых контролируется каждый пиксель на экране. Тонкопленочный транзистор действительно очень тонкий, его толщина 0,1–0,01 мкм. Впервые TFT-дисплеях, появившихся в 1972 году, использовался селенид кадмия, обладающий высокой подвижностью электронов и поддерживающий высокую плотность тока, но со временем был осуществлен переход на аморфный кремний (a-Si), а в матрицах с высоким разрешением используется поликристаллический кремний (p-Si). Технология создания TFT очень сложна, при этом имеются трудности с достижением приемлемого процента годных изделий из-за того, что число используемых транзисторов очень велико. Заметим, что монитор, который может отображать изображение с разрешением 800x600 пикселей в режиме SVGA и только с тремя цветами имеет 1440000 отдельных транзисторов. Производители устанавливают нормы на предельное количество транзисторов, которые могут быть нерабочими в ЖК-панели. Пиксель на основе TFT устроен следующим образом: в стеклянной пластине друг за другом интегрировано три

цветных фильтра (красный, зеленый и синий). Каждый пиксель представляет собой комбинацию трех цветных ячеек или субпиксельных элементов. Это означает, например, что у дисплея, имеющего разрешение 1280x1024, существует ровно 3840x1024 транзистора и субпиксельных элемента. Размер точки (пикселя) для 15,1-дюймового дисплея TFT (1024x768) приблизительно равен 0,0188 дюйма (или 0,3 мм), а для 18,1-дюймового дисплея TFT — около 0,011 дюйма (или 0,28 мм). В последнее время появились сообщения об изготовлении полностью полимерного пикселя, при этом транзистор также сделан из полимера.

Сегнетоэлектрические дисплеи

Несмотря на широкое применение дисплеев с активной матрицей на основе нематических ЖК, у них имеется принципиальный недостаток – большое время релаксации (время поворота директора ЖК после выключения электрического поля). Сейчас существует принципиально другая технология для изготовления плоских, быстро переключающихся дисплеев, основанная на применении сегнетоэлектрических, жидкокристаллических смектиков. На первый взгляд кажется странным, что для создания быстрых приборов используется более вязкая (по сравнению с нематиком) смектическая фаза ЖК. Молекулы такого смектика обладают дипольным моментом и расположены слоями, в каждом слое наклонены под одинаковым углом к плоскости слоя. Одинаковый угол наклона возникает вследствие взаимодействия диполей молекул — наличия сегнетоэлектрической фазы. Приложение электрического поля может изменить направление диполей на противоположное и соответственно изменится угол наклона молекул. Таким образом, в слое молекул имеется две возможные ориентации диполей и самих молекул (без электрического поля и с ним). В сегнетоэлектрическом дисплее исходно поляризаторы света устанавливаются таким образом, чтобы свет не проходил (один параллельно направлению директора молекул, другой – перпендикулярно). После приложения электрического поля, диполи молекул поворачиваются параллельно полю, а директор молекул разворачивается на некоторый угол Θ по отношению к поляризатору, при этом свет начинает частично проходить через структуру. Время поворота молекул в этом случае достаточно мало, 1 мкс, что на 2-3 порядка меньше времени возврата молекул в нематической фазе. Японскими электронными компаниями уже разработаны телевизионные экраны на основе ЖК сегнетоэлектриков.

Заключение

Жидкие кристаллы находят большое применение в современной цивилизации. В настоящее время известны около 10 тысяч жидкокристаллических веществ. В основном это органические соединения, представляющие собой очень сложные молекулы. В связи со сложностью строения органических молекул возникают сопутствующие этому трудности. Синтез таких органических молекул довольно сложный, поэтому велико содержание дефектных молекул. Органические молекулы – громоздки и требуют больших затрат энергии внешних воздействий на их переориентацию. В органических молекулах кроме участков (палочек), которые и образуют жидкокристаллическую фазу, существуют всякие «хвосты». «Хвосты» снижают подвижность участков мезогенных групп и увеличивают интервал температуры, в которой и наблюдается жидкокристаллическая фаза. Поэтому параллельно с получением и применением органических жидких кристаллов происходит интенсивное исследование неорганических жидких кристаллов. В неорганических жидких кристаллах отсутствуют недостатки жидкокристаллических органических веществ.

Список литературы

1. Пикин С. А., Блинов Л. М., Жидкие кристаллы. М.: Наука. 1982.
2. Блинов Л. М., Жидкие кристаллы: Структура и свойства. М.:2013.
3. Пикин С. А., Структурные превращения в жидких кристаллах, М.. 1981.
4. Платэ Н. А., Шibaев В. П., Гребнеобразные полимеры и жидкие кристаллы, М., 1980.