

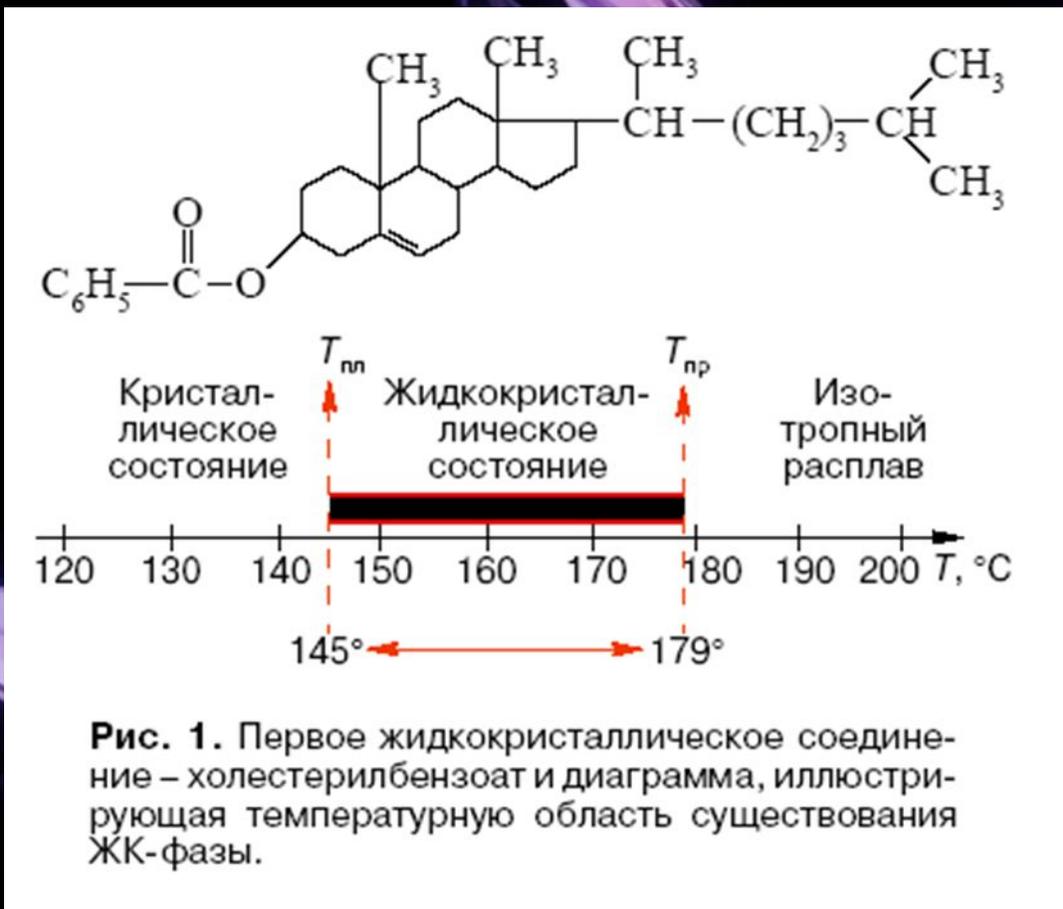
# Жидкокристаллические индикаторы



Бережнева  
Альбина  
КСНК-16

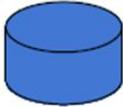
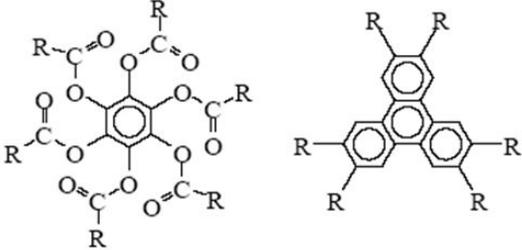
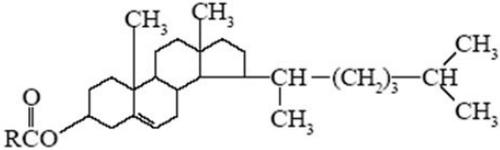
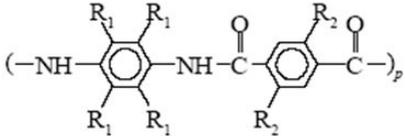
# История открытия жидких кристаллов

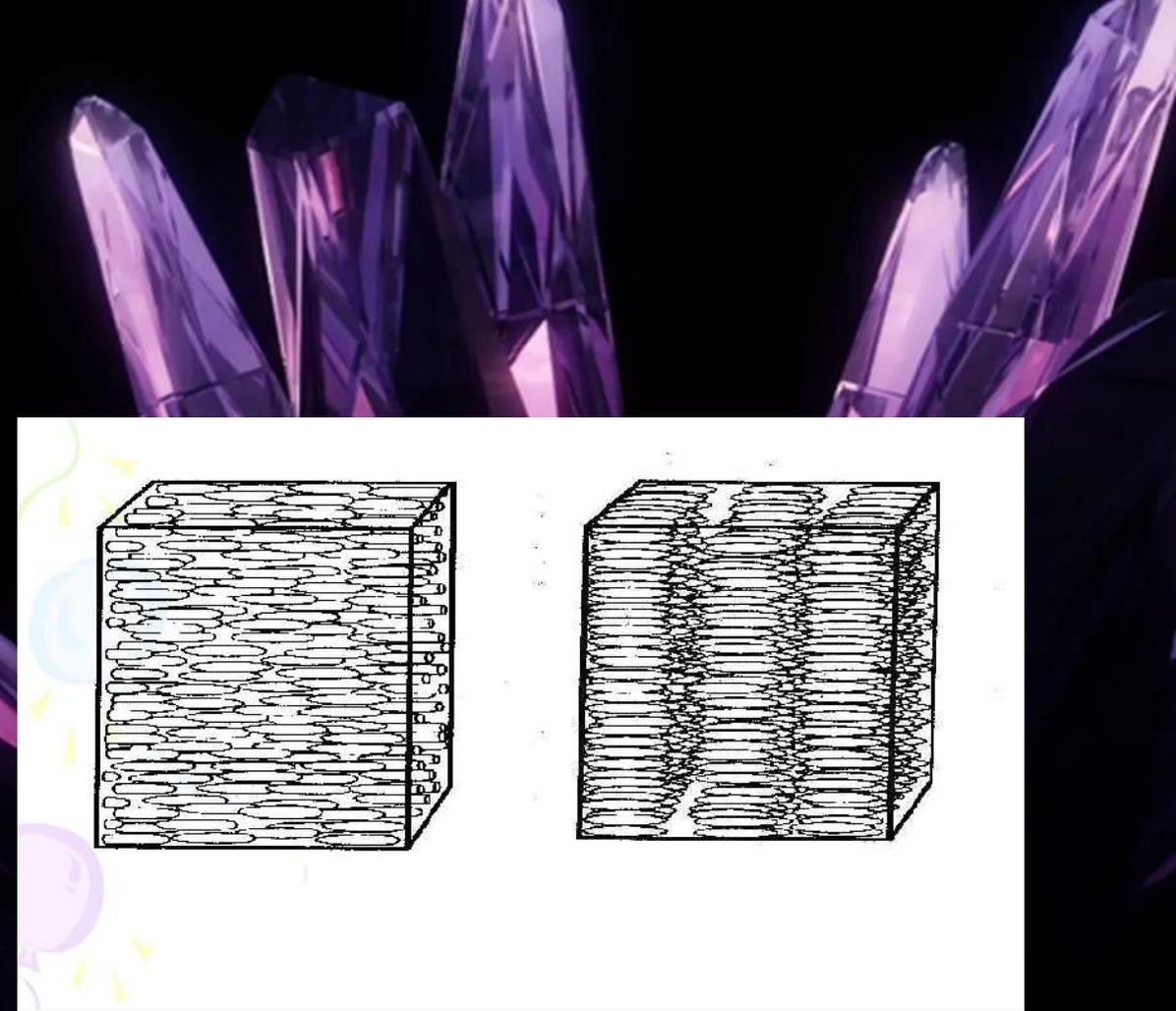
Впервые жидкие кристаллы обнаружил австрийский ботаник **Фридрих Рейнитцер** в **1888** году, наблюдая две точки плавления сложного эфира холестерина – холестерилбензоата



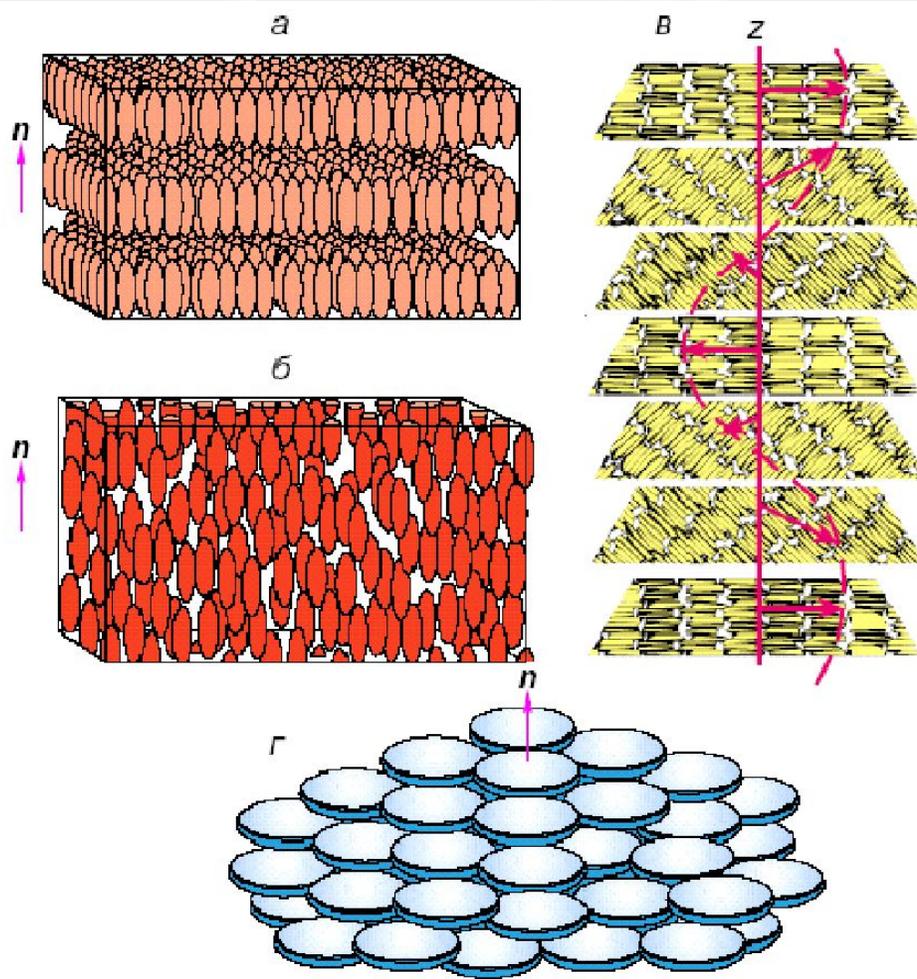
# Структура ЖК

Таблица 1. Типичные примеры химических соединений, образующих жидкокристаллическую фазу

Стержнеобразные мезогены (каламитики)	Дискотические мезогены (дискотики)
	
$\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_4\text{H}_9$	
$\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}^+=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OCH}_3$	$\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}, \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{O}^-, \text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{COO}^-,$
$\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-$
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOK}$	<p>Планкообразные мезогены (сандвики)</p>
	
	
	$\text{R}_1 = \text{CH}_3(\text{CH}_2)_n-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$ $\text{R}_2 = \text{CH}_3(\text{CH}_2)_n-\text{O}-$ <p style="text-align: center;"><math>n = 7-11</math></p>

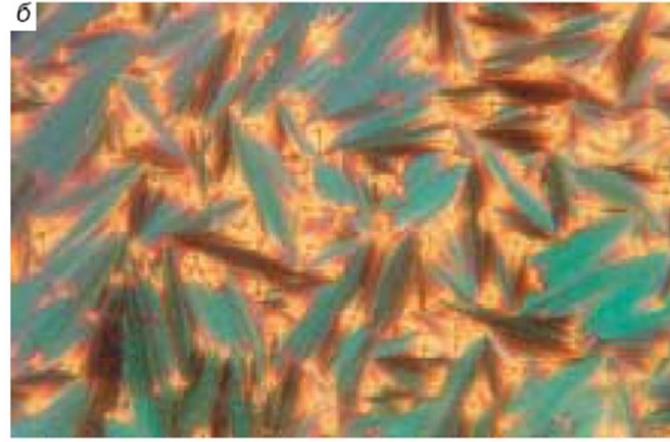
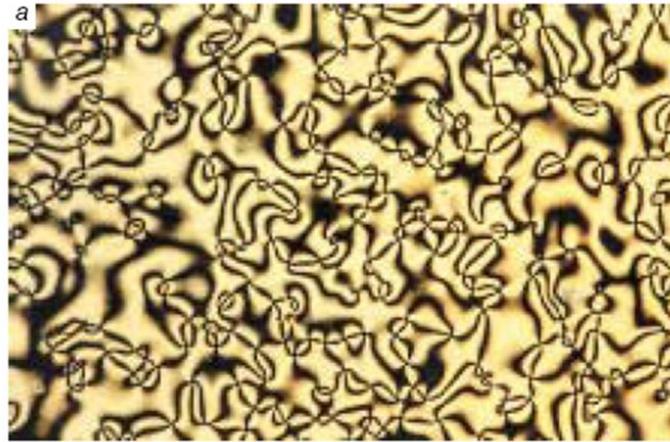


**Термотропные ЖК**  
образуются при  
термическом воздействии  
на вещество. По  
расположению молекул  
они делятся на несколько  
типов:

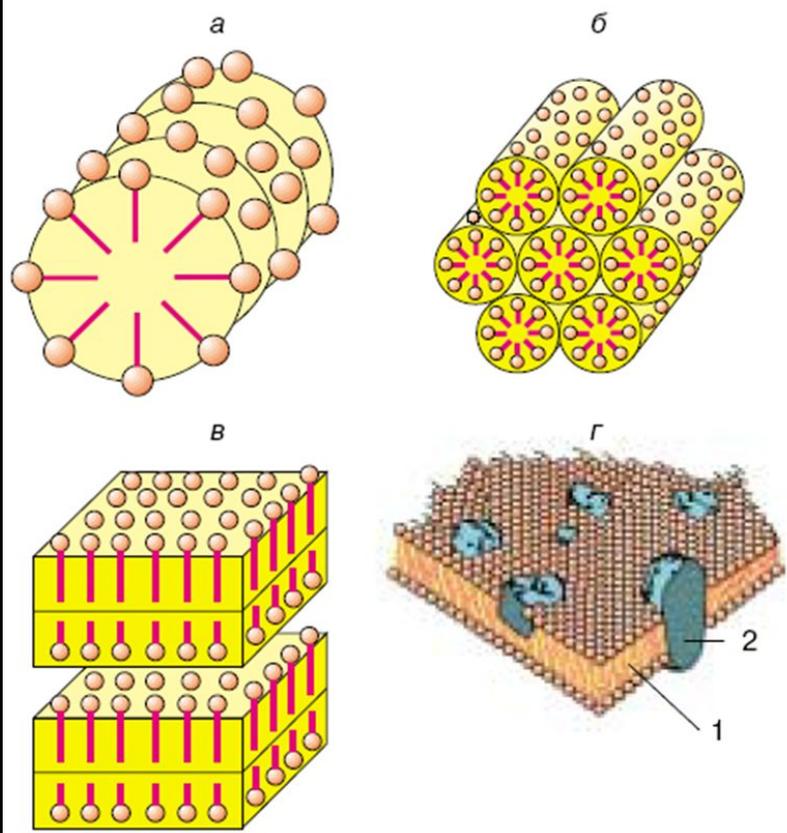


**Рис. 2.** Основные типы расположения стержнеобразных (а-в) и дискообразных (г) молекул в жидких кристаллах: а – смектическая фаза, б – нематическая, в – холестерическая, г – дискотическая ( $n$  – директор).

## Макроскопическая структура (текстура) жидких кристаллов



**Рис. 3.** Типичные текстуры нематических (а), смектических (б) и холестерических (в) жидких кристаллов: а – шлирен, б – веерная, в – конфо-кальная текстуры.

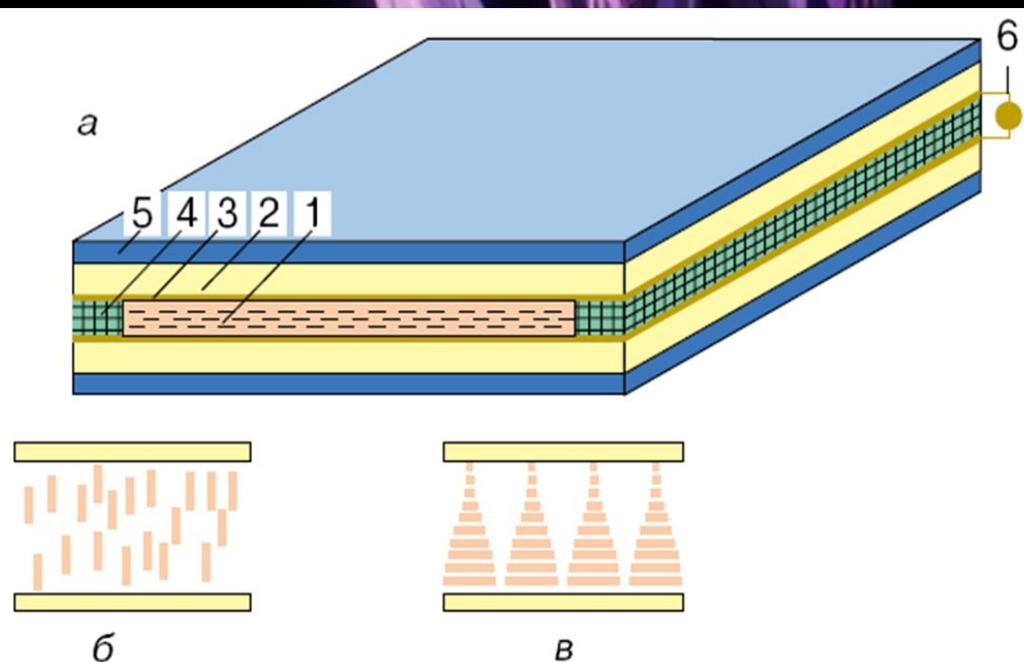


**Рис. 4.** Некоторые типы лиотропных жидкокристаллических структур, образованные амфифильными молекулами в водных растворах: *а* – цилиндрическая мицелла, *б* – гексагональная упаковка цилиндрических мицелл, *в* – ламеллярный смектический жидкий кристалл; *г* – строение мембраны, состоящей из фосфолипидного двойного слоя (1) и молекул белков (2).

**Лиотропные ЖК**  
образуются при растворении  
ряда амфифильных  
соединений в  
определенных  
растворителях и имеют  
более сложную структуру.

# Управление ЖК

Основой любого жидкокристаллического индикатора является **электрооптическая ячейка.**



**Рис. 5.** Электрооптическая ячейка типа “сэндвич” с планарной ориентацией молекул (а) и схемы расположения молекул жидких кристаллов в ячейке: б – гомеотропная и в – твист-ориентация.

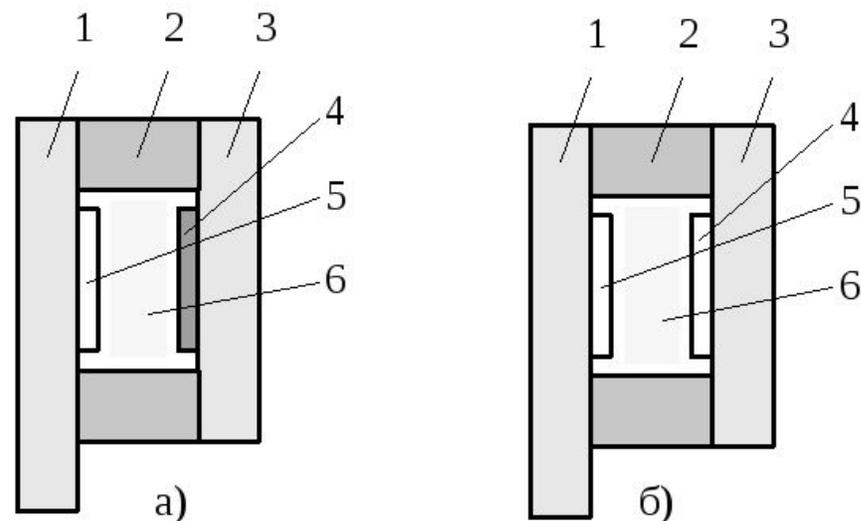
1 – слой жидкого кристалла, 2 – стеклянные пластинки, 3 – токопроводящий слой, 4 – диэлектрическая прокладка, 5 – поляризатор, 6 – источник электрического напряжения.

## Жидкокристаллические индикаторы

Принцип действия жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ) основан на изменении оптических свойств жидких кристаллов под действием электрического поля. В отличие от активных индикаторов ЖКИ не генерируют оптическое излучение, а модулируют его интенсивность за счет изменения таких характеристик, как амплитуда, фаза, длина волны, плоскость поляризации и направление распространения.

Жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ) являются пассивными индикаторами, преобразующими падающий на них свет.

**Жидкокристаллическое** или **мезоморфное состояние** - это состояние вещества, при котором оно обладает свойствами, присущими как твердым кристаллам, так и жидкостям.

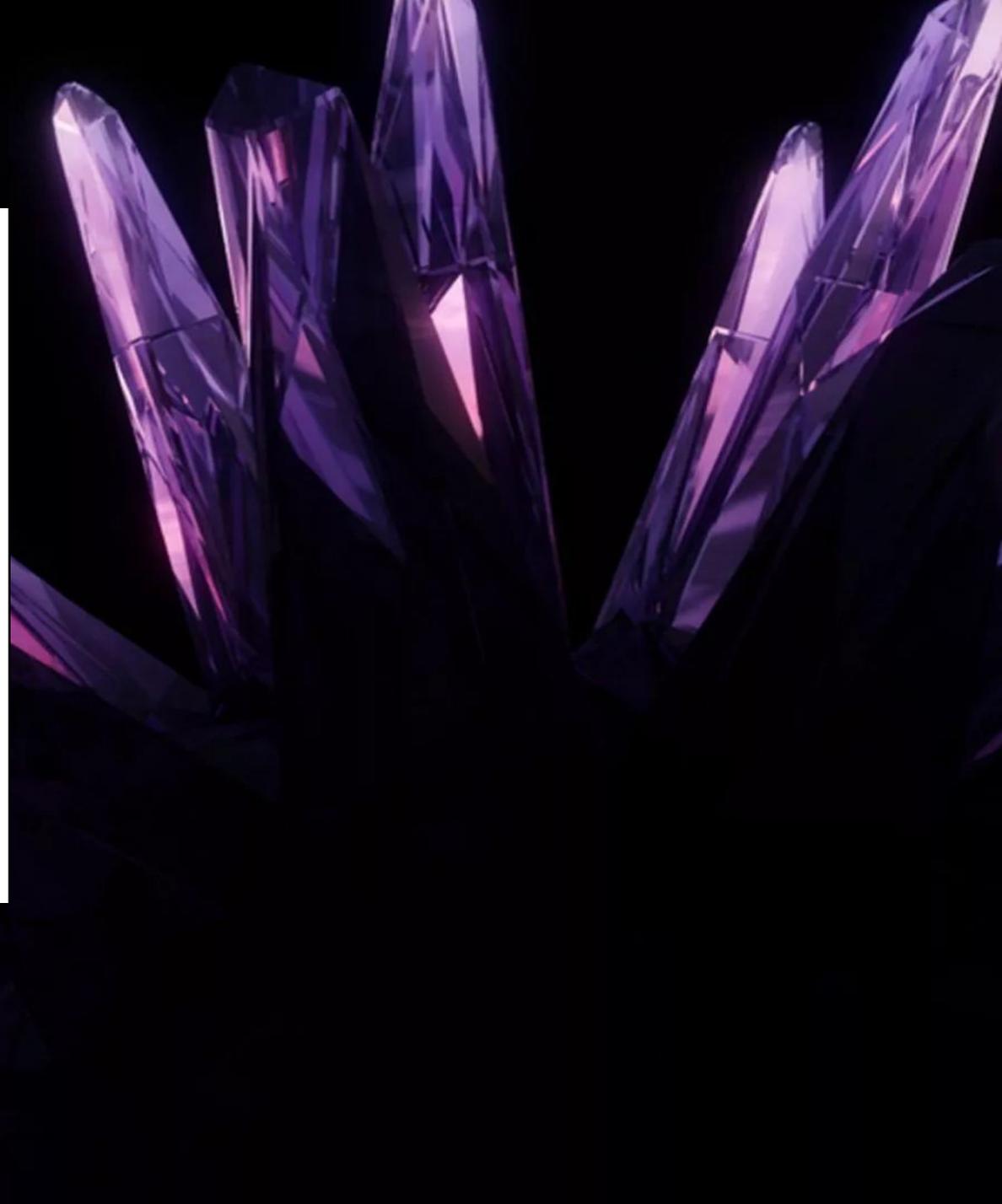


Конструкция ЖКИ, работающих на отражение (а) и на просвет (б):

1,3 – стеклянные пластины; 2 – склеивающее соединение;  
4 – задний отражающий (б) и прозрачный (а) электроды;  
5 – передний прозрачный электрод; 6 - ЖК

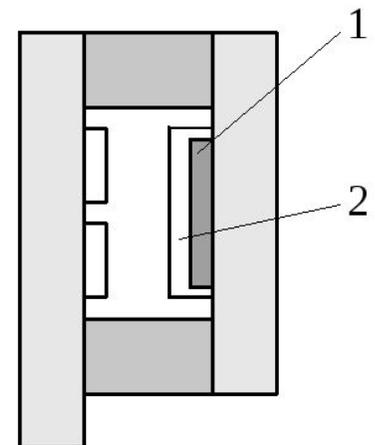
## Жидкокристаллические индикаторы

Основой простейшего индикаторного элемента с использованием ЖК являются две стеклянные пластины. Вне зависимости от используемого электрооптического эффекта ЖКИ разделяются на два класса: индикаторы, работающие на просвет, и индикаторы, работающие на отражение. У первых (Рис.1.а) обе стеклянные пластины прозрачны; электродами служат прозрачные электропроводящие пленки (например, двуокись олова), между которыми помещено ЖК вещество. За индикатором помещается источник света. Цвет и яркость индикатора определяются цветом и яркостью источника света. У вторых: (Рис.1.б) «задний» электрод изготовлен в виде зеркала. Такой индикатор использует внешнее отражающее освещение (специальная подсветка отсутствует).



## Жидкокристаллические индикаторы

В ЖКИ, работающем на основе ДР, при приложении электрического поля напряжённостью около 5 кВ/см (примерно 30 В - к пленке ЖК толщиной 0,25 мм) молекулы переориентируются, возникают турбулентность и сильное оптическое рассеяние. Материал, прозрачный в отсутствие поля, становится непрозрачным. В таком ЖКИ, работающем на отражение, задний электрод представляет собой зеркало, на котором при подаче напряжения появляются участки молочно-белого цвета, форма которых соответствует конфигурации электродов. Для повышения однородности и четкости изображения, а также срока службы на поверхность проводящих слоев наносится тонкое химически инертное по отношению к ЖК оптически прозрачное покрытие. Материалом таких покрытий служат винилацетатные смолы, смолы на основе этилена, эпоксидные компаунды и т.д.

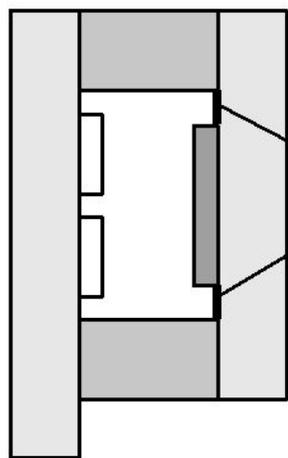


Защита отражающего электрода химически инертной плёнкой:

1 – отражающий электрод; 2 - плёнка

## Жидкокристаллические индикаторы

Заднюю стеклянную пластину индикатора чернят (Рис.4); тогда на черном фоне возникает белое изображение.



Матово-чёрная  
поверхность

Схема чернения стеклянной  
пластины

## Основные параметры ЖКИ

- . **Контрастность  $K$  и пропускание** - это отношение интенсивности света, выходящего из ЖК ячейки в исходном состоянии, к интенсивности света в возбужденном состоянии ЖК ячейки называется пропусканием, если наблюдение ведется в направлении навстречу входящему лучу и контрастностью во всех других случаях.
- . **Пороговое напряжение  $U_{пор}$  и управляющее напряжение  $U_{упр}$** . Эти значения напряжений определяются по коэффициенту рассеяния света в ячейке ( $K_p$ ). Зависимость коэффициента рассеяния света от напряжения, приложенного к электродам ячейки, показана на Рис.5. Пороговое напряжение  $U_{пор}$  соответствует значению  $K_p=0,05$ . Управляющее напряжение  $U_{упр}$  - значению  $K_p=0,5$ . Значение  $U_{пор}$  для индикатора, использующего эффект ДР, увеличиваться на низких и высоких частотах (индикатор становится менее эффективным). Индикаторы на основе ТЭ обычно используют на частотах 1...10 кГц. В справочных данных индикаторов указывают рекомендуемую частоту управляющего напряжения.
- . **Время включения (реакции)  $T_{вкл}$**  – это время, в течение которого контрастность достигает 90% установившегося значения.
- . **Время выключения (релаксации)  $T_{выкл}$**  – это время уменьшения контрастности от 90 до 10% установившегося значения.

**4. Долговечность.** В процессе эксплуатации ЖКИ изменяется внешний вид информационных полей, что проявляется как ухудшение и исчезновение контраста между активными и пассивными зонами, увеличивается время реакции. Изменения внешнего вида и времени реакции является следствием электрохимических явлений на границе жидкокристаллического вещества (ЖКВ) - поверхность подложки. Скорость деградиационных процессов в основном определяется постоянной составляющей напряжения возбуждения, предельно допустимое значение которого указывается в справочных данных. Наличие постоянной составляющей приводит к электролизу ЖКВ, в результате которого возникает газовыделение в объёме ЖКВ, образуются пузырьки газов, визуально воспринимаемые как чёрные точки. Электроды индикатора (проводящие плёнки) теряют свою прозрачность, и сегменты становятся видимыми в отсутствие напряжения возбуждения. В результате старения нарушается ориентация молекул ЖКВ и растёт ток, потребляемый индикатором. Ток также может расти за счет проникновения влаги через слой герметика. Влага разрушает ЖКВ.

При эксплуатации ЖКИ в условиях низкой температуры отдельные компоненты ЖКВ могут кристаллизоваться. Чередование замораживания и размораживания ЖКВ может привести к образованию воздушных пузырьков, которые выглядят как черные точки.

## Жидкокристаллические индикаторы

### Достоинства ЖКИ:

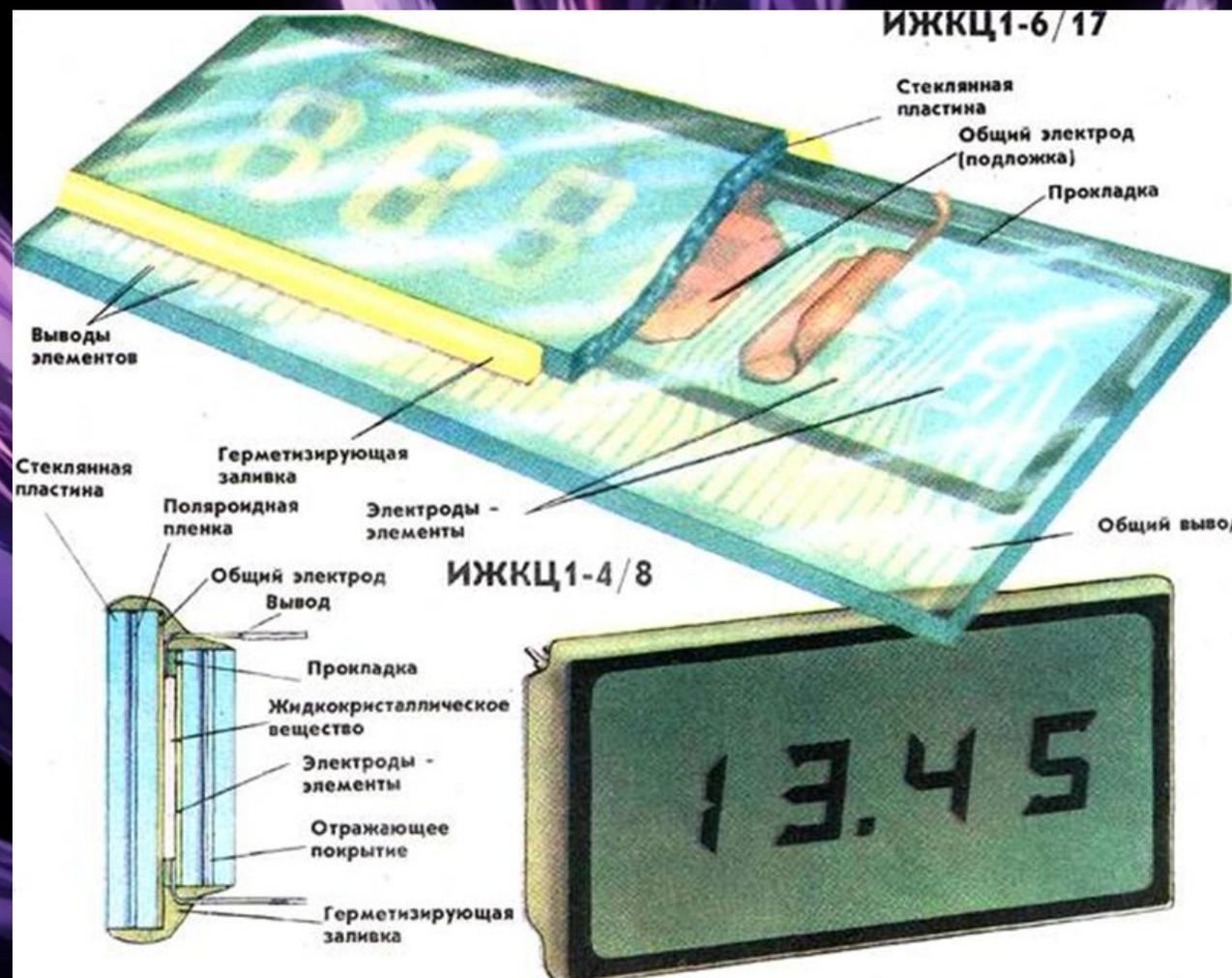
- .малая потребляемая мощность (для ЖКИ на основе твист - эффекта удельная мощность потребления единицы  $\text{мкВт}/\text{см}^2$ );
- .низкие рабочие напряжения (1,5...5 В);
- .хорошая совместимость с КМОП - микросхемами;
- .удобное конструктивное исполнение - плоская форма экрана и ограниченная толщина индикатора (до 0,6 мм);
- .возможность эффективной индикации в условиях сильной внешней засветки;
- .большая долговечность (около 10-12 лет непрерывной работы).

### Основные недостатки:

- .сравнительно низкое быстродействие;
- .ограниченный угол обзора;
- .необходимость внешнего освещения.

### Особенности ЖК-индикаторов:

- Размеры знака и индикационного поля индикатора конструктивно не ограничены;
- Угол обзора индикаторов очень широк — более  $100^\circ$ ;
- Все жидкокристаллические индикаторы работают на переменном токе;
- Срок службы жидкокристаллических индикаторов очень велик (20 000...30 000 ч.);
- В случае выхода индикатора из строя по любой причине отремонтировать его невозможно.



## Жидкокристаллический монитор (англ.: LCD — Liquid Crystal Display).



Жидкокристаллический дисплей – пассивный плоский монитор — интерфейс системы человек – электронный прибор.

Синонимы - ЖК монитор, TFT монитор, LCD TV, плоский индикатор, плоский дисплей, LCD TFT и пр.

### **Плюсы TFT-LCD мониторов:**

- о небольшие габариты
- о заметно меньшее энергопотребление
- о меньший уровень вредных электромагнитных излучений
- о меньшая чувствительность к магнитным полям
- о идеальная геометрия изображения
- о почти идеальная чёткость элементов изображения

### **Минусы TFT-LCD мониторов:**

- о цена, на LCD монитор выше, чем на обычный CRT-монитор.
- о в процессе изготовления TFT-панелей практически невозможно избежать наличия "бракованных" или "пробитых" пикселей.
- о фиксированное рабочее разрешение TFT-монитора, т.к. все пиксели на TFT-панелях имеют фиксированный размер.
- о неравномерная освещенность матрицы приводит к тому, что некоторые части экрана находятся не в фокусе.

# Дополнительные возможности:

- LCD-проекторы;
- LCD (LCOS) –проекторы (англ.: LCOS - Liquid Crystal on Silicon- жидкий кристалл на кремниевой подложке;
- электронная бумага.

