

СЕГНЕТОЭЛАСТИКИ, ЭЛЕКТРЕТЫ И ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ

План лекции

1. Сегнетоэластики
2. Электреты
3. Жидкие кристаллы

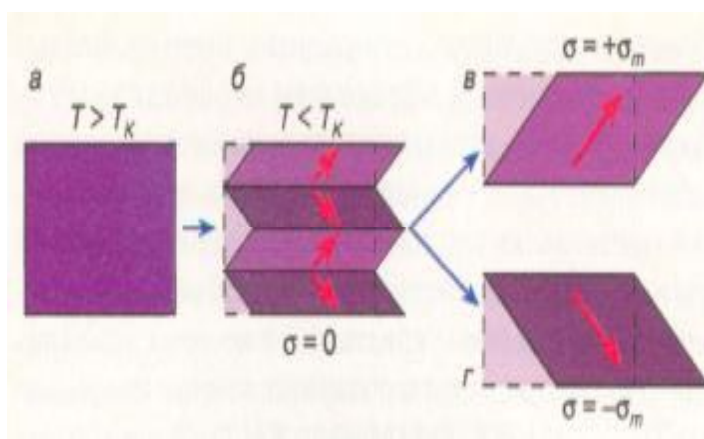
2.12.1. Сегнетоэластики

При охлаждении до точки Кюри T некоторые сегнетоэлектрики переходят из параэластической фазы в сегнетоэластическую в механически свободном состоянии. То есть, при отсутствии внешних механических напряжений сегнетоэластик разбивается на сегнетоэластические домены таким образом, чтобы суммарная деформация образца с учетом ее знаков в каждом домене равнялась нулю.

Разбиение кристалла на домены при этом соответствует минимуму упругой энергии кристалла. Схематически это изображено на рис. 2.12.1.

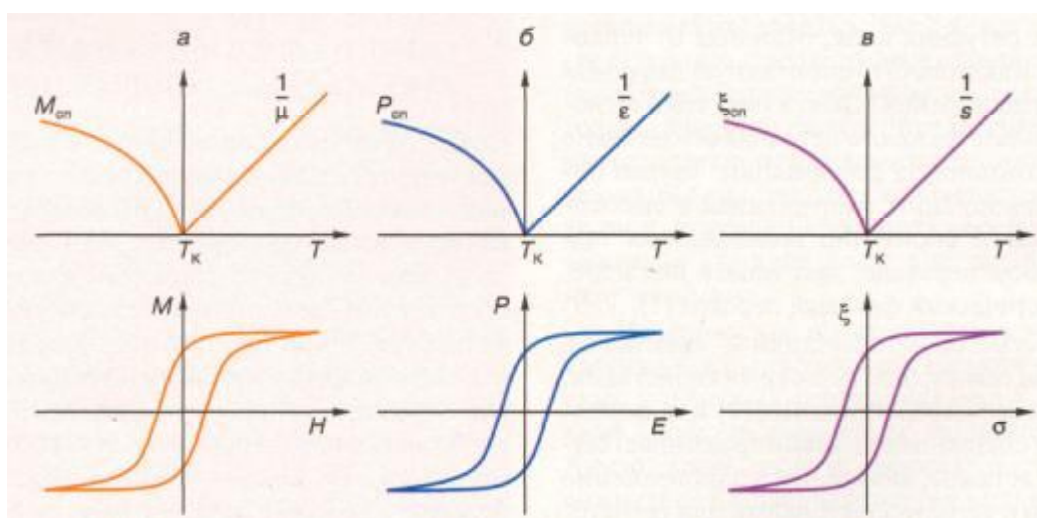
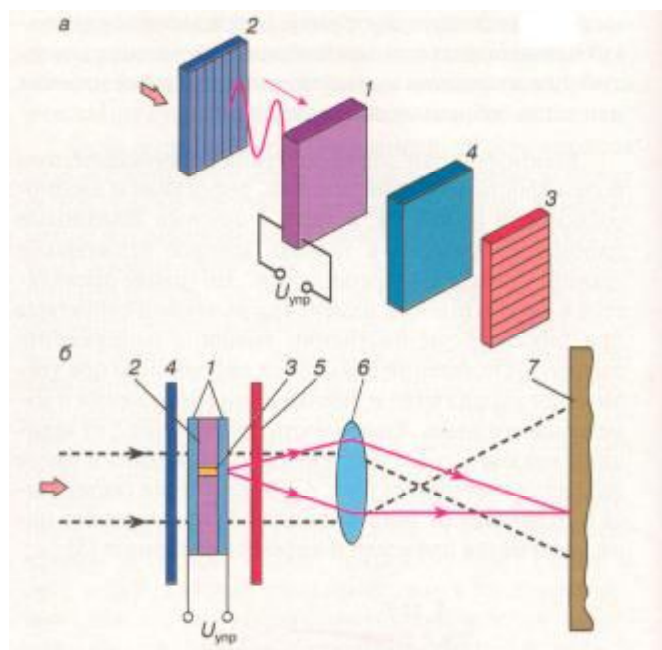
Домены — это области сегнетоэластика с постоянным значением спонтанной деформации, различающиеся направлением спонтанной деформации.

Основные типы устройств на основе сегнетоэластиков можно разделить на три класса: оптические, акустоэлектронные и электромеханические. На рис. 2.12.2.а Изображен оптический затвор, основанный на эффекте: оптические индикатрисы в соседних доменах обязательно разориентированы. Это значит, что переключение кристалла из



одного ориентационного состояния в другое приводит к изменению соответствующих оптических свойств.

На рис. 2.12.2.б изображен сканатор, который использует оптическую активность кристаллов, то есть способность кристалла поворачивать на некоторый угол плоскость поляризации света, и основан на особом свойстве доменных границ: при распространении поляризованного света вдоль доменной границы не происходит вращения плоскости поляризации света. Из рис. 2.12.3 нетрудно убедиться в том, что, несмотря на разную природу явлений в этих кристаллах, их объединяет одинаковое поведение основных характерных свойств: магнитных (а), электрических (б) и механических (в).



2.12.2. Электреты

Электретом называют тело из диэлектрика, длительно сохраняющее поляризацию и создающее в окружающем его пространстве электрическое поле, т. е. электрет является формальным аналогом постоянного магнита.

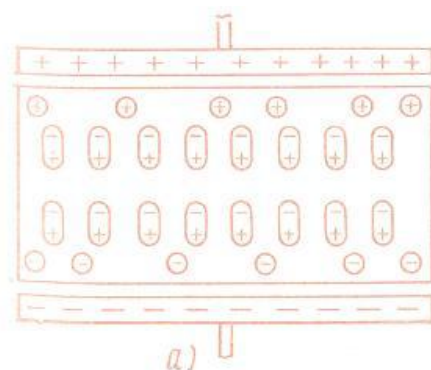
Электреты по своим свойствам подразделяются на :

Термоэлектреты – которые способны создавать электрическое поле в окружающем пространстве в течение многих месяцев и даже лет.

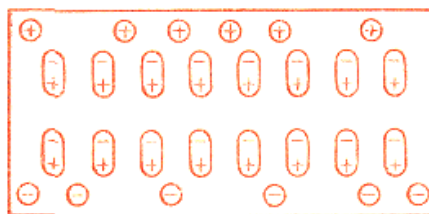
Фотоэлектреты – изготавливаются из материалов, обладающих фотоэлектропроводностью (сера, сульфид кадмия и др.) при одновременном воздействии света и электрического поля. Фотоэлектреты могут длительно сохранять заряды в темноте и быстро разряжаются при освещении.

Электроэлектреты - образуются при воздействии на диэлектрик только электрического поля без нагрева или облучения. Поле выбирают настолько большим, что над поверхностью диэлектрика возникает газовый разряд (электрическая прочность газа ниже, чем у твердого диэлектрика); ионы, ускоренные полем, бомбардируют поверхность диэлектрика, создавая структурные дефекты и образуя поверхностный заряд. Электризация диэлектрика облегчается при пониженном давлении газа в коронном разряде. Такие электреты называют **короноэлектретами**.

Образование электретного состояния в диэлектрике поясняет рисунки 2.12.1, 2.12.2, 2.12.3.

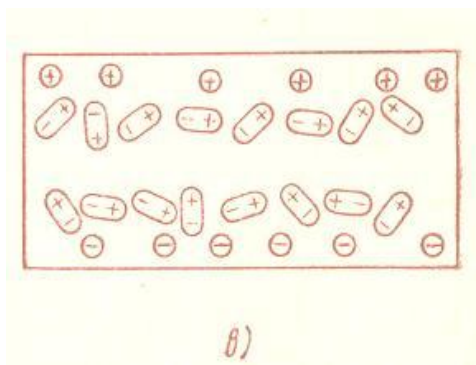


Из рис. 2.12.1 видно, что на каждой из поверхностей электрета, находящегося под поляризующими электродами, образуются электрические заряды обоих знаков.



8)

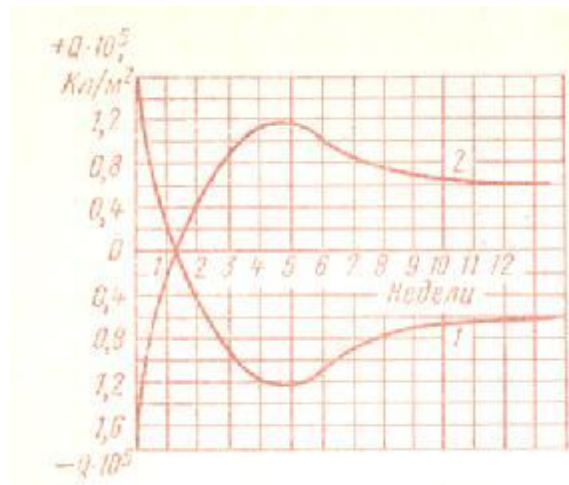
Из рис. 2.12.2 видно, что сразу после окончания поляризации преобладает гетерозаряд.



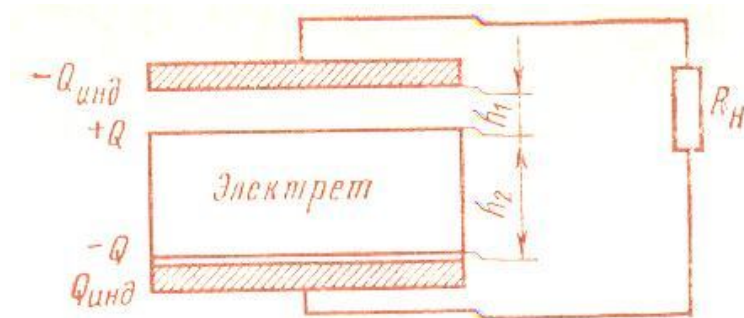
8)

А спустя некоторое время, когда тепловое движение дезориентирует диполи (рис. 1,в), преобладающим оказывается гомозаряд.

У органических полярных электретов преобладают гетерозаряды, у неорганических (керамических) материалов и органических неполярных диэлектриков — гомозаряды. У такого известного неполярного диэлектрика, как пленочный фторопласт, существует очень прочно удерживаемый и значительный по величине гомозаряд. Гомозаряд локализован только в поверхностных слоях электрета, тогда как гетерозаряд распределен по всему объему электрета, что и подтверждает физическую природу этих зарядов. Это явление характеризуется кривыми (рис 2.12.4).



Обычно электрет имеет вид тонкой пластинки или пленки с разноименными зарядами одинаковой поверхностной плотности на противоположных сторонах (рис. 2.12.5).



В настоящее время наибольшее практическое применение находят электреты на основе полимерных пленок (политетрафторэтилен, полиэтилентерефталат, поликарбонат, полиметилметакрилат и др.). В условиях повышенной влажности наиболее стабильны электреты из политетрафторэтилена.

Если электрет поместить между металлическими обкладками, то индуцированный заряд на них будет равен :

$$Q_{\text{инд}} = \frac{Q}{\varepsilon h_1/h_2 + 1},$$

где Q – заряд на поверхности электрета, h – зазор между поверхностью. Электрета и электродом, h – толщина электрета, ε – диэлектрическая проницаемость материала электрета.

Электреты могут быть использованы для изготовления микрофонов и телефонов, измерения механических вибраций, в качестве пылеуловителей, дозиметров радиации, измерителей атмосферного давления и влажности, электрометров, в клавишных вычислительных машинах, в электрофотографии и во многих других случаях.

2.12.3. Жидкие кристаллы

Жидкие кристаллы (ЖК) были открыты более ста лет назад профессором Ботанического института Фридрихом Рейнитцером. Он изучал влияние холестерина и его производных на рост и развитие растений. Для этой цели ему пришлось синтезировать некоторые соединения холестерина. Среди них оказался сложный эфир холестерина и бензойной кислоты – холестерилбензоат, который до Рейнитцера никто не получал. Определяя его температуру плавления, он обнаружил, что холестерилбензоат плавится в две стадии: вначале образовывалась мутная жидкость, а затем при дальнейшем нагревании – прозрачный расплав.

Название жидкие кристаллы было предложено Леманом. Этот термин, основанный на привлекательности двух противоположных, в некотором смысле, слов – жидкий и кристаллический, хорошо прижился. Только через тридцать лет появился другой, теперь столь же распространенный термин – мезоморфное состояние (если речь идет о мезофазе), который ввел французский физик Фридель, образовав его от греческого слова мезос – промежуточный.

В настоящее время ЖК уже более сорока лет используются в различных областях техники. Наиболее массовое применение ЖК, без

сомнения - индикаторы и дисплеи. Однако на пути более широкого внедрения ЖК стоят серьезные трудности, связанные с технологией их изготовления. Все электрооптические эффекты ЖК наблюдаются в тонких слоях с определенной структурой. Организация такой структуры связана с процессом ориентации молекул ЖК между двумя стеклянными подложками, на внутреннюю сторону которых нанесены прозрачные электроды для управления ЖК. Высокие требования к качеству стеклянных подложек, длительность процессов ориентации и герметизации сужают возможности получения экранов большого размера и делают технологию изготовления таких устройств достаточно сложной.

Многие из этих трудностей снимают ЖК композиты - новые материалы, разработка которых сейчас интенсивно ведется во всем мире.

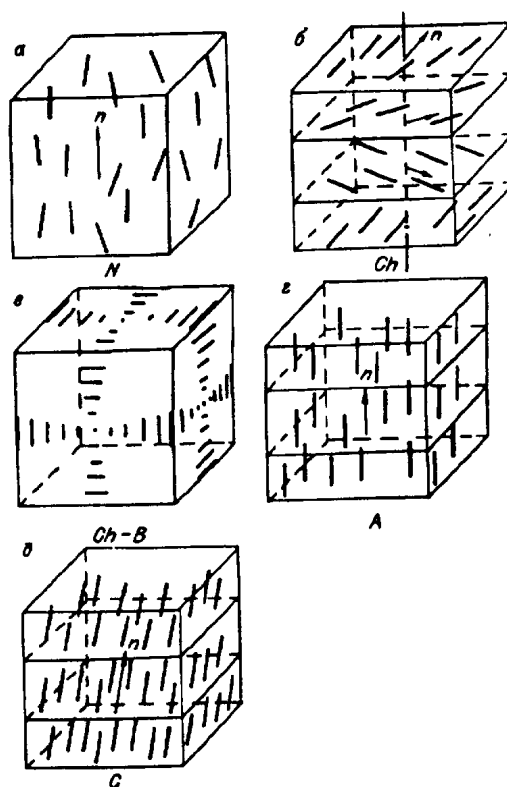
Рабочим элементом ЖК композитов являются жидкие кристаллы, поэтому представляется естественным рассмотреть их микро- и макроскопическую структуры и основные свойства, определяющие структуру и свойства композитов.

Некоторые ЖК дополнительно имеют частичный трансляционный порядок. Он не может быть трехмерным — это характерно для твердого кристалла. Но дву- и одномерные трансляционные порядки наблюдаются довольно часто.

В зависимости от характера микроскопического упорядочения ЖК принято делить на несколько главных типов

- нематические (нематики),
- холестерические (холестерики),
- смектические (смектики).

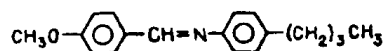
Нематики характеризуются лишь одномерным ориентационным порядком (рис. 1.1, *a*). Выделенные оси структурных элементов ориентированы примерно в одном направлении, а центры тяжести расположены в пространстве хаотично (трансляционный порядок отсутствует). Направление ориентационного упорядочения задается единичным вектором **n**, называемым директором.



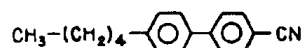
В холестериках ориентационный порядок тоже одномерный, но есть и одномерное трансляционное упорядочение (рис. 1.1, б). Последнее проявляется в том, что молекулы в структуре расположены слоями. В пределах каждого слоя ориентационный порядок чисто нематический, но при переходе от одного слоя к следующему директор поворачивается.

Жидкие кристаллы — это большой класс соединений, преимущественно органических, отличающихся обязательным присутствием ориентационного порядка.

Нематики:

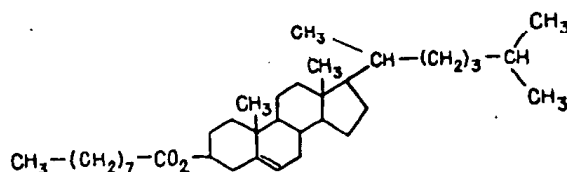


4-метоксибензилиден-4'-бутиланилин (MBVA);

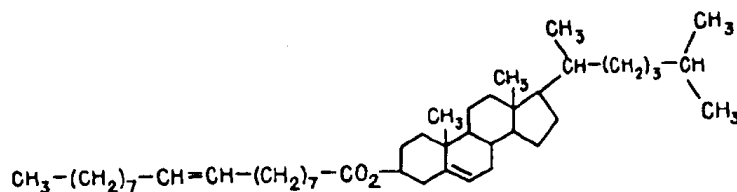


пентацианобифенил (SCB).

Холестерики:

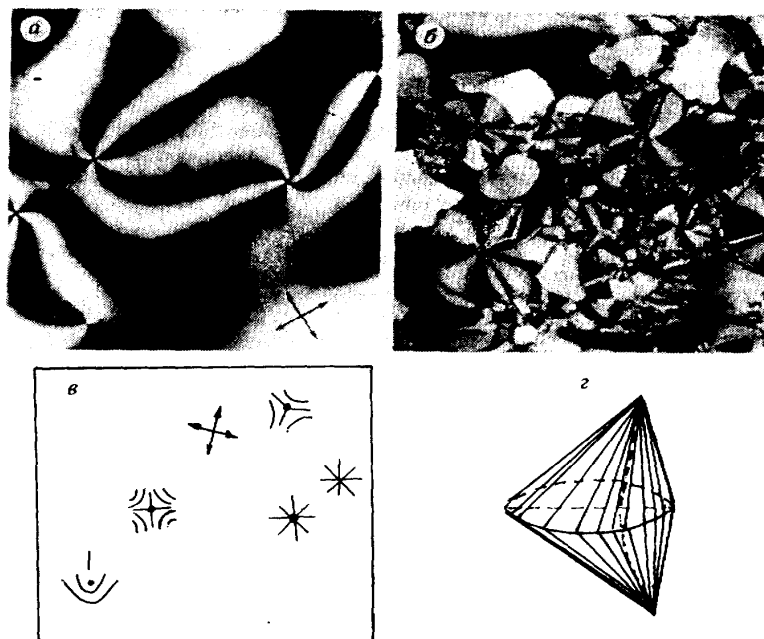


холестерилпеларгонат;



Наличие ориентационного порядка предполагает, что их структурные единицы являются анизометричными, чаще всего вытянутой или дисковидной формы. Ориентационный порядок проявляется в том, что выделенные оси структурных элементов — длинные (для вытянутых элементов) или короткие (для дисковидных) — ориентированы вдоль некоторого направления. Таких направлений в пространстве может быть одно (одномерный порядок), два (двумерный) или три (трехмерный ориентационный порядок).

Каждый тип ЖК образует свои характерные текстуры, если не приняты специальные меры к созданию определенным образом ориентированных препаратов. Для нематиков это шлирен-текстура (рис. 2.12.7, а).



Смектики А тоже дают конфокальную текстуру, но другие типы смектиков могут иметь и более сложные текстуры.

1. Особенности сегнетоэластиков
2. Применение сегнетоэластиков
3. Электреты и их классификация
4. Образование электретного состояния в диэлектрике
5. Гомо- и гетерозаряды
6. Использование электретов
7. Жидкие кристаллы и их классификация
8. Ориентационный порядок в жидких кристаллах
9. Нематики, холестерики и смектики
10. Применение жидких кристаллов