A 3D molecular model featuring a grid of blue spheres connected by blue rods, with several larger, reflective gold spheres interspersed. The background is a gradient of light blue and white.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

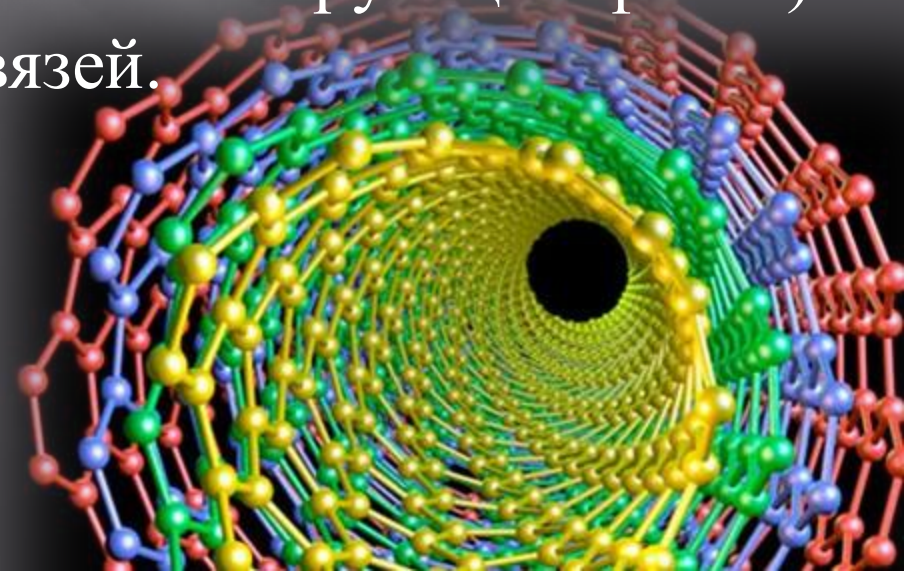
Лекция 11

Содержание

1. Физические основы молекулярной электроники;
2. Явление сверхпроводимости;
3. Понятие о криоэлектреке;
4. Физические основы пьезоэлектроники;
5. Физические основы акустоэлектроники;

1. Физические основы молекулярной электроники

В последние годы активно обсуждаются возможности записи информации с помощью принципов самоорганизации, присущих крупным органическим молекулам, для которых характерным является наличие незаполненных (или слабо разрываемых контактирующей фазой) активных химических связей.

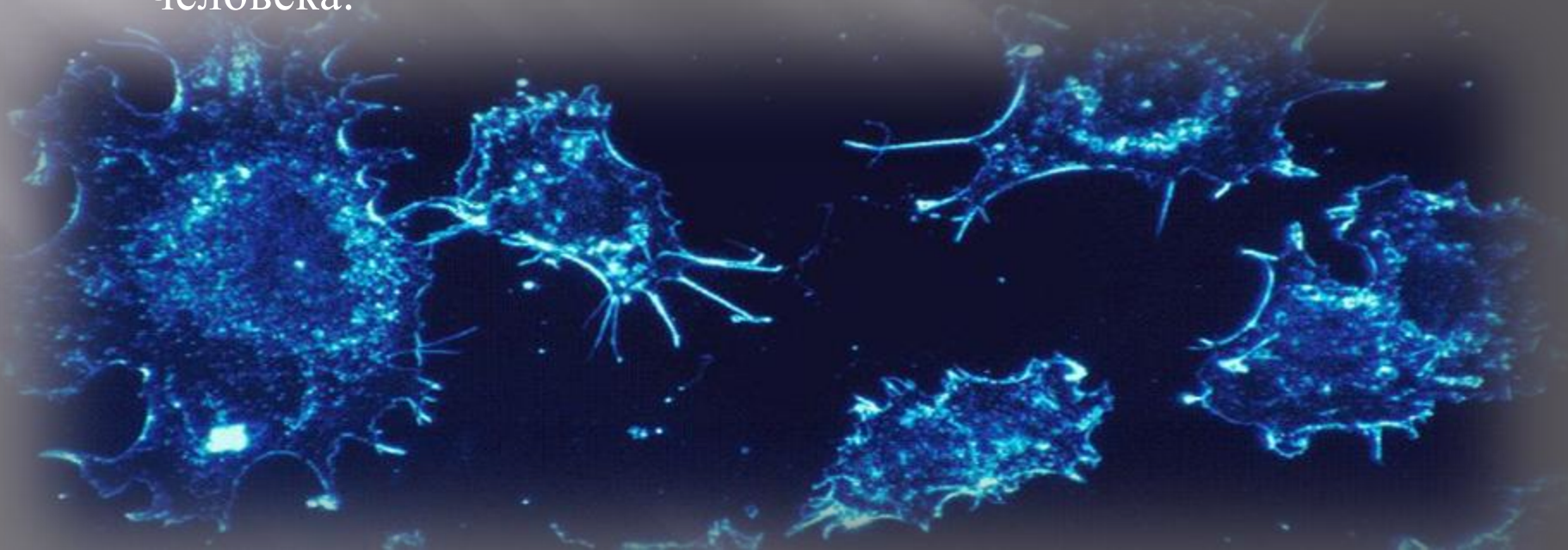


Физические основы молекулярной электроники

Молекулы образуют некий порядок, определяемый влиянием поверхности подложки и их собственными свойствами. Мы получаем модель квазидвумерного органического кристалла. Управление информационным сигналом происходит путем возбуждения молекулы (квантом света, например) с последующим бездиссипативным распространением сигнала. Построение приборов на основе молекулярной электроники требует нетрадиционных технологий, отличающихся от планарной технологии. В настоящее время наиболее широко используются *тонкопленочные структуры*, полученные методом Ленгмюра – Блоджетта. Плотность размещения молекулярных элементов в таких структурах достигает 10^{10} - 10^{12} см⁻² при высоком ($\sim 10^{-10}$ с) быстродействии.

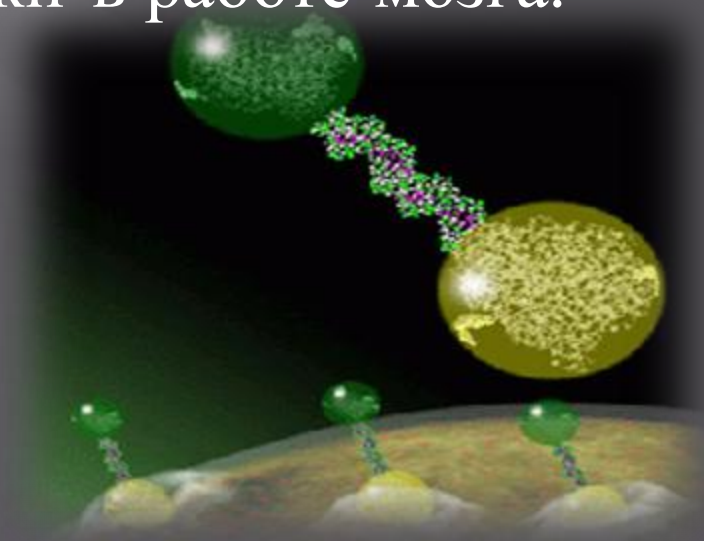
Физические основы молекулярной электроники

У полупроводниковых микросхем число элементов на один кристалл не превышает 10^8 . Эти схемы, изготовленные по планарной технологии, могут иметь оперативную память в несколько мегабайт и обеспечивать скорость переработки информации до 10^8 опер/с. Однако потребуются большие степени микроминиатюризации и большие скорости переработки информации. Молекулярная электроника позволит в объеме 1 мм^3 размещать до 10^{15} элементов. Это в 10^6 раз больше, чем плотность размещения нервных клеток в мозгу человека.



Физические основы молекулярной электроники

Сверхминиатюрные молекулярные схемы могут вживляться в организм человека, позволяя при этом улучшать некоторые функции нервной системы. Имплантированные в мозг человека молекулярные устройства помогут увеличить емкость памяти, т.е. добавить объем знаний, и исправить какие-то недостатки в работе мозга.



Исследования в области
молекулярной электроники
ведутся по двум главным
направлениям:

1. Попытка разработать на базе органических молекул устройства, аналогичные по принципу работы и схемотехнике обычным полупроводниковым микросхемам;

2. Создание устройств, принципиально отличных от существующих микросхем по степени микроминиатюризации и скорости обработки информации.



Физические основы молекулярной электроники

Одна из основных проблем в молекулярной электронике - сопряжение молекулярных элементов между собой и с внешними устройствами. Схемотехника для молекулярных элементов пока еще детально не разработана.



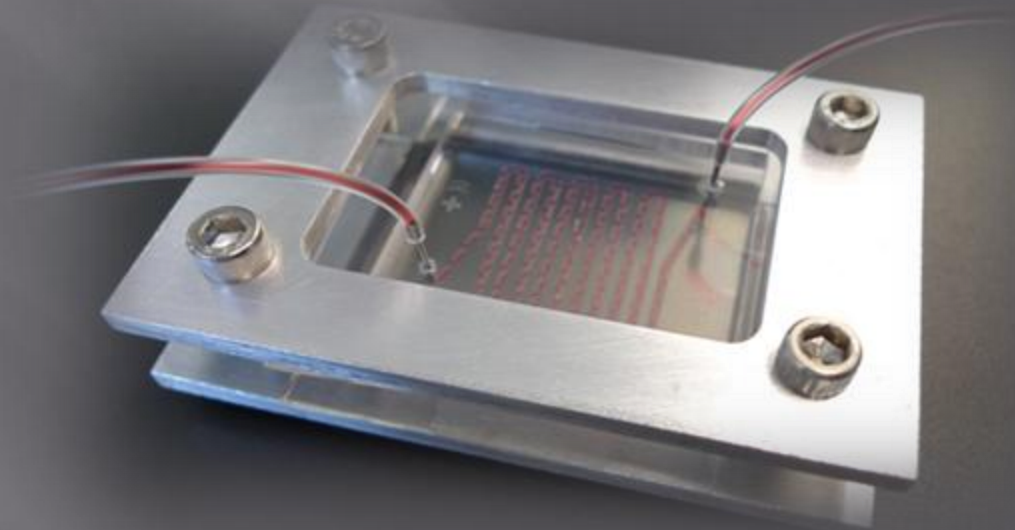
Молекулярные электронные
устройства могут быть:

Цифровыми

Аналоговыми

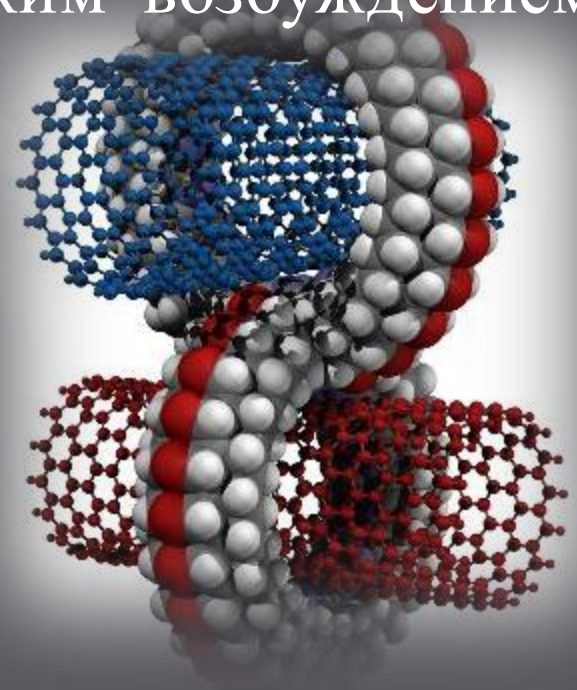
Цифровые молекулярные электронные устройства

Молекулы представляют собой логические элементы, а управление и передача информации осуществляется за счет оптического воздействия на молекулы. Для логических элементов необходима высокая надежность срабатывания при воздействии на них управляющего сигнала. Под действием квантов излучения молекулы, играющие роль логических элементов, должны переходить из обычного (нормального) состояния в возбужденное и наоборот. Важно, чтобы в возбужденном состоянии логический элемент мог оставаться нужное время.



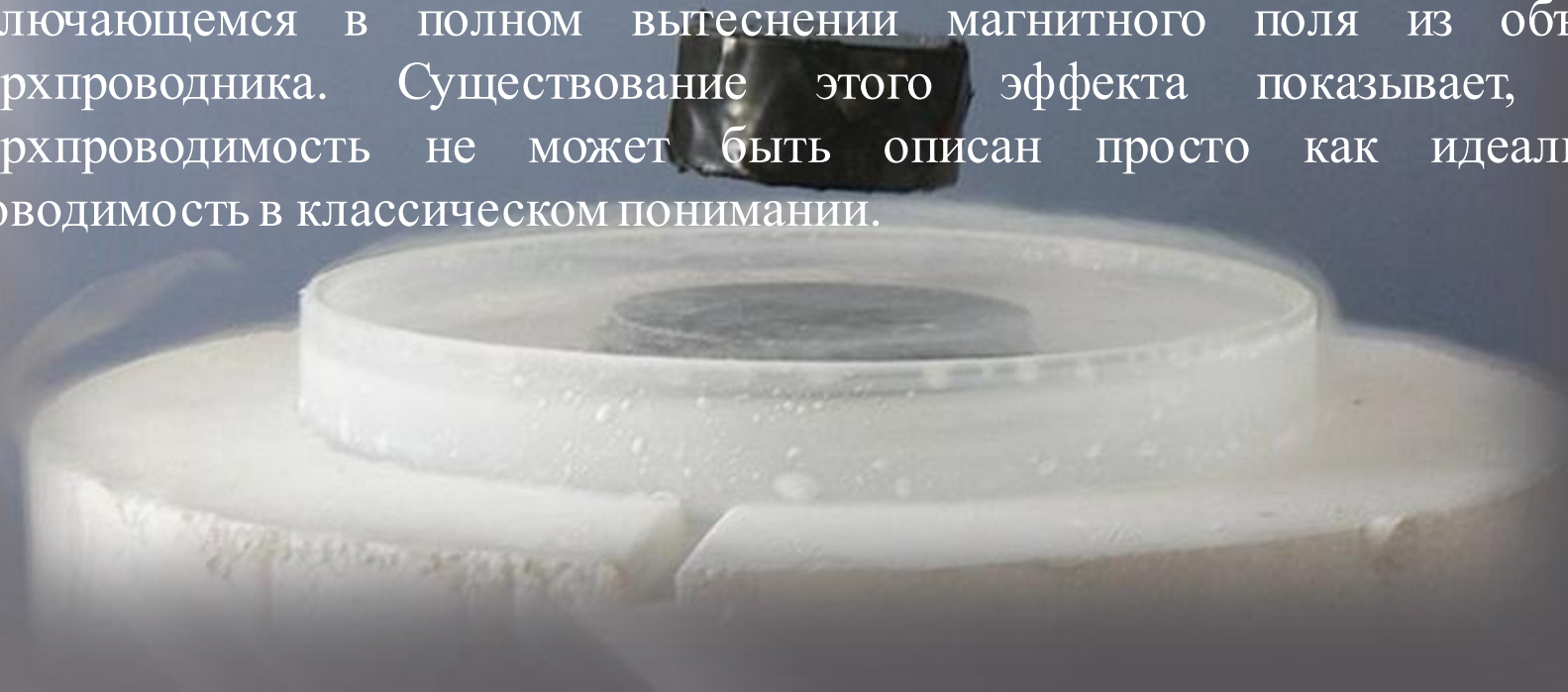
Аналоговые молекулярные электронные устройства

В аналоговых схемах должны использоваться большие белковые молекулы с множеством устойчивых состояний. Управление переходом между этими состояниями возможно различными методами, например, оптическим возбуждением, электрическими полями.



2. Явление сверхпроводимости

Сверхпроводимость – свойство некоторых материалов обладать строго нулевым электрическим сопротивлением при достижении ими температуры ниже определенного значения (критическая температура). Известны несколько сотен соединений, чистых элементов, сплавов и керамик, переходящих в сверхпроводящее состояние. Сверхпроводимость – квантовое явление. Оно также характеризуется эффектом Мейснера, заключающемся в полном вытеснении магнитного поля из объема сверхпроводника. Существование этого эффекта показывает, что сверхпроводимость не может быть описан просто как идеальная проводимость в классическом понимании.



Явление сверхпроводимости

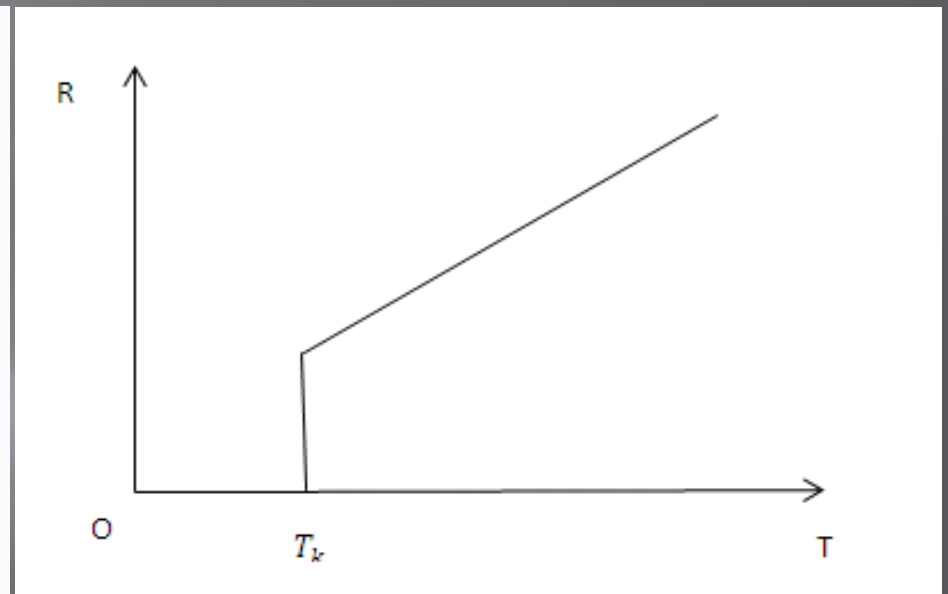
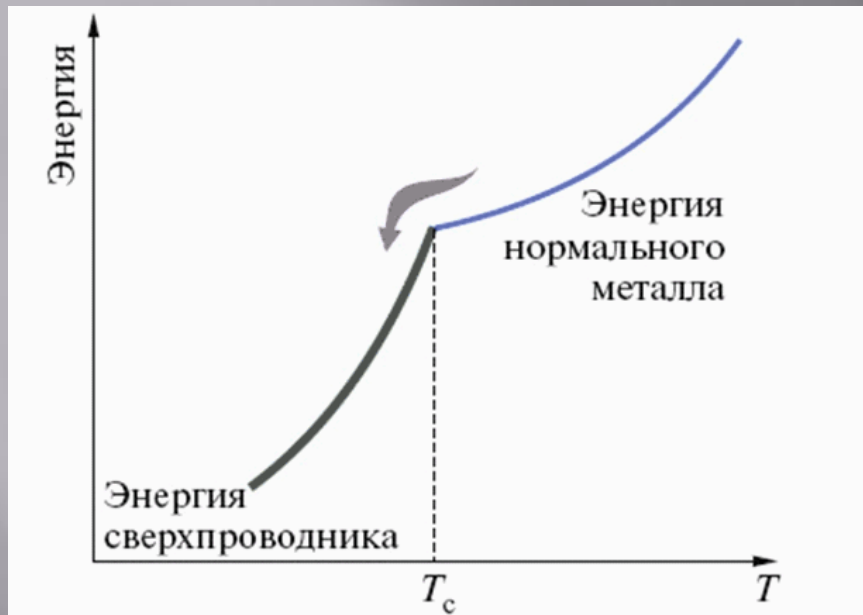
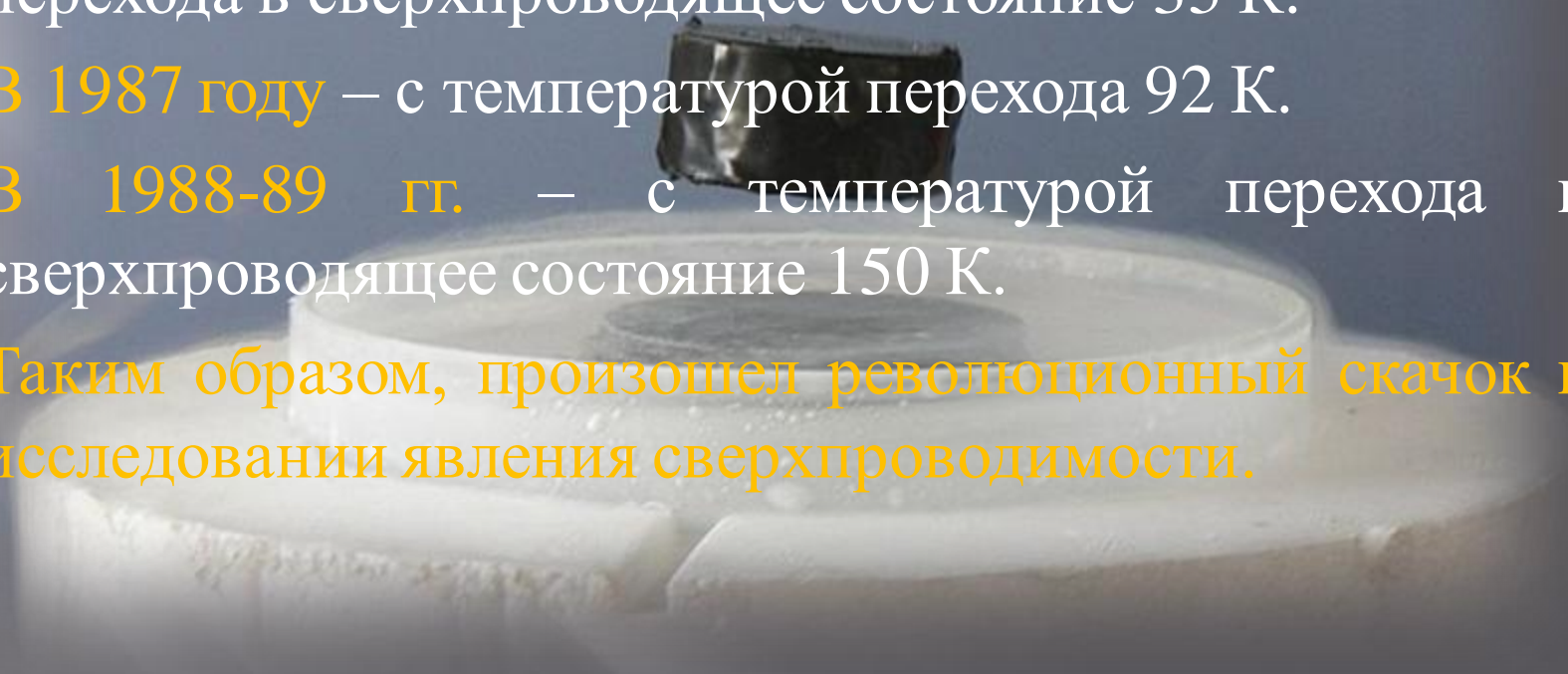


График 1 – «Сверхпроводящий переход»; График 2 – Сопротивление металла от температуры и сверхпроводимость.

Стрелка показывает, как меняется энергия исследуемого металлического образца при охлаждении. При достижении критической температуры происходит фазовый переход и зависимость энергии от температуры меняется от нормальной к сверхпроводящей. Фазовые переходы могут происходить при различных условиях, и в зависимости от них равновесные фазы вещества определяются разными энергетическими характеристиками. Мы пользуемся одним словом – энергия.

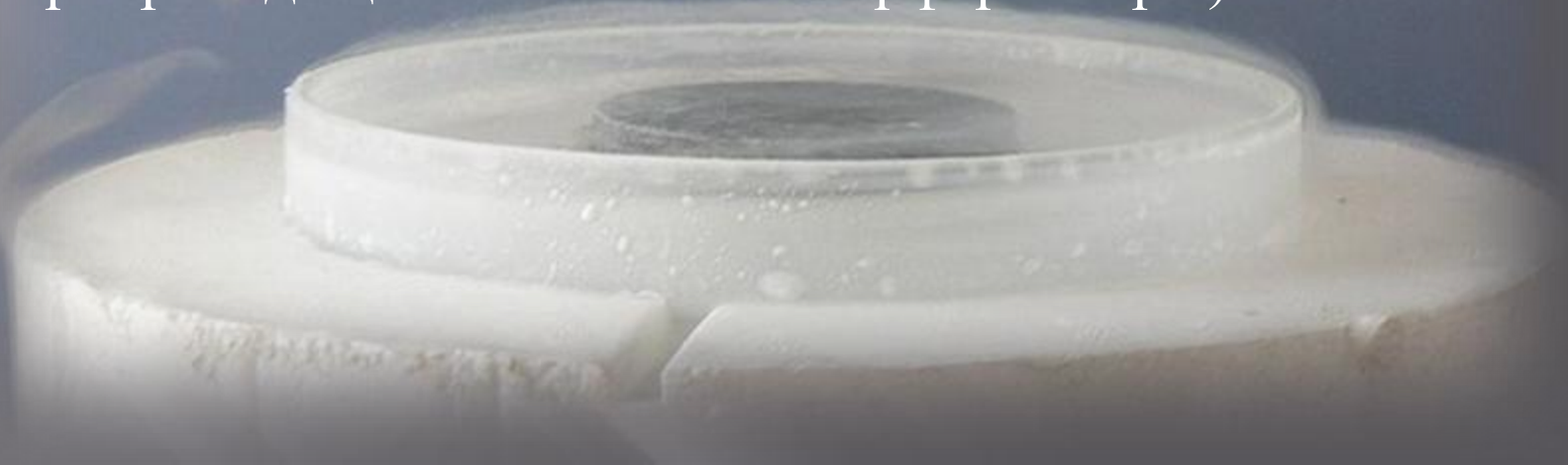
Изучение явления сверхпроводимости

- До 1986 года существенной проблемой оставалось то обстоятельство, что материалы проявляли свойство сверхпроводимости при сверхнизких температурах (порядка нескольких градусов Кельвина).
- В 1986 году удалось найти вещества с температурой перехода в сверхпроводящее состояние 35 К.
- В 1987 году – с температурой перехода 92 К.
- В 1988-89 гг. – с температурой перехода в сверхпроводящее состояние 150 К.
- Таким образом, произошел революционный скачок в исследовании явления сверхпроводимости.



Применение явления сверхпроводимости

Использование явления сверхпроводимости позволило создать: мощные магниты, применяемые, например, в установках для исследуемого управляемого термоядерного синтеза, при разработке безрельсовых транспортных средств с магнитной подвеской; силовые кабели; сверхбыстро действующие тонкопленочные переключающие элементы; датчики сверхмалых токов и магнитных полей (так называемые сквиды — сверхпроводящие квантовые интерферометры).



3. Понятие о криоэлектронике

Криоэлектроника — это область науки и техники, которая занимается вопросами применения электронных явлений, происходящих в различных веществах при низких температурах. Развитие криоэлектроники связано главным образом с тем, что при температурах ниже определенного значения в ряде веществ наблюдается явление сверхпроводимости, т.е. электрическое сопротивление становится близким к нулю.

Криоэлектроника

Переход в сверхпроводящее состояние осуществляется скачком. Простейший исторически первый криогенный переключательный прибор – *криотрон* – представляет собой сверхпроводник, который можно переводить из состояния с нулевым сопротивлением в состояние с конечным сопротивлением, воздействуя магнитным полем. Поле создается током, протекающим в другом, управляющем сверхпроводнике, который изготавливается из металла с несколько более высокой критической температурой, чем у управляемого провода.

Криоэлектроника

Более совершенным является пленочный криотрон (рис. 1), у которого перпендикулярно друг другу расположены управляемая (1) и управляющая (2) пленки, разделенные слоем диэлектрика (3). Толщина пленок порядка микрометров. Управляющая пленка делается более узкой. Обе пленки находятся в сверхпроводящем состоянии, но если пропустить через управляющую пленку ток, не меньший некоторого критического значения, то магнитное поле этого тока нарушает сверхпроводимость управляемой пленки на участке пересечения пленок, и тогда сопротивление управляемой пленки станет больше нуля.

1 – управляемая пленка
2 – управляющая пленка
3 – диэлектрик

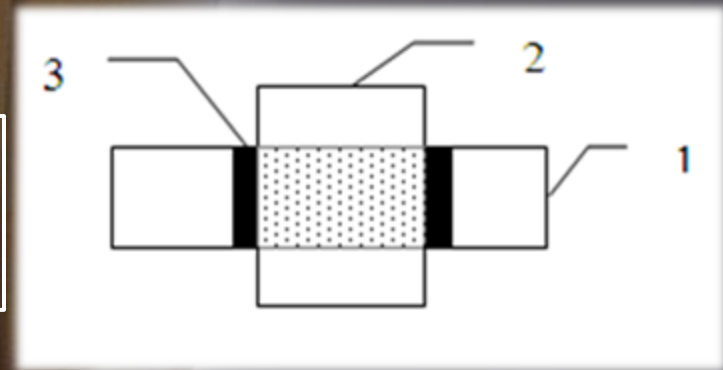
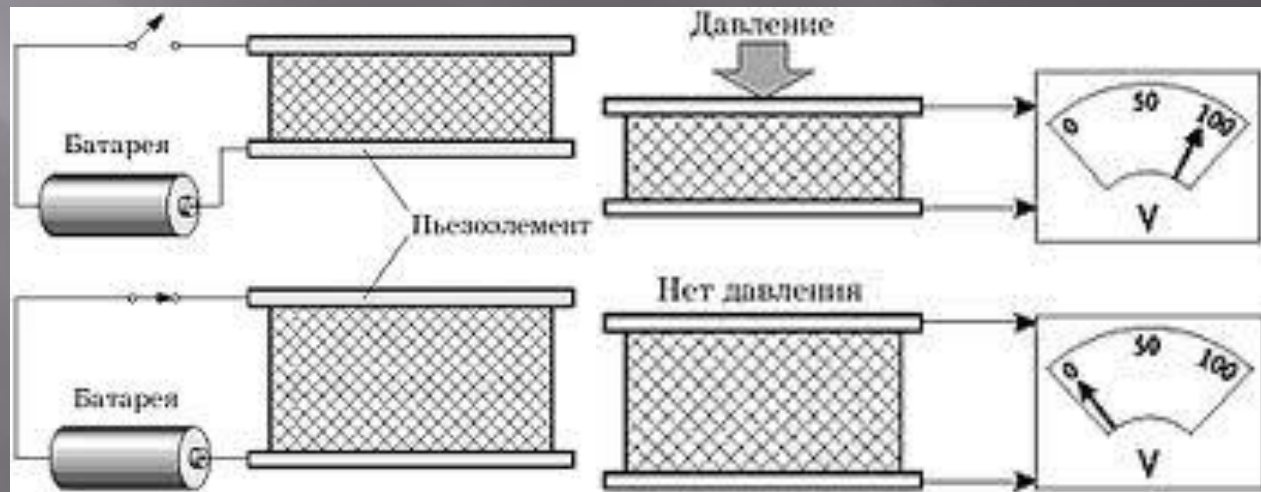


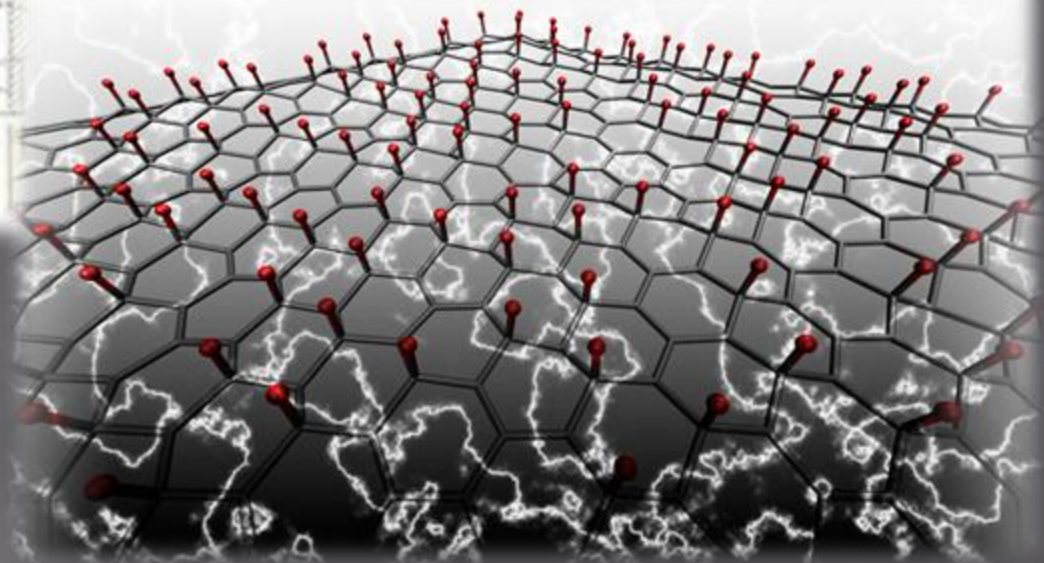
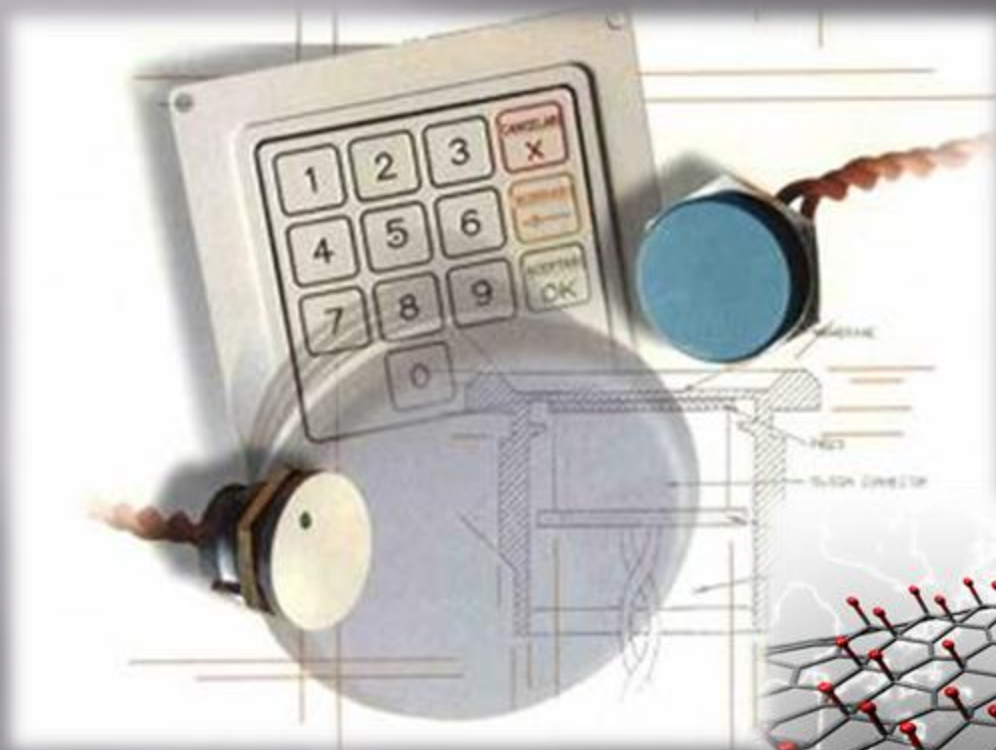
Рисунок 1 – Схема криотрона

4. Физические основы пьезоэлектроники

Работа различных приборов пьезоэлектроники основана на пьезоэлектрическом эффекте, который был открыт в 1880 году П. Кюри. Прямой пьезоэлектрический эффект состоит в том, что при давлении на некоторые кристаллические тела, называемые пьезоэлектрическими, на противоположных гранях этих тел возникают равные по величине, но разные по знаку электрические заряды. Если изменить направление деформации, т.е. не сжимать, а растягивать пьезоэлектрик, то заряды на гранях изменят знак на обратный.



Основы пьезоэлектроники



Пьезоэлектрический эффект

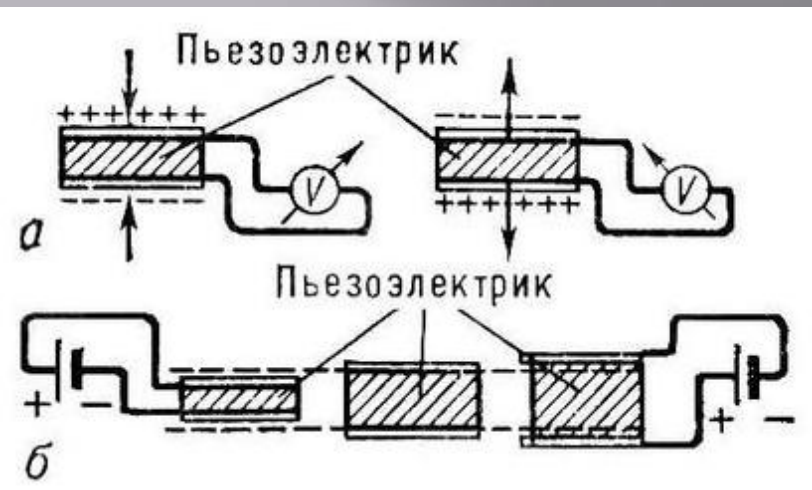


Рисунок 4-Пьезоэлектрик

- а ---- прямой пьезоэлектрический эффект; сжатие или растяжение пьезоэлектрической пластины приводит к возникновению разности потенциалов;
- б — обратный пьезоэлектрический эффект; в зависимости от знака разности потенциалов, приложенной к пьезоэлектрической пластинке, она сжимается или растягивается.

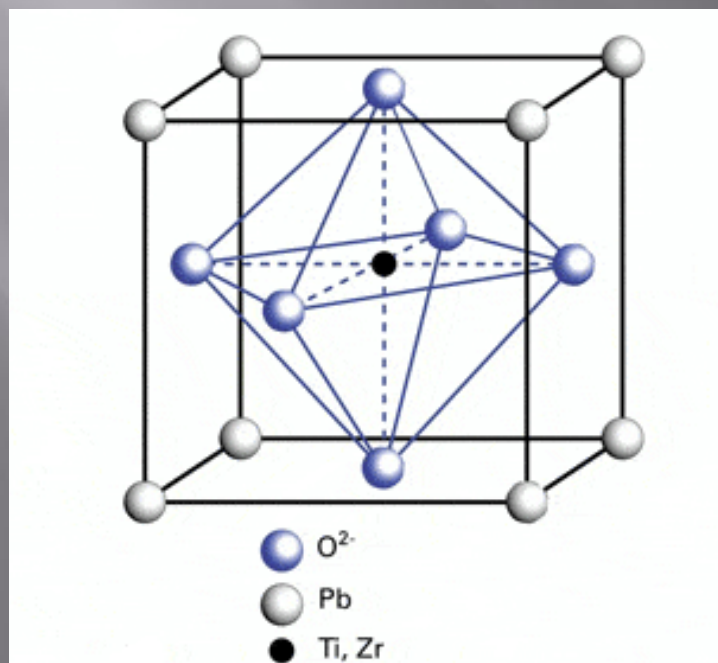


Рисунок 5 – Кристаллическая структура пьезокирамики

Основные виды приборов пьезоэлектроники:

- ▣ *1. Кварцевый резонатор, имеющий очень высокую стабильность частоты колебаний.*

Применяется в качестве эталонов частоты и при разработке образцовых средств измерений частоты. Особенно высокая стабильность достигается, если кварцевый резонатор поместить в термостат. Существует также особый срез кварцевой пластинки (относительно кристаллографических осей), при котором и без термостата стабильность частоты очень высока.

- ▣ *2. Пьезоэлектрические трансформаторы (ПЭТ).*

В данных устройствах пьезоэлемент имеет три или большее число электродов, подключенных к источнику переменного напряжения и нагрузке, либо к нескольким источникам и нескольким нагрузкам. Так же, как и обычные трансформаторы с обмотками, ПЭТ могут усиливать сигнал по напряжению или по току, преобразовывать нагрузочное сопротивление, осуществлять фазовый сдвиг на 180° .

Кварцевый резонатор

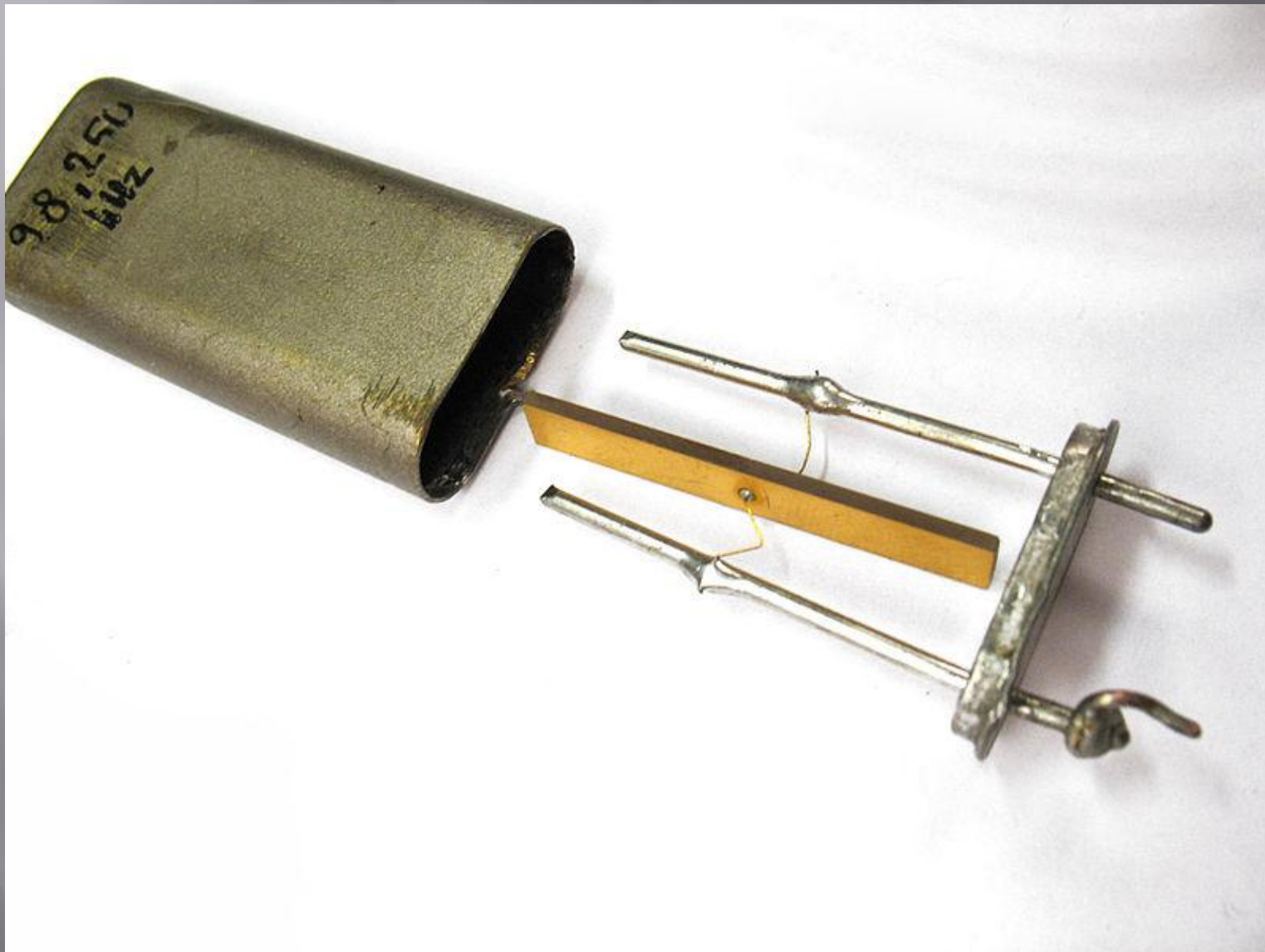


Рисунок 5 – Кварцевый резонатор

5. Физические основы акустоэлектроники

Акустоэлектроника — это область электроники, содержание которой — теория и практика создания устройств, основанных на акустоэлектронном взаимодействии и служащих для преобразования и обработки сигналов. **К приборам акустоэлектроники относятся:** преобразователи временные (устройства задержки сигналов или изменения их длительности), частотные и фазовые (преобразователи частоты и спектра, устройства фазового сдвига), амплитудные (усилители, модуляторы). В ряде случаев использование акустоэлектронных устройств преобразования сигнала оказывается более предпочтительным, чем электрических преобразователей. В акустоэлектронике для преобразования акустических в электрические колебания и обратно широко используется прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Таким образом, акустоэлектроника тесно связана с пьезоэлектроникой.

Акустоэлектронные приборы

Рисунок 6 – Акустическая линия задержки

