

Лекция 12

Классификация полупроводниковых устройств

Содержание

✓ ФИЗИКА ПОВЕРХНОСТИ И РАБОТА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Влияние поверхности на работу полупроводниковых приборов

Электронные устройства на основе тонких пленок

✓ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Физические основы молекулярной электроники

Явление сверхпроводимости

Понятие о криоэлектронике

✓ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕКОТОРЫХ ИНТЕНСИВНО РАЗВИВАЮЩИХСЯ НАПРАВЛЕНИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Физические основы пьезоэлектроники

Физические основы акустоэлектроники

Хемотроника

ФИЗИКА ПОВЕРХНОСТИ И РАБОТА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Влияние поверхности на работу полупроводниковых приборов

Полупроводниковые приборы, ППП — широкий класс электронных приборов, изготавливаемых из полупроводников.

К полупроводниковым приборам относятся

- ✓ Интегральные схемы (микросхемы)
- ✓ Полупроводниковые диоды (в том числе варикапы, стабилитроны, диоды Шоттки),
- ✓ Тиристоры, фототиристоры,

- ✓ Транзисторы,
- ✓ Приборы с зарядовой связью,
- ✓ Полупроводниковые СВЧ-приборы (диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды),

- ✓ Оптоэлектронные приборы (фоторезисторы, фотодиоды, солнечные элементы, детекторы ядерных излучений),
- ✓ Терморезисторы, датчики Холла.

Влияние поверхности на работу полупроводниковых приборов

Надежность работы полупроводниковых приборов зависит и от величины, и от стабильности поверхностного потенциала полупроводника, поскольку он определяет концентрацию носителей заряда в приповерхностной области.

Если поверхность полупроводникового прибора не защитить от примесей, то атомы их будут захватываться на уровни поверхностных состояний, изменяя их заряд и другие характеристики. Это приведет к дрейфу поверхностного потенциала. Поэтому в технологии микроэлектроники всегда применяют защиту (пассивацию) поверхности полупроводниковых приборов и интегральных схем. Наилучшим для этой цели является слой оксида кремния, который иногда дополнительно легируют примесями бора, фосфора или свинца.

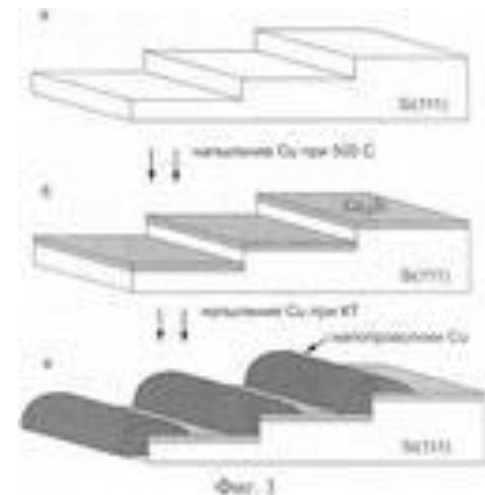
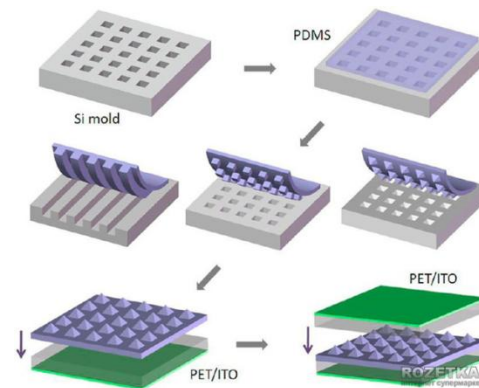
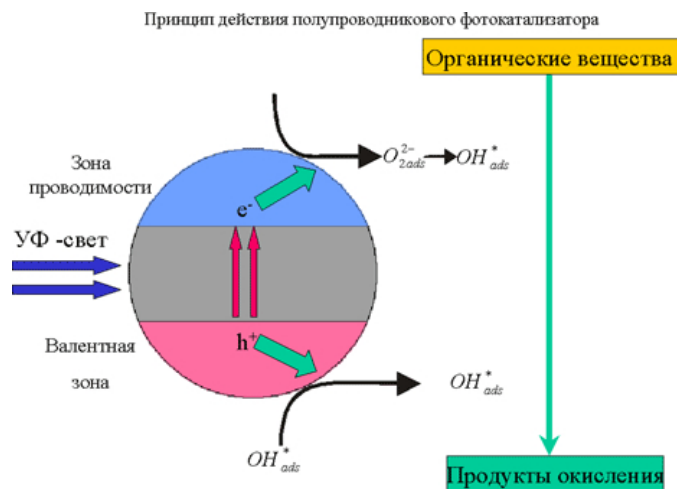


Приборы
полупроводниковые

Влияние поверхности на работу полупроводниковых приборов

Еще один эффект, который оказывает существенное влияние на работу электронных устройств – поверхностное прилипание (захват) носителей на поверхностные электронные состояния.

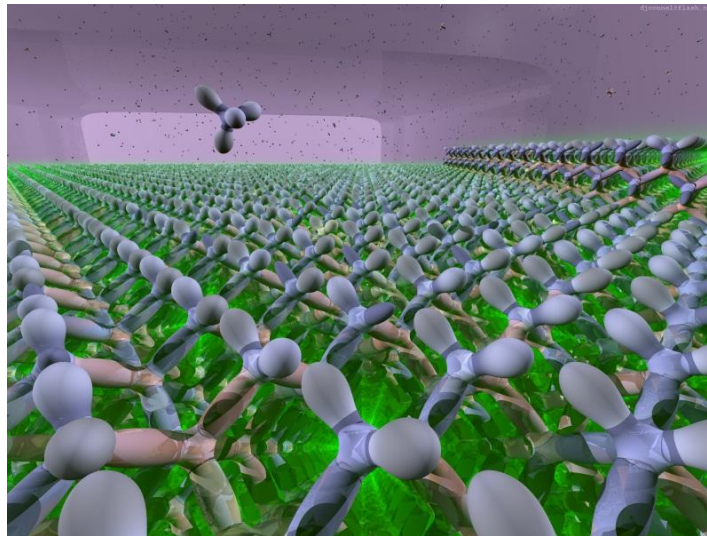
Прилипание будет происходить, если сечения захвата электрона и дырки значительно отличаются (в противном случае будет наблюдаться поверхностная рекомбинация). Центры прилипания обычно расположены в запрещенной зоне полупроводника вблизи краев его разрешенных энергетических зон и поэтому называются мелкими центрами.



Электронные устройства на основе тонких пленок

В электронике в последнее время все большее применение находят тонкопленочные устройства и структуры. Получают данные структуры методом **эпитаксии**.

Эпитаксия означает получение упорядоченной пленки на поверхности подложки (монокристалла).

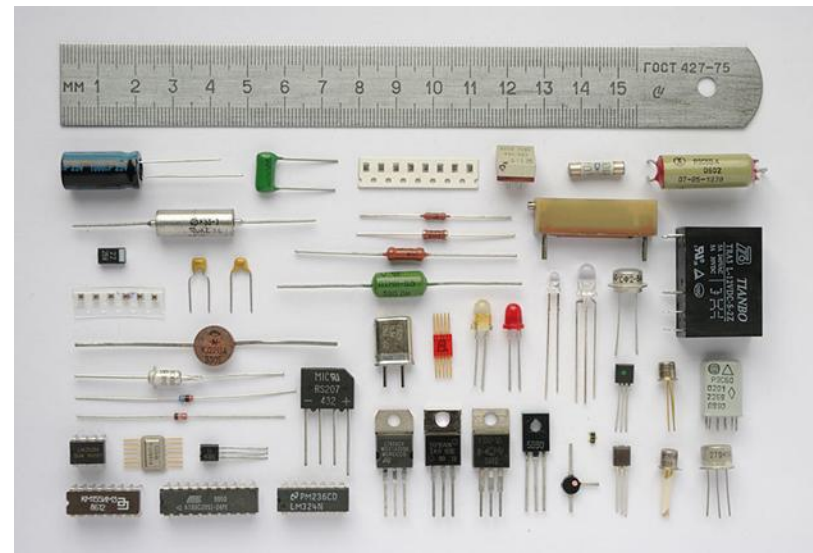


Электронные устройства на основе тонких пленок

Тонкие плёнки— тонкие слои материала, толщина которых находится в диапазоне от долей нанометра (моноатомного слоя) до нескольких микрон.



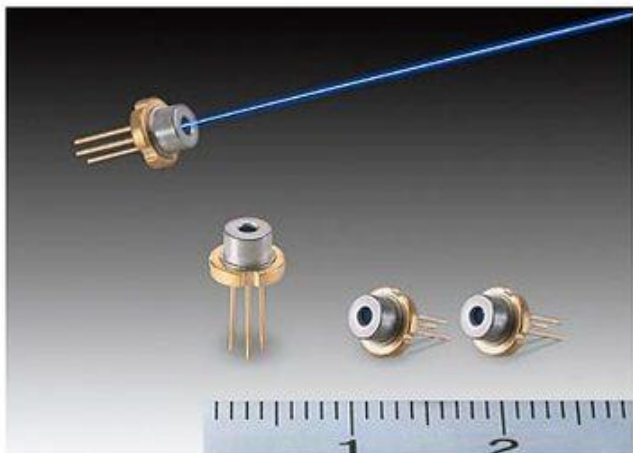
Эффект тонкой пленки на окисленной поверхности гафния



Электронные устройство

Электронные устройства на основе тонких пленок

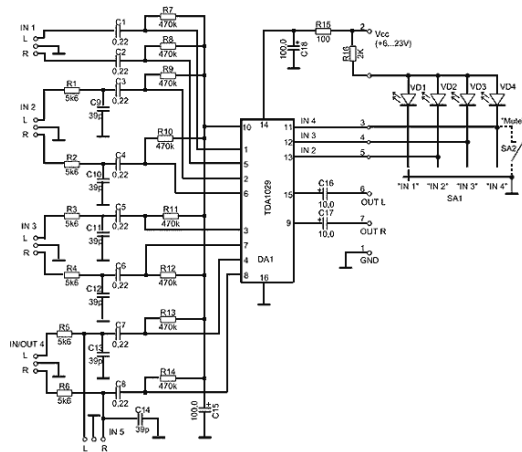
Создание многослойных эпитаксиальных структур, в которых параметры каждого слоя и границ между слоями подбираются исходя из требований оптимизации работы данного полупроводникового прибора, оказалось очень перспективным направлением. Таким путем удалось создать: полупроводниковые лазеры, фотопреобразователи с рекордными параметрами, недостижимыми для традиционной планарной технологии.



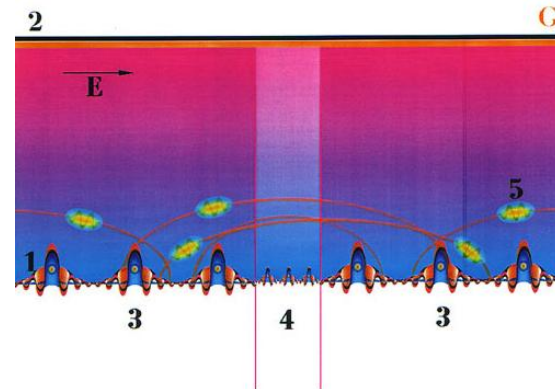
Полупроводниковый
лазер

Электронные устройства на основе тонких пленок

Одним из важнейших эффектов, проявляющихся в тонкопленочных твердотельных структурах, является туннелирование. Уже в дискретном полупроводниковом приборе – диоде с р-n- переходом – использование туннельного эффекта позволило получить такие новые качества, как, например, возможность генерировать высокочастотные электрические сигналы.



Электронный коммутатор сигналов TDA1029.



Явление туннельного эффекта,

Электронные устройства на основе тонких пленок

Еще одним важным видом пленочных электронных устройств, которое рассмотрим, являются элементы памяти с «плавающим» затвором. Для создания в диэлектрике центров, способных захватывать заряд, можно использовать так называемый плавающий затвор.

Он представляет собой тонкий слой металла или полупроводника, находящийся внутри диэлектрического слоя и, таким образом, изолированный от всех электродов прибора (транзистора). Преимущество таких запоминающих структур – способность очень долго сохранять записанный заряд.

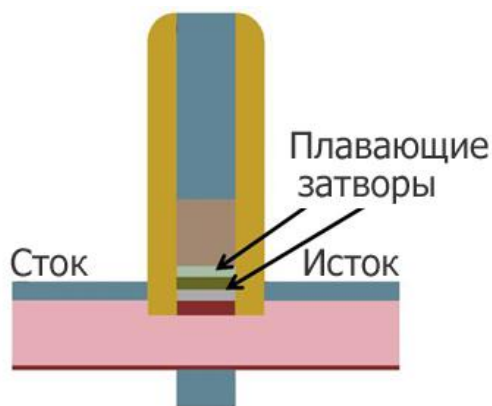


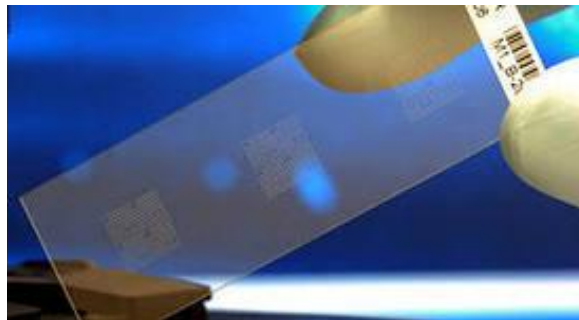
Схема "двойного полевого транзистора с плавающим затвором"

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Физические основы молекулярной электроники

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 разрывааемых контактирующей фазой) активных химических связей. Молекулы образуют некий порядок, определяемый влиянием поверхности подложки и их собственными свойствами.

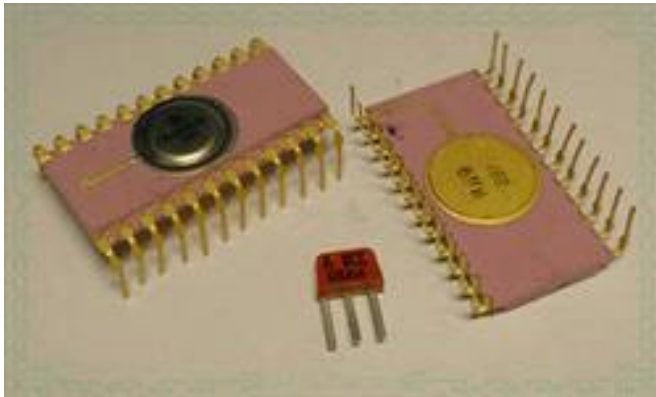
В настоящее время для практического использования еще нет производства молекулярных электронных схем, которые за рубежом называют биочипами.



биочип

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.



Полупроводники
микросхемы

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.



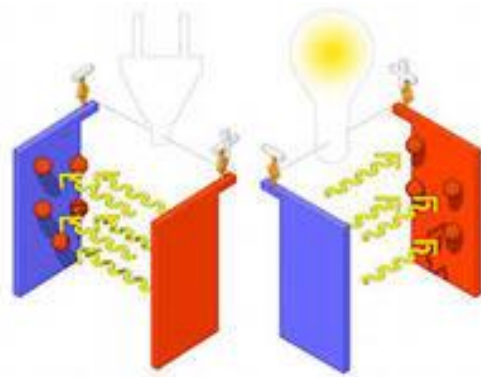
Физические основы молекулярной электроники

Исследования в области молекулярной электроники ведутся по двум главным направлениям:

- ✓ попытка разработать на базе органических молекул устройства, аналогичные по принципу работы и схемотехнике обычным полупроводниковым микросхемам;
- ✓ создание устройств, принципиально отличных от существующих микросхем по степени микроминиатюризации и скорости обработки информации.

Молекулярные электронные устройства могут быть:

- ✓ цифровыми
- ✓ аналоговыми



Явление сверхпроводимости

При прохождении электрического тока по проводнику, обладающему сопротивлением, в течение времени выделяется теплота, количество которой определяется законом Джоуля - Ленца:

Однако были обнаружены вещества, сопротивление которых оказалось близким к нулю. Данные материалы получили название сверхпроводников. Их характерной особенностью является отсутствие (практически) преобразования электрической энергии в тепловую при прохождении электрического тока.

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. Открытый эффект высокотемпературной сверхпроводимости пока не имеет теоретического объяснения.

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

Понятие о криоэлектронике

Простейший исторически первый криогенный переключательный прибор – криотрон – представляет собой сверхпроводник 1, который можно переводить из состояния с нулевым сопротивлением в состояние с конечным сопротивлением, воздействуя магнитным полем. Поле создается током, протекающим в другом, управляющем сверхпроводнике 2, который изготавливается из металла с несколько более высокой критической температурой, чем у управляемого провода 1.

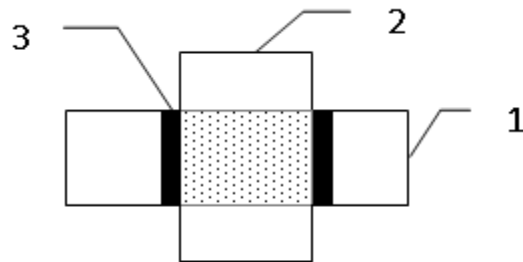


Схема криотрона.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕКОТОРЫХ ИНТЕНСИВНО РАЗВИВАЮЩИХСЯ НАПРАВЛЕНИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

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.

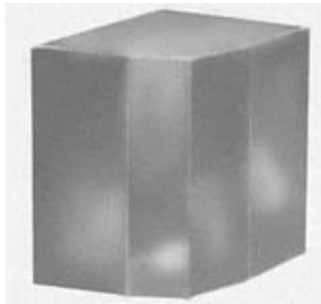


Физические основы пьезоэлектроники

К пьезоэлектрикам относят некоторые естественные или искусственные кристаллы (кварц, сегнетова соль, титанат бария). Кроме прямого пьезоэлектрического эффекта применяют обратный пьезоэлектрический эффект который состоит в том, что под действием электрического поля пьезоэлектрик сжимается или расширяется в зависимости от направления вектора напряженности поля.



кварц



сегнетова соль



титанат бария

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.



Частотный преобразователь

Физические основы акустоэлектроники

Важнейшие свойства ПАВ – сравнительно небольшая (1,6- 4,0 км/с) скорость распространения и возможность взаимодействия с планарными структурами в виде пленок на поверхности звукопровода. Этим обеспечивается преобразование ПАВ в электрический сигнал и обратно, а также изменение направления распространения волн, их отражение, усиление, затухание.

Рассмотрим устройство и принцип действия основных приборов акустоэлектроники.

Акустоэлектронные преобразователи (АЭП) на ПАВ (линии задержки, полосовые фильтры, датчики)

Схема простейшего АЭП приведена на рисунке



Хемотроника

Среди нетвердотельной электроники следует выделить такое направление, как хемотронику. **Хемотроника**, называемая иногда **ионикой**, основана на достижениях электрохимии и электроники. Содержание хемотроники – теория и практика электрохимических преобразователей для новых типов управляющих, информационных, вычислительных и измерительных устройств.

Первыми электрохимическими приборами явились гальванические элементы и аккумуляторы, а также электролитические конденсаторы.



Хемотроника

Как правило, хемотронные приборы имеют герметичный корпус, в котором находятся электролит и электроды, Материалы электродов и корпуса не должны вступать в химическое взаимодействие с электролитом.

Значительная часть приборов хемотроники – это концентрационные электрохимические преобразователи (преобразователи диффузионного типа). Их работа основана на изменении концентрации активных компонентов электролита. Эти компоненты содержатся в электролите в двух видах: окисленном и восстановленном. Кроме того, в электролите имеется еще и пассивный (индифферентный) компонент, не участвующий в химических реакциях, а лишь увеличивающий проводимость электролита.



Спасибо за внимание.