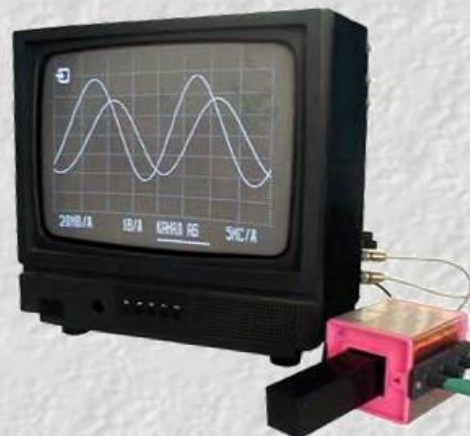


Электрический ток в полупроводниках



Разные вещества имеют различные электрические свойства, однако по электрической проводимости их можно разделить на 3 основные группы:



Полупроводники как особый класс веществ, были известны еще с конца XIX века, только развитие теории твердого тела позволила понять их особенность.

Задолго до этого были обнаружены:

1. Эффект выпрямления тока на контакте металл-полупроводник.
2. Фотопроводимость.

Были построены первые приборы на их основе.

О. В. Лосев (1923) доказал возможность использования контактов полупроводник - металл для усиления и генерации колебаний (кристаллический детектор).

Однако в последующие годы кристаллические детекторы были вытеснены электронными лампами и лишь в начале 50 - х годов с открытием транзисторов (США 1949 год) началось широкое применение полупроводников (главным образом германия и кремния в радиоэлектронике).

Одновременно началось
интенсивное изучение свойств
полупроводников, чему
способствовало
совершенствование методов очистки
кристаллов и их легированию
(введение в полупроводник
определенных примесей).

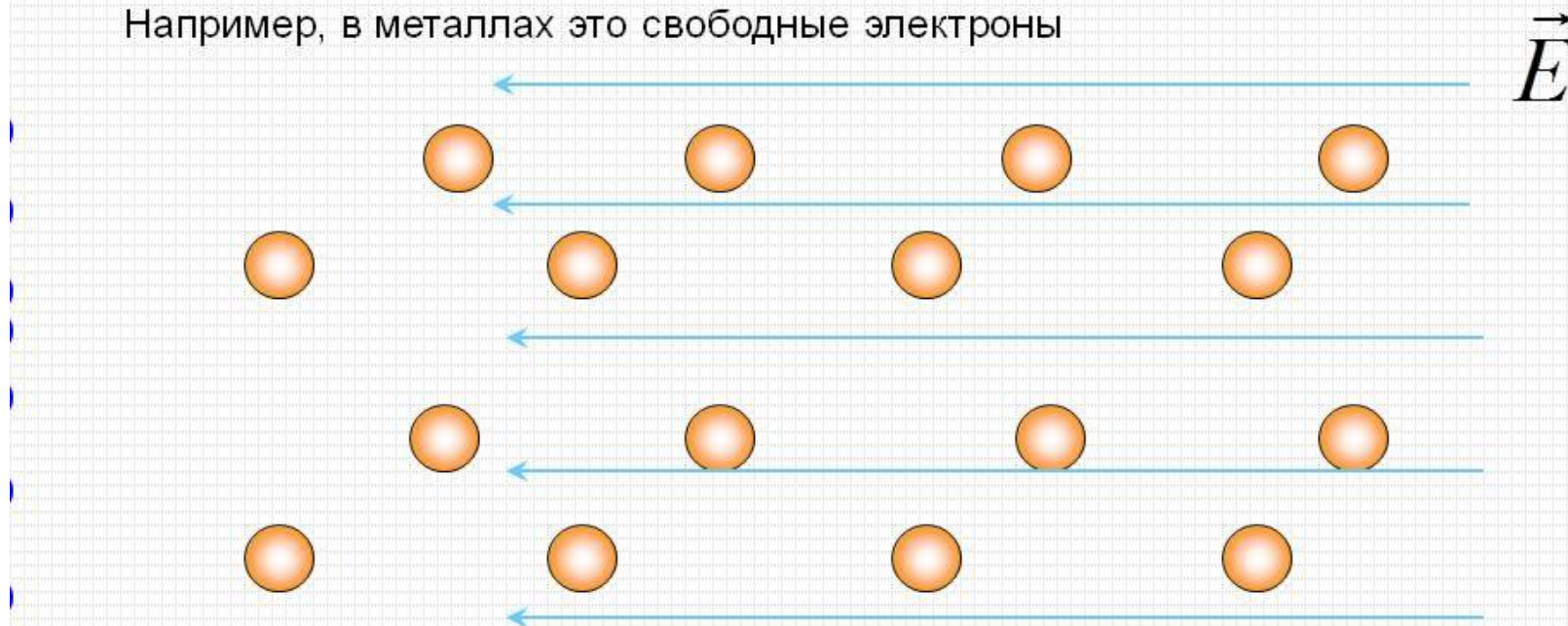
В СССР изучение полупроводников начались в конце 20 - х годов под руководством А.Ф. Иоффе в Физико-техническом институте АН СССР. Интерес к оптическим свойствам полупроводников возрос в связи с открытием вынужденного излучения в полупроводниках, что привело к созданию полупроводниковых лазеров вначале на $p - n$ - переходе, а затем на гетеропереходах.

В последнее время большее распространение получили приборы, основанные на действии полупроводников. Эти вещества стали изучать сравнительно недавно, однако без них уже не может обойтись ни современная электроника, ни медицина, ни многие другие науки.



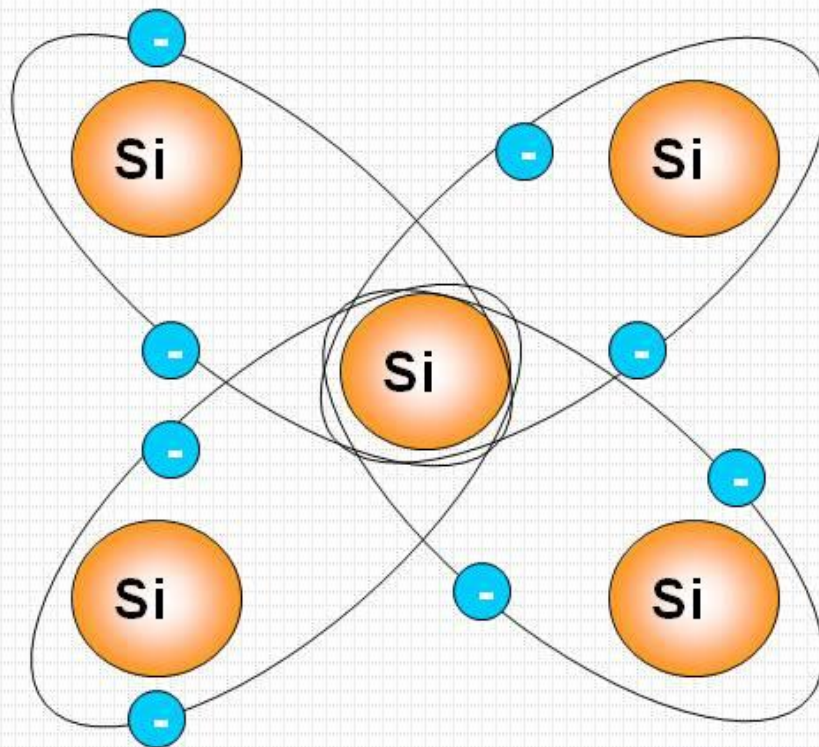
Вспомним, что проводимость веществ обусловлена наличием в них свободных заряженных частиц

Например, в металлах это свободные электроны



Вспомните и объясните характер проводимости металлов и его зависимость от температуры

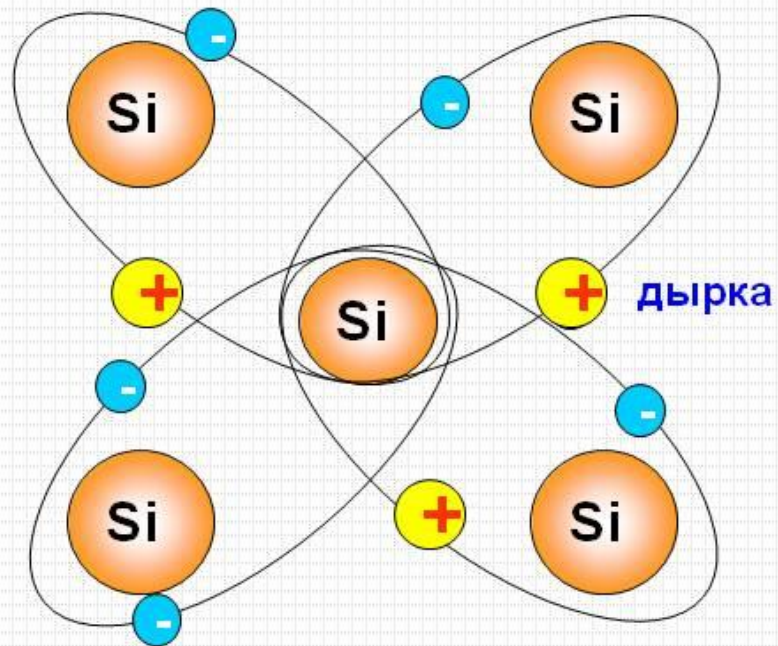
Рассмотрим проводимость полупроводников на основе кремния Si



Кремний – **4 валентный** химический элемент. Каждый атом имеет во внешнем электронном слое по **4 электрона**, которые используются для образования **парноэлектронных (ковалентных) связей** с 4 соседними атомами

При обычных условиях (невысоких температурах) в полупроводниках отсутствуют свободные заряженные частицы, поэтому полупроводник не проводит электрический ток

Рассмотрим изменения в полупроводнике при увеличении температуры



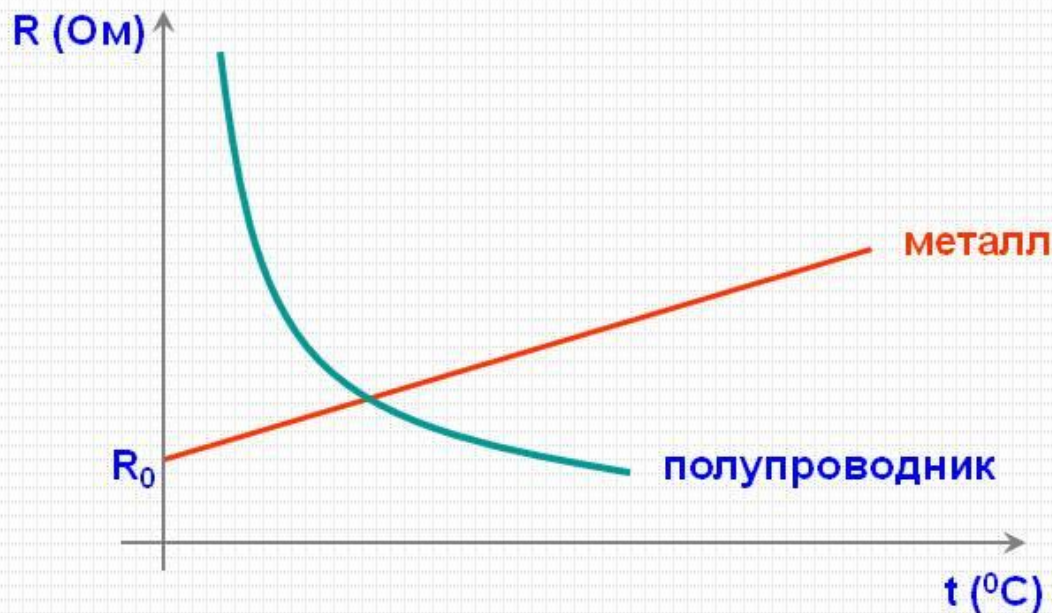
свободный
электрон

Под воздействием электрического поля электроны и дырки начинают упорядоченное (встречное) движение, образуя электрический ток

При увеличении температуры энергия электронов увеличивается и некоторые из них покидают связи, становясь **свободными электронами**. На их месте остаются некомпенсированные электрические заряды (виртуальные заряженные частицы), называемые **дырками**

Таким образом, **электрический ток в полупроводниках** представляет собой упорядоченное движение **свободных электронов** и положительных виртуальных частиц - **дырок**

При **увеличении температуры** растет число свободных носителей заряда, **проводимость полупроводников растет**, сопротивление уменьшается



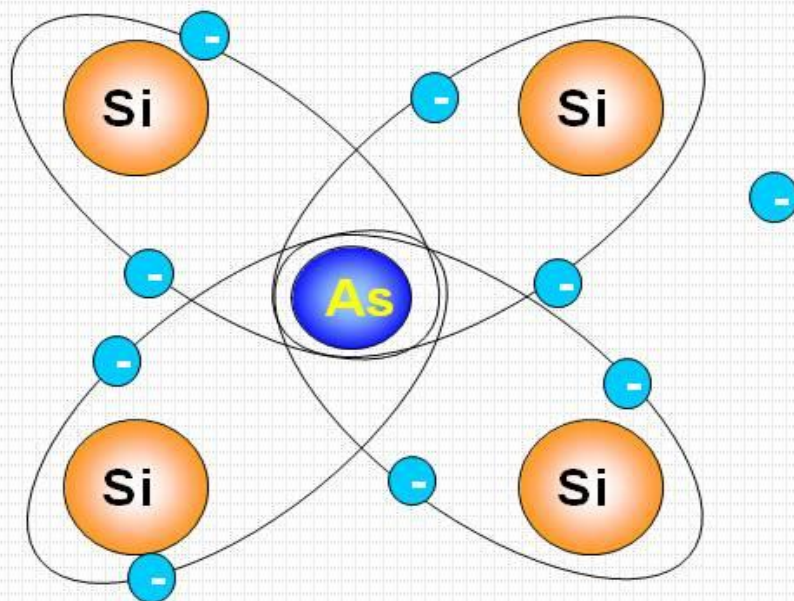
Объясните графики зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры

ПРИМЕСНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ.

Примесная проводимость полупроводников

Собственная проводимость полупроводников явно недостаточна для технического применения полупроводников

Поэтому для увеличения проводимости в чистые полупроводники внедряют примеси (легируют), которые бывают **донорные** и **акцепторные**



Донорные примеси

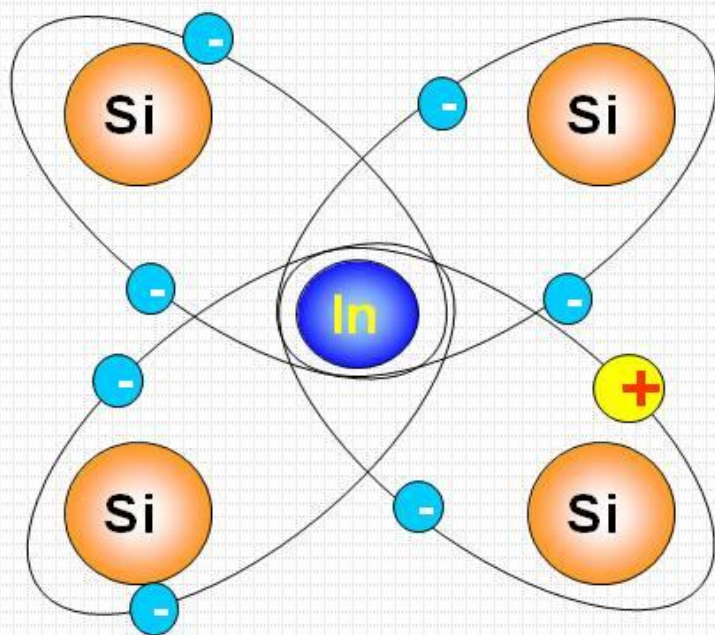
При легировании 4 – валентного кремния Si 5 – валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится **свободным**

Таким образом изменяя концентрацию мышьяка, можно в широких пределах изменять проводимость кремния

Такой полупроводник называется полупроводником **n – типа**, **основными носителями** заряда являются **электроны**, а примесь мышьяка, дающая свободные электроны, называется **донорной**

Акцепторные примеси

Если **кремний** легировать трехвалентным **индием**, то для образования связей с кремнием у индия не хватает одного электрона, т.е. образуется **дырка**



Изменяя концентрацию индия, можно в широких пределах изменять проводимость кремния, создавая полупроводник с заданными электрическими свойствами

Такой полупроводник называется полупроводником **p – типа**, **основными носителями** заряда являются **дырки**, а примесь индия, дающая дырки, называется **акцепторной**

Итак, существует 2 типа полупроводников, имеющих большое практическое применение:



p - типа

Основные носители заряда -
дырки



n - типа

Основные носители заряда -
электроны

Помимо основных носителей в полупроводнике существует очень малое число неосновных носителей заряда (в полупроводнике p – типа это электроны, а в полупроводнике n – типа это дырки), количество которых растет при увеличении температуры



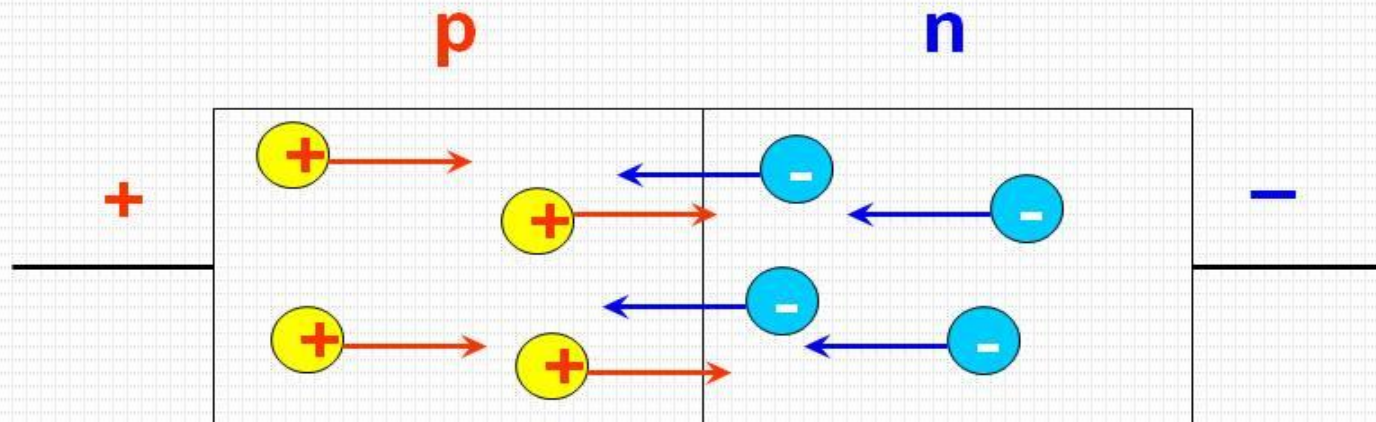
Объясните, как изменяется количество неосновных носителей заряда в примесном полупроводнике при увеличении температуры

P-n ПЕРЕХОД.

p – n переход и его свойства

Рассмотрим электрический контакт двух полупроводников **p** и **n** типа, называемый **p – n переходом**

1. Прямое включение

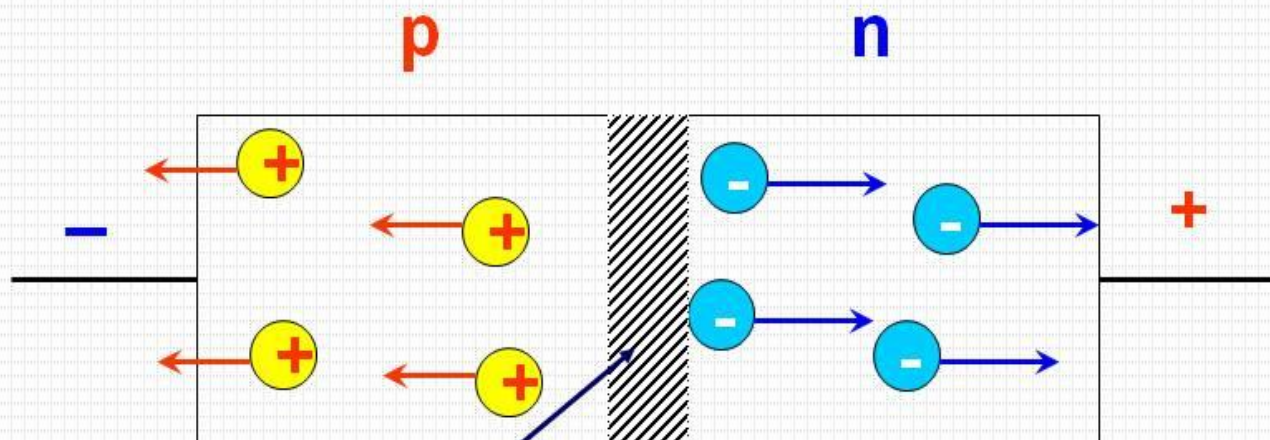


Ток через **p – n** переход осуществляется **основными носителями заряда** (дырки двигаются вправо, электроны – влево)

Сопротивление перехода мало, ток велик.

Такое включение называется **прямым**, в прямом направлении **p – n** переход **хорошо проводит электрический ток**

2. Обратное включение



Запирающий слой

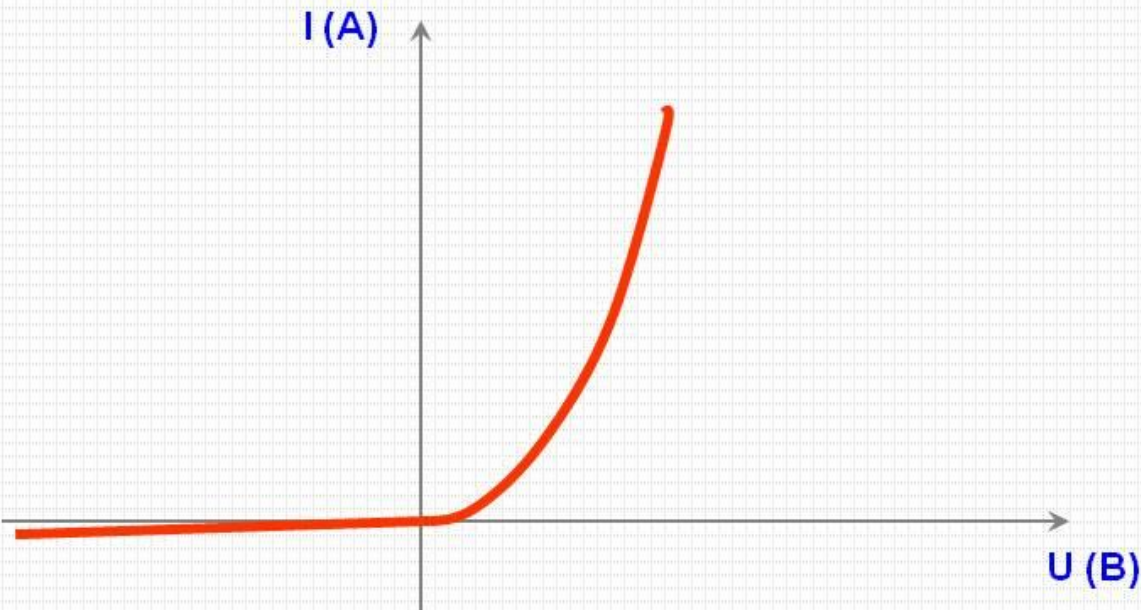
Основные носители заряда не проходят через **p - n** переход

Сопротивление перехода велико, ток практически отсутствует

Такое включение называется **обратным**, в обратном направлении **p - n** переход **практически не проводит электрический ток**

Итак, основное свойство **p – n** перехода заключается в его **односторонней проводимости**

Вольт – амперная характеристика **p – n** перехода (ВАХ)



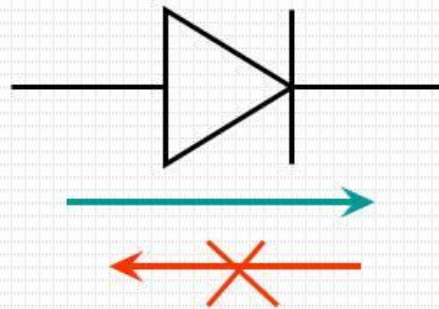
?

Объясните на основе строения полупроводников и свойствах **p – n** перехода график зависимости силы тока от напряжения (ВАХ) перехода

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ.

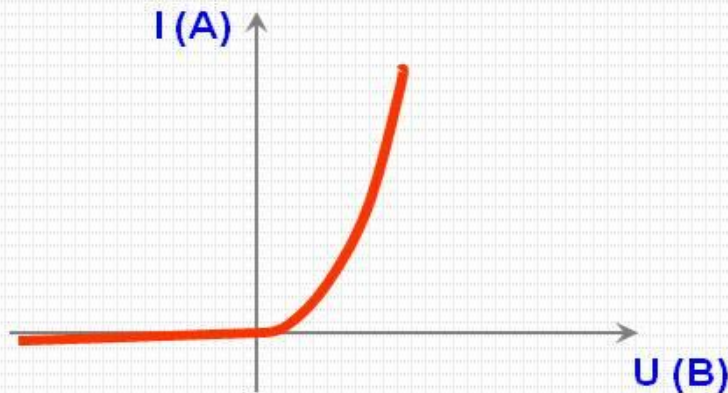
Полупроводниковый диод и его применение

Полупроводниковый диод – это **p – n** переход, заключенный в корпус



Обозначение
полупроводникового
диода на схемах

Вольт – амперная характеристика полупроводникового диода (ВАХ)



Основное свойство диода
– его односторонняя
электрическая
проводимость

Применение полупроводниковых диодов

Выпрямление
переменного тока

Детектирование
электрических сигналов

Стабилизация тока и
напряжения

Передача и прием
сигналов

Прочие применения



Наиболее важные для
техники полупроводниковые
приборы - диоды,
транзисторы, тиристоры
основаны на использовании
замечательных материалов с
электронной или дырочной
проводимостью.

Широкое применение полупроводников началось сравнительно недавно, а сейчас они получили очень широкое применение. Они преобразуют световую и тепловую энергию в электрическую и, наоборот, с помощью электричества создают тепло и холод.

Полупроводниковые
приборы можно встретить в
обычном радиоприемнике и
в квантовом генераторе -
лазере, в крошечной атомной
батарее и в
микропроцессорах.

Инженеры не могут обходиться без полупроводниковых выпрямителей, переключателей и усилителей. Замена ламповой аппаратуры полупроводниковой позволила в десятки раз уменьшить габариты и массу электронных устройств, снизить потребляемую ими мощность и резко увеличить надежность.