

Электрический ток в полупроводниках

Полупроводники – вещества, проводимость которых занимает промежуточное положение между проводниками и диэлектриками
(кремний, германий)

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



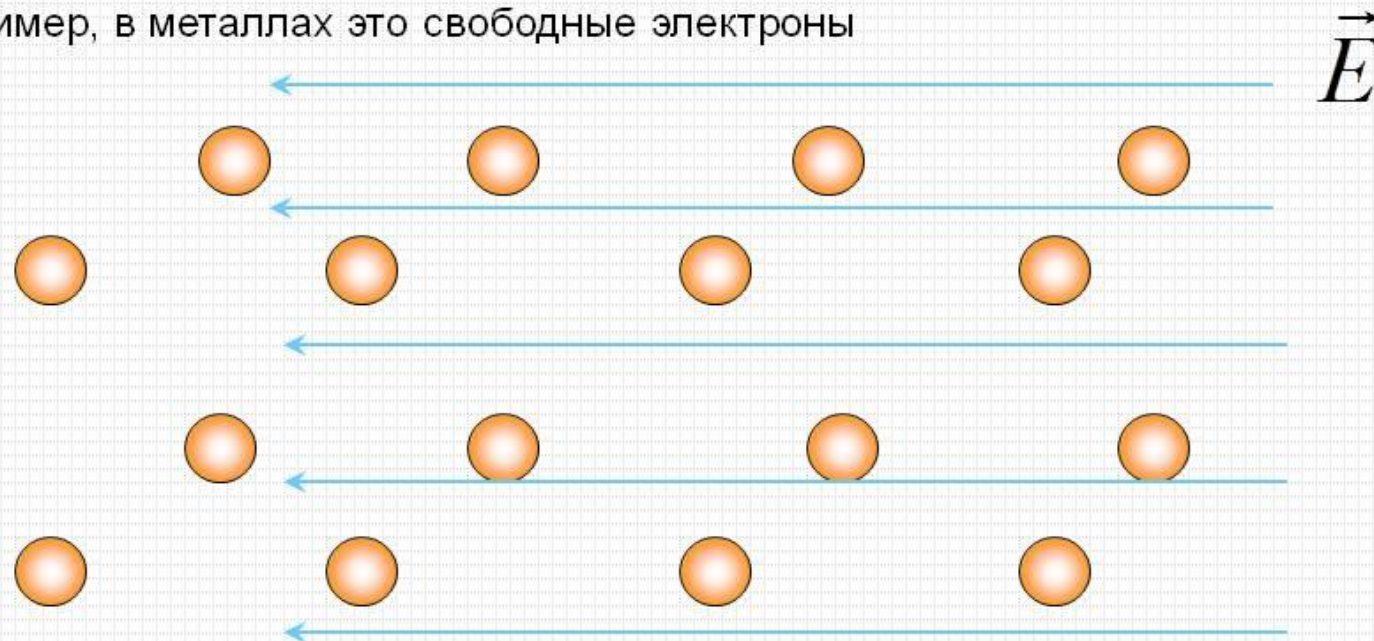
Полупроводники

| Период | Группа | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | III | IV | V | VI | VII |
| 1 | | | | | |
| 2 | B | C | N | O | F |
| 3 | Al | Si | P | S | Cl |
| 4 | Ga | Ge | As | Se | Br |
| 5 | In | Sn | Sb | Te | I |
| 6 | Tl | Pb | Bi | Po | At |

Полупроводники - это 12 элементов таблицы Менделеева, большинство минералов, различные окислы, сульфиды, и другие химические соединения.

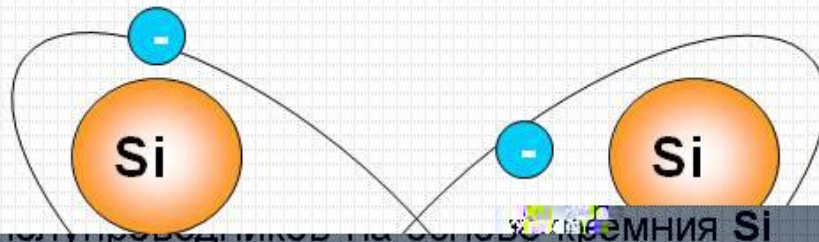
Вспомним, что проводимость веществ обусловлена наличием в них свободных заряженных частиц

Например, в металлах это свободные электроны

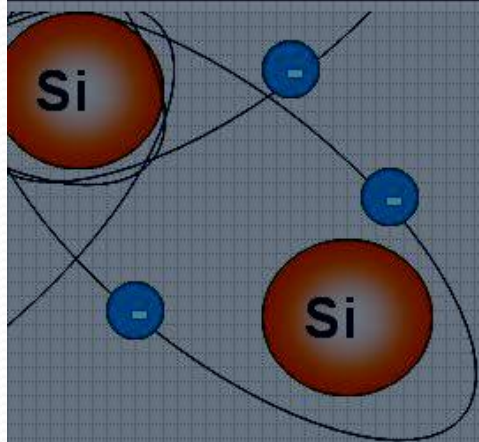


Вспомните и объясните характер проводимости металлов и его зависимость от температуры

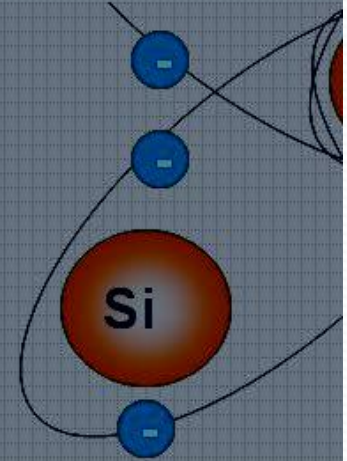
Рассмотрим проводимость полупроводников на основе кремния Si



Кремний – **4 валентный** химический элемент. Каждый атом имеет во внешнем электронном



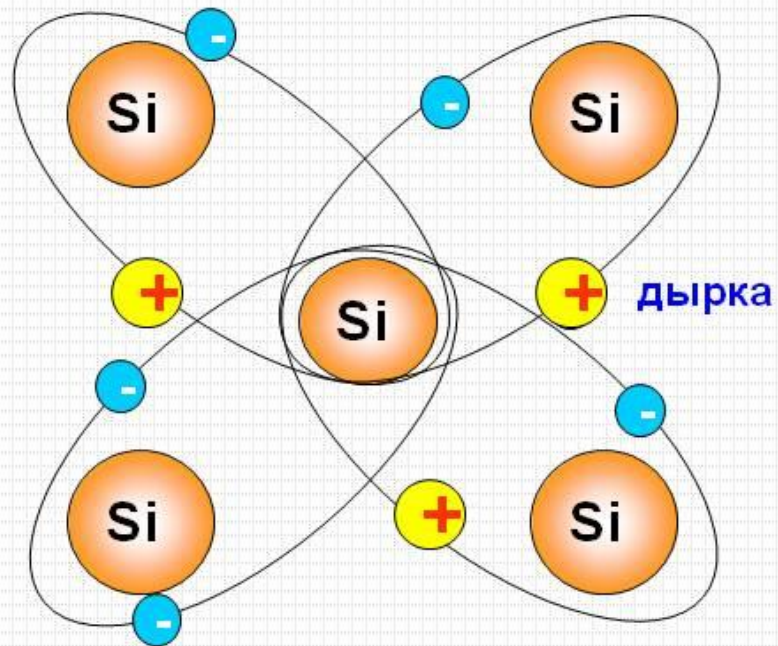
которые используются для образования парноэлектронных (ковалентных) связей с 4 соседними атомами



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

При обычных условиях отсутствуют свободные заряженные частицы, поэтому полупроводник не проводит электрический ток

Рассмотрим изменения в полупроводнике при увеличении температуры



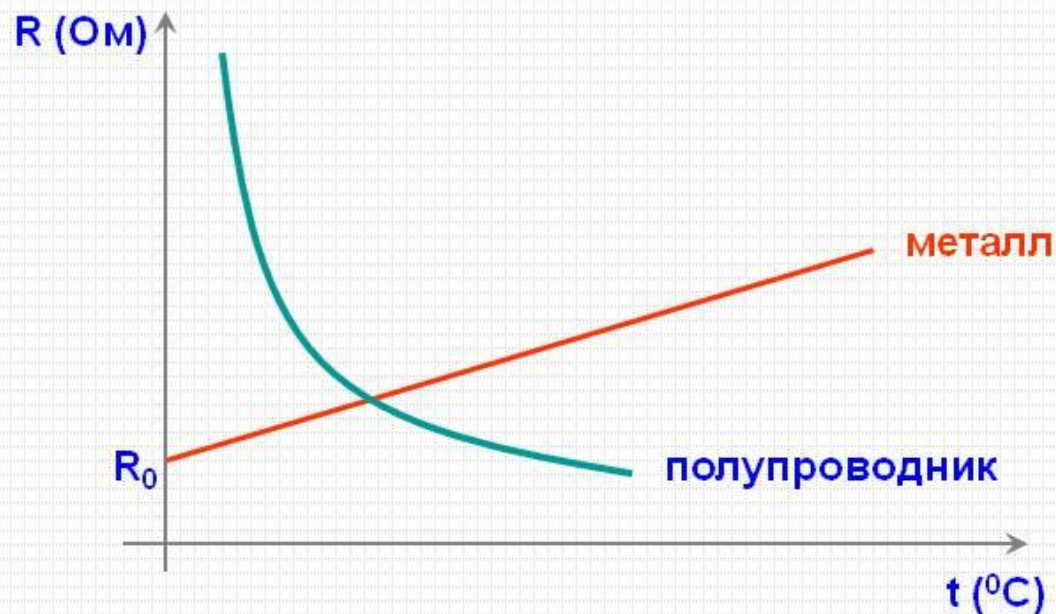
свободный электрон

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



?

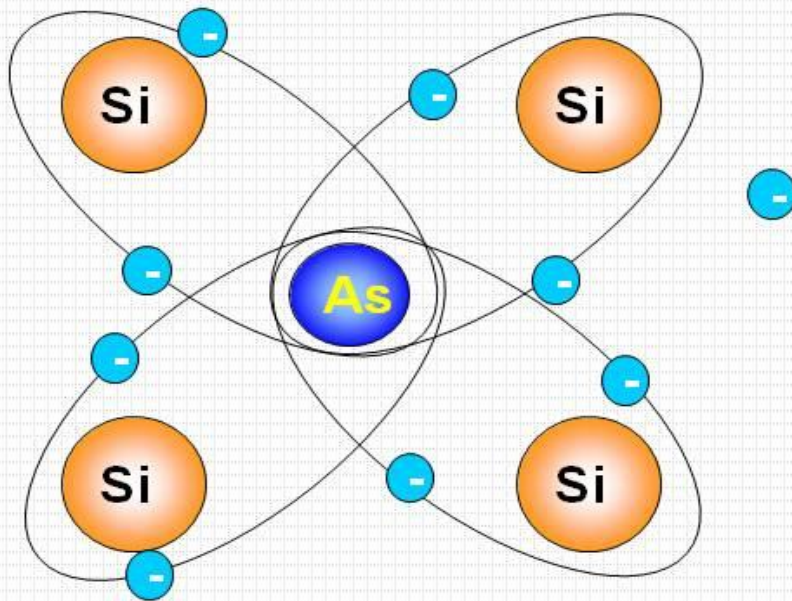
Объясните графики зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры

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

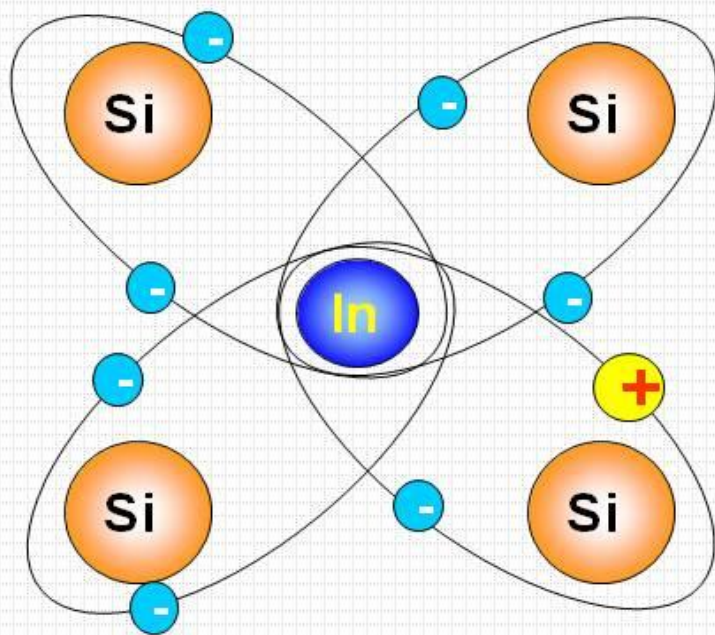
При легировании 4 – валентного кремния Si 5 – валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится **свободным**

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



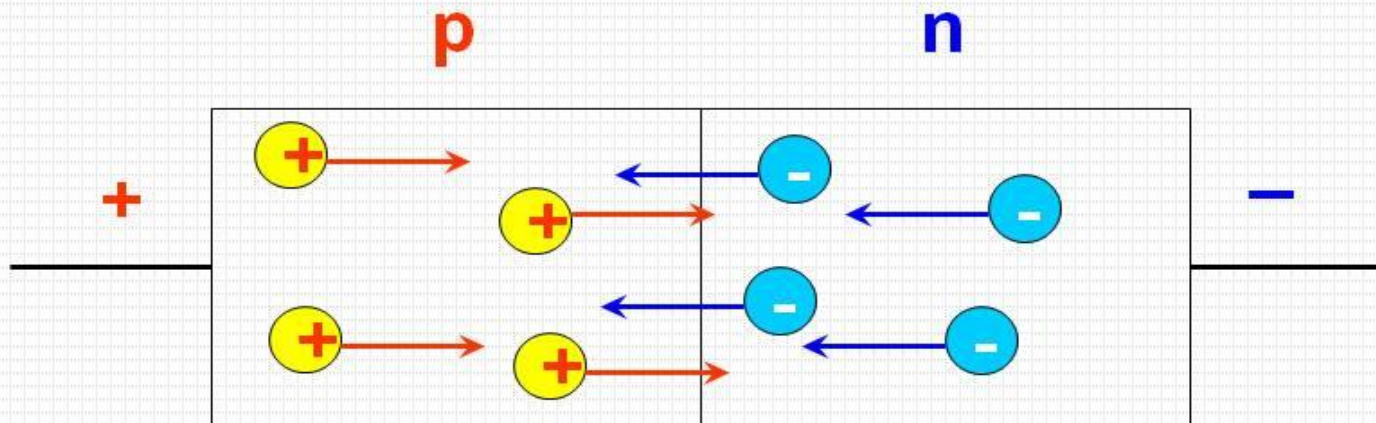
Объясните, как изменяется количество неосновных носителей заряда в примесном полупроводнике при увеличении температуры

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

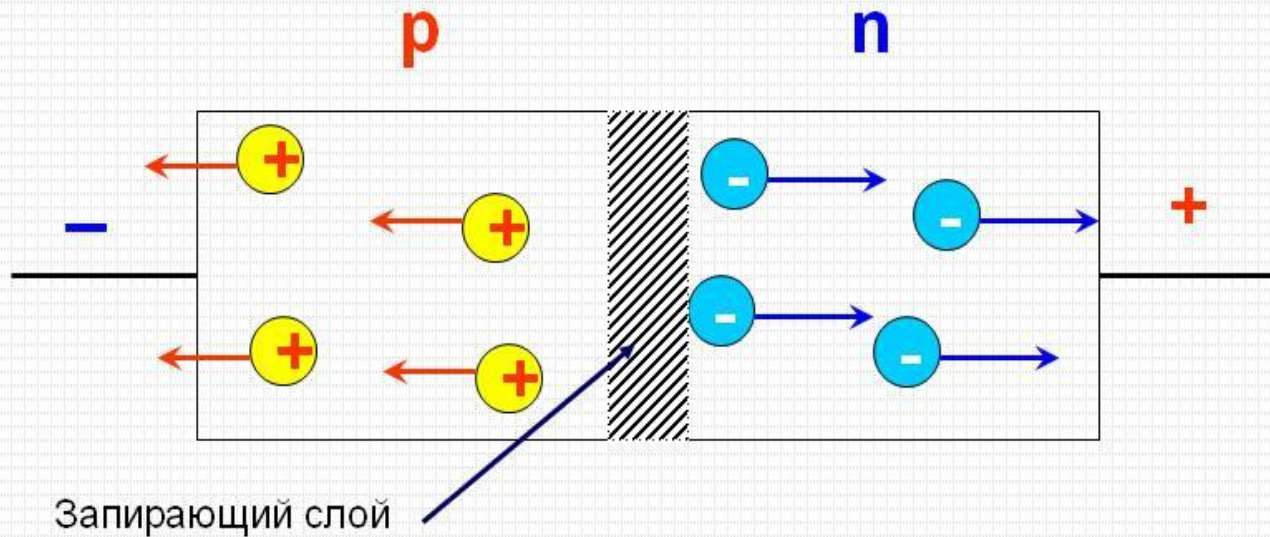


Ток через **p – n** переход осуществляется **основными носителями заряда** (дырки двигаются вправо, электроны – влево)

Сопротивление перехода мало, ток велик.

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

2. Обратное включение



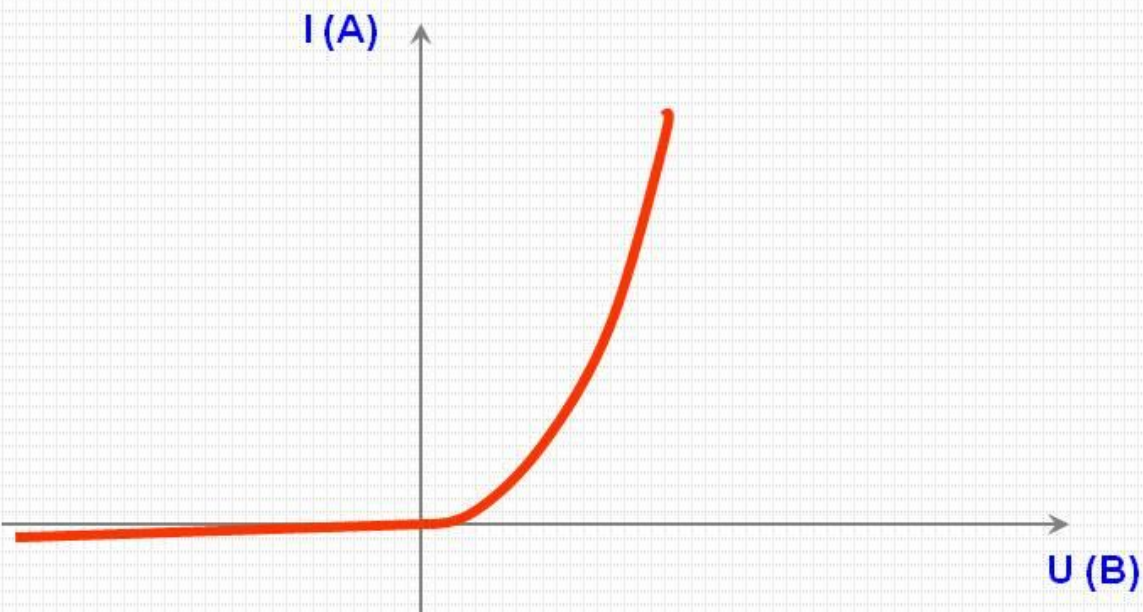
Основные носители заряда не проходят через **p - n** переход

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)



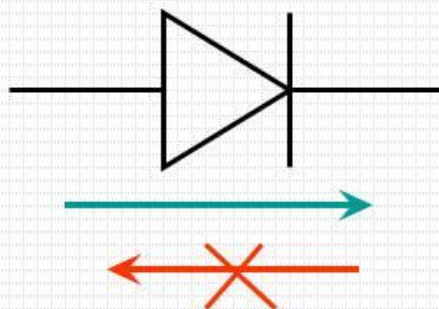
?

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

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ.

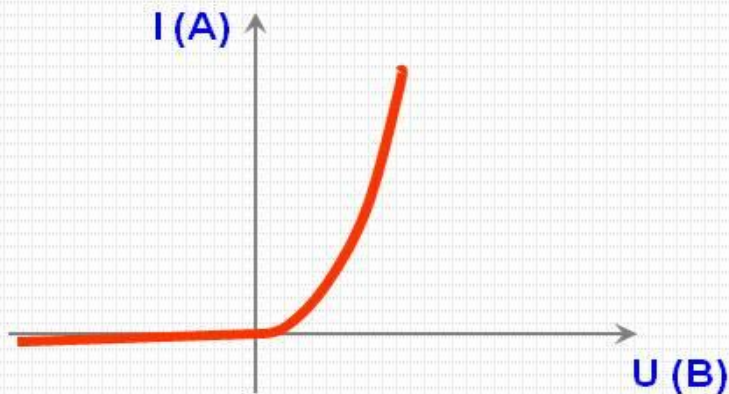
Полупроводниковый диод и его применение

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

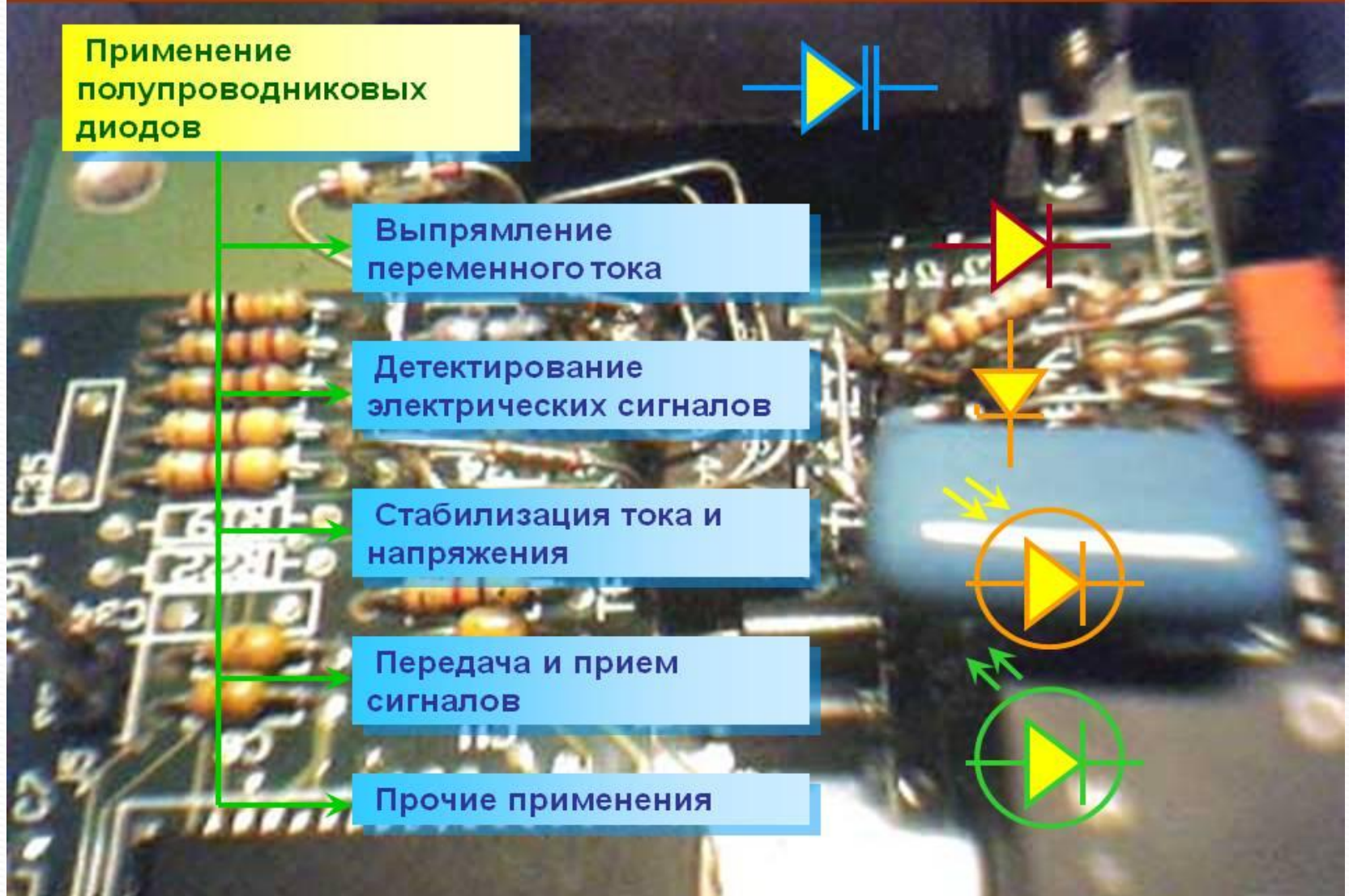
Выпрямление переменного тока


Детектирование электрических сигналов

Стабилизация тока и напряжения

Передача и прием сигналов

Прочие применения





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.

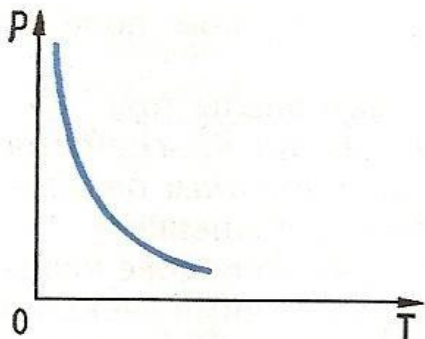
Инженеры не могут обходиться без полупроводниковых выпрямителей, переключателей и усилителей.

Замена ламповой аппаратуры полупроводниковой позволила в десятки раз уменьшить габариты и массу электронных устройств, снизить потребляемую ими мощность и резко увеличить надежность.

Электрический ток в полупроводниках.

1. Электрический ток – упорядоченное движение свободных электронов и дырок.
2. Носители свободных зарядов – электроны и дырки.
Число носителей заряда зависит от температуры, освещенности, наличия примесей.
3. При повышении температуры ρ полупроводников уменьшается.

А) собственная проводимость



Число свободных электронов = числу дырок.

ρ уменьшается при нагревании, облучении.

Б) примесная проводимость

Донорная примесь
(полупроводник n - типа)

мышьяк

Основные носители – электроны,

Неосновные - дырки

Акцепторная примесь
(полупроводник p - типа)

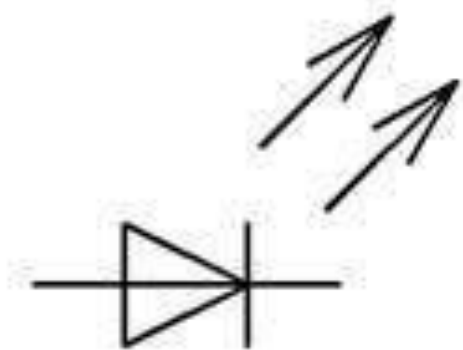
индий

Основные носители – дырки,

Неосновные - электроны

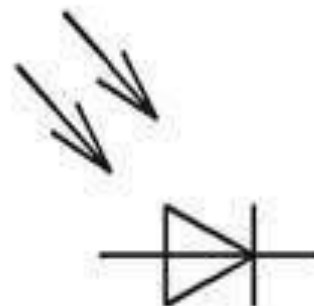
Диоды имеют вид





Светодиоды

ФОТОДИОДЫ



5. Применение полупроводников

1) Собственная проводимость

Термо и фоторезисторы

(для измерения t° ,
противопожарная
сигнализация,
для определения
качества обработки
поверхности, контроля
размера изделий и др.)

2) Примесная проводимость

ДИОД

(ВЫПРЯМЛЯЕТ
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК)

ТРАНЗИСТОР

- для УСИЛЕНИЯ ЭЛ.
КОЛЕБАНИЙ,
- В КАЧЕСТВЕ РЕЛЕ,
- КАК ДЕТАЛЬ
ГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОЙ
ЧАСТОТЫ

Преимущества полупроводников

- Малые размеры
- Большой срок службы
- Высокая чувствительность

Недостатки полупроводников

- Ограниченный интервал температур
- Чувствительность к электрическим перегрузкам

Ответить письменно на вопросы:

1. Чем полупроводники отличаются от проводников?
2. Модель электрического тока в полупроводниках
 - а) структурные единицы, носители заряда.
 - б) как расположены структурные единицы?

Закрепление

в) как они движутся?

г) как взаимодействуют между собой?

д) какими микро- и макропараметрами характеризуется модель?

3. Закономерности протекания тока

а) зависимость $I(U)$

б) зависимость $R(T)$

в) зависимость $I(T)$

Закрепление

4. Что называют р-п – переходом?
5. Что происходит в контакте двух проводников р и п – типов?
6. Что такое запирающий слой?
7. Какой переход называют прямым?
8. Для чего служит полупроводниковый диод?