



ВОПРОСЫ:

1. Классификация веществ по проводимости
2. Собственная проводимость полупроводников
3. Примесная проводимость полупроводников
4. $p - n$ переход и его свойства
5. Полупроводниковый диод и его применение

Вопрос 1

Классификация веществ по проводимости

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

Электрические свойства веществ

```
graph TD; A[Электрические свойства веществ] --> B[Проводники]; A --> C[Полупроводники]; A --> D[Диэлектрики];
```

Проводники

Хорошо проводят электрический ток

К ним относятся металлы, электролиты, плазма ...

Наиболее используемые проводники – **Au, Ag, Cu, Al, Fe ...**

Полупроводники

Занимают по проводимости **промежуточное положение** между проводниками и диэлектриками
Si, Ge, Se, In, As

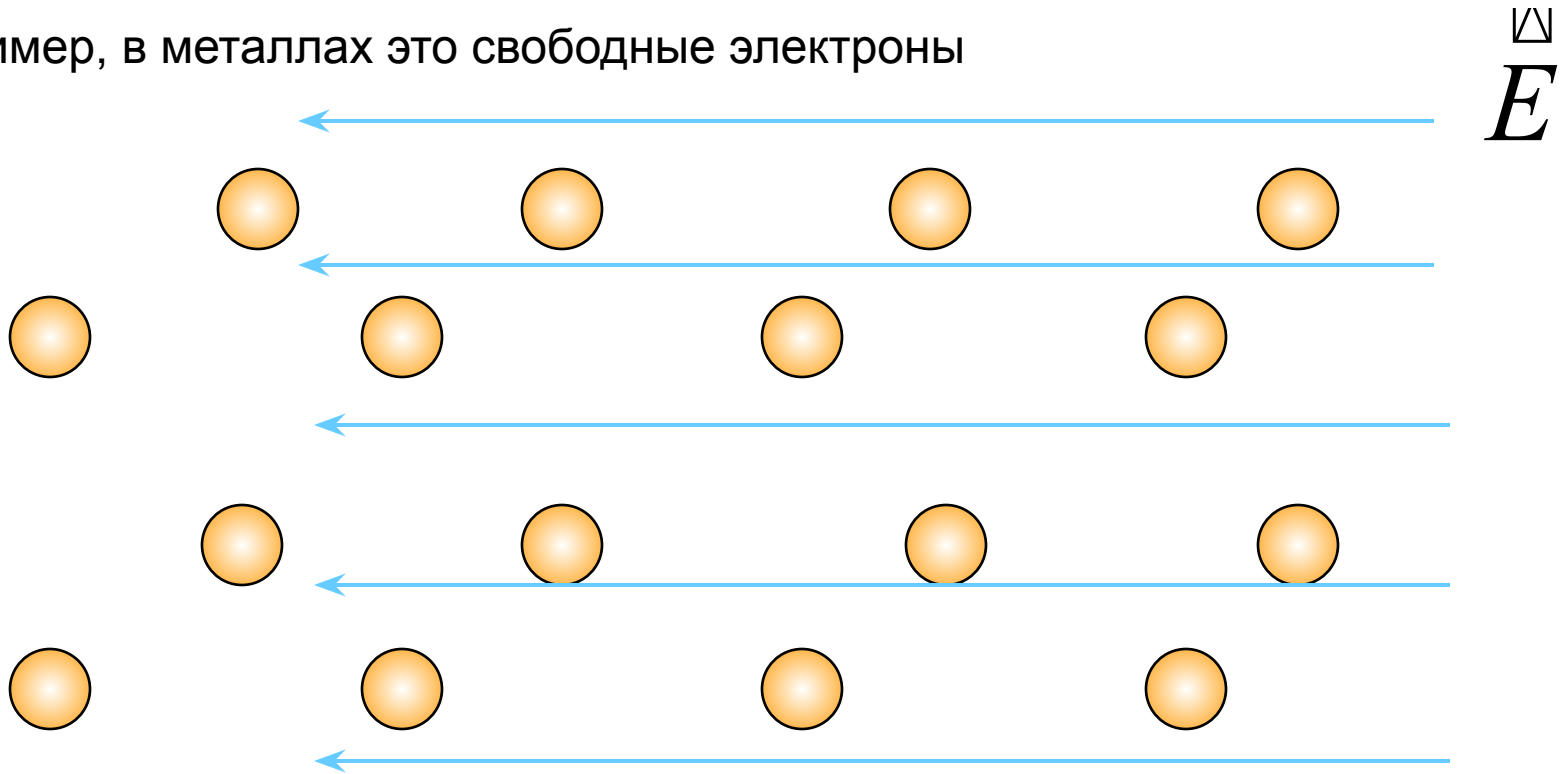
Диэлектрики

Практически не проводят электрический ток

К ним относятся пластмассы, резина, стекло, фарфор, сухое дерево, бумага ...

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

Например, в металлах это свободные электроны

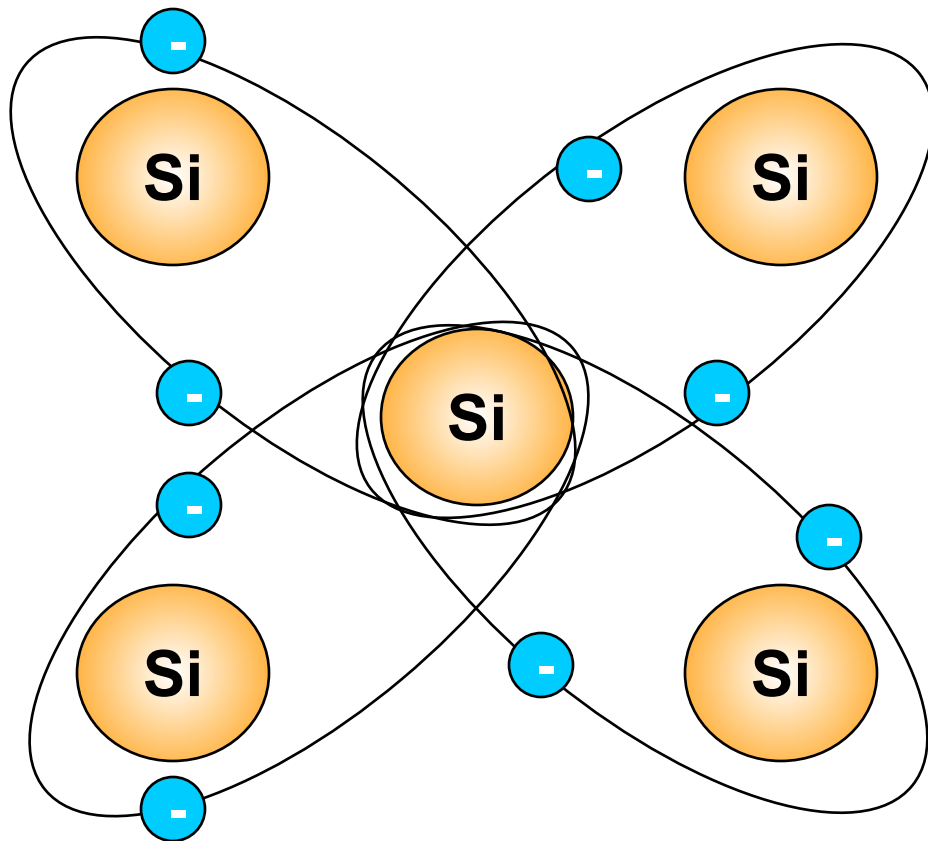


Вспомните и объясните характер проводимости металлов и его зависимость от температуры

Вопрос 2

Собственная проводимость полупроводников

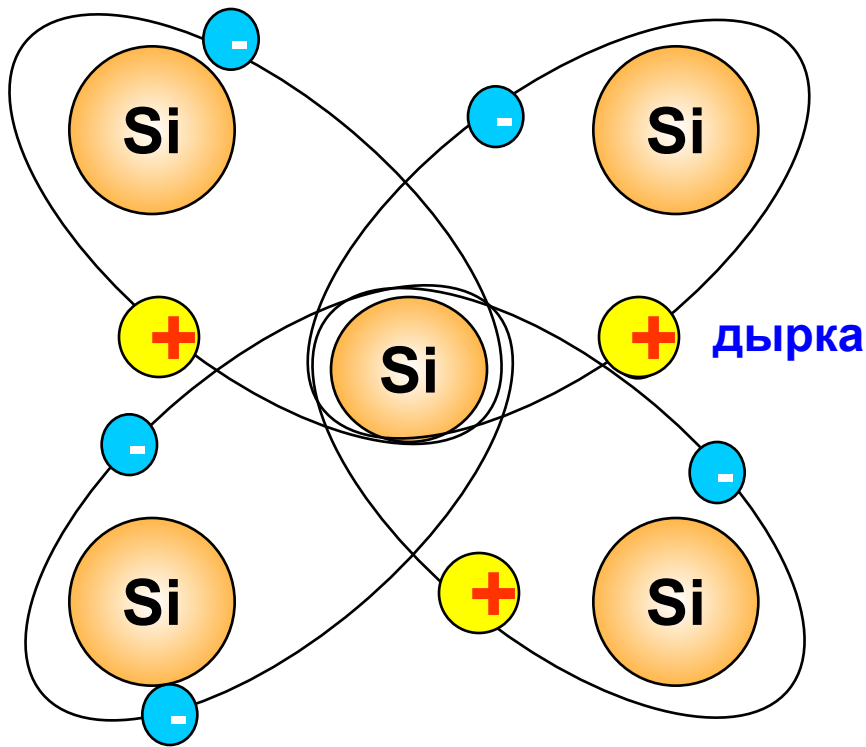
Рассмотрим проводимость полупроводников на основе кремния **Si**



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



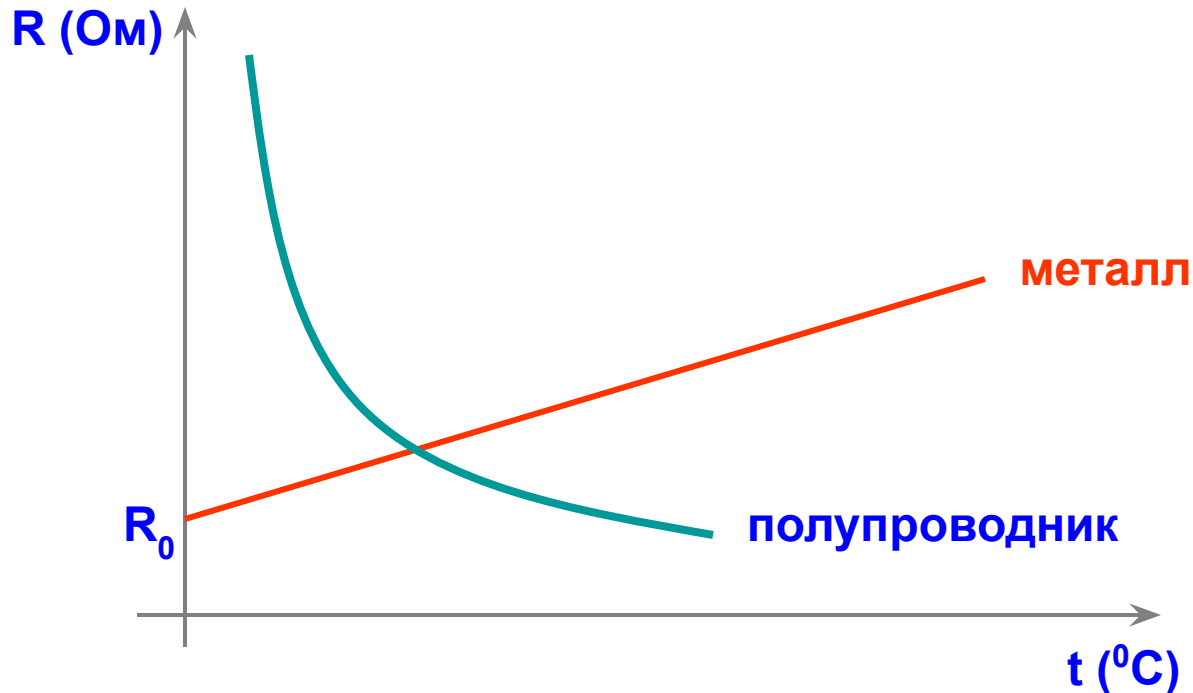
**свободный
электрон**

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



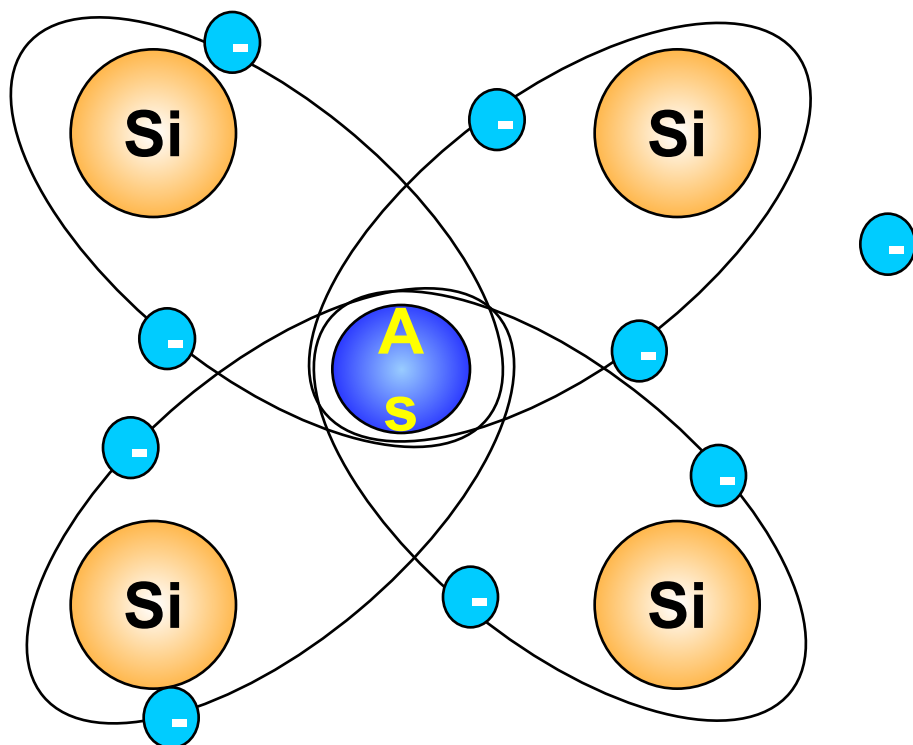
Объясните графики зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры

Вопрос 3

**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

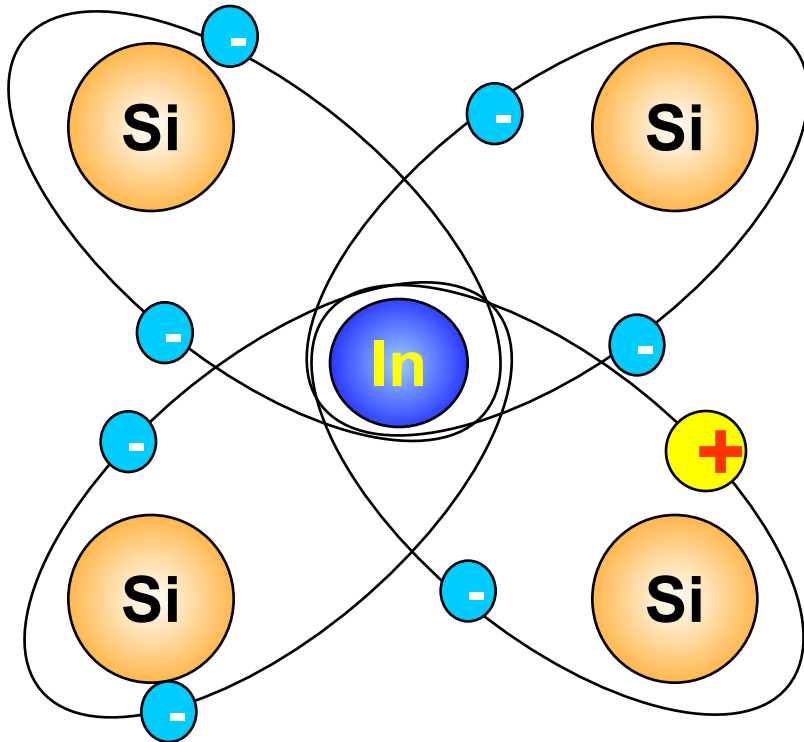
При легировании 4 – валентного кремния Si 5 – валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится **свободным**

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



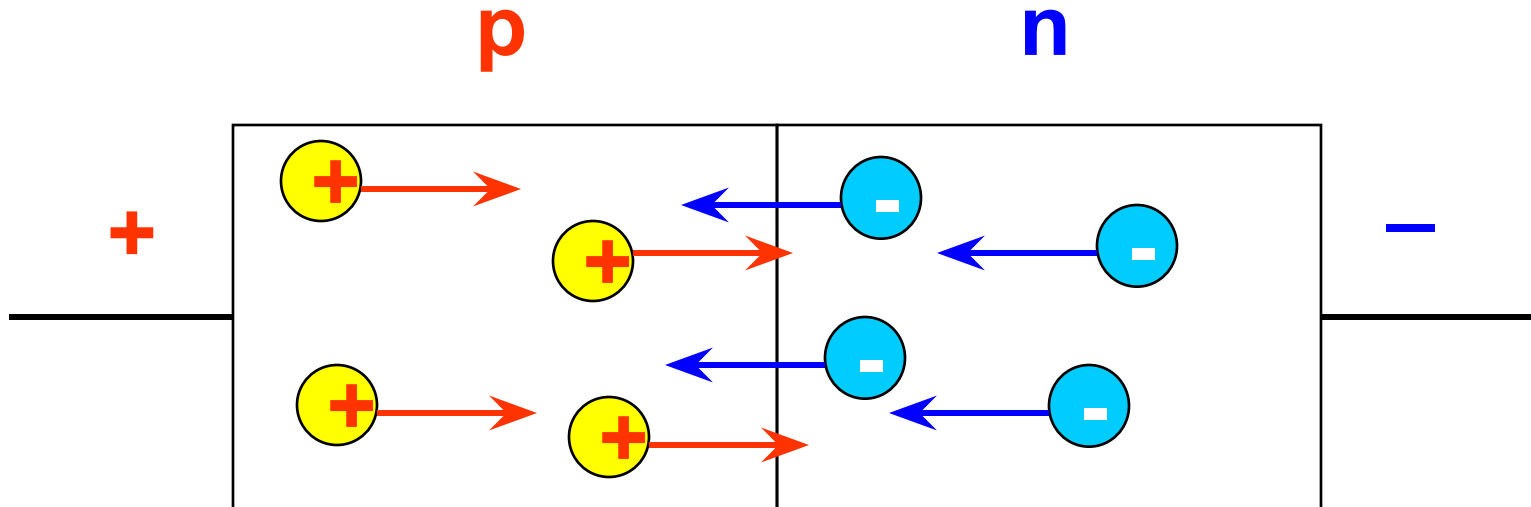
Объясните, как изменяется количество неосновных носителей заряда в примесном полупроводнике при увеличении температуры

Вопрос 4

p – n переход и его
электрические свойства

Рассмотрим электрический контакт двух полупроводников p и n типа, называемый $p-n$ переходом

1. Прямое включение

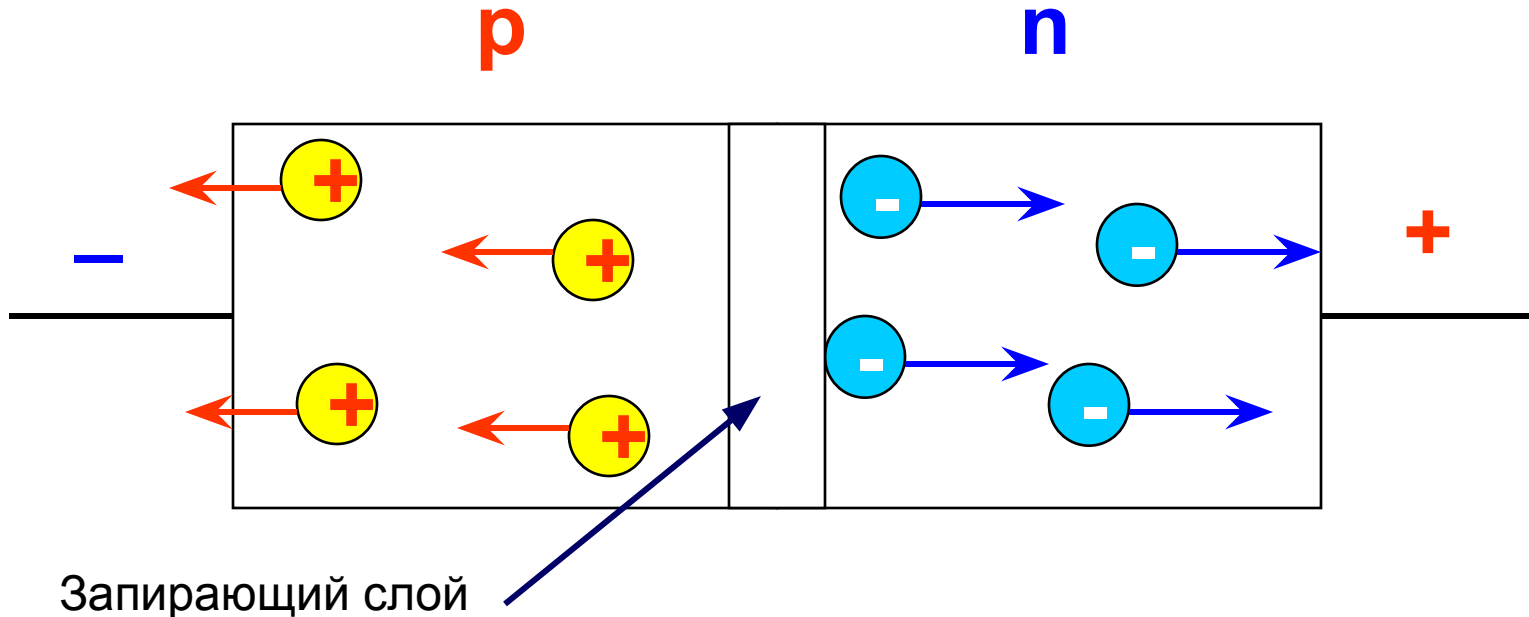


Ток через $p-n$ переход осуществляется **основными носителями заряда** (дырки двигаются вправо, электроны – влево)

Сопротивление перехода мало, ток велик.

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

2. Обратное включение



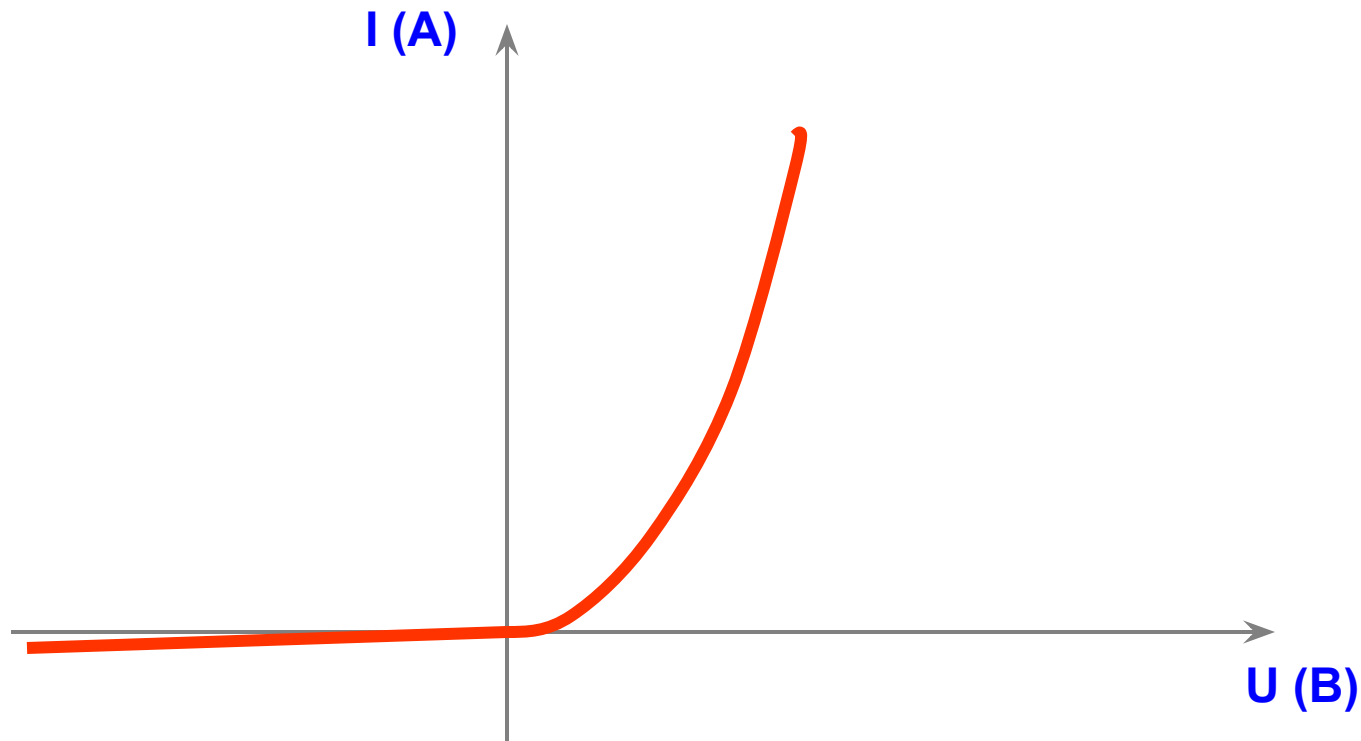
Основные носители заряда не проходят через $p-n$ переход

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)



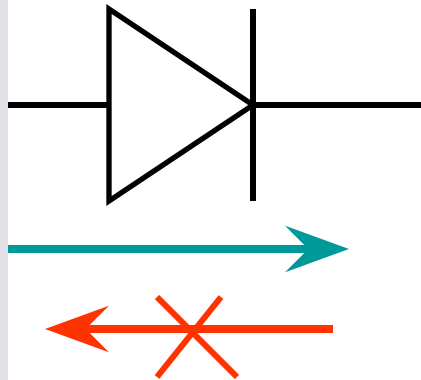
?

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

Вопрос 5

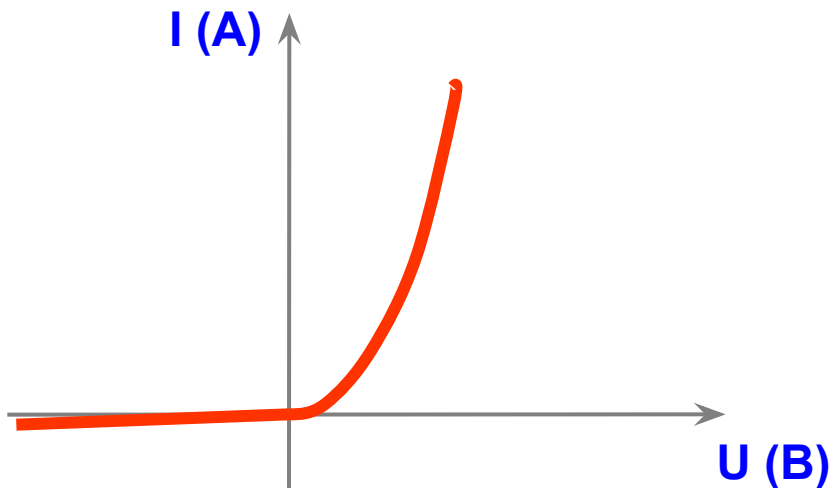
**Полупроводниковый диод и
его применение**

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

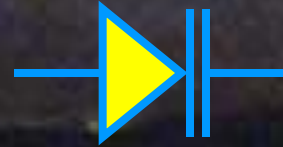
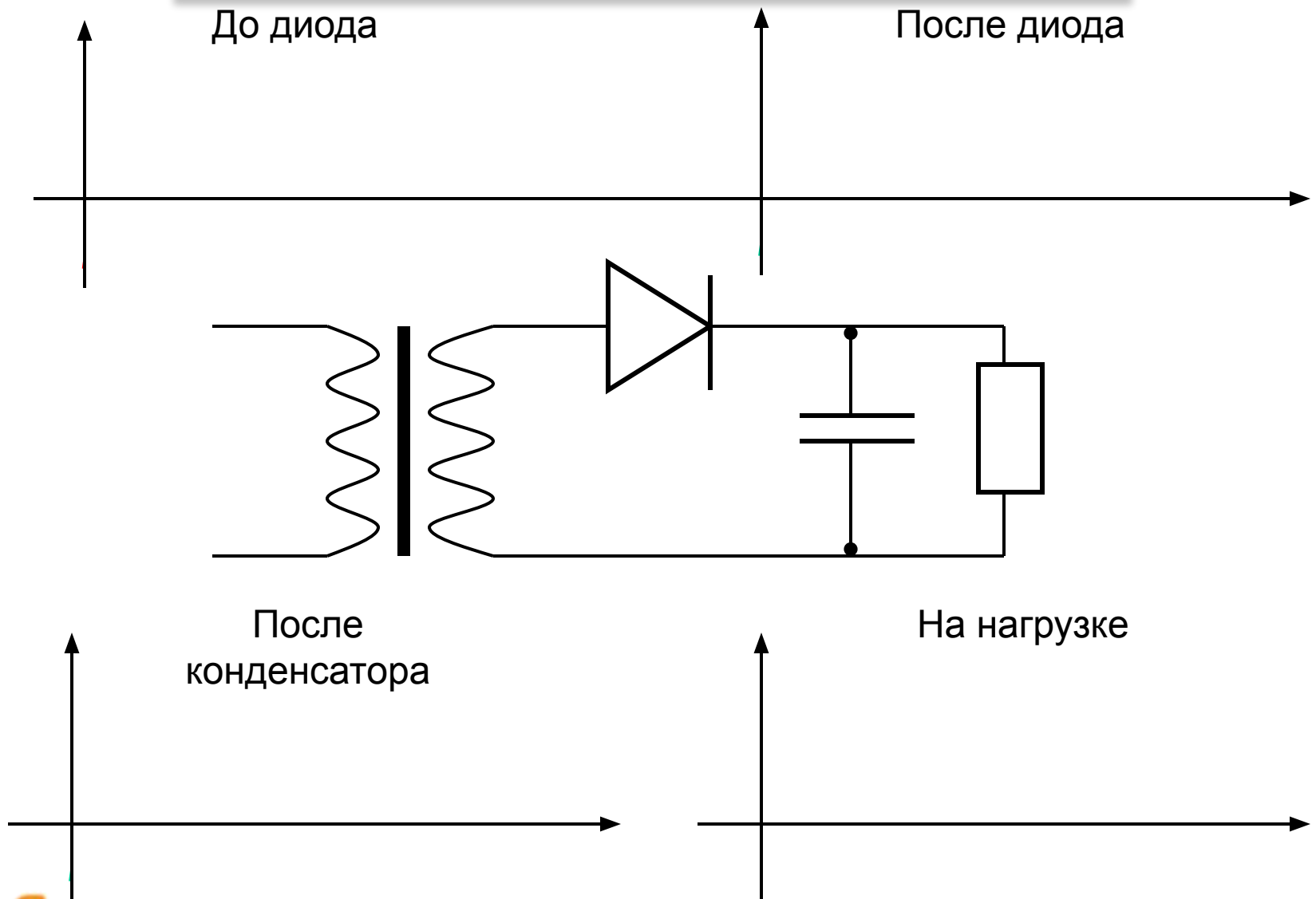


Схема однополупериодного выпрямителя



?

Каковы недостатки выпрямителя на одном диоде