

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

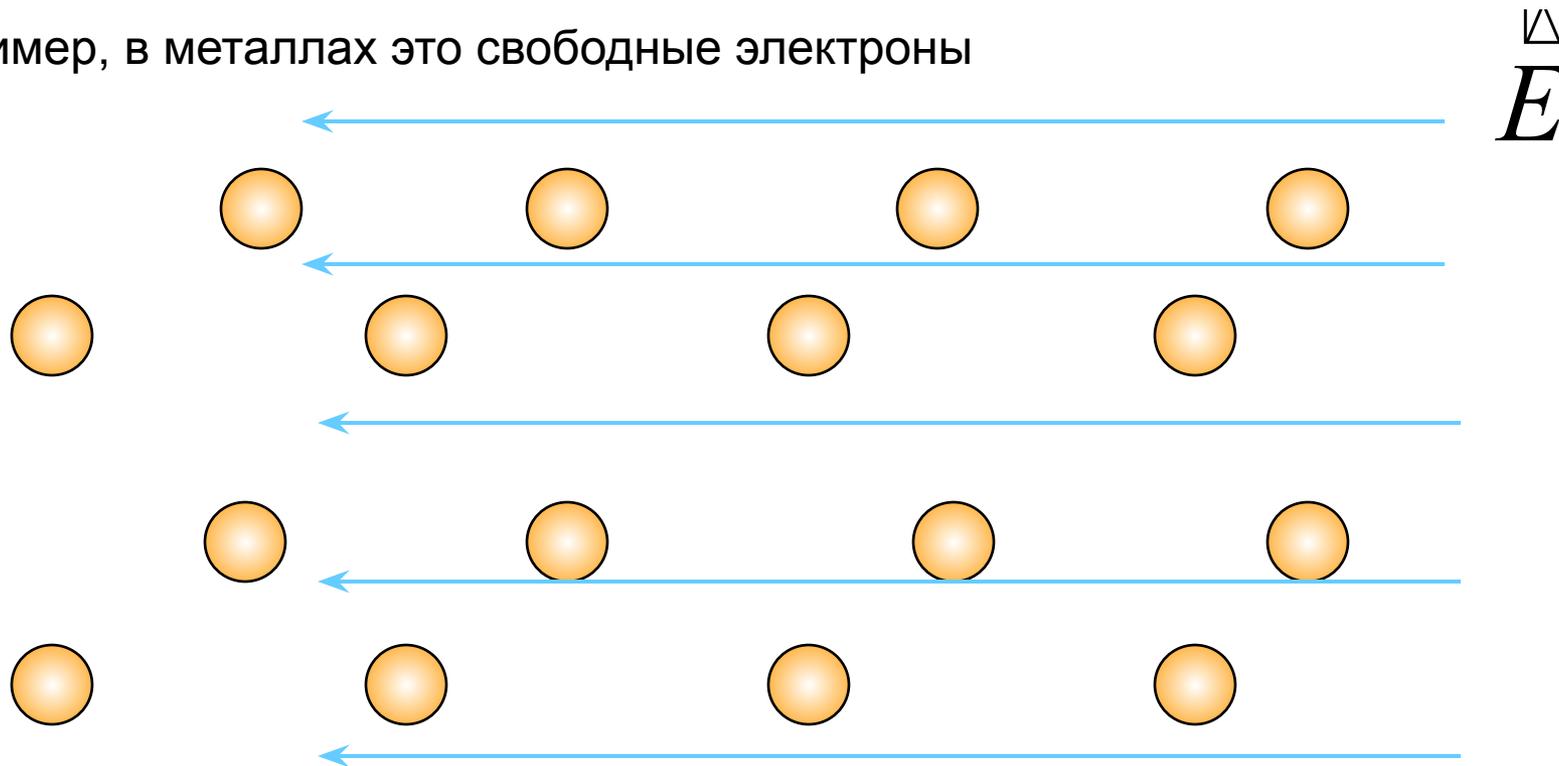
Классификация веществ по проводимости

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



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

Полупроводники.

- **Полупроводники** - вещества, способные проводить ток при определенных условиях
- В таблице Менделеева – 12 химических элементов + много соединений.

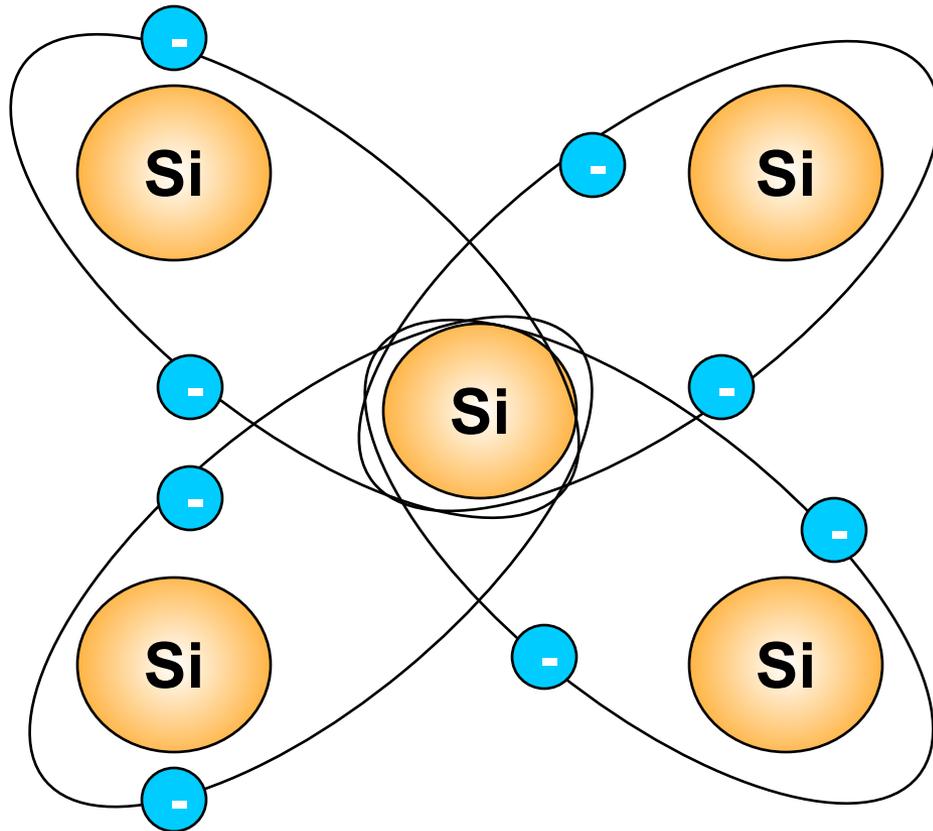


Германий



Кремний

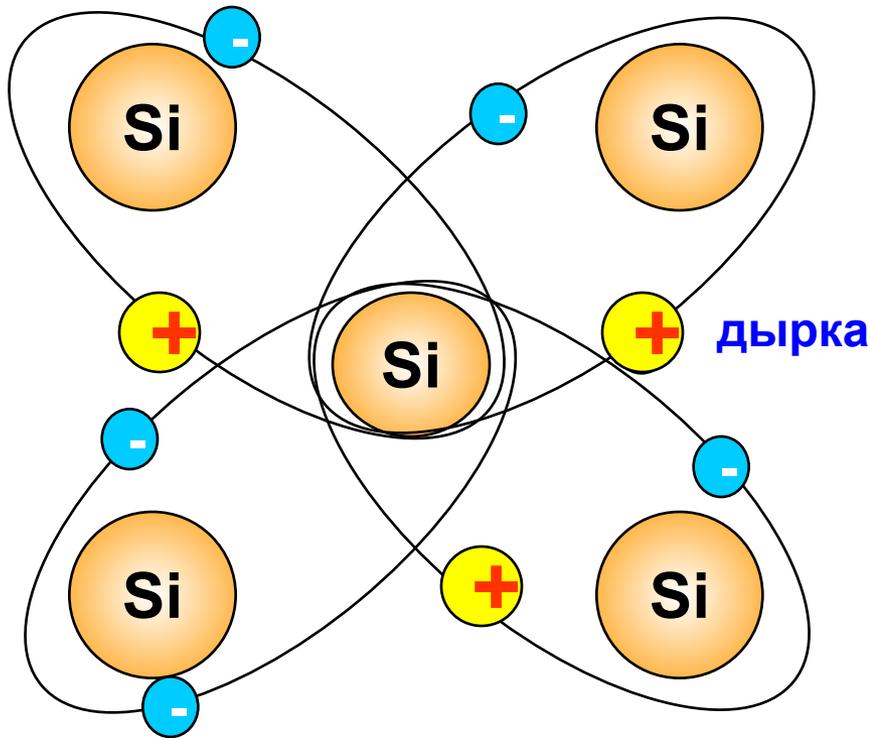
Рассмотрим проводимость полупроводников на основе кремния **Si**



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



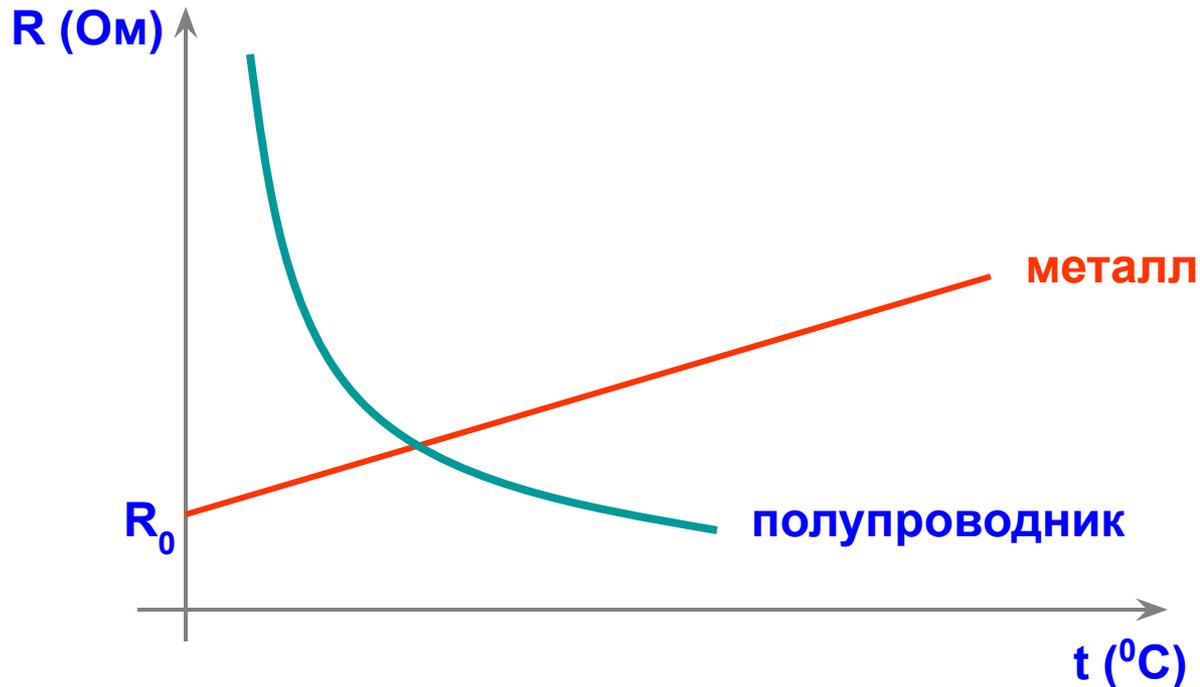
свободный электрон

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**

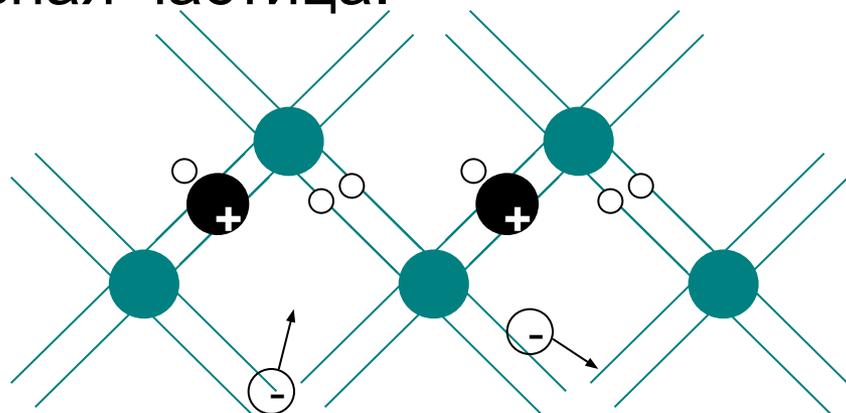
При **увеличении температуры** растет число свободных носителей заряда, **проводимость полупроводников растет**, сопротивление уменьшается



?

Объясните графики зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры

«Дырка» — это место, образующееся в электронной связи после выхода электрона, которое имеет положительный заряд и ведет себя как положительная частица.



Число «дырок» всегда равно числу электронов!

- **Процесс разрыва связей и заполнения дырок происходит непрерывно!**

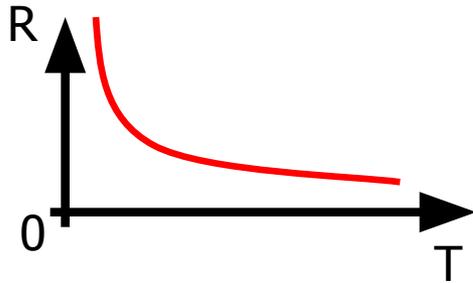
Дырочная проводимость - электрический ток, связанный с непрерывным перемещением дырок.

Электронная проводимость – электрический ток, представляющий собой упорядоченное движение электронов.



Проводимость полупроводника зависит от:

1. **Температуры** (при низкой t° ведет себя как диэлектрик, а при высокой t° - как проводник)



2. (кремний, германий, селен, индий, мышьяк...)
3. **Освещения**
4. **Механической нагрузки**
5. **Наличия электромагнитных полей**
6. **Рентгеновского или радиоактивного излучения**

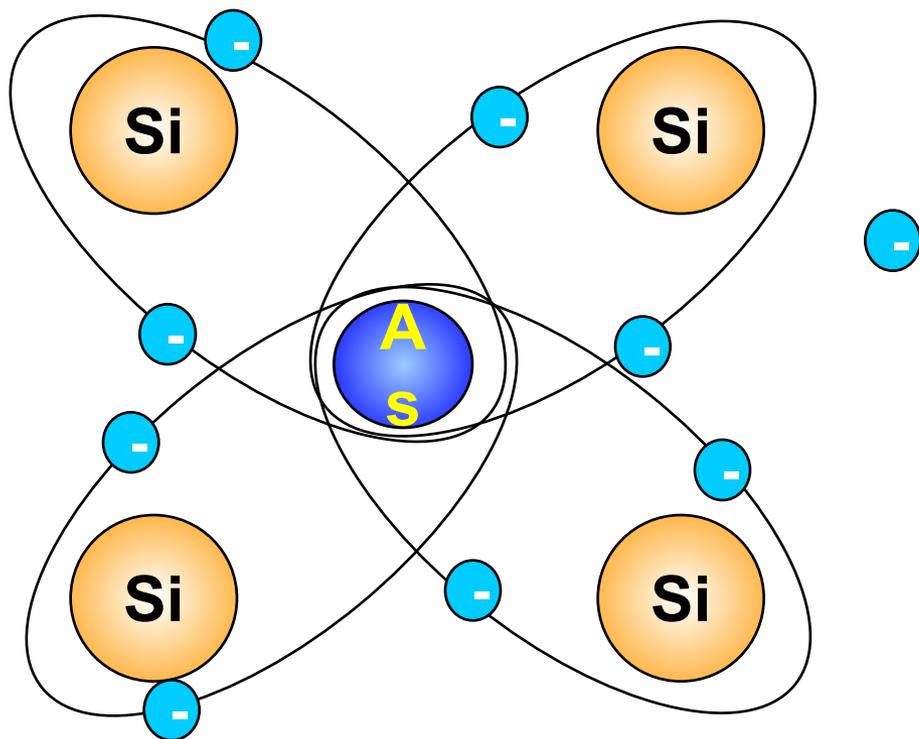


Вопрос 3

**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

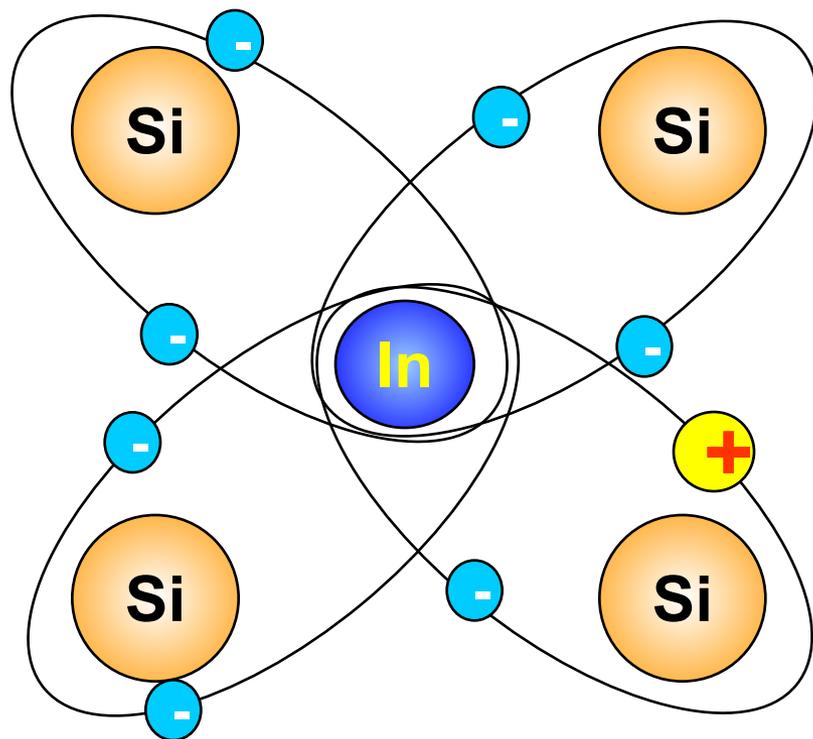
При легировании 4 – валентного кремния Si 5 – валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится **свободным**

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

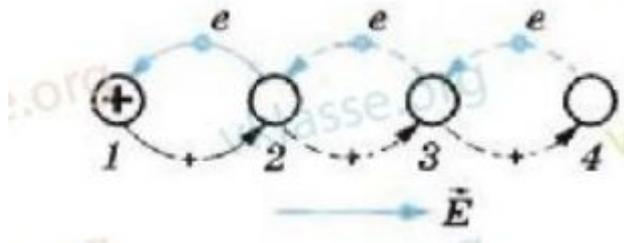


Объясните, как изменяется количество неосновных носителей заряда в примесном полупроводнике при увеличении температуры

Структура полупроводников (на примере Si -№14)

- Это монокристалл в форме тетраэдра (на внешней оболочке 4 электрона)
- Все атомы в кристаллической решетке находятся на равном расстоянии от соседних атомов
- Электронные оболочки перекрывают друг друга
- Валентные электроны становятся общими
- Между атомами устанавливается прочная ковалентная связь.

- Если нет внешнего электрического поля, то электроны и «дырки» движутся хаотично;
- Если создать внешнее электрическое поле, то электроны и «дырки» придут в упорядоченное движение:
- Электроны движутся против \vec{E} ,
- «дырки» движутся по направлению \vec{E}



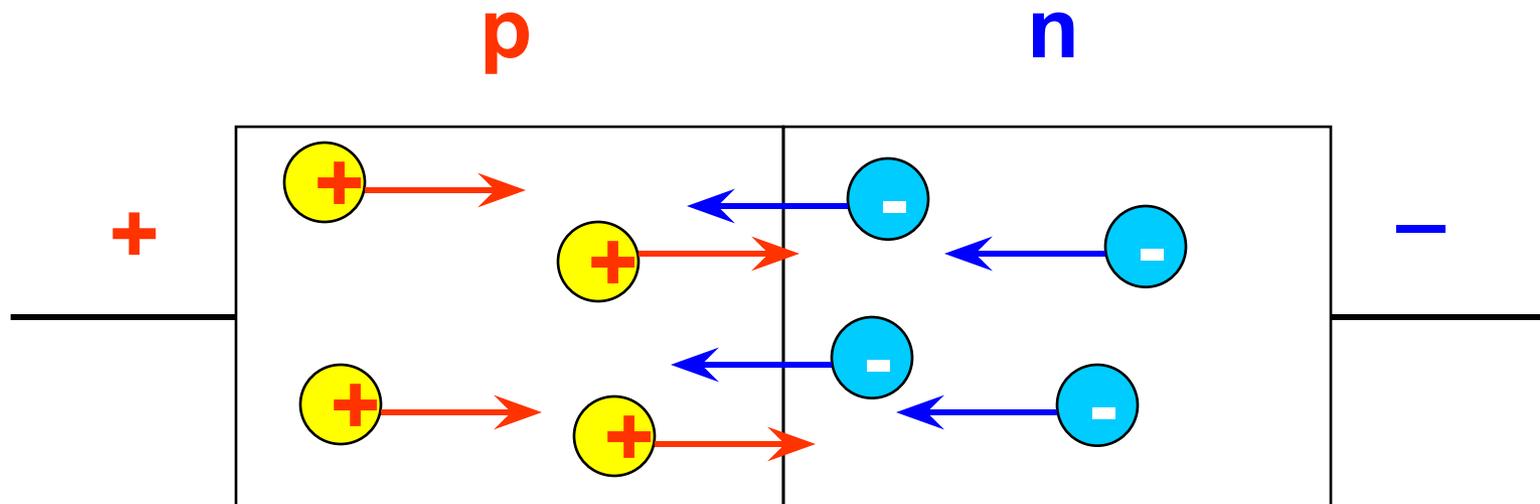
Электрический ток в полупроводнике –
это упорядоченное движение
электронов и «дырок»

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

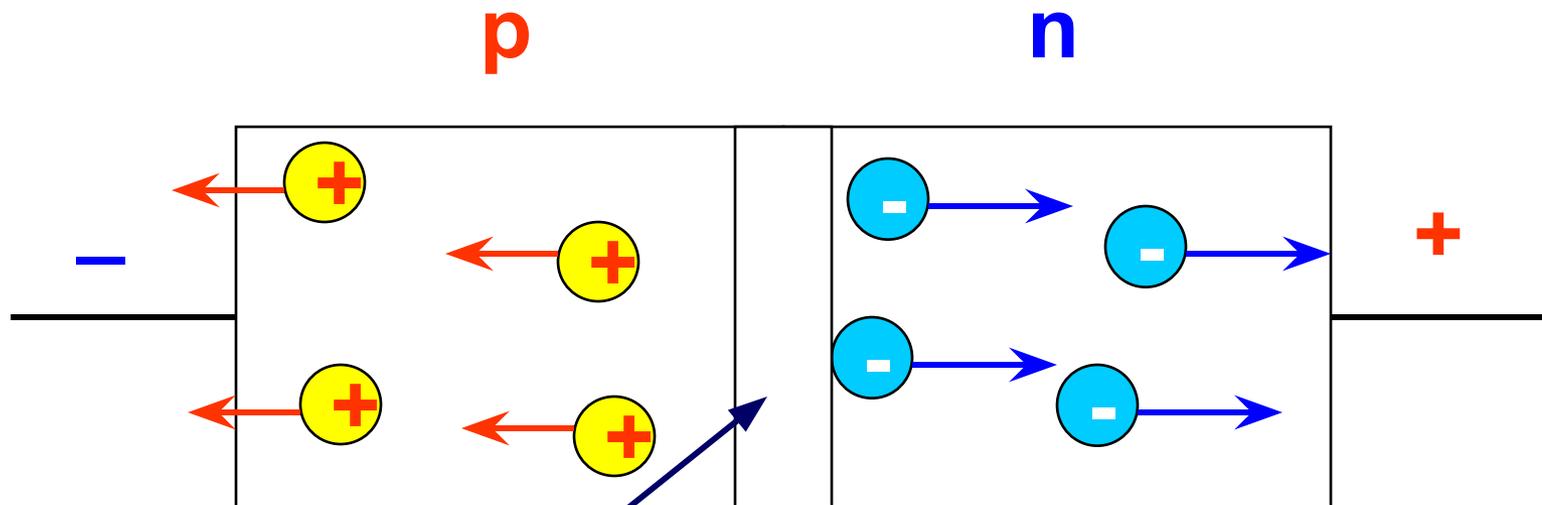


Ток через **p – n** переход осуществляется **основными носителями заряда** (дырки двигаются вправо, электроны – влево)

Сопротивление перехода мало, ток велик.

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

2. Обратное включение



Запирающий слой

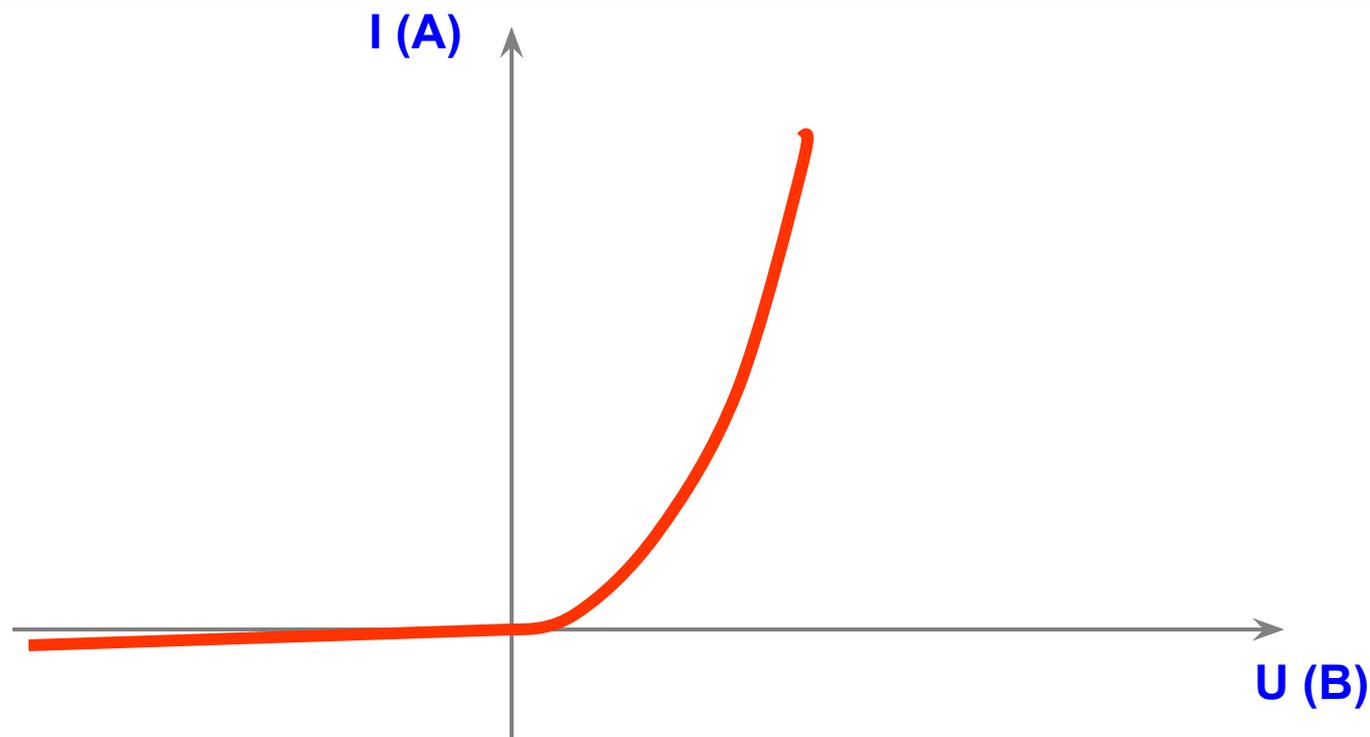
Основные носители заряда не проходят через $p-n$ переход

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



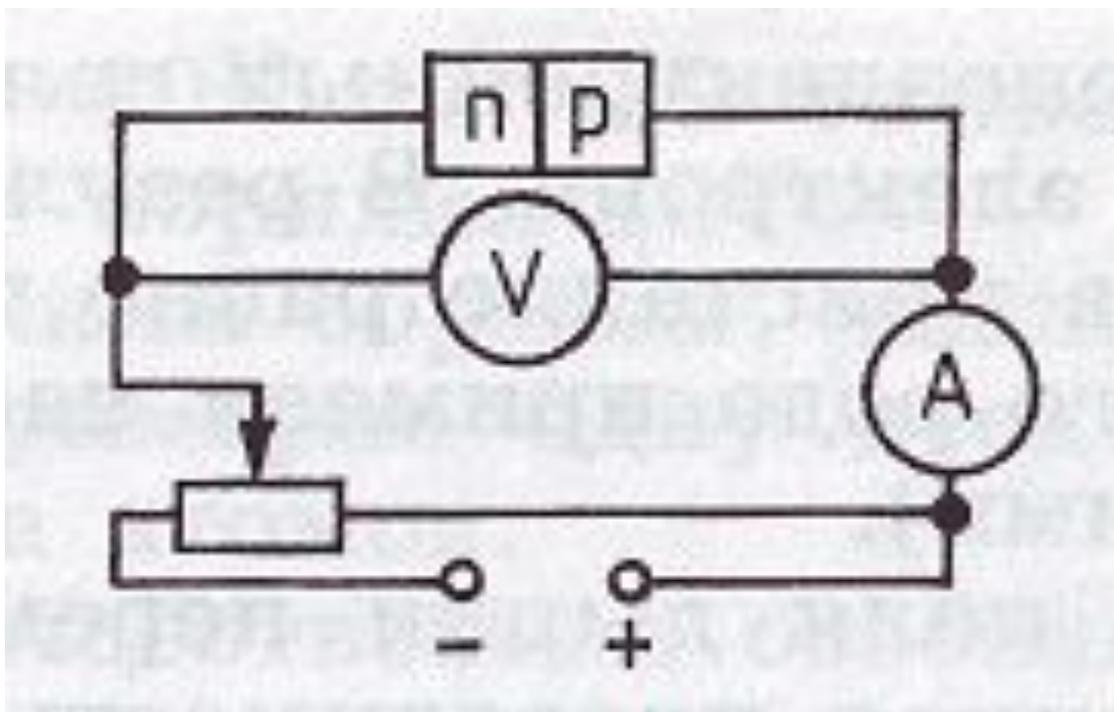
Для четырёхвалентного кремния донорной примесью n -типа является пятивалентный мышьяк.



Трёхвалентный индий будет являться для кремния акцепторной примесью *p*-типа.

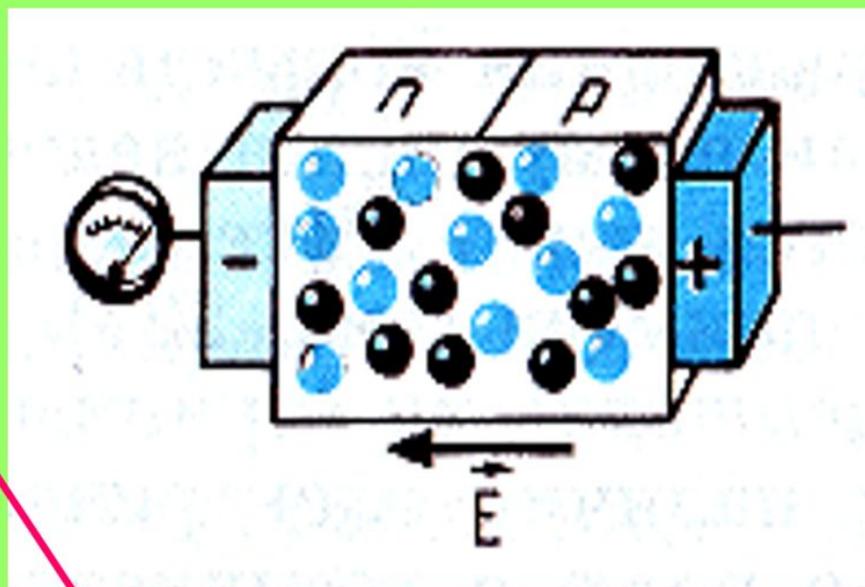
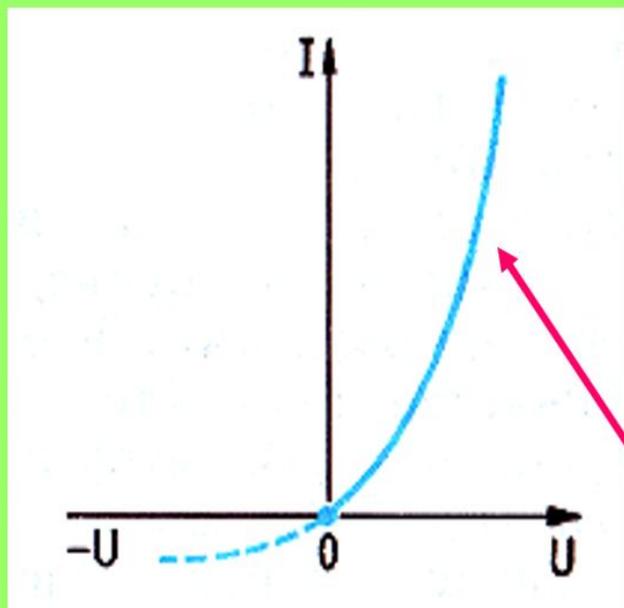
p - n - переход -

контакт двух полупроводников p – типа и n – типа, находит практическое применение.



P - N - переход -

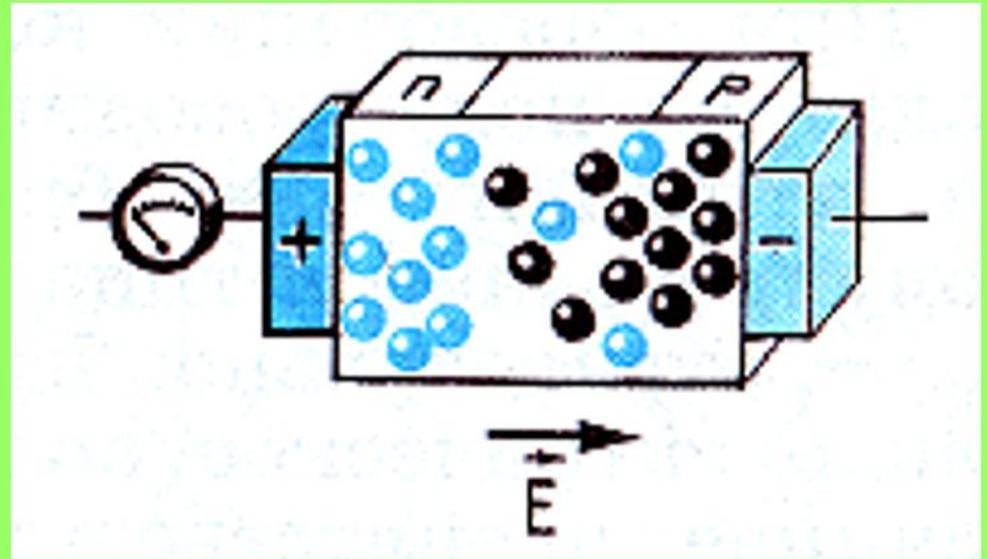
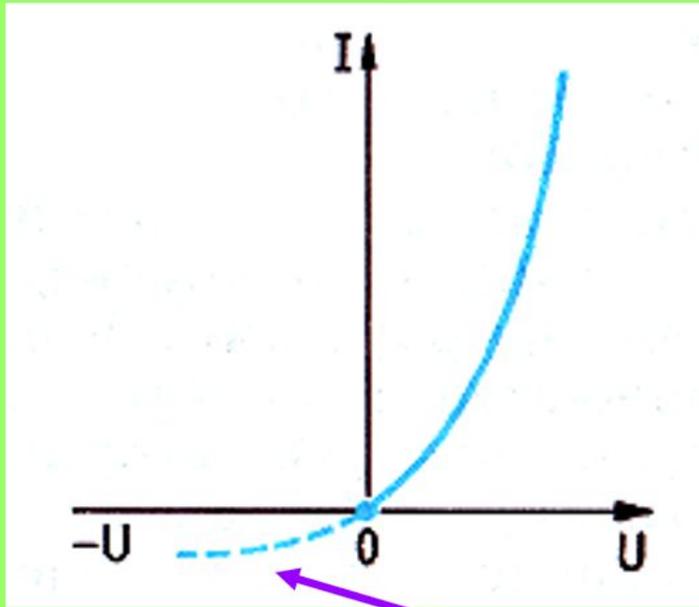
контакт двух полупроводников р – типа и n – типа, находит практическое применение.



Прямой переход

P - N - переход -

контакт двух полупроводников p – типа и n – типа, находит практическое применение.



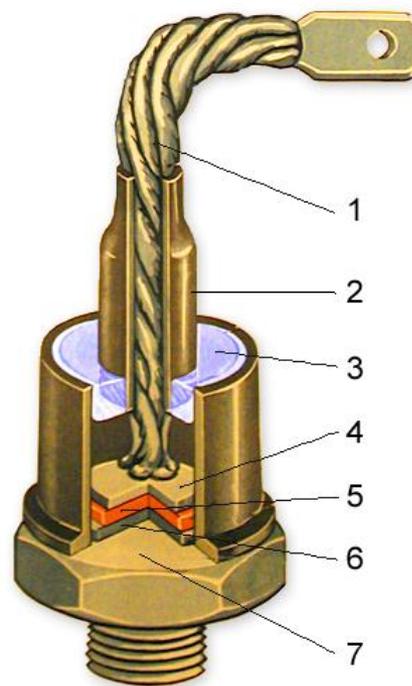
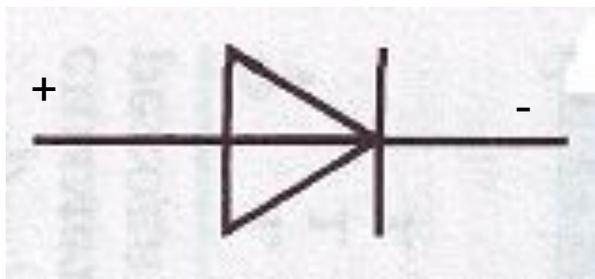
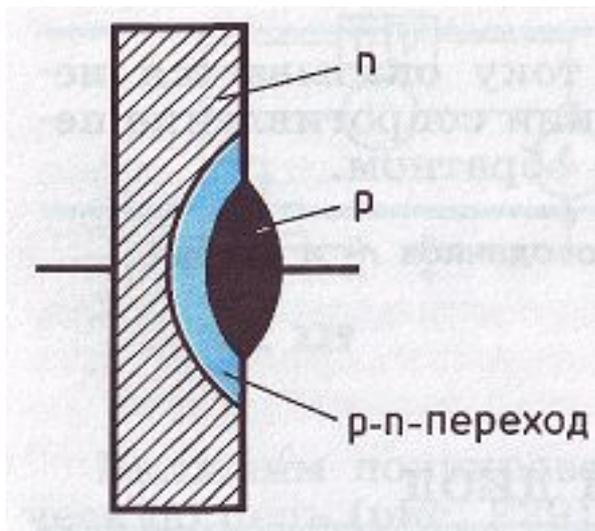
Обратный переход

Вопрос 5

**Полупроводниковый диод и
его применение**

Полупроводниковый диод-

устройство, содержащее электронно – дырочный переход и способное пропускать ток только в одном направлении (германий, кремний, селен).

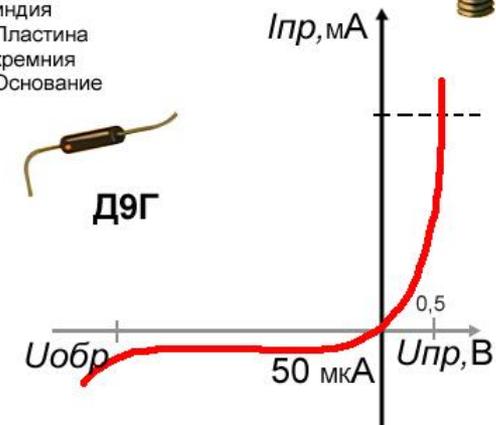


VK2-200

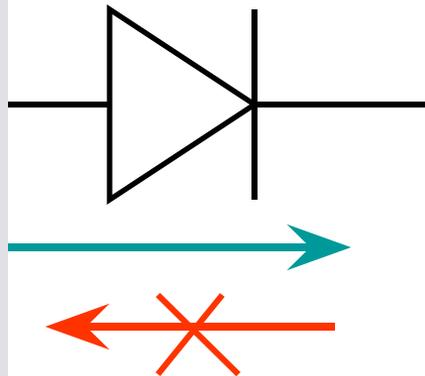
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

1. Гибкий вывод
2. Корпус
3. Стеклоый изолятор
4. Контактная пластина
5. Пластина индия
6. Пластина кремния
7. Основание

Д229В

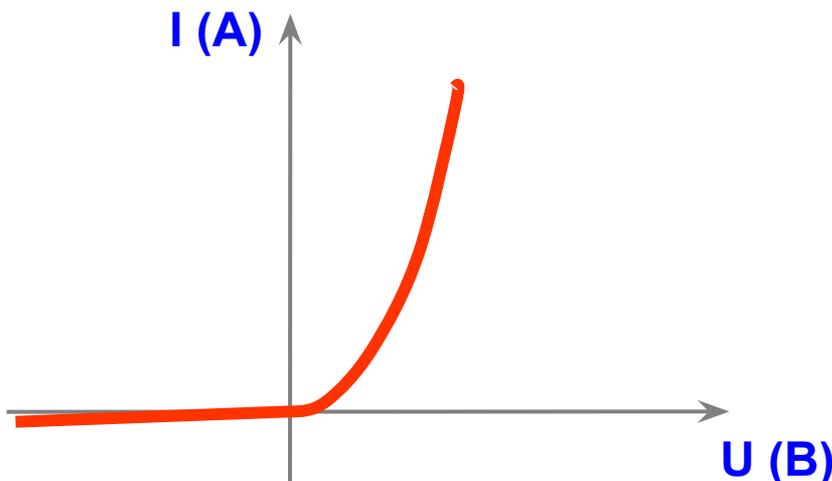


Полупроводниковый диод – это **p – n** переход, заключенный в корпус



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

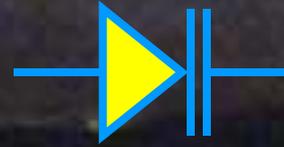
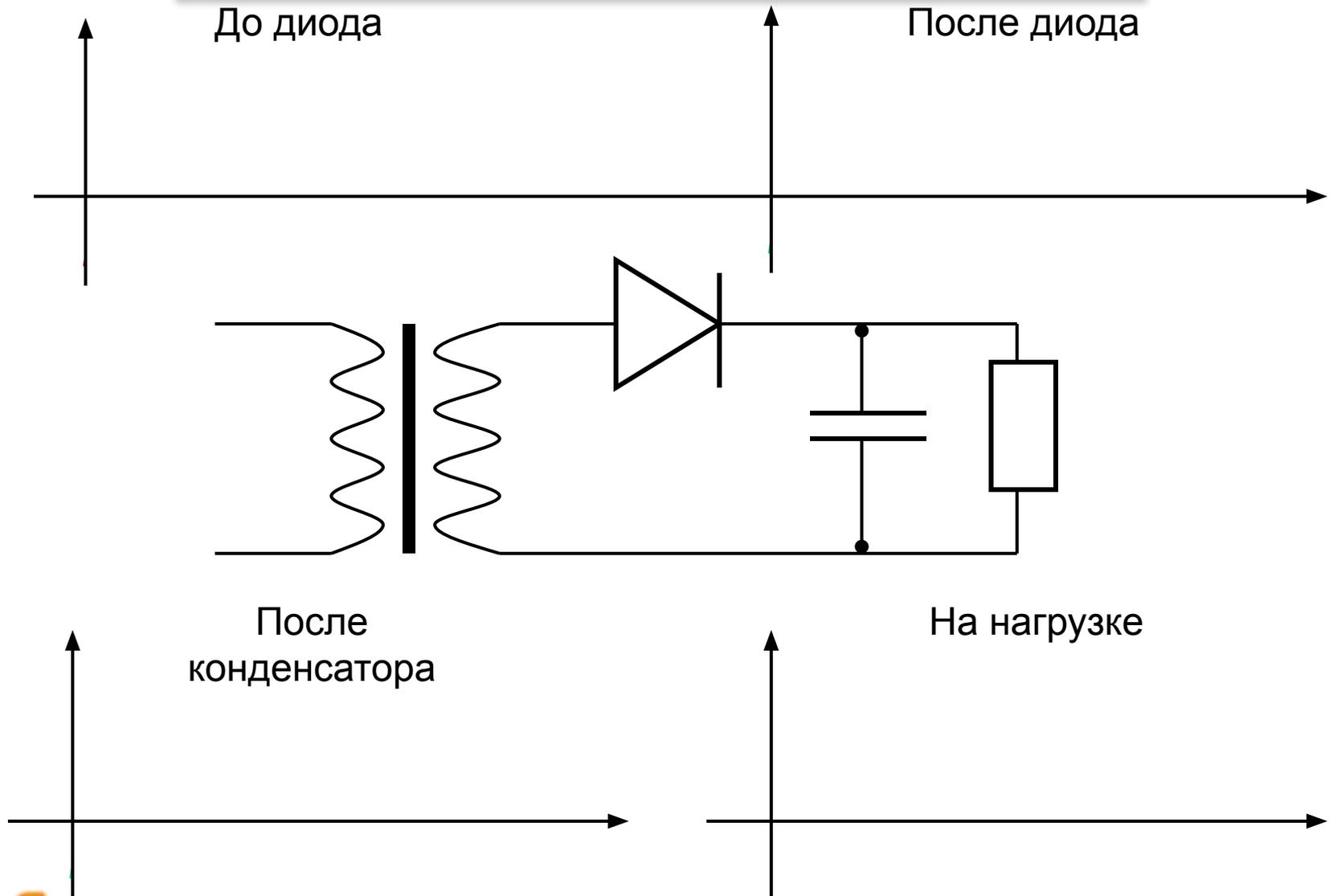


Схема однополупериодного выпрямителя



?

Каковы недостатки выпрямителя на одном диоде

Применение диода

Полупроводниковые диоды применяют для «выпрямления» переменного электрического тока.



Контрольные вопросы

1. Как изменяется проводимость полупроводника с повышением температуры?
2. Какую валентность имеют элементы, используемые для донорных примесей к полупроводникам?
3. Для каких целей используются полупроводниковые диоды?
4. Для каких целей используются транзисторы?

Решение задач

1. Проводимость чистых полупроводников осуществляется перемещением
 - а) только свободных электронов
 - б) только дырок (вакантных мест электронов)
 - в) свободных электронов и дырок
 - г) положительных и отрицательных ионов

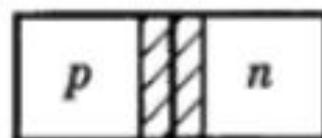
2. Примеси, увеличивающие число дырок в полупроводнике, называются
 - а) донорными
 - б) акцепторными
 - в) собственными
 - г) валентными

3. В полупроводнике *n*-типа проводимость осуществляется в основном за счет
 - а) свободных электронов
 - б) дырок
 - в) отрицательных ионов
 - г) положительных ионов

3. В полупроводнике n -типа проводимость осуществляется в основном за счет

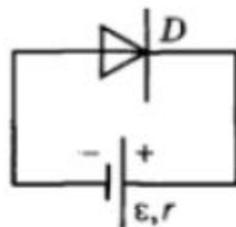
- а) свободных электронов
- б) дырок
- в) отрицательных ионов
- г) положительных ионов

4. На рисунке изображен контакт двух полупроводников p - и n -типа. Где образуется отрицательный заряд в результате диффузии?



- а) в полупроводнике n -типа
- б) в полупроводнике pn -типа
- в) в полупроводнике p -типа
- г) в месте контакта

5. На рисунке изображен идеальный полупроводниковый диод D , подключенный к источнику тока, ЭДС ε и сопротивление r которого равны соответственно 1,5 В и 0,5 Ом. Сила тока в цепи равна



- а) 1 А
 б) 4 А
 в) 2 А
 г) 0 А
6. Какой из графиков зависимости силы тока от напряжения (см. рисунок) соответствует вольт-амперной характеристике полупроводникового диода (p - n -перехода), включенного в прямом направлении?

