

# Полупроводники. Электрический ток в полупроводниках

Подготовила  
ученица 11-У класса  
Романенкова Дарья

# Физические свойства полупроводников

**Полупроводники** — материалы, которые по своей удельной проводимости занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками. Основным свойством этих материалов является увеличение электрической проводимости с ростом температуры.

## Электрические свойства веществ

### 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 ...

# Полупроводники в природе

|                                    |                                   |                                 |                              |
|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>B</b> 5<br>10.81<br>Бор         | <b>C</b> 6<br>12.011<br>Углерод   | <b>N</b> 7<br>14.007<br>Азот    |                              |
| <b>Al</b> 13<br>26.981<br>Алюминий | <b>Si</b> 14<br>28.086<br>Кремний | <b>P</b> 15<br>30.973<br>Фосфор | <b>S</b> 16<br>32.06<br>Сера |



Кремний



Арсенид галлия

|                     |           |                       |           |                         |           |                        |           |                      |           |
|---------------------|-----------|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| 30<br>65.38<br>Цинк | <b>Zn</b> | 31<br>69.72<br>Галлий | <b>Ga</b> | 32<br>72.59<br>Германий | <b>Ge</b> | 33<br>74.921<br>Мышьяк | <b>As</b> | 34<br>78.96<br>Селен | <b>Se</b> |
|---------------------|-----------|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|------------------------|-----------|----------------------|-----------|

|                        |           |                       |           |                       |           |                        |           |                        |           |
|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| 48<br>112.40<br>Кадмий | <b>Cd</b> | 49<br>114.82<br>Индий | <b>In</b> | 50<br>118.69<br>Олово | <b>Sn</b> | 51<br>121.75<br>Сурьма | <b>Sb</b> | 52<br>127.60<br>Теллур | <b>Te</b> |
|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|

Арсенид индия

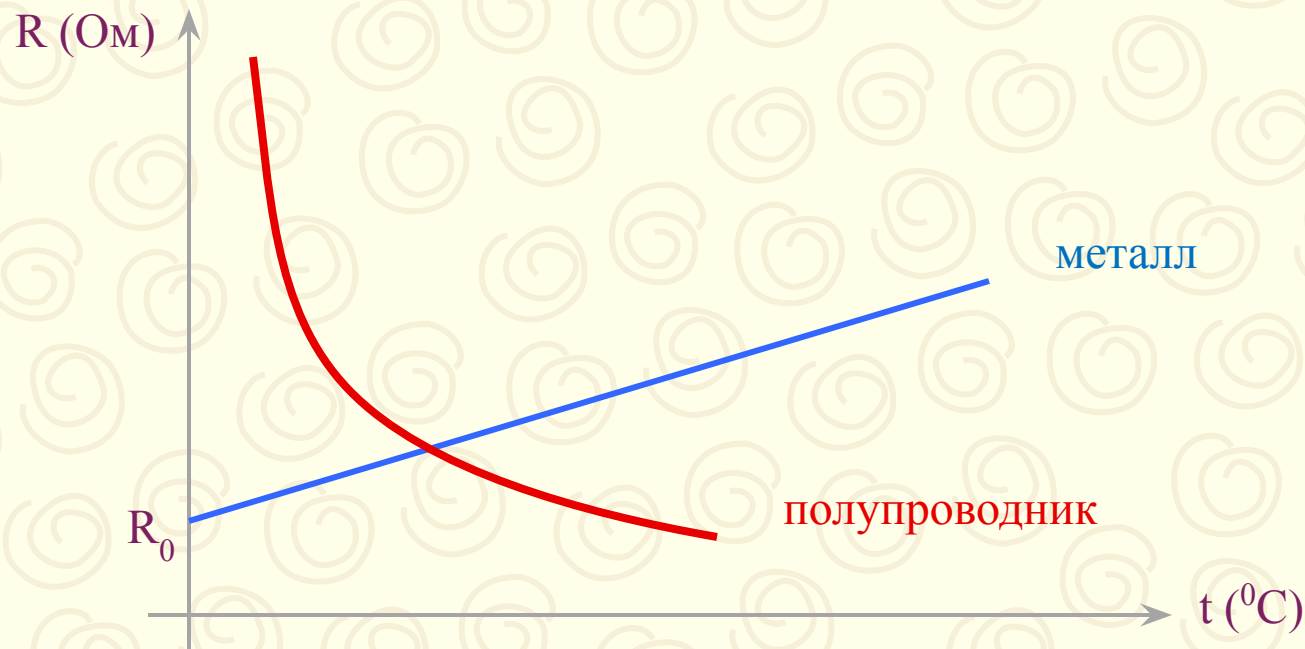
Алмаз

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| 80<br>200.59<br>Ртуть | <b>Hg</b> |
|-----------------------|-----------|



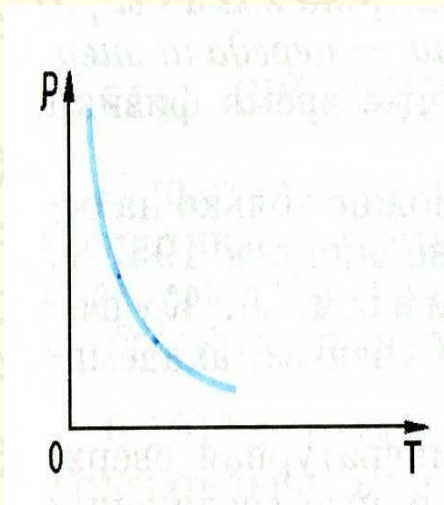
# Физические свойства полупроводников

Проводимость полупроводников зависит от температуры. В отличие от проводников, сопротивление которых возрастает с ростом температуры, сопротивление полупроводников при нагревании уменьшается. Вблизи абсолютного нуля полупроводники имеют свойства диэлектриков.





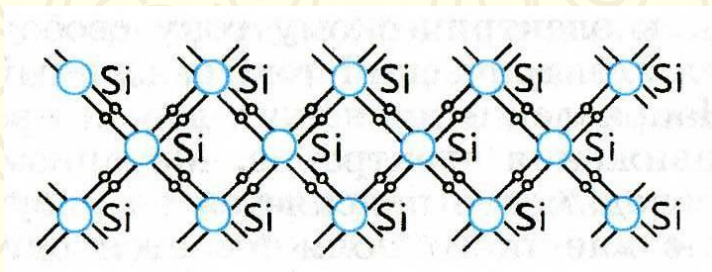
## Электрический ток в полупроводниках



Полупроводниками называют вещества, удельное сопротивление которых убывает с повышением температуры

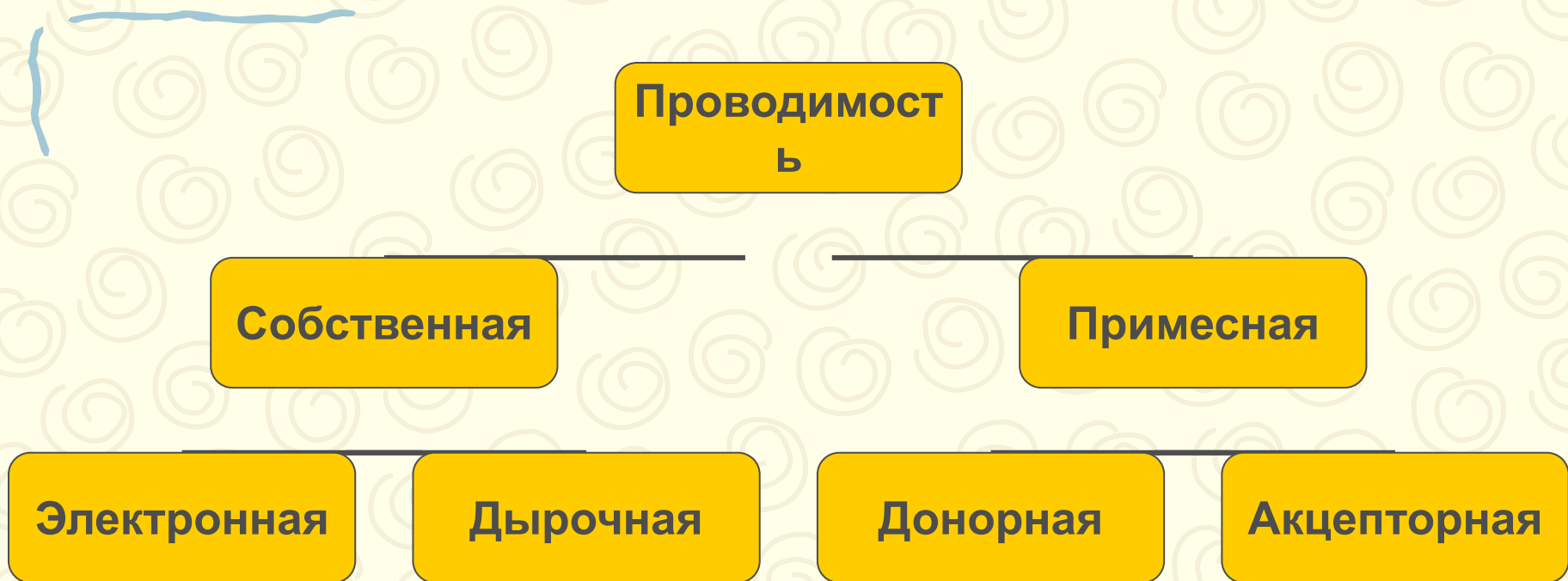
К полупроводникам относятся кремний, германий, селен и др.

Связь между атомами – парноэлектронная, или ковалентная



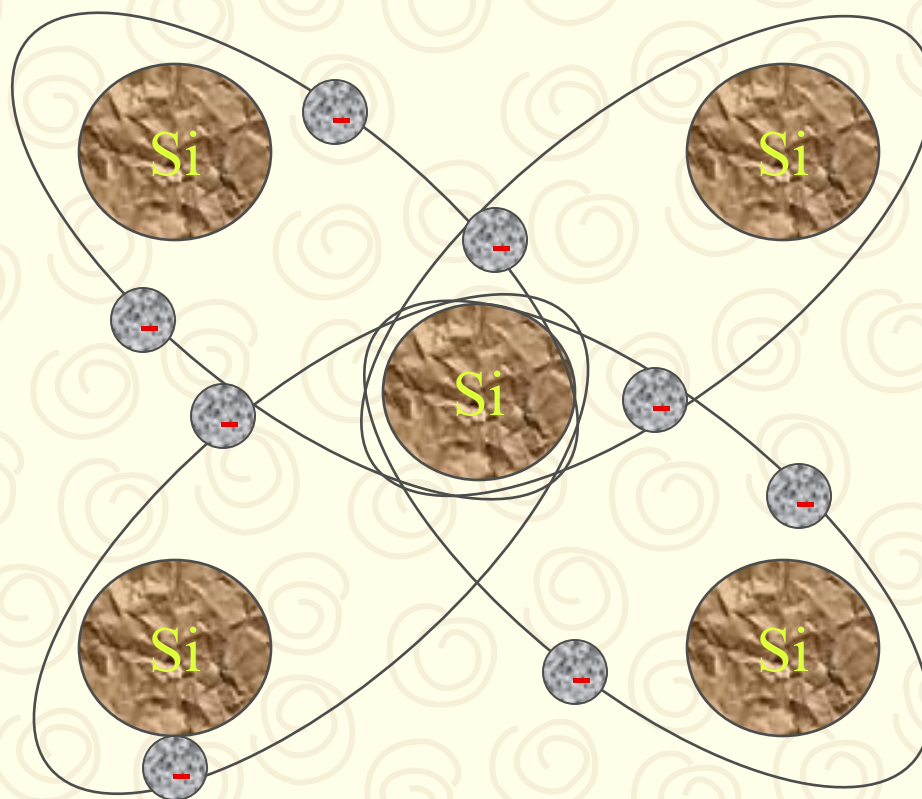
При низких температурах связи не разрываются

# ПОЛУПРОВОДНИКИ



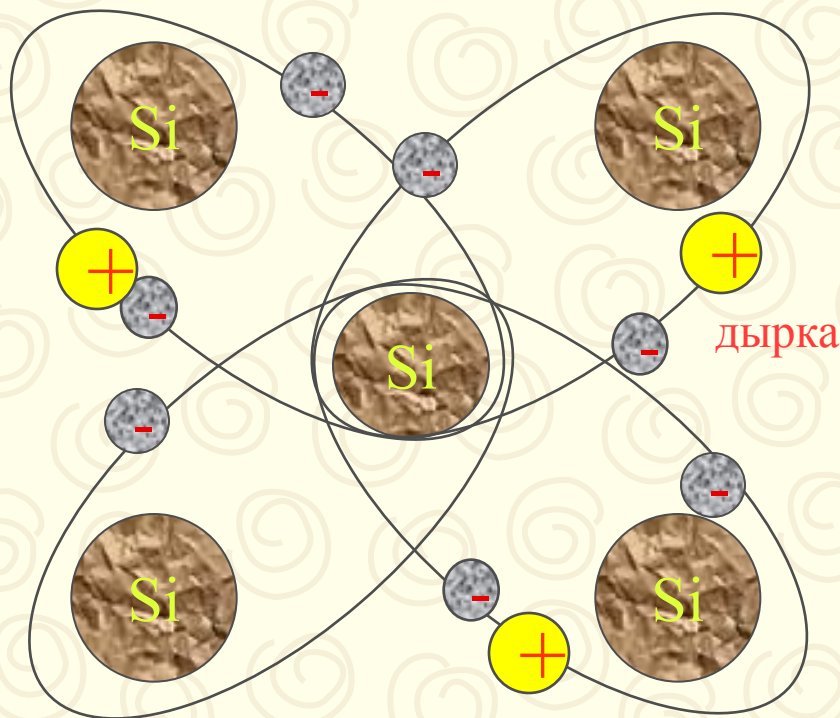
## Собственная проводимость полупроводников

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



## «Дырка»

При нагревании кинетическая энергия электронов увеличивается и самые быстрые из них покидают свою орбиту. Во время разрыва связи между электроном и ядром появляется свободное место в электронной оболочке атома. В этом месте образуется условный положительный заряд, называемый «дыркой».



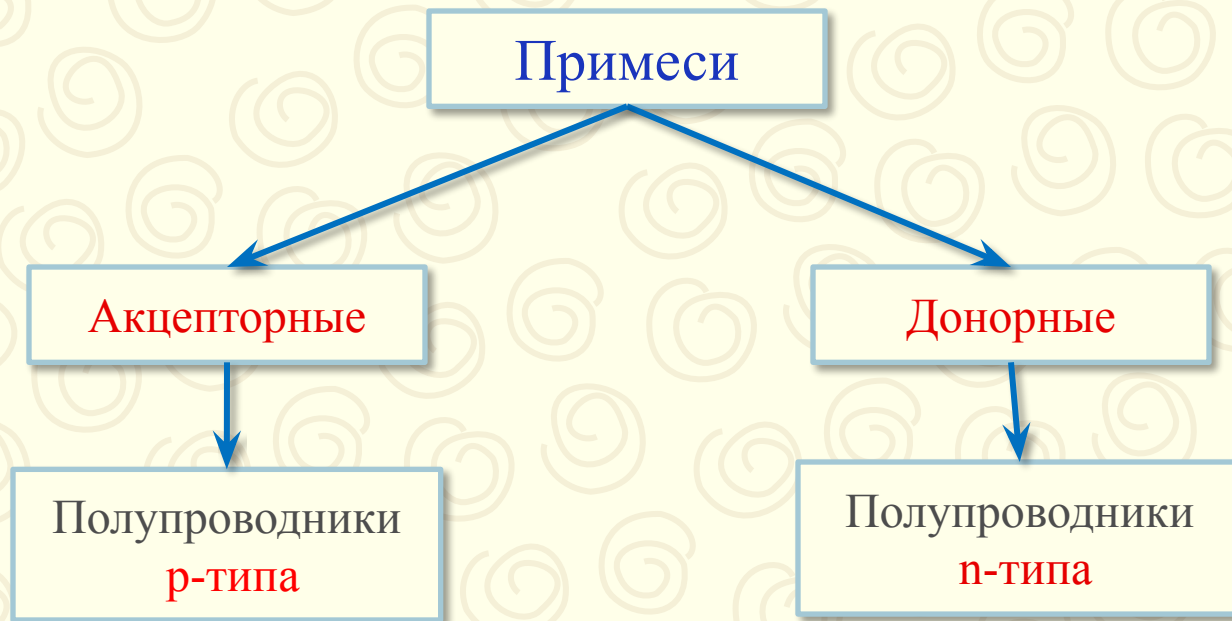
свободный  
электрон



# Примесная проводимость полупроводников

Дозированное введение в чистый проводник примесей позволяет целенаправленно изменять его проводимость.

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

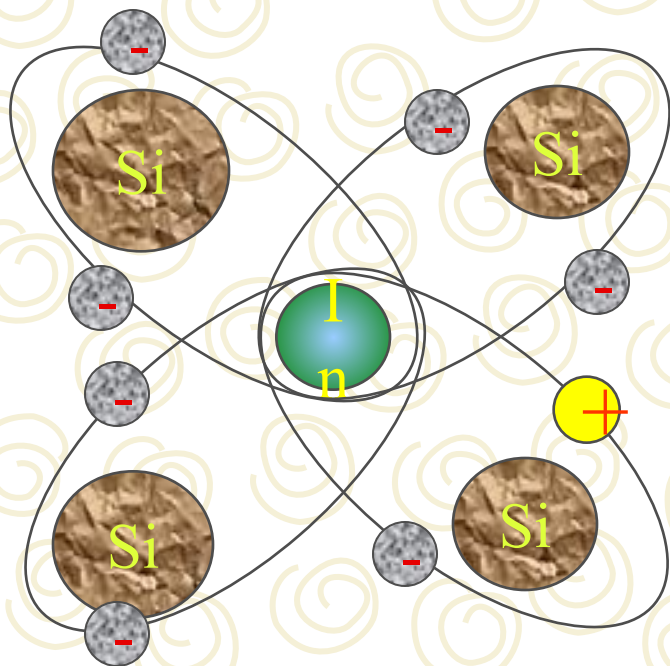


# Дырочные полупроводники (р-типа)

Термин «р-тип» происходит от слова «positive», обозначающего положительный заряд основных носителей. Этот вид полупроводников, кроме примесной основы, характеризуется дырочной природой проводимости.

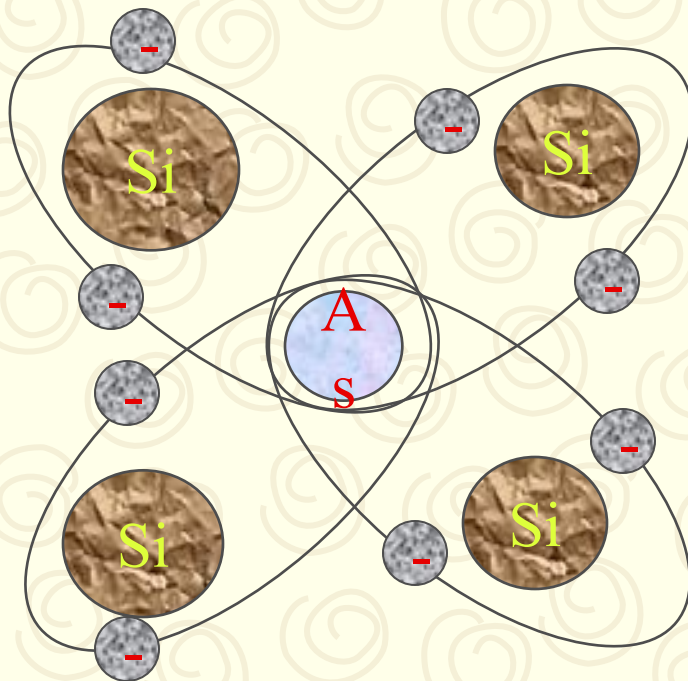
В четырёхвалентный полупроводник (например, в кремний) добавляют небольшое количество атомов трехвалентного элемента (например, индия).

Каждый атом примеси устанавливает ковалентную связь с тремя соседними атомами кремния. Для установки связи с четвёртым атомом кремния у атома индия нет валентного электрона, поэтому он захватывает валентный электрон из ковалентной связи между соседними атомами кремния и становится отрицательно заряженным ионом, вследствие чего образуется дырка. Примеси, которые добавляют в этом случае, называются **акцепторными**.



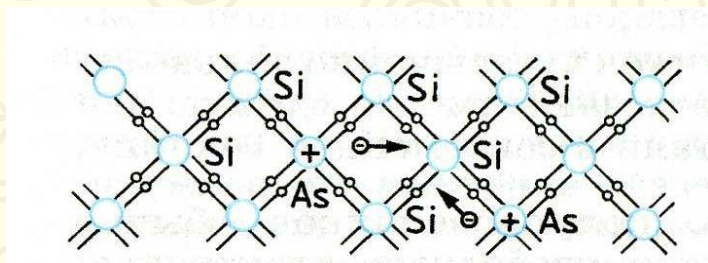
# Электронные полупроводники (**n-типа**)

Термин «**n-тип**» происходит от слова «negative», обозначающего отрицательный заряд основных носителей. Этот вид полупроводников имеет примесную природу. В четырёхвалентный полупроводник (например, кремний) добавляют примесь пятивалентного полупроводника (например, мышьяка). В процессе взаимодействия каждый атом примеси вступает в ковалентную связь с атомами кремния. Однако для пятого электрона атома мышьяка нет места в насыщенных валентных связях, и он переходит на дальнюю электронную оболочку. Там для отрыва электрона от атома нужно меньшее количество энергии. Электрон отрывается и превращается в свободный. В данном случае перенос заряда осуществляется электроном, а не дыркой, то есть данный вид полупроводников проводит электрический ток подобно металлам. Примеси, которые добавляют в полупроводники, вследствие чего они превращаются в полупроводники **n-типа**, называются **донорными**.



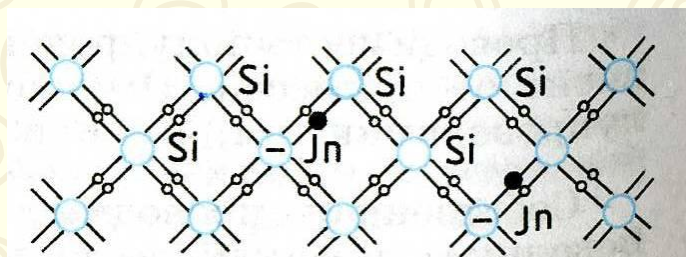


## Проводимость полупроводников



Донорные примеси - это примеси, отдающие лишний валентный электрон

Полупроводники с донорными примесями обладают электронной проводимостью и называются полупроводниками n-типа.



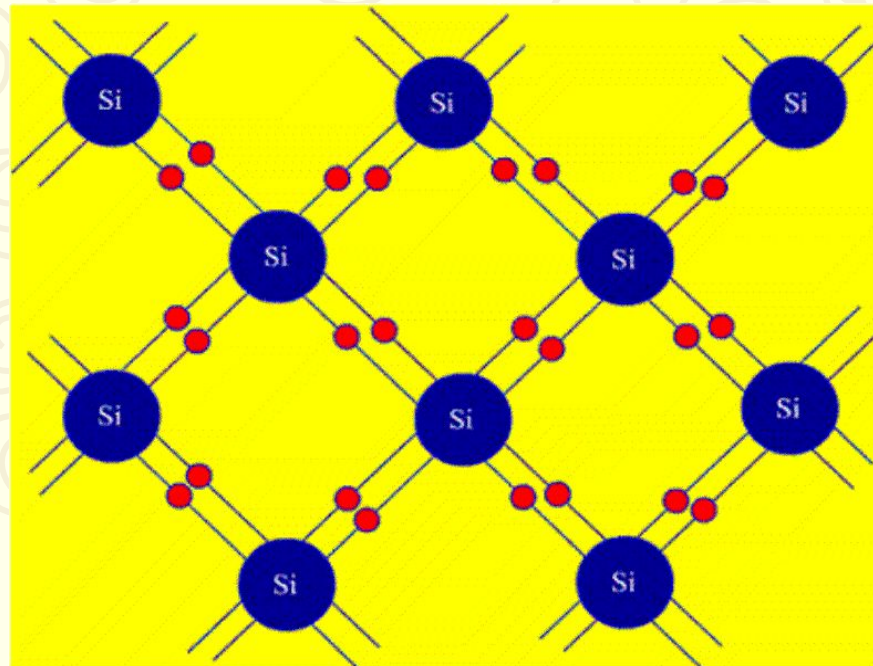
Акцепторные примеси – это примеси, у которых не хватает электронов для образования полной ковалентной связи с соседними атомами.

Полупроводники с акцепторными примесями обладают дырочной проводимостью и называются полупроводниками p-типа.



# Собственная проводимость полупроводников

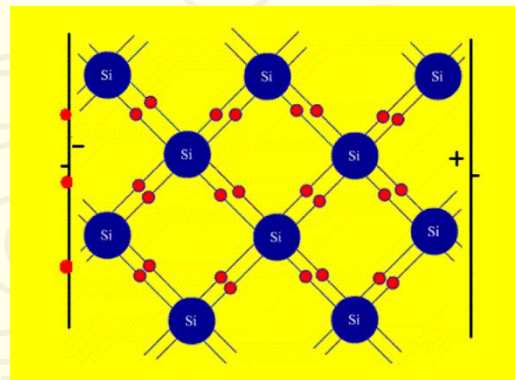
Валентный электрон соседнего атома, притягиваясь к дырке, может перескочить в нее (рекомбинировать). При этом на его прежнем месте образуется новая «дырка», которая затем может аналогично перемещаться по кристаллу.



# Собственная проводимость полупроводников

Если напряженность электрического поля в образце равна нулю, то движение освобожденных электронов и «дырок» происходит беспорядочно и поэтому не создаёт электрического тока.

Под воздействием электрического поля электроны и дырки начинают упорядоченное (встречное) движение, образуя электрический ток. Проводимость при этих условиях называют **собственной проводимостью полупроводников**. При этом движение электронов создаёт **электронную проводимость**, а движение дырок – **дырочную проводимость**.

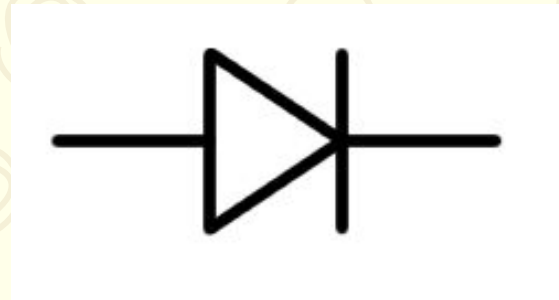
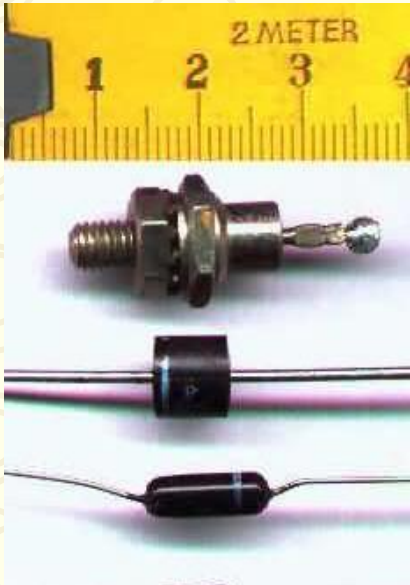


# Диод

Полупроводниковый диод — полупроводниковый прибор с одним электрическим переходом и двумя выводами (электродами).

В отличие от других типов диодов, принцип действия полупроводникового диода основывается на явлении р-n-перехода.

Впервые диод изобрел Джон Флемминг в 1904 году.



# Типы и применение диодов

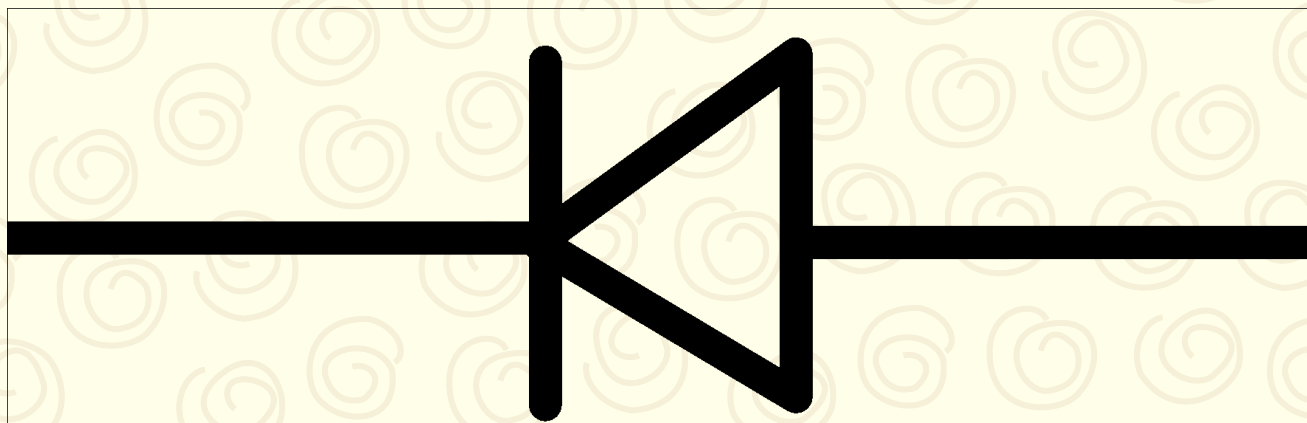


Диоды применяются в:

- преобразовании переменного тока в постоянный
- детектировании электрических сигналов
- защите разных устройств от неправильной полярности включения
- коммутации высокочастотных сигналов
- стабилизации тока и напряжения
- передачи и приеме сигналов



Диод выпрямительный, столб  
выпрямительный

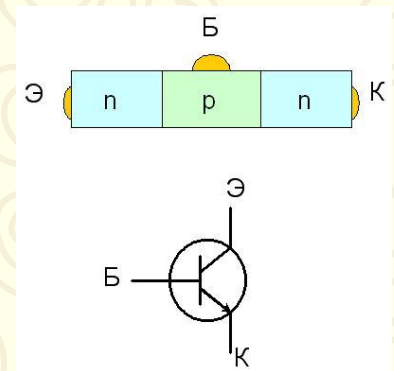
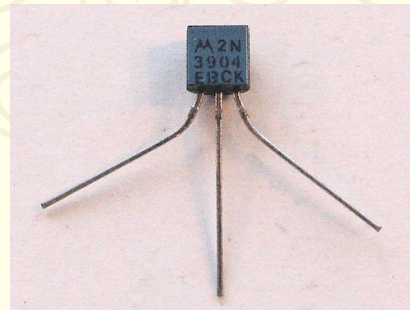


# Транзистор

Электронный прибор из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, позволяющий входным сигналам управлять током в электрической цепи.

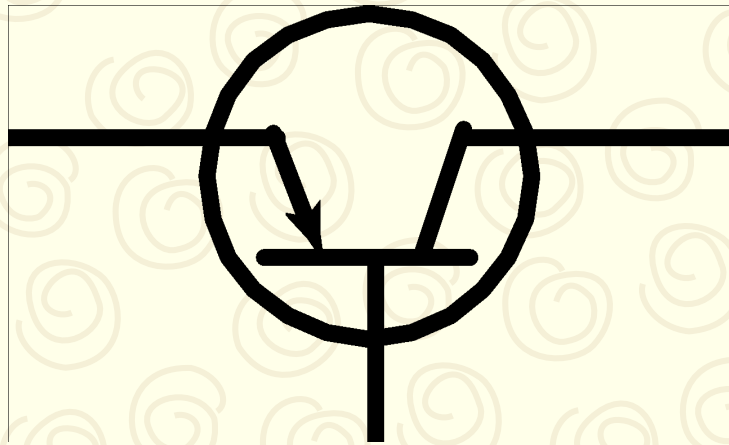
Обычно используется для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

В 1947 году Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн в лабораториях Bell Labs впервые создали действующий биполярный транзистор.

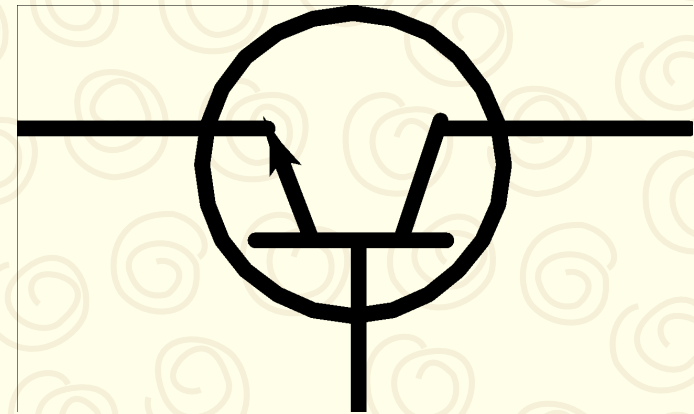


## Схематическое обозначение

Транзистор типа  $p-n-p$



Транзистор типа  $n-p-n$



Спасибо за внимание 😊