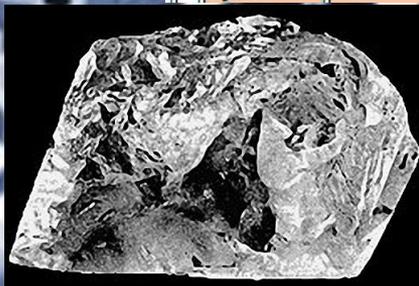


Электрический Ток в полупроводниках

Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева

	а 1 б	а 2 б	а 3 б	а 4 б	а 5 б	а 6 б	а 7 б	а 8 б			
1							H 1 1.0079 Водород	He 2 4.0026 Гелий			
2	Li 3 6.941 Литий	Be 4 9.012 Бериллий	B 5 10.81 Бор	C 6 12.011 Углерод	N 7 14.007 Азот	O 8 15.999 Кислород	F 9 18.998 Фтор	Ne 10 20.179 Неон			
3	Na 11 22.990 Натрий	Mg 12 24.305 Магний	Al 13 26.981 Алюминий	Si 14 28.086 Кремний	P 15 30.973 Фосфор	S 16 32.06 Сера	Cl 17 35.453 Хлор	Ar 18 39.948 Аргон			
4	K 19 39.098 Калий	Ca 20 40.08 Кальций	Sc 21 44.956 Скандий	Ti 22 47.90 Титан	V 23 50.941 Ванадий	Cr 24 51.996 Хром	Mn 25 54.938 Марганец		Fe 26 55.847 Железо	Co 27 58.933 Кобальт	Ni 28 58.70 Никель
	Cu 29 63.546 Медь	Zn 30 65.38 Цинк	Ga 31 69.72 Галлий	Ge 32 72.59 Германий	As 33 74.921 Мышьяк	Se 34 78.96 Селен	Br 35 79.904 Бром	Kr 36 83.80 Криптон			
5	Rb 37 85.468 Рубидий	Sr 38 87.62 Стронций	Y 39 88.906 Иттрий	Zr 40 91.22 Церконий	Nb 41 92.906 Никобий	Mo 42 95.94 Молибден	Tc 43 98.906 Технеций		Ru 44 101.07 Рутений	Rh 45 102.905 Родий	Pd 46 106.4 Палладий
	Ag 47 107.868 Серебро	Cd 48 112.40 Кадмий	In 49 114.82 Индий	Sn 50 118.69 Олово	Sb 51 121.75 Сурьма	Te 52 127.60 Теллур	I 53 126.904 Иод	Xe 54 131.30 Ксенон			
6	Cs 55 132.905 Цезий	Ba 56 137.34 Барий	La 57 138.905 Лантан	Hf 72 178.49 Гафний	Ta 73 180.948 Тантал	W 74 183.85 Вольфрам	Re 75 186.207 Рений		Os 76 190.2 Осмий	Ir 77 192.22 Иридий	Pt 78 195.09 Платина
	Au 79 196.967 Золото	Hg 80 200.59 Ртуть	Tl 81 204.37 Таллий	Pb 82 207.2 Свинец	Bi 83 208.980 Висмут	Po 84 [209] Полоний	At 85 [210] Астат	Rn 86 [222] Радон			
7	Fr 87 [223] Франций	Ra 88 226.025 Радий	Ac 89 [227] Актиний	Ku 104 [261] Курчатовий	Ns 105 [269] Нильсборий						

красным
выделены
полупроводники



Физические свойства полупроводников



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 температуры полупроводники имеют свойства диэлектриков.

R (Ом)

R_0

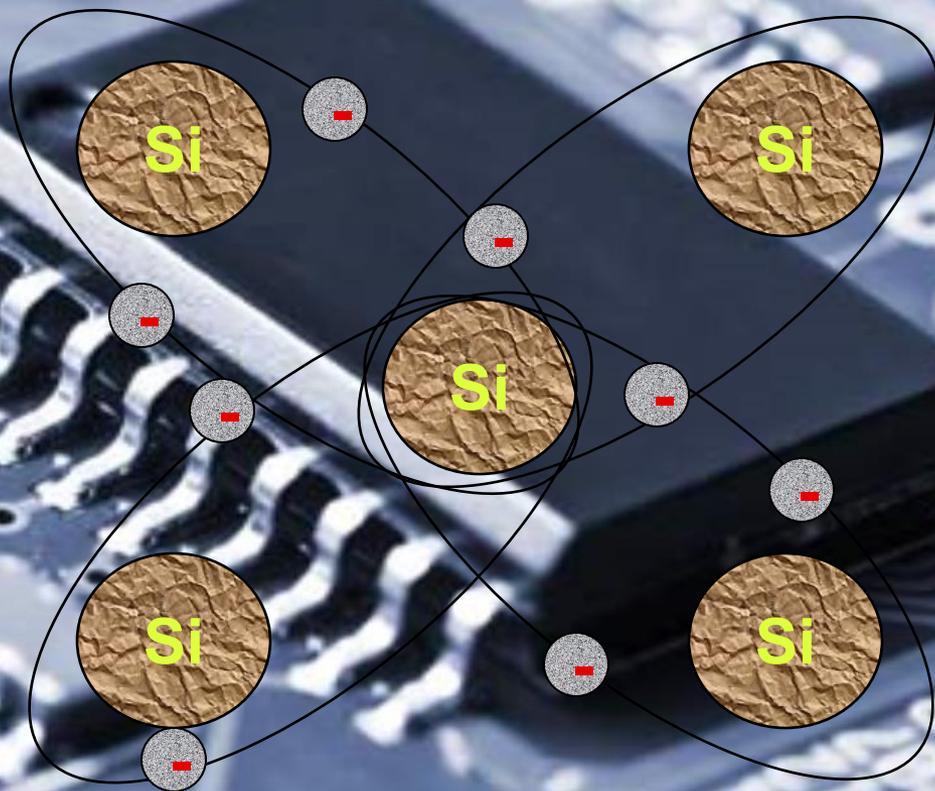
металл

полупроводник

Это происходит потому, что при увеличении температуры t ($^{\circ}\text{C}$) растет число свободных носителей заряда, проводимость полупроводников растет, сопротивление уменьшается

Собственная проводимость полупроводников

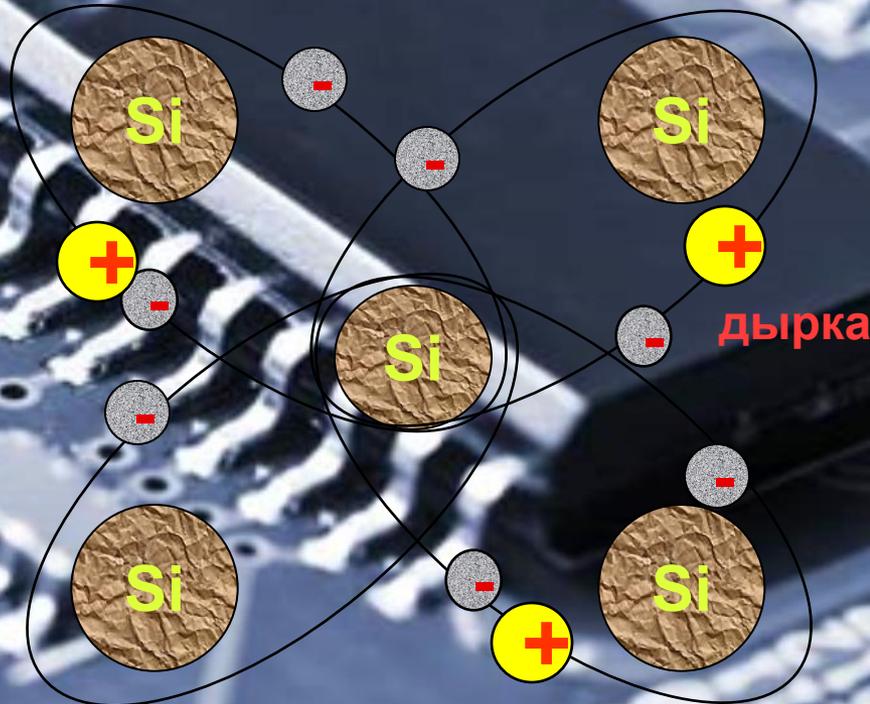
При обычных условиях (невысоких температурах) в полупроводниках отсутствуют свободные заряженные частицы, поэтому полупроводник не проводит электрический ток. Рассмотрим это на примере кремния.



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 этом свободных электрических зарядов нет.

«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».

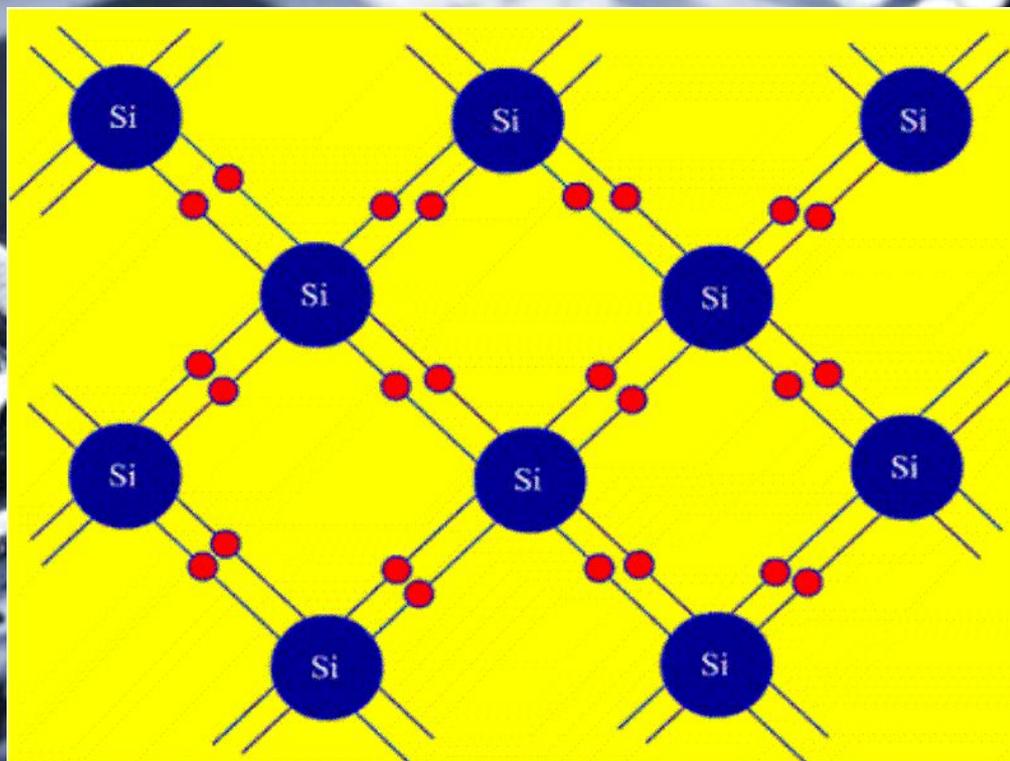


свободный
электрон

дырка

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.

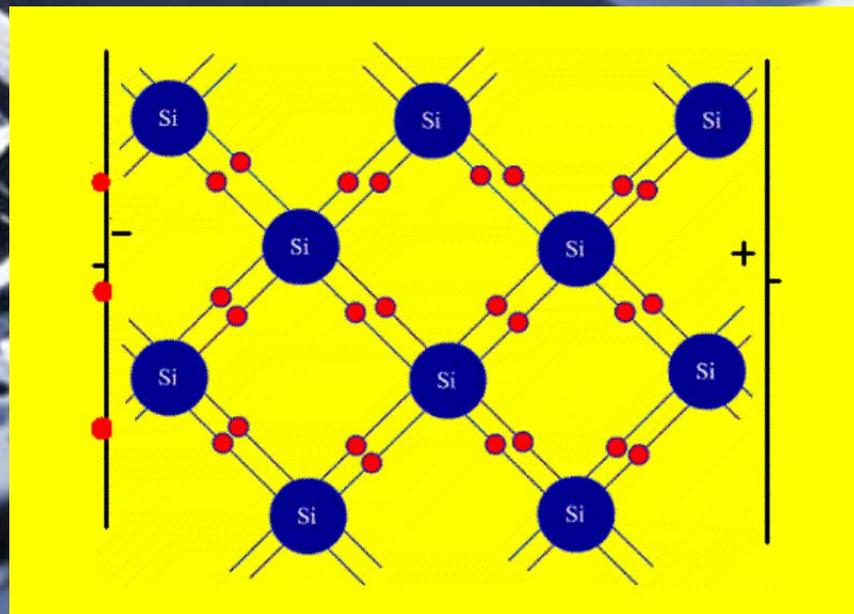


Собственная проводимость полупроводников

Если напряженность электрического поля в образце равна нулю, то движение освободившихся 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**.



Примесная проводимость полупроводников

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

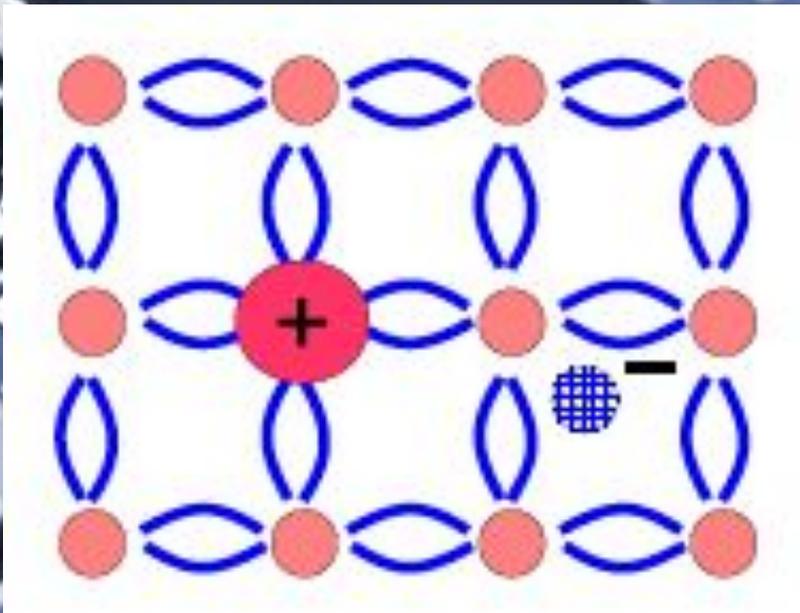
Поэтому для увеличения проводимости в чистые полупроводники внедряют примеси (легируют), которые бывают **донорные** и **акцепторные**



Электронные полупроводники (**n-типа**)

Термин «**n-тип**» происходит от слова «negative», обозначающего отрицательный заряд основных носителей. Этот вид полупроводников имеет примесную природу. В четырехвалентный полупроводник (например, кремний) добавляют примесь пятивалентного полупроводника (например, мышьяка). При легировании 4 – валентного кремния Si 5 – валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится свободным. В данном случае перенос заряда осуществляется в основном электронами, т.к. их концентрация больше чем дырок. Такая проводимость называется электронной. Примеси, которые добавляют в полупроводники, вследствие чего они превращаются в полупроводники n-типа, называются донорными.

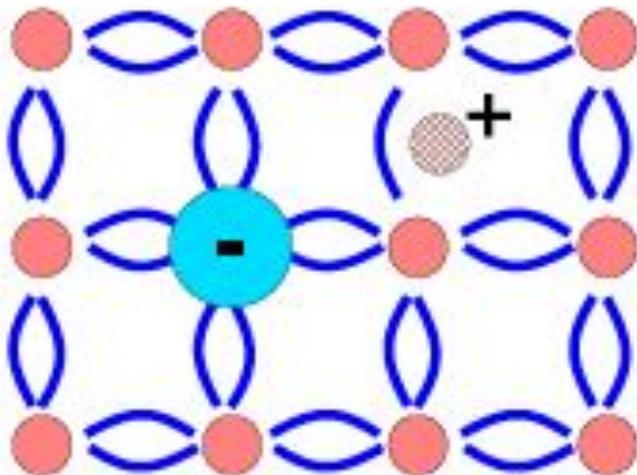
Проводимость N-полупроводников приблизительно равна: $\sigma \approx qN_n\mu_n$



Дырочные полупроводники (р-типа)

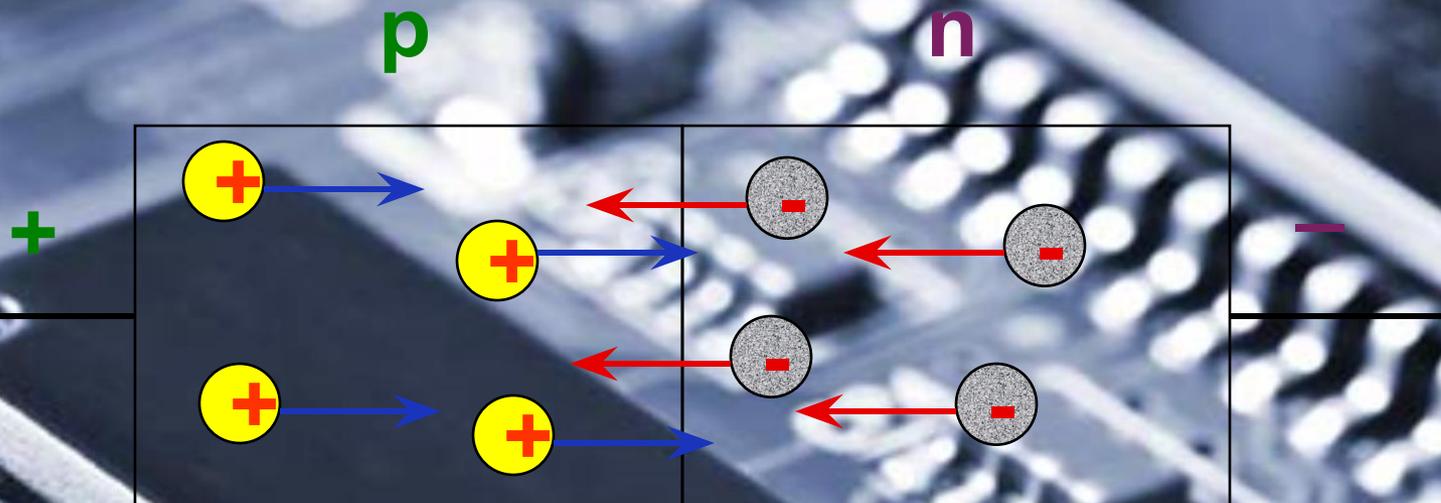
Термин «р-тип» происходит от слова «positive», обозначающего положительный заряд основных носителей. В четырехвалентный полупроводник (например, в кремний) добавляют небольшое количество атомов трехвалентного элемента (например, индия). Примеси, которые добавляют в этом случае, называются **акцепторными**. Если кремний легировать трехвалентным индием, то для образования связей с кремнием у индия не хватает одного электрона, т.е. образуется дополнительная дырка. В таком полупроводнике **основными носителями** заряда являются **дырки**, а проводимость называется **дырочной**.

Проводимость Р-полупроводников приблизительно равна: $\sigma \approx qN_p\mu_p$



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

1. Прямое включение

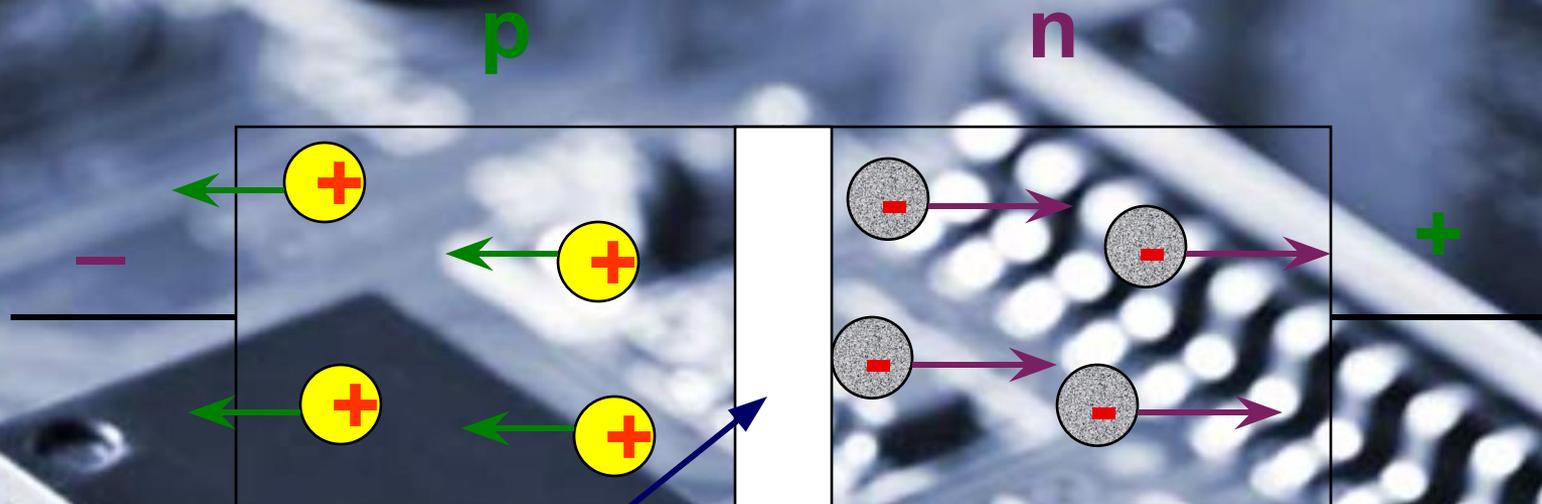


Ток через **p – n** переход осуществляется основными носителями заряда (дырки движутся вправо, электроны – влево)

Сопротивление перехода мало, ток велик.

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

2. Обратное включение



Запирающий слой

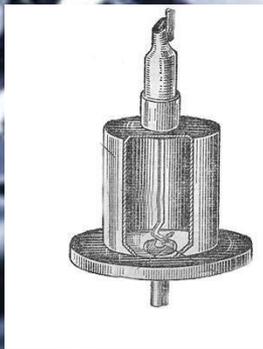
Основные носители заряда не проходят через $p - n$ переход.

Сопротивление перехода велико, ток практически отсутствует.

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

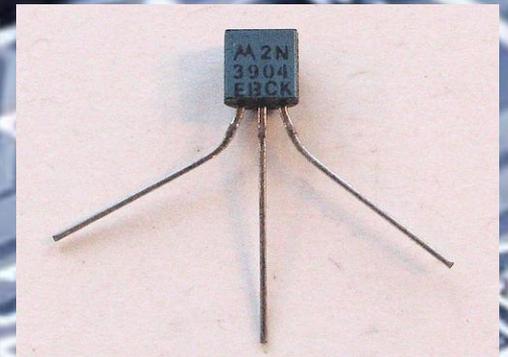
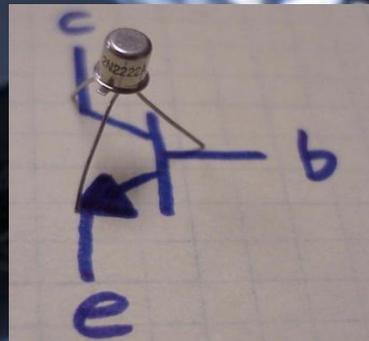
Диод

Полупроводниковый диод состоит из двух типов полупроводников — дырочного и электронного. В процессе контакта между этими областями из области с полупроводником **n-типа** в область с полупроводником **p-типа** проходят электроны, которые затем рекомбинируют с дырками. Вследствие этого возникает электрическое поле между двумя областями, что устанавливает предел деления полупроводников — так называемый **p-n переход**.



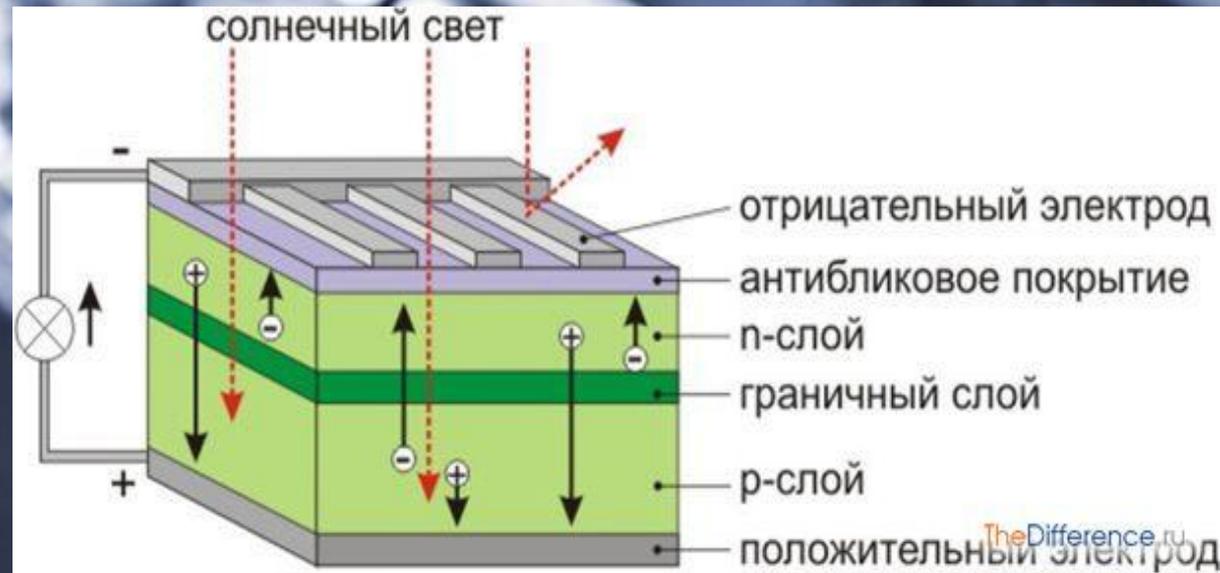
Транзистор

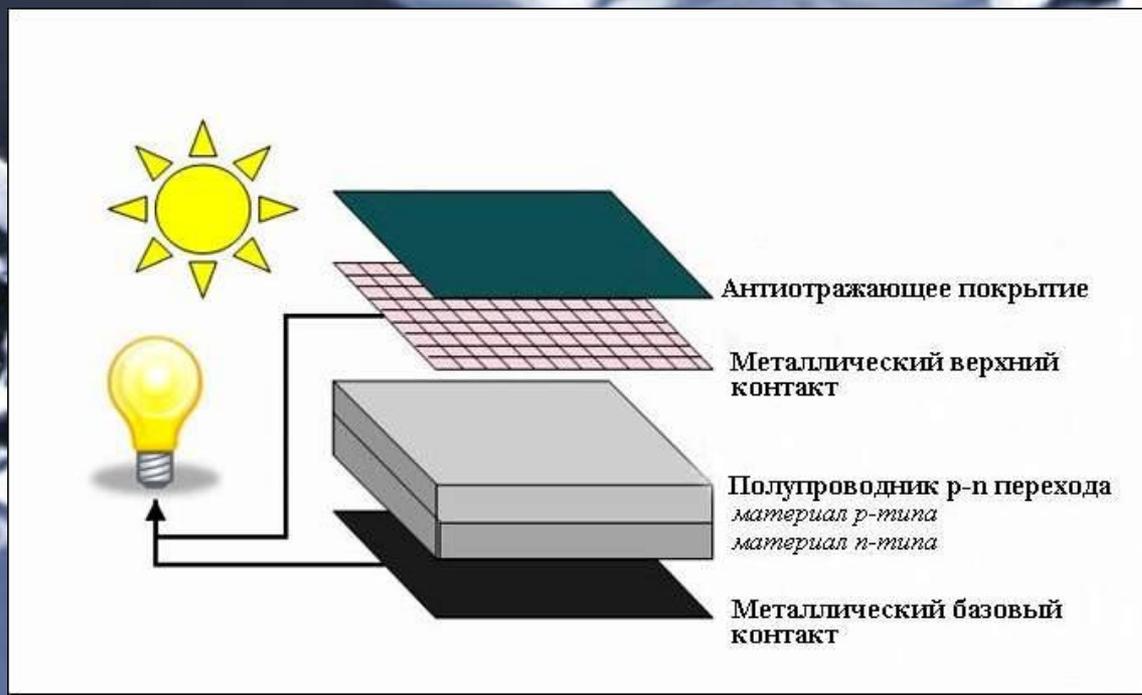
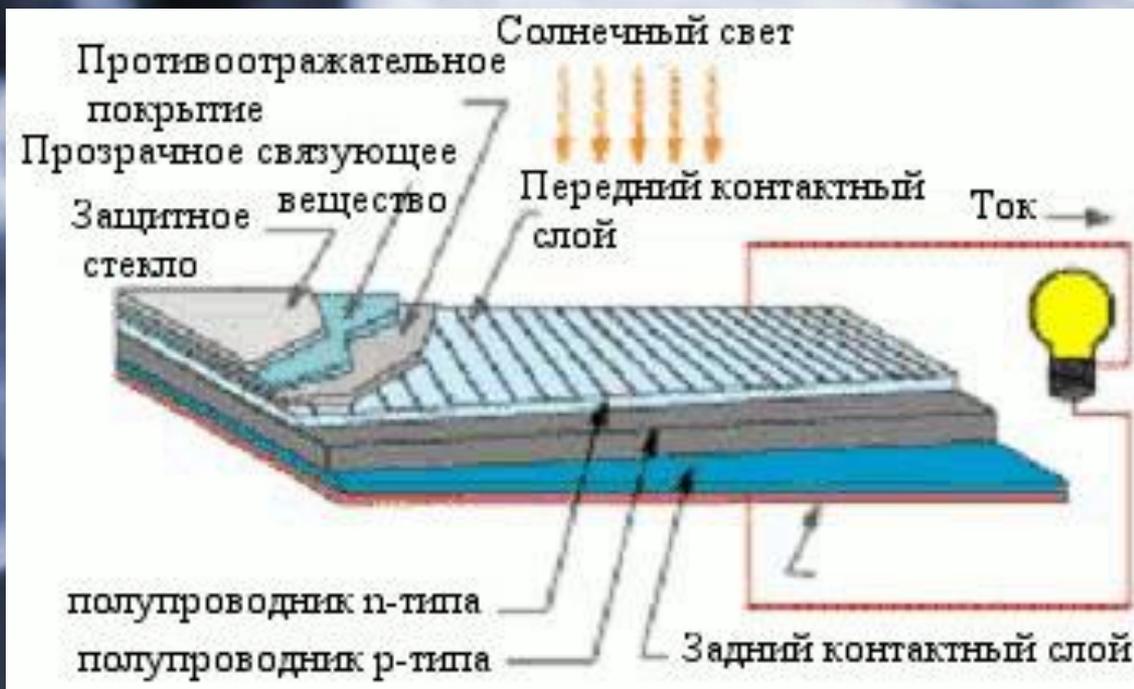
Транзистор — полупроводниковое устройство, которое состоит из двух областей с полупроводниками р- или n-типа, между которыми находится область с полупроводником n- или р-типа. Таким образом, в транзисторе есть две области р-n перехода. Область кристалла между двумя переходами называют базой, а внешние области называют эмиттером и коллектором. Самой употребляемой схемой включения транзистора является схема включения с общим эмиттером, при которой через базу и эмиттер ток распространяется на коллектор. Биполярный транзистор используют для усиления электрического тока.



Солнечные батареи

- Солнечная батарея — несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов — несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) — полупроводниковых — несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) —







Спасибо за Внимание!