

# Полупроводники



# Содержание

**Проводники, диэлектрики и полупроводники.**  
**Собственная (электронно-дырочная) электрическая проводимость.**

**Примесная (электронно-дырочная) электрическая проводимость.**  
**Электронно-дырочный переход. Контакт двух полупроводников с р- и n- проводимостью.**

**P- n переход и его свойство.**

**Строение полупроводникового диода.**

**Вольт - амперная характеристика полупроводникового диода.**

**\* \* \* \***

**Применение полупроводников (выпрямление переменного тока)\*.**

**Однополупериодное выпрямление переменного тока.\***

**Двухполупериодное выпрямление переменного тока.\***

**Светодиоды\*.**

**В данную версию презентации включены 25 слайдов из 40, просмотр некоторых из них ограничен.**

**Презентация носит демонстрационный характер. Полная версия презентации содержит практически весь материал по теме «Полупроводники», а также дополнительный материал, который следует более детально изучить в профильном физико-математическом классе.**

**Полную версию презентации можно скачать на сайте автора  
[LSLSm.narod.ru](http://LSLSm.narod.ru).**

## Прежде всего поясним само понятие – полупроводник.

По способности проводить электрические заряды вещества условно делятся на проводники и непроводники электричества.

Тела и вещества, в которых можно создавать электрический ток, называют проводниками.

Металлы, уголь, кислоты, растворы солей, щелочи, живые организмы и многие другие тела и вещества

Тела и вещества, в которых нельзя создавать электрический ток, называют непроводниками тока.

Воздух, стекло, парафин, слюда, лаки, фарфор, резина, пластмассы, различные смолы, маслянистые жидкости, сухое дерево, сухая ткань, бумага и другие вещества.

### Проводники

### Непроводники (диэлектрики)

Полупроводники по электропроводности занимают промежуточное место между проводниками и непроводниками.

период	группы									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	(H)						H 1 1,00794	He 2 4,002602		
2	Li 3 6,941	Be 4 9,01218	B 5 10,811	C 6 12,011	N 7 14,0067	O 8 15,9994	F 9 18,998403	Ne 10 20,179		
3	Na 11 22,98977	Mg 12 24,305	Al 13 26,98154	Si 14 28,0855	P 15 30,97376	S 16 32,066	Cl 17 35,453	Ar 18 39,948		
4	K 19 39,0983	Ca 20 40,078	Sc 21 44,95591	Ti 22 47,88	V 23 50,9415	Cr 24 51,9961	Mn 25 54,9380	Fe 26 55,847	Co 27 58,9332	Ni 28 58,69
5	Cu 29 63,546	Zn 30 65,39	Ga 31 69,723	Ge 32 72,59	As 33 74,9216	Se 34 78,96	Br 35 79,904	Kr 36 83,80		
6	Rb 37 85,4678	Sr 38 87,62	Y 39 88,9059	Zr 40 91,224	Nb 41 92,9064	Mo 42 95,94	Tc 43 [98]	Ru 44 101,07	Rh 45 102,9055	Pd 46 106,42
7	Ag 47 107,8682	Cd 48 112,41	In 49 114,82	Sn 50 118,710	Sb 51 121,75	Te 52 127,60	I 53 126,9045	Xe 54 131,29		
8	Cs 55 132,9054	Ba 56 137,33	La* 57 138,9055	Hf 72 178,49	Ta 73 180,9479	W 74 183,85	Re 75 186,207	Os 76 190,2	Ir 77 192,22	Pt 78 195,08
9	Au 79 196,9665	Hg 80 200,59	Tl 81 204,383	Pb 82 207,2	Bi 83 208,9804	Po 84 [209]	At 85 [210]	Rn 86 [222]		
10	Fr 87 [223]	Ra 88 [226]	Ac* 89 [227]	Rf 104 [261]	Db 105 [262]	Sg 106 [263]	Bh 107 [262]	Hs 108 [265]	Mt 109 [266]	110 [ ]

f-элементы  
 s-элементы  
 d-элементы

H 1 — атомный номер  
 1,00794 — обозначение элемента  
 атомная масса

Ce 58, Pr 59, Nd 60, Pm 61, Sm 62, Eu 63, Gd 64, Tb 65, Dy 66, Ho 67, Er 68, Tm 69, Yb 70, Lu 71  
 Th 90, Pa 91, U 92, Np 93, Pu 94, Am 95, Cm 96, Bk 97, Cf 98, Es 99, Fm 100, Md 101, No 102, Lr 103

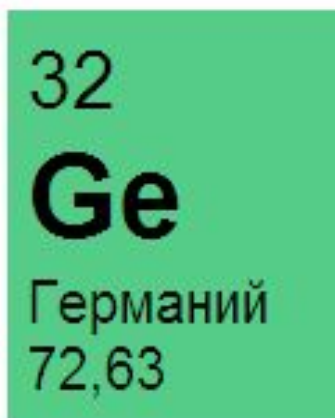
4 Ga Ge As Se  
 5 Br I

# Полупроводники

Бор В, углерод С, кремний Si  
 фосфор Р, сера S, германий Ge,  
 мышьяк As, селен Se, олово Sn,  
 сурьма Sb, теллур Те и йод I.

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

Атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, вращающихся вокруг ядра по стабильным орбитам.



Электронная оболочка атома германия состоит из 32 электронов, четыре из которых вращаются по его внешней орбите.

Ядро атома

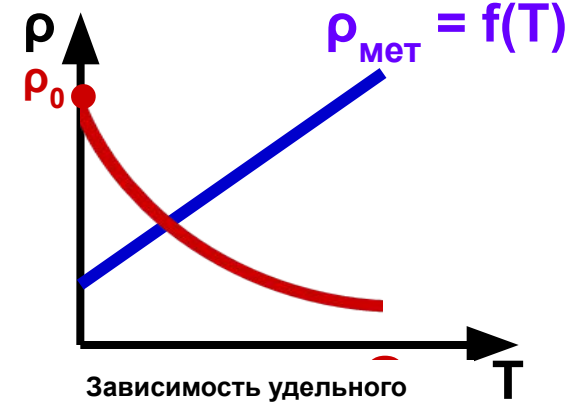
Электронная  
оболочка атома

**Сколько электронов у атома германия?**

Четыре внешних электрона, называемые валентными, существенным образом определяют атома германия. Атом германия стремится приобрести устойчивую структуру, присущую атомам инертных газов и отличающуюся тем, что на внешней их орбите находится всегда строго определенное число электронов (например, 2, 8, 18 и т. д.). Таким образом, для приобретения подобной структуры атому германия потребовалось бы принять на внешнюю орбиту еще четыре электрона.

**Собственная  
(электронно-дырочная)  
электрическая проводимость.**

## Собственная электрическая проводимость



Зависимость удельного сопротивления  $\rho$  металла от абсолютной температуры  $T$

Валентные электроны в кристалле германия связаны с атомами гораздо сильнее, чем в металлах; поэтому концентрация электронов проводимости при комнатной температуре в полупроводниках на много порядков меньше, чем у металлов. Вблизи абсолютного нуля температуры в кристалле германия все электроны заняты в образовании связей. Такой кристалл электрического тока не проводит.

При увеличении температуры полупроводника в единицу времени образуется большее количество электронно-дырочных пар.



Электронно-дырочный механизм проводимости проявляется только у чистых (т. е. без примесей) полупроводников и поэтому называется **собственной электрической проводимостью**.

**Собственная  
(электронно-дырочная)  
электрическая  
проводимость.**

**Проводимость полупроводников  
при наличии примесей называется  
примесной проводимостью.**

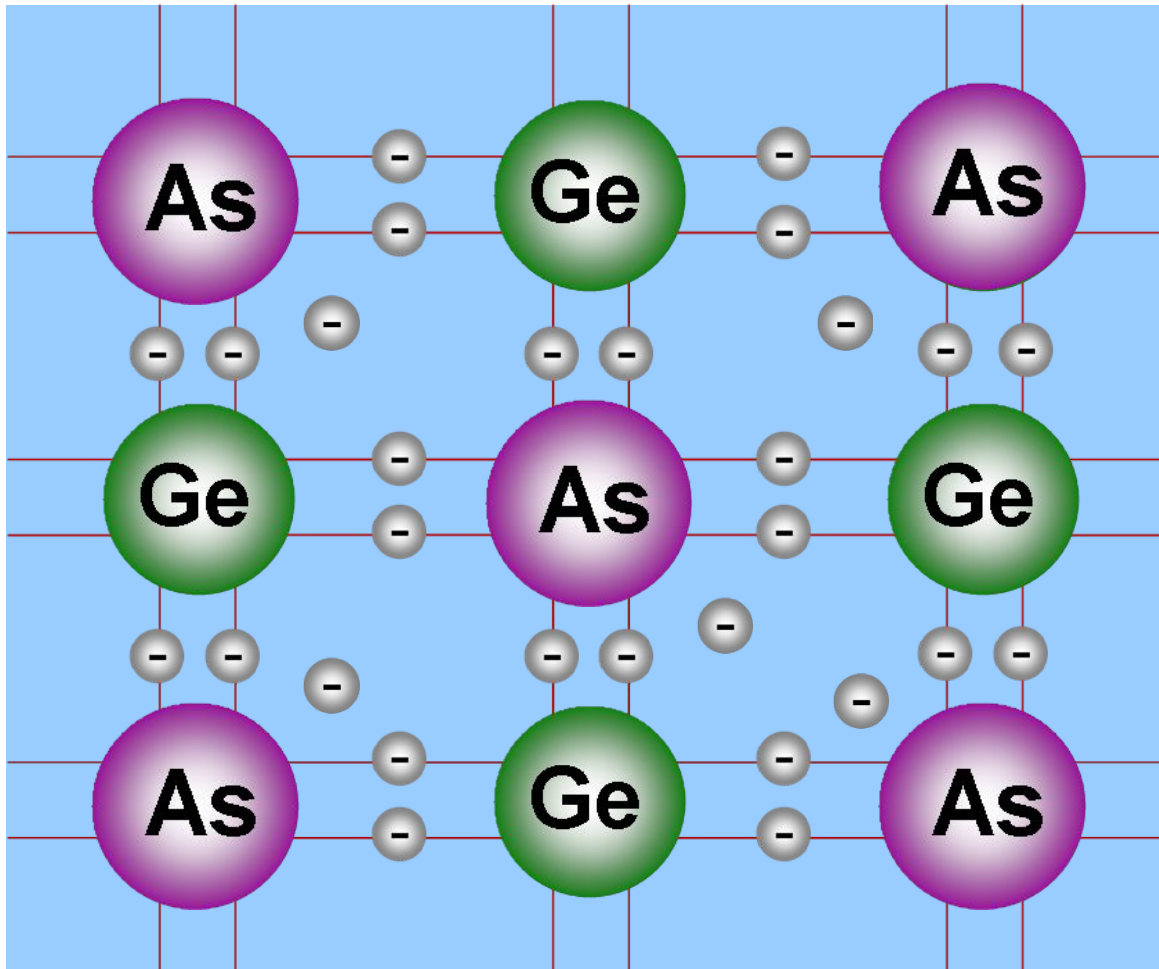
**Примесная (электронно-  
дырочная) электрическая  
проводимость.**

**Примесными центрами могут быть:  
атомы или ионы химических  
элементов, внедренные в решетку  
полупроводника;  
избыточные атомы или ионы,  
внедренные в междоузлия решетки;  
различного рода другие дефекты и  
искажения в кристаллической  
решетке: пустые узлы, трещины,  
сдвиги, возникающие при  
деформациях кристаллов, и др.**

**Примесная  
(электронная)  
электрическая  
проводимость.**

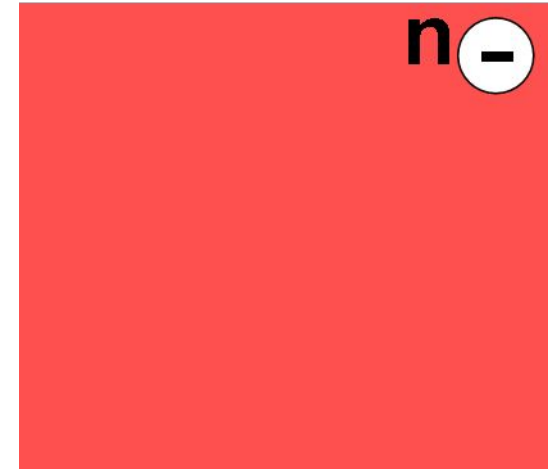
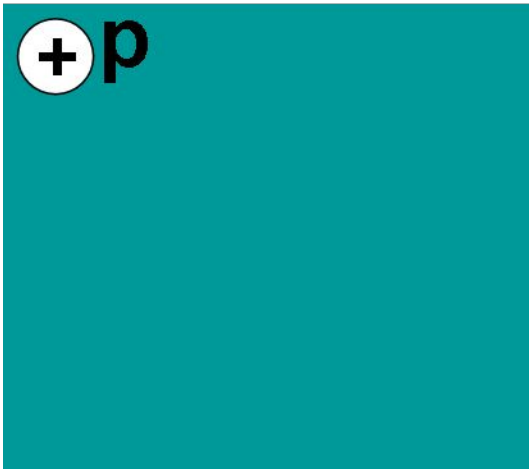
**Примесная  
(дырочная)  
электрическая  
проводимость.**

**Изменяя концентрацию примесей, можно  
значительно увеличивать число носителей  
зарядов того или иного знака и создавать  
полупроводники с преимущественной  
концентрацией либо отрицательно, либо  
положительно заряженных носителей.**

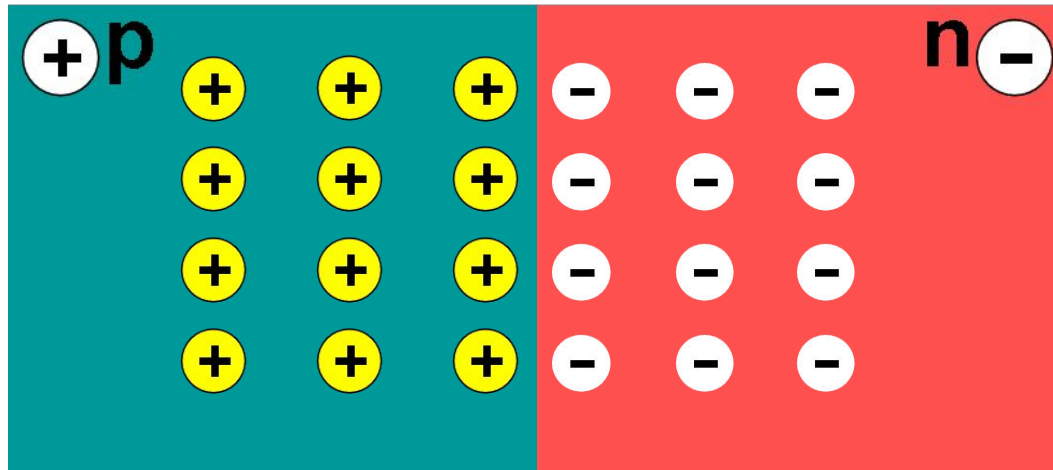


**Электронная проводимость возникает, когда в кристалл германия с четырехвалентными атомами введены пентавалентные атомы (например, атомы мышьяка, As).**

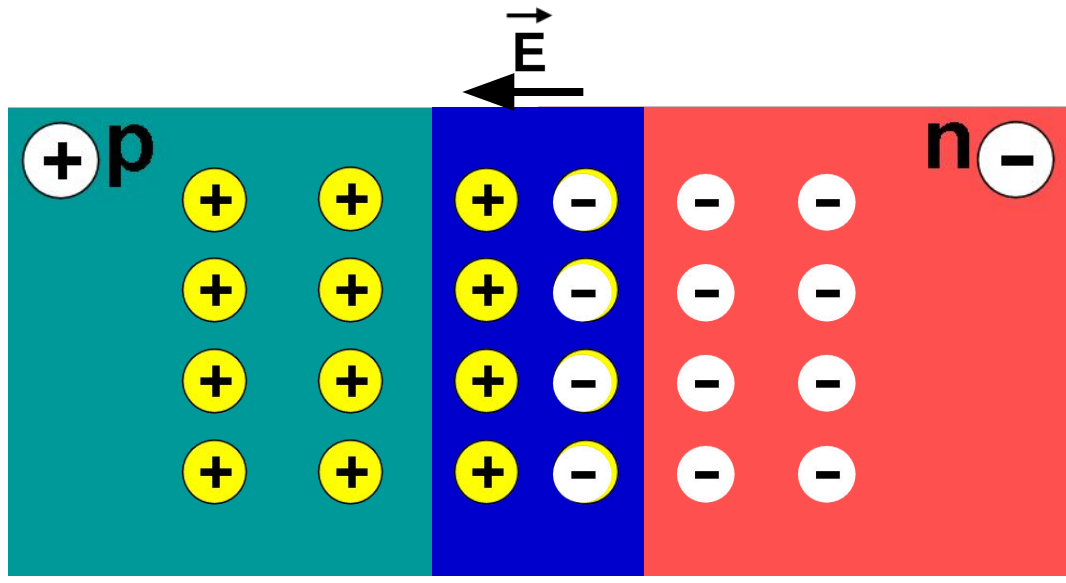
# Электронно-дырочный переход

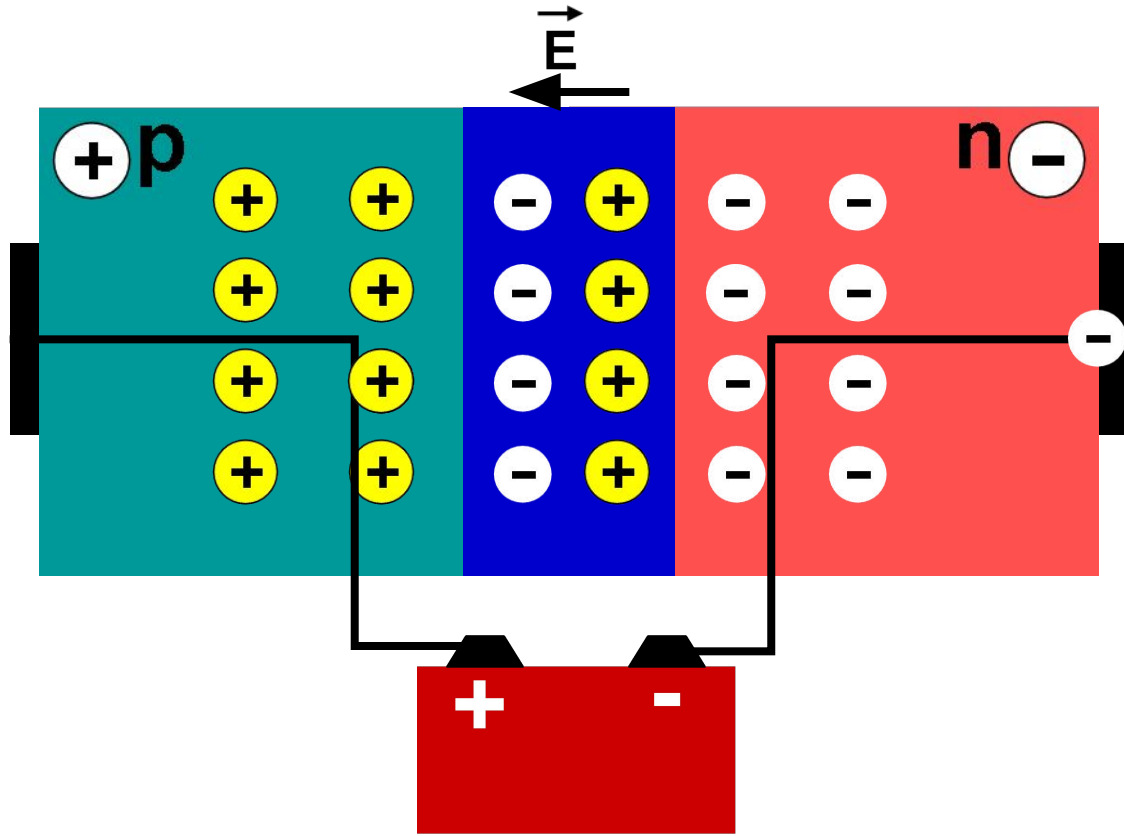


**Полупроводник с избыточными электронами проводимости называют полупроводником n-типа, с избыточными дырками полупроводником p-типа.**



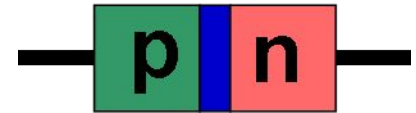
**Электрическая проводимость p-типа определяется дырками, поэтому их называют здесь основными носителями заряда, а электроны проводимости - не основными. В полупроводнике n-типа - наоборот.**





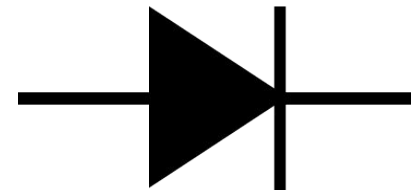
Способность  $p$ - $n$ -перехода пропускать ток практически только в одном направлении используется в приборах, которые называются полупроводниковыми диодами.

Полупроводниковые диоды изготавливают из кристаллов кремния или германия. При их изготовлении в кристалл с каким-либо типом проводимости вплавляют примесь, обеспечивающую другой тип проводимости.



Изображают полупроводниковые диоды на электрических схемах в виде треугольника и отрезка, проведенного через одну из его вершин параллельно противоположной стороне. В зависимости от назначения диода его обозначение может содержать дополнительные символы. В любом случае острая вершина треугольника указывает на направление протекания прямого тока через диод. Треугольник соответствует  $p$ -области и называется иногда анодом, или эмиттером, а прямолинейный отрезок —  $n$ -области и называется катодом, или базой.

Эмиттер Э



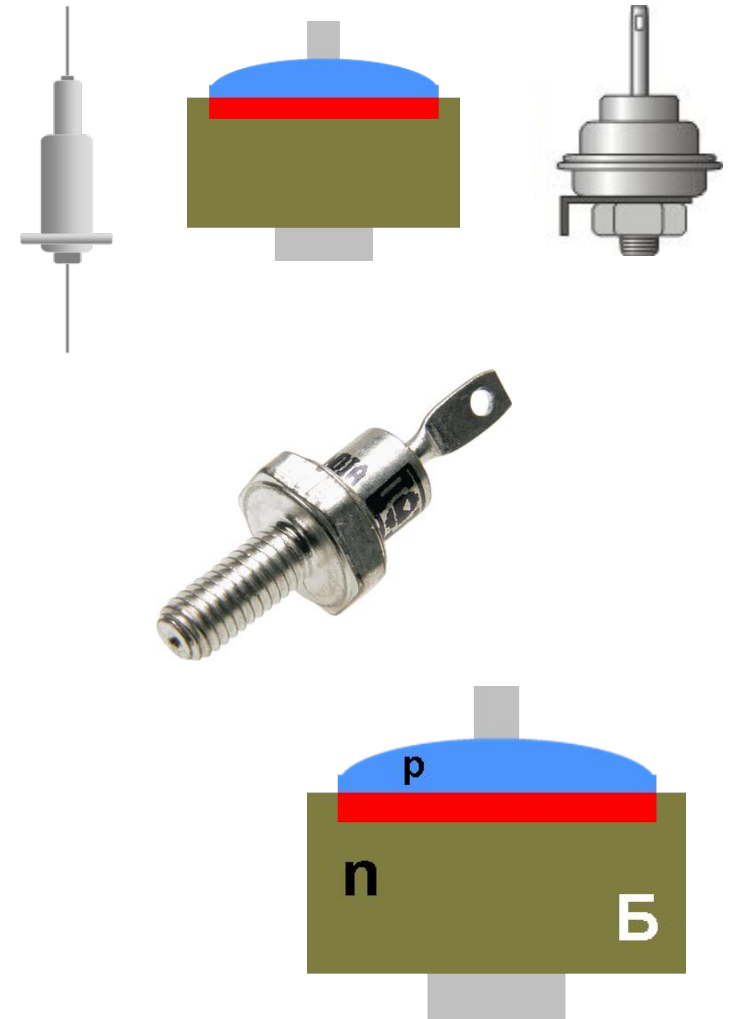
База Б



# Строение полупроводникового диода

## По конструкции полупроводниковые диоды могут быть плоскостными или точечными.

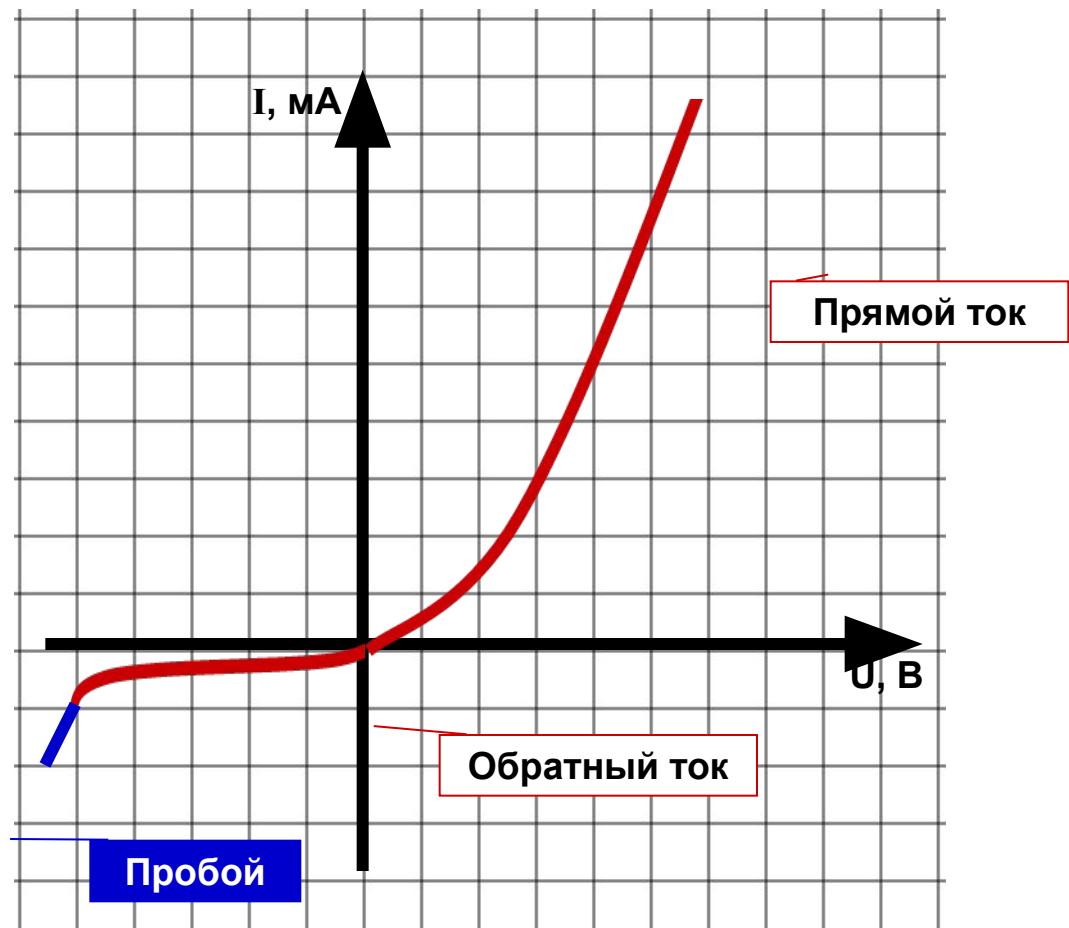
Как правило, диоды изготавливают из кристалла германия или кремния, с проводимостью n-типа. В одну из поверхностей кристалла вплавляют каплю индия. Вследствие диффузии атомов индия в глубь второго кристалла, в нём образуется область p-типа. Остальная часть кристалла по-прежнему имеет проводимость n-типа. Между ними и возникает p-n - переход. Для предотвращения воздействия влаги и света, а также для прочности кристалл заключают в корпус, снабжая контактами. Германиевые и кремниевые диоды могут работать в разных интервалах температур и с токами различной силы и напряжения.



**Вольт - амперная  
характеристика  
полупроводникового диода**

Обратный ток очень мал и почти не зависит от величины обратного напряжения, т. к. он образован дрейфовым током (не основными носителями зарядов). Но при определенном напряжении обратный ток резко возрастает. Это явление называется электрическим пробоем.

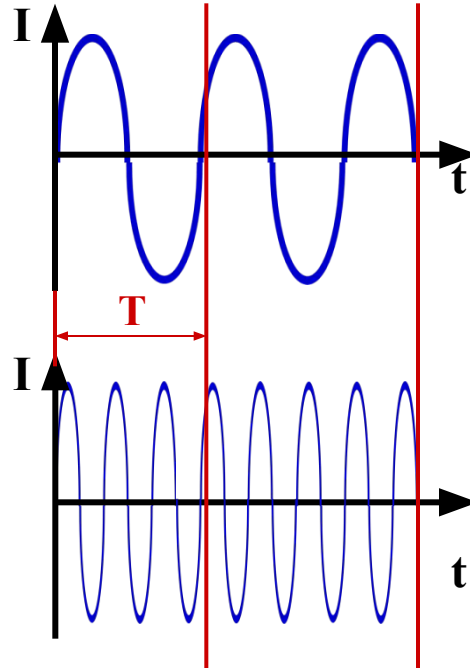
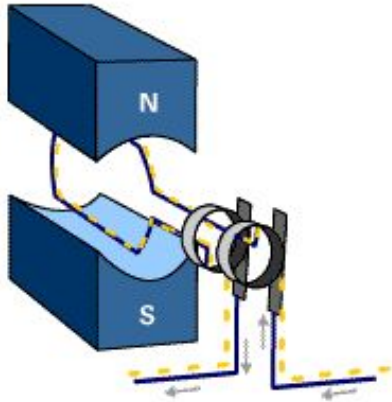
Объясняется это тем, что электроны приобретают большую скорость и, ударяясь об атомы, выбивают их них электроны. Если напряжение не увеличивать, диод останется исправным. Если же продолжать увеличивать напряжение, то электрический пробой переходит в тепловой пробой. Это значит, что диод нагревается, и ток резко увеличивается за счет выхода электронов из своих атомов при повышении температуры. Тепловой пробой разрушает полупроводник, диод неисправен.



# Переменный ток

# Переменный ток

Рассмотрим понятие «переменный ток» на самом простом уровне.



Чем быстрее вращается рамка, тем больше частота переменного тока.

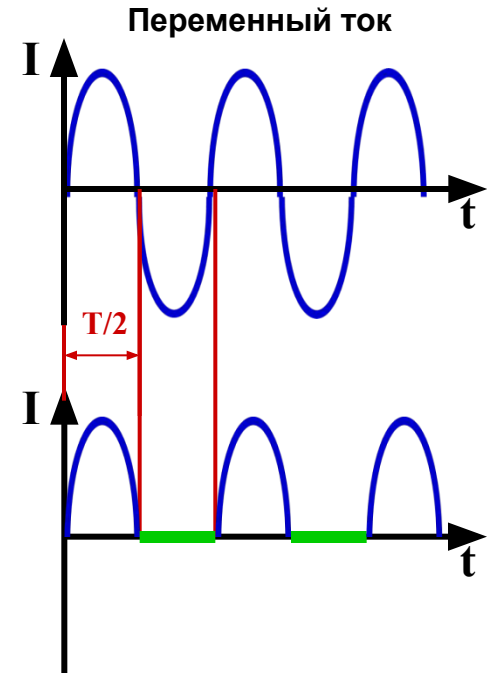
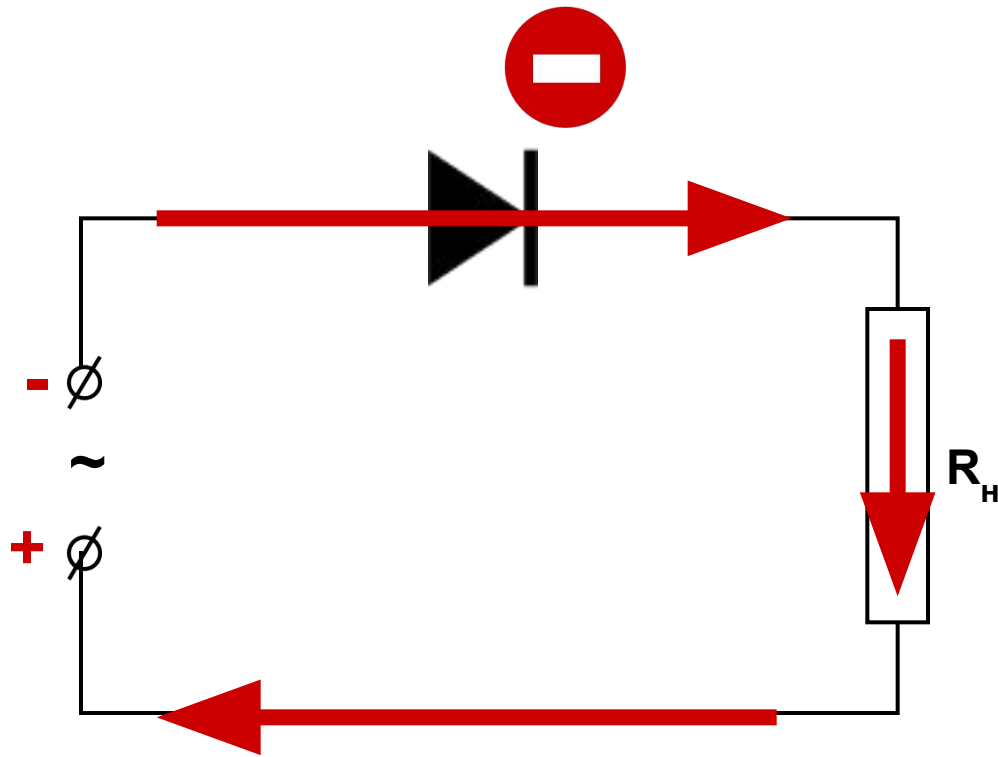
## Синусоидальный характер

$T$  – период переменного тока. Это наименьший промежуток времени (выраженный в секундах), через который изменения силы тока (и напряжения) повторяются

В электроэнергетических системах России и большинства стран мира принята стандартная частота  $f = 50$  Гц, в США 60 Гц. В технике связи применяются переменный ток высокой частоты (от 100 кГц до 30 ГГц). Для специальных целей в промышленности, медицине и др. отраслях науки и техники используют переменный ток самых различных частот.

**Переменный ток - электрический ток, который периодически изменяется по модулю и направлению.**

# Выпрямление переменного тока



Далее процесс повторяется...



# Светодиоды



Дополнительный материал.