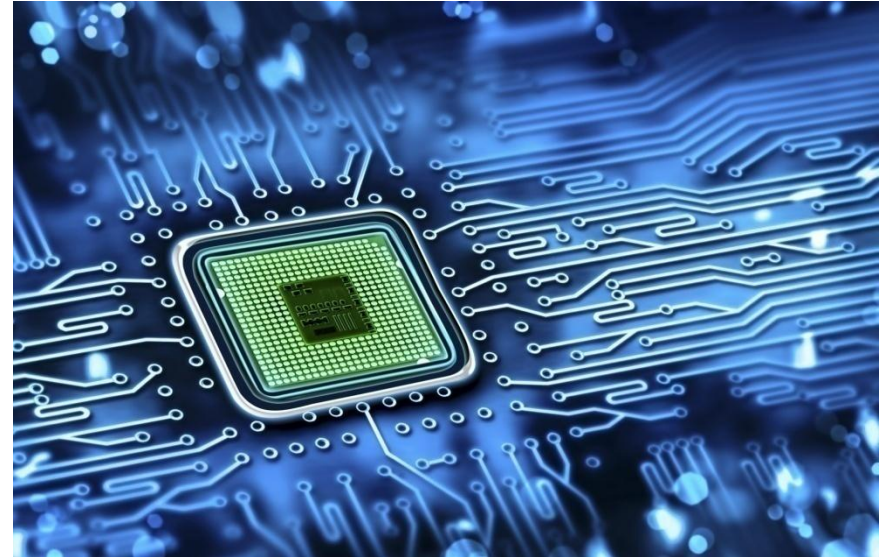
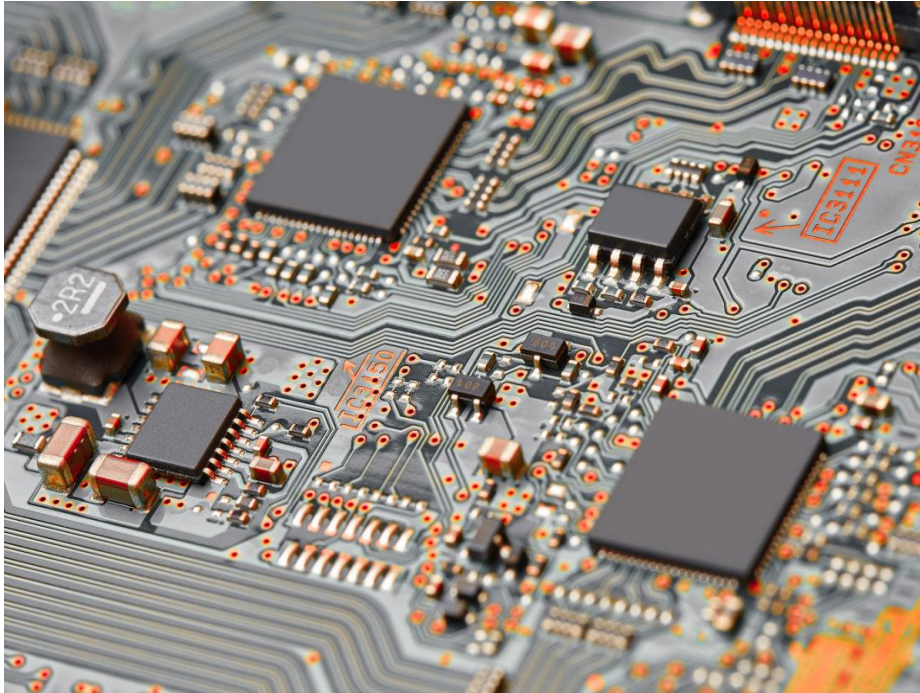


# Полупроводниковые материалы и их свойства



**Полупроводники** - это вещества, которые обладают промежуточными свойствами проводников и диэлектриков в отношении удельной проводимости.

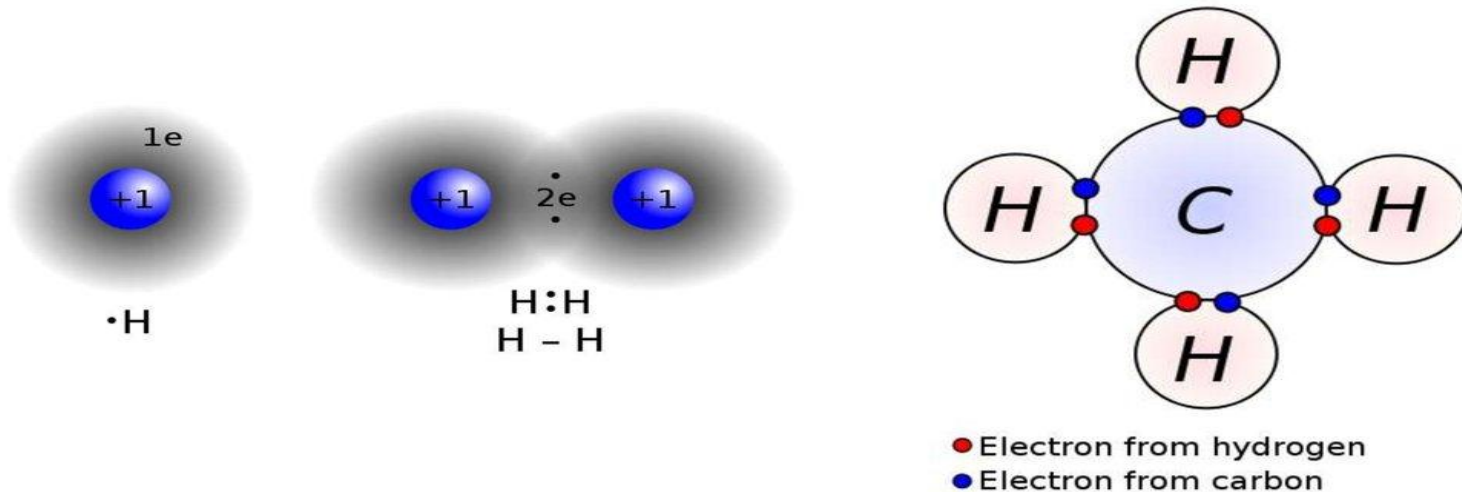


Сопротивление полупроводников **характеризуется следующими особенностями:**

- ❖ Сильная выраженная зависимость от количества и состава примесей в веществе;
- ❖ Повышение температуры вызывает уменьшение сопротивления.

# Ковалентная связь

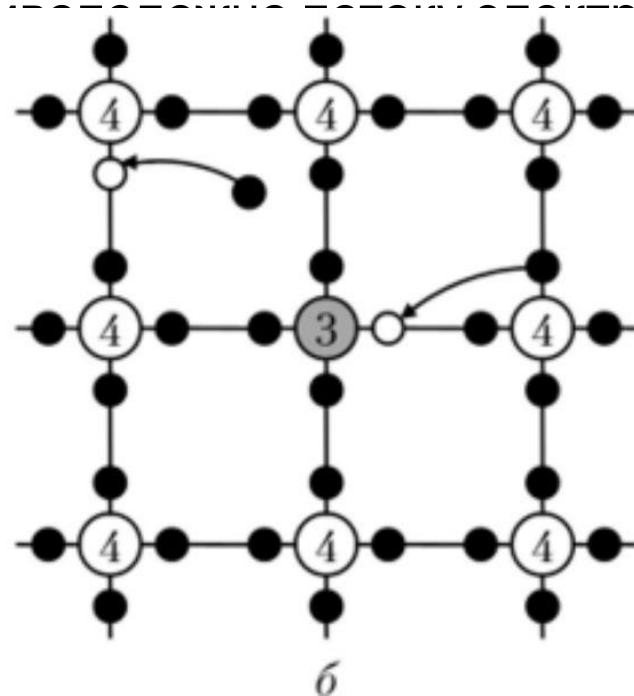
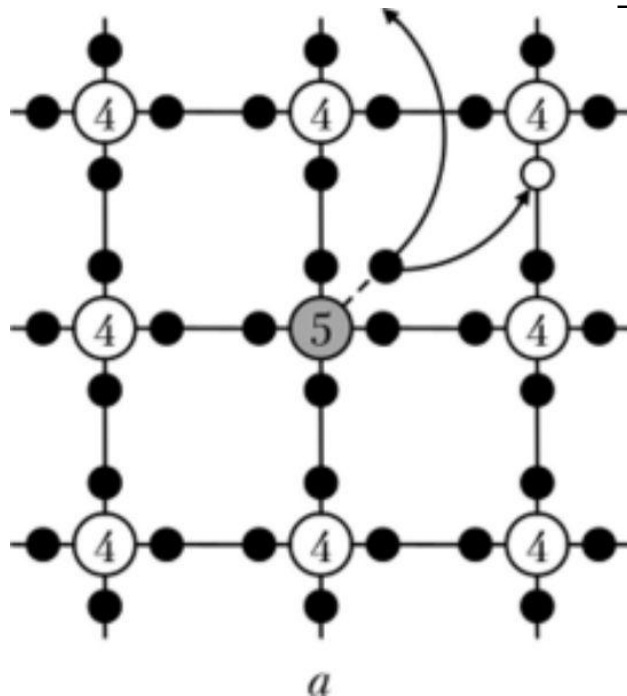
- Ковалентная связь – химическая связь, образованная перекрытием пары валентных электронных облаков.



**Главное условие возникновения тока в материалах – наличие достаточного количества свободных электронов.** Кристаллическая структура полупроводниковых материалов характеризуется ковалентными химическими связями, когда каждый электрон ядра связан с двумя рядом стоящими атомами.



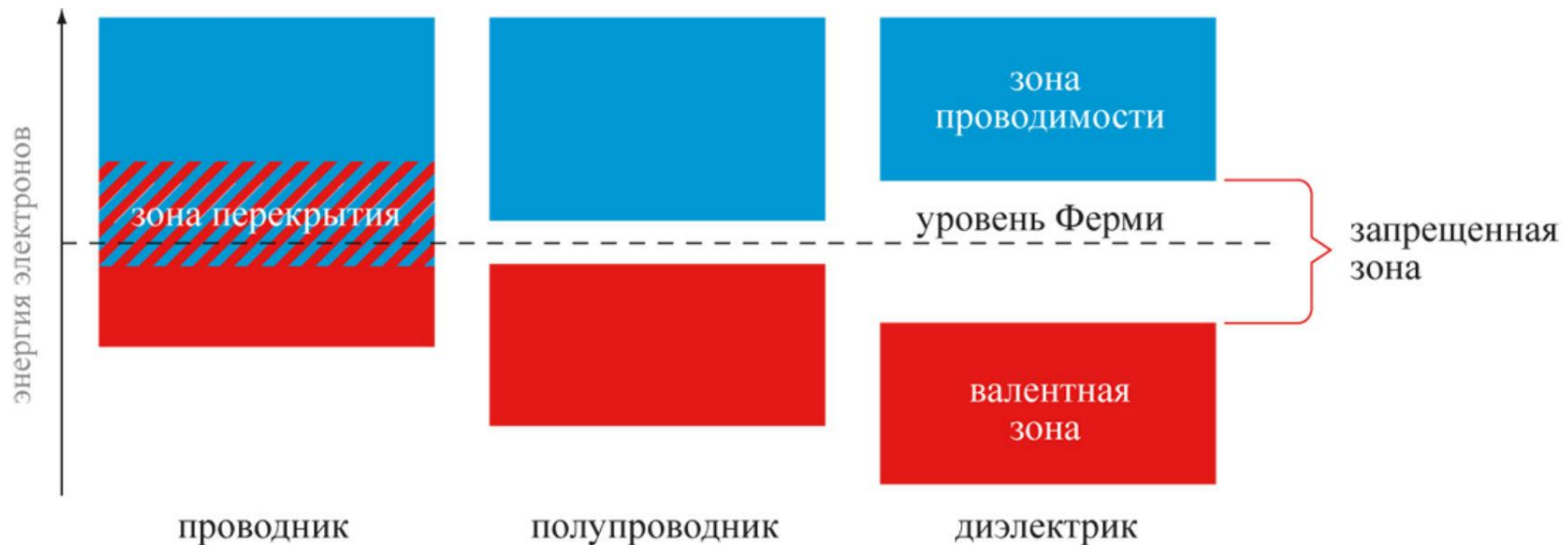
**Важная особенность рассматриваемых материалов – они могут обладать особым типом проводимости – дырочной. В электронной оболочке атома в момент отрыва и ухода электрона образуется свободное место, которое принято именовать дыркой. Соответственно, дырка имеет положительный заряд, направление движения**



ЭЛЕКТРОНОВ.

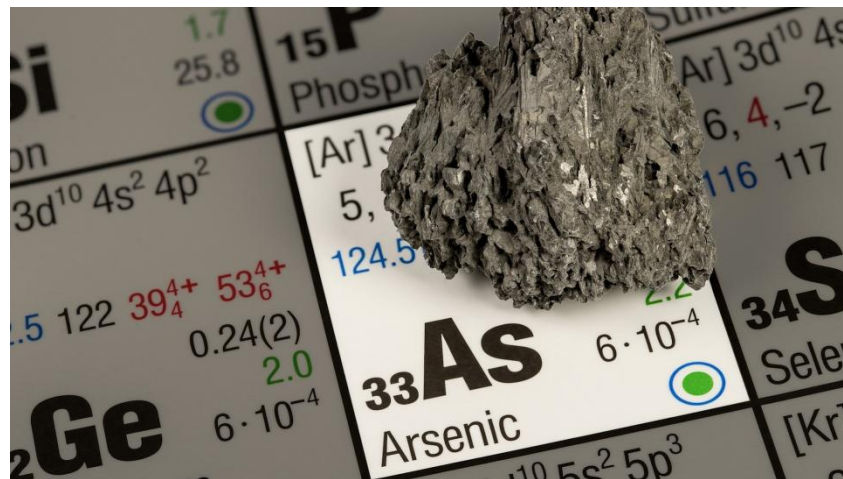
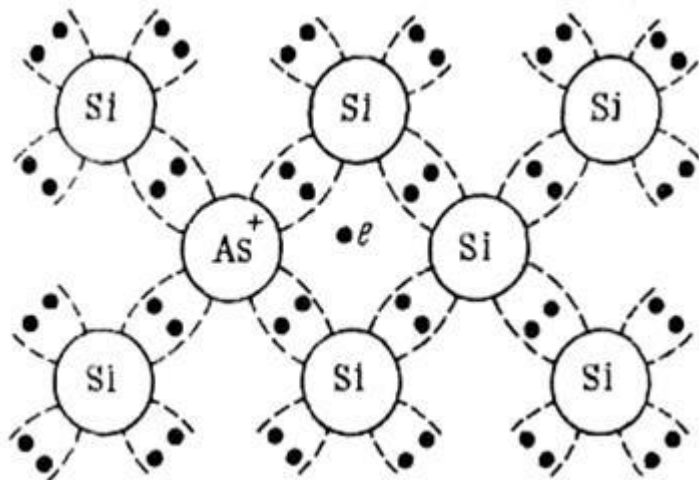
**Все вещества характеризуются энергетическими зонами электронов оболочки атома. Таких зон три:**

- ❖ Зона проводимости;
- ❖ Запрещенная зона;
- ❖ Зона валентности.



Название запрещенной зоны говорит о том, что электрон находится в ней не может. Поэтому для возникновения тока электрон должен переместиться в зону проводимости из стабильной валентной зоны. Чем шире запрещенная зона, тем свойства материала приближаются к диэлектрикам.

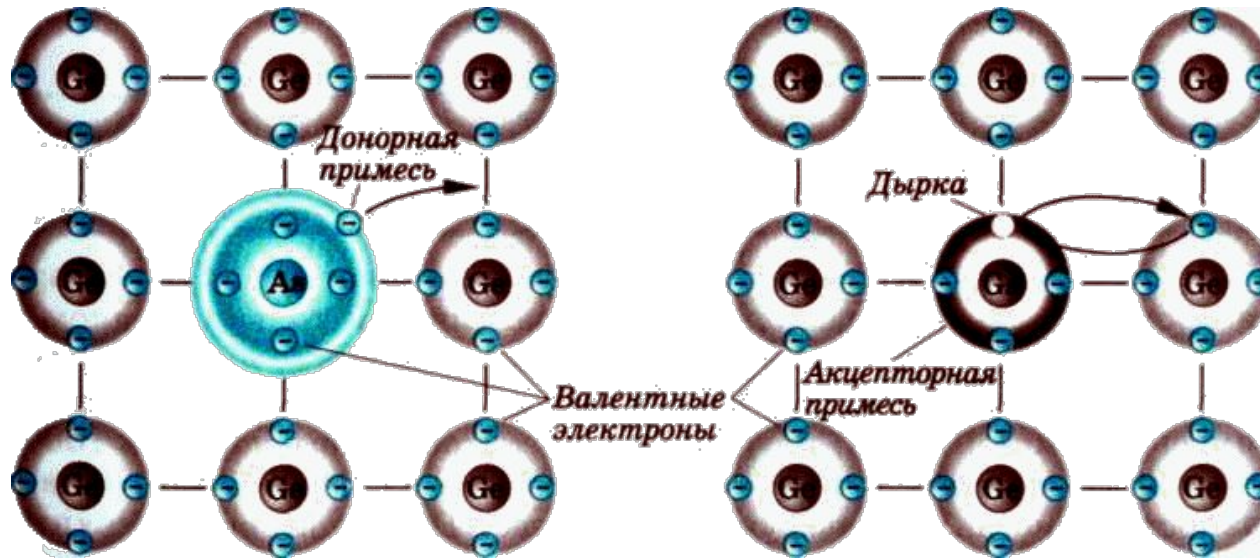
## Электронные полупроводники (n-типа)



Термин «n-тип» происходит от слова «negative», обозначающего отрицательный заряд основных носителей. Этот вид полупроводников имеет примесную природу.

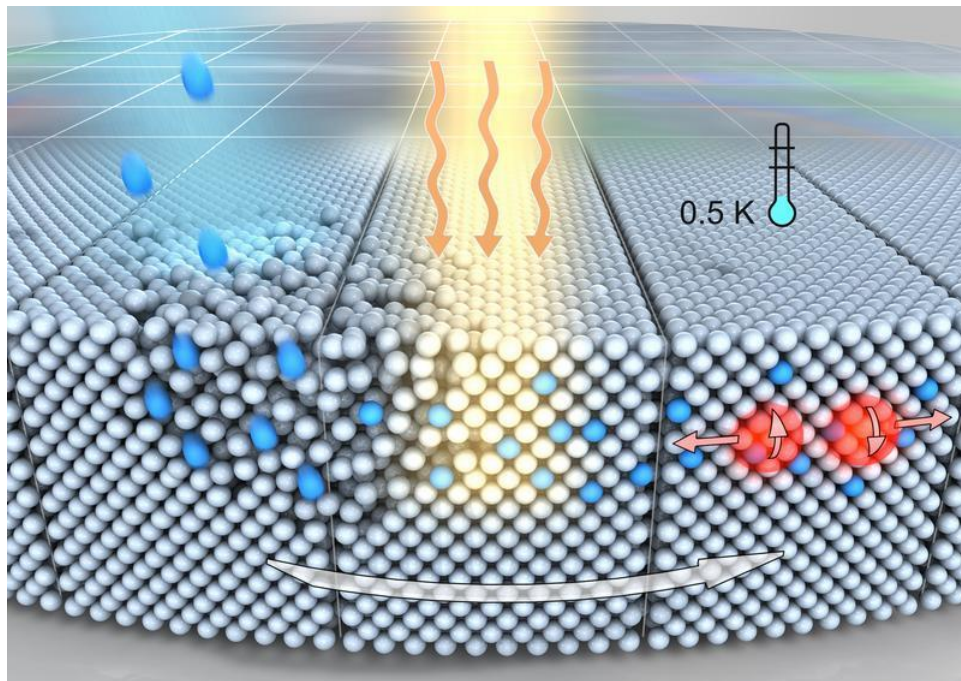
Например, в четырёхвалентный полупроводник (например, кремний) добавляют примесь пятивалентного полупроводника (например, мышьяка). В процессе взаимодействия каждый атом примеси вступает в ковалентную связь с атомами кремния. Однако для пятого электрона атома мышьяка нет места в насыщенных валентных 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

## Электронные полупроводники (p-типа)

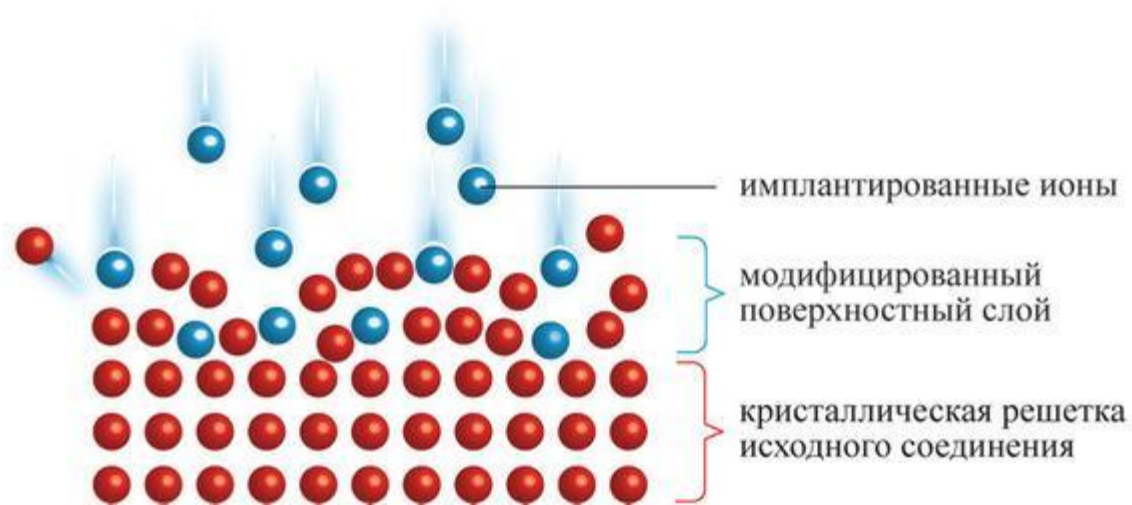


Примеси, которые добавляют в этом случае, называются акцепторными. «p-тип» происходит от слова «positive», обозначающего положительный заряд основных носителей.

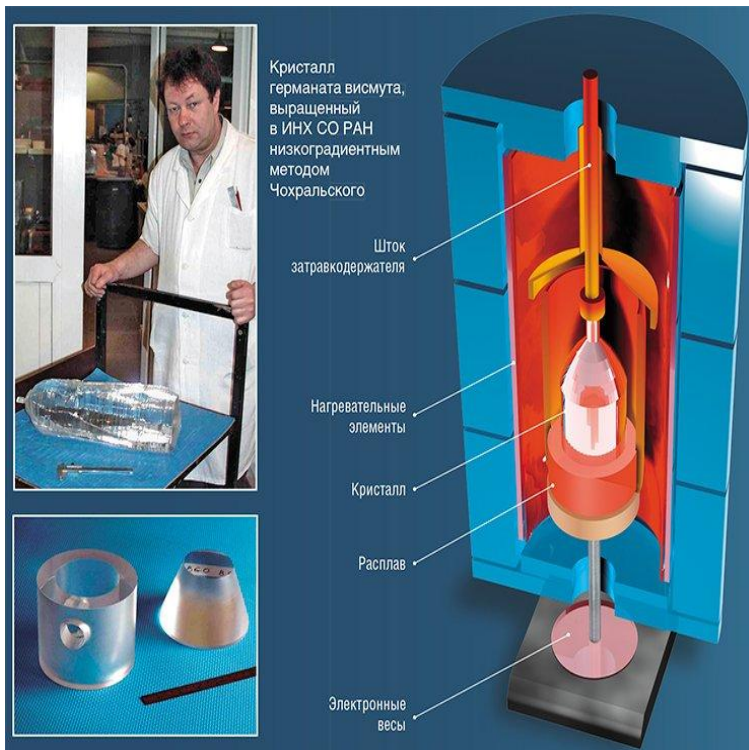
Например, в полупроводник, четырёхвалентный Si кремний, добавляют небольшое количество атомов трехвалентного In индия. Индий в нашем случае будет примесным элементом, атомы которого устанавливает ковалентную связь с тремя соседними атомами кремния. Но у кремния остается одна свободная связь в то время, как у атома индия нет валентного электрона, поэтому он захватывает валентный электрон из ковалентной связи между соседними атомами кремния и становится отрицательно заряженным ионом, образуя так называемую дырку и



Характеристика полупроводника в сильной степени зависит от его чистоты. Выращивая в особых условиях сверхчистые монокристаллы вещества, необходимые свойства придают при помощи **легирования** (введения в состав донорных или акцепторных примесей).

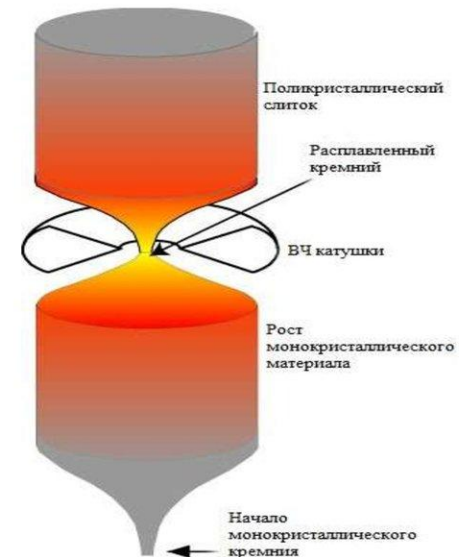






## Метод зонной плавки

- Суть метода зонной плавки заключается в том, что расплавленная область, получаемая методом индукционного высокочастотного нагрева, медленно движется вдоль всего кремниевого слитка.
- Примеси при этом не кристаллизуются, а стараются остаться в расплавленной области. Таким образом, после прохождения зоны расплава кристалл очищается от примесей.



## Для выращивания монокристаллов высокой чистоты используют два метода:

- ❖ Метод Чохральского, при котором монокристалл выращивают из расплава вещества;
- ❖ Зонная плавка, когда очистка образца производится путем расплавления небольшого участка с постепенным продвижением зоны расплава подвижной индукционной катушкой.

периоды	периодическая система элементов д.и. менделеева						A VII B	A	VIII B	
	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B			обозначение элемента	порядковый номер элемента
1	(H)						1 H Hydrogenium ВОДОРОД 1,00794	2 He Helium ГЕЛИЙ 4,002602		
2	3 Li Lithium ЛИТИЙ 6,941	4 Be Beryllium БЕРИЛЛИЙ 9,01218	5 B Borum БОР 10,811	6 C Carboneum УГЛЕРОД 12,011	7 N Nitrogenium АЗОТ 14,0067	8 O Oxygenium КИСЛОРОД 15,9994	9 F Ftorum ФТОР 18,998403	10 Ne Neon НЕОН 20,179	He Helium ГЕЛИЙ 4,002602	относительная атомная масса
3	11 Na Natrium НАТРИЙ 22,98977	12 Mg Magnesium МАГНИЙ 24,305	13 Al Aluminium АЛЮМИНИЙ 26,98154	14 Si Silicium КРЕМНИЙ 28,0855	15 P Phosphorum ФОСФОР 30,97376	16 S Sulfur СЕРА 32,066	17 Cl Chlorum ХЛОР 35,453	18 Ar Argon АРГОН 39,948		
4	19 K Kalium КАЛИЙ 39,0983	20 Ca Calcium КАЛЬЦИЙ 40,078	21 Sc Scandium СКАНДИЙ 44,95591	22 Ti Titanium ТИТАН 47,88	23 V Vanadium ВАНАДИЙ 50,9415	24 Cr Chromium ХРОМ 51,9961	25 Mn Manganum МАРГАНЕЦ 54,9380	26 Fe Ferrum ЖЕЛЕЗО 55,847	27 Co Cobaltum КОБАЛЬТ 58,9332	28 Ni Niccolum НИКЕЛЬ 58,69
	29 Cu Cuprum МЕДЬ 63,546	30 Zn Zincum ЦИНК 65,39	31 Ga Gallium ГАЛЛИЙ 69,723	32 Ge Germanium ГЕРМАНИЙ 72,59	33 As Arsenicum МЫШЬЯК 74,9216	34 Se Selenium СЕЛЕН 78,96	35 Br Bromum БРОМ 79,904	36 Kr Krypton КРИПТОН 83,80		
5	37 Rb Rubidium РУБИДИЙ 85,4678	38 Sr Strontium СТРОНЦИЙ 87,62	39 Y Yttrium ИТТРИЙ 88,9059	40 Zr Zirconium ЦИРКОН 91,224	41 Nb Niobium НИОБИЙ 92,9064	42 Mo Molybdaenum МОЛИБДЕН 95,94	43 Tc Technetium ТЕХНЕЦИЙ [98]	44 Ru Ruthenium РУТЕНИЙ 101,07	45 Rh Rhodium РОДИЙ 102,9055	46 Pd Palladium ПАЛЛАДИЙ 106,42
	47 Ag Argentum СЕРЕБРО 107,8682	48 Cd Cadmium КАДМИЙ 112,41	49 In Indium ИНДИЙ 114,82	50 Sn Stannum ОЛОВО 118,710	51 Sb Stibium СУРЬМА 121,75	52 Te Tellurium ТЕЛЛУР 127,60	53 I Iodum ЙОД 126,9045	54 Xe Xenon КСЕНОН 131,29		
6	55 Cs Cesium ЦЕЗИЙ 132,9054	56 Ba Barium БАРИЙ 137,33	57 La* Lanthanum ЛАНТАН 138,9055	72 Hf Hafnium ГАФНИЙ 178,49	73 Ta Tantalum ТАНТАЛ 180,9479	74 W Wolframium ВОЛЬФРАМ 183,85	75 Re Rhenium РЕНИЙ 186,207	76 Os Osmium ОСМИЙ 190,2	77 Ir Iridium ИРИДИЙ 192,22	78 Pt Platinum ПЛАТИНА 195,08
	79 Au Aurum ЗОЛОТО 196,9565	80 Hg Hydrargyrum РУТУТЬ 200,59	81 Tl Thallium ТАЛЛИЙ 204,383	82 Pb Plumbum СВИНЕЦ 207,2	83 Bi Bismuthum ВИСМУТ 208,9804	84 Po Polonium ПОЛОНИЙ [209]	85 At Astatium АСТАТ [210]	86 Rn Radon РАДОН [222]		