

Введение в профессиональную деятельность

«Электропривод и автоматика»

Основы электротехнического и конструкционного материаловедения

И.В. Музылева, к.т.н., доцент кафедры
Электропривода ЛГТУ

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

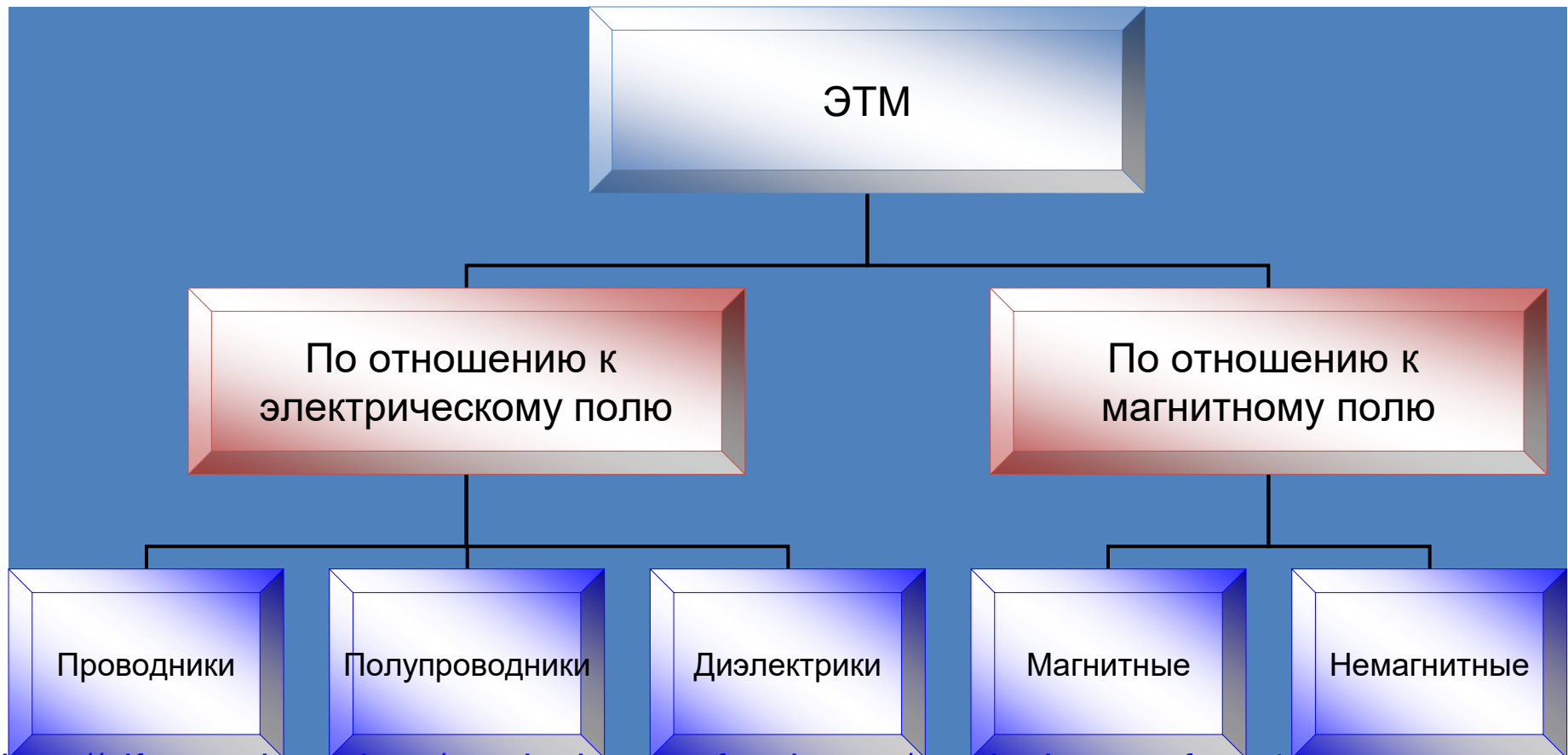
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ																		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				IX	X	XI					
1	I	H 1.00794 ВОДОРОД																		He 4.002602 ГЕЛИЙ
2	II	Li 6.941 ЛИТИЙ	Be 9.00947 БЕРИЛЛИЙ	B 10.811 БОР	C 12.011 УГЛЕРОД	N 14.00674 АЗОТ	O 15.9994 КИСЛОРОД	F 18.9984032 ФТОР												Ne 19.99244646 НЕОН
3	III	Na 22.98976928 НАТРИЙ	Mg 24.3050 МАГНИЙ	Al 26.9815385 АЛЮМИНИЙ	Si 28.0855 КРЕМНИЙ	P 30.973761508 ФОСФОР	S 32.065 СЕРА	Cl 35.4527 ХЛОР												Ar 39.9481634 АРГОН
4	IV	K 39.0983 КАЛИЙ	Ca 40.078 КАЛЬЦИЙ	Sc 44.955912 СКАНДИЙ	Ti 47.88 ТИТАН	V 50.9415 ВАНАДИЙ	Cr 51.9961 ХРОМ	Mn 54.938044 МАРГАНЕЦ	Fe 55.845 ЖЕЛЕЗО	Co 58.933195 КОБАЛЬТ	Ni 58.6934 НИКЕЛЬ									
	V	Cu 63.546 МЕДЬ	Zn 65.38 ЦИНК	Ga 69.723 ГАЛЛИЙ	Ge 72.61 ГЕРМАНИЙ	As 74.9216 АРСЕН	Se 78.96 СЕЛЕН	Br 79.904 БРОМ												
5	VI	Rb 85.4678 РУБИДИЙ	Sr 87.62 СТРОНЦИЙ	Y 88.905848 ИТРИЙ	Zr 91.224 ЦИРКОНИЙ	Nb 92.90638 НИОБИЙ	Mo 95.94 МОЛИБДЕН	Tc 98 ТЕХНЕЦИЙ	Ru 101.07 РУТЕНИЙ	Rh 102.90550 РОДИЙ	Pd 106.3676 ПАЛЛАДИЙ									
	VII	Ag 107.8682 СЕРЕБРО	Cd 112.411 КАДМИЙ	In 114.818 ИНДИЙ	Sn 118.710 ОЛОВО	Sb 121.760 СУРЬМА	Te 127.60 ТЕЛЛУР	I 126.90547 ИОД												
6	VIII	Cs 132.90545 ЦЕЗИЙ	Ba 137.327 БАРИЙ	*La 138.905 ЛАНТАН	Hf 178.49 ГАФНИЙ	Ta 180.9479 ТАНТАЛ	W 183.84 ВОЛЬФРАМ	Re 186.207 РЕНИЙ	Os 190.23 ОСМИЙ	Ir 192.222 ИРИДИЙ	Pt 195.084 ПЛАТИНА									
	IX	Au 196.966569 ЗОЛОТО	Hg 200.59 РУТЬ	Tl 204.3833 ТАЛЛИЙ	Pb 207.2 СВИНЕЦ	Bi 208.98038 ВИСМУТ	Po 209 ПОЛОНИЙ	At 210 АСТАТ												
7	X	Fr 223 ФРАНЦИЙ	Ra 226 РАДИЙ	**Ac 227 АКТИНИЙ	104 Rf 261 РЕБЕРФОРДИЙ	105 Db 262 ДУБИНИЙ	106 Sg 263 СВЕРГОВИЙ	107 Bh 264 БОРИЙ	108 Hs 265 ГАССИЙ	109 Mt 266 МЕТЕНЕРИЙ	110 Ds 267 ДАУМШТАДИЙ									
	XI	111 Rg 271 РЕНТГЕНИЙ	112	113	114	115	116	117												
ФОРМУЛА ВЫСШЕГО ОКСИДА		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄											
ФОРМУЛА ЛЕГУЧЕГО ВОДОРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR												



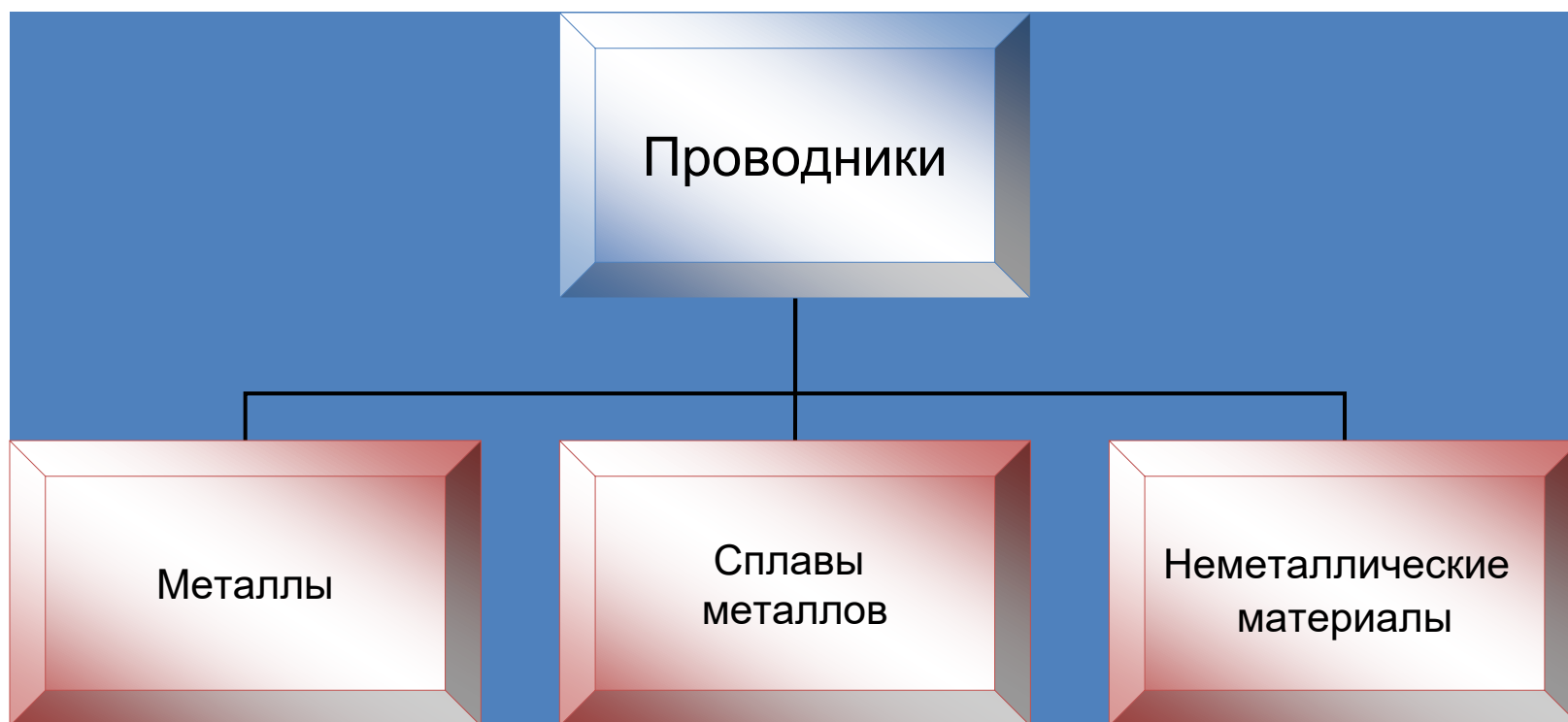
* ЛАНТАНОИДЫ													
58 Ce 140.12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140.90765 ПРАЗЕОДИМ	60 Nd 144.24 НЕОДИМ	61 Pm 145 ПРОМЕТИЙ	62 Sm 150.36 САМАРИЙ	63 Eu 151.964 ЕВРОПИЙ	64 Gd 157.25 ГАДОЛИНИЙ	65 Tb 158.92535 ТЕРБИЙ	66 Dy 162.50 ДИСПРОЗИЙ	67 Ho 164.93033 ГОЛЬМИЙ	68 Er 167.26 ЭРБИЙ	69 Tm 168.93002 ТУЛИЙ	70 Yb 173.04 ИТТЕРБИЙ	71 Lu 174.967 ЛЮТЕЦИЙ
** АКТИНОИДЫ													
90 Th 232.0377 ТОРИЙ	91 Pa 231.036888 ПРОТАКТИНИЙ	92 U 238.02891 УРАН	93 Np 237.048173 НЕПУНИЙ	94 Pu 244 ПУЛТОНИЙ	95 Am 243 АМЕРИЦИЙ	96 Cm 247 КУРИЙ	97 Bk 247 БЕРКЛИЙ	98 Cf 251 КАЛИФОРНИЙ	99 Es 252 ЭЙНШТЕЙНИЙ	100 Fm 257 ФЕРМИЙ	101 Md 258 МЕНДЕЛЕВИЙ	102 No 259 НОБЕЛИЙ	103 Lr 260 ЛОУРЕНСИЙ

Электротехнические материалы –

это материалы, имеющие специфические свойства по отношению к электрическому и магнитному полям



Проводники - это материалы, основным электрическим свойством которых является сильно выраженная по сравнению с другими ЭТМ электропроводность.



Проводники - металлы

- Металлы с высокой удельной электропроводностью – применяются для изготовления радиомонтажных проводов и кабелей и в качестве тонких пленок в ИС:
 - Cu ($\rho=0,017$ мкОмм); Al ($\rho=0,028$ мкОмм);
- Благородные металлы – главное свойство – высокая химическая стойкость:
 - Ag; Au; Pt - платина; Pd - палладий.
- Тугоплавкие металлы – температура плавления свыше 1700°C :
 - W – вольфрам; Mo - молибден; Cr – хром;
 - Re – рений.
- Металлы с выраженными магнитными свойствами - температура плавления около 1500°C :
 - Fe - железо; Ni - никель; Co - кобальт.

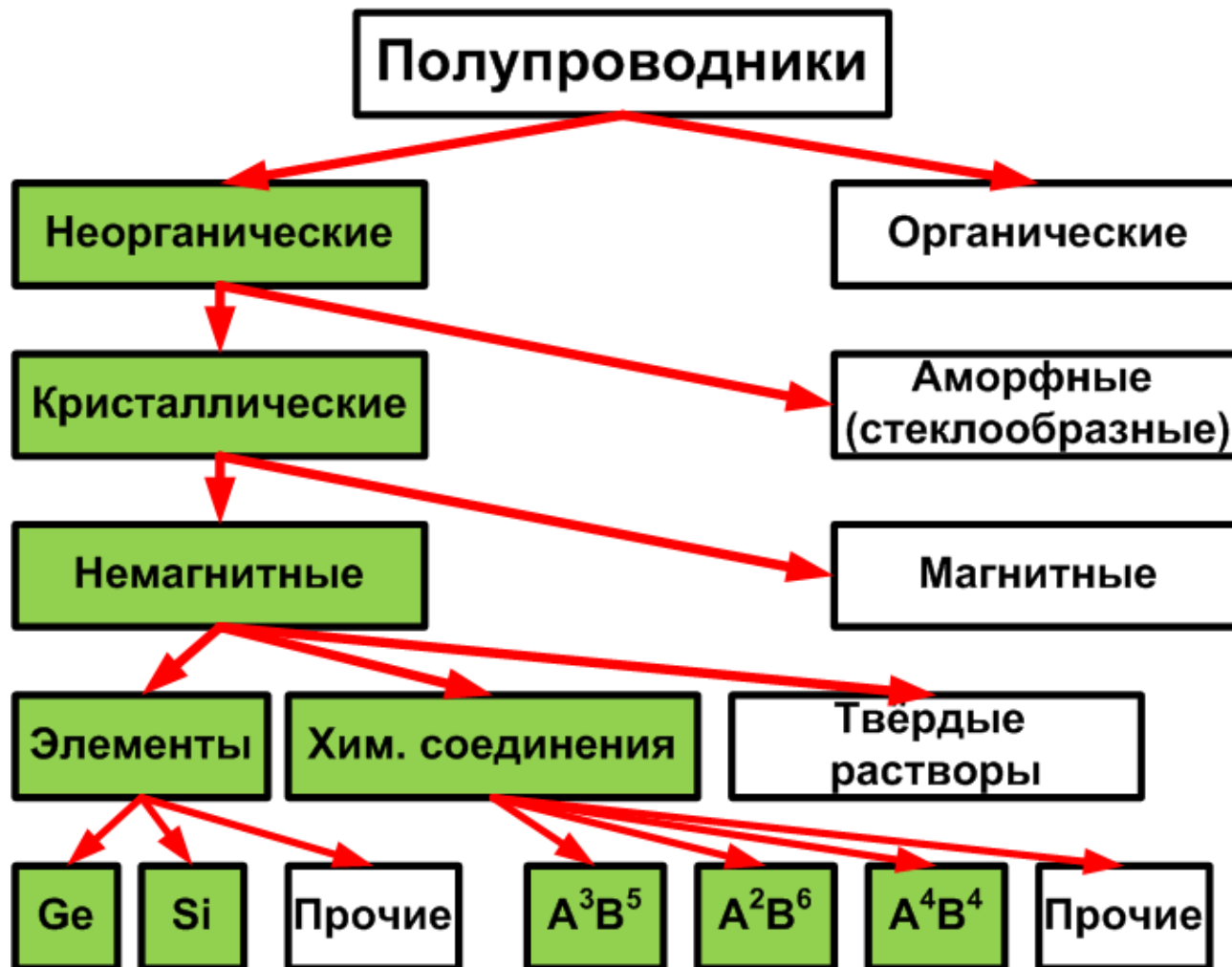
Проводники – сплавы металлов

- **Сплавы высокого сопротивления** – главное свойство – высокое удельное сопротивление более $\rho=0,4$ мкОмм. Применяются в резисторах и электронагревательных элементах :
 - Манганин (86% Cu; 12% Mn; 2% Ni);
 - Константан (60% Cr; 40% Ni).
- **Сверхпроводящие сплавы** – сплавы ниобия со свойствами сверхпроводимости:
 - Nb_3Sn ; Nb_3Ga ; Nb_3Ge .
- **Припои** – низкотемпературные сплавы:
 - **мягкие** – сплавы олова со свинцом с температурой плавления до $300^\circ C$ – **ПОС-10** – содержит 10% олова;
 - **твердые** – сплавы олова со свинцом с температурой плавления выше $300^\circ C$ –
 - **ПМЦ** – медно-цинковые;
 - **ПСз** – серебряные.

Проводники – неметаллические проводящие материалы

- **Углеродистые материалы** – главное свойство – малое удельное сопротивление, хорошая теплопроводность, химическая стойкость - графит.
- **Композиционные проводящие материалы** – механическая смесь проводящего наполнителя с диэлектрической связкой:
 - **контактолы** – токопроводящие клеи и краски;
 - **керметы** – для изготовления тонкопленочных резисторов (**Cr-SiO**).
- **Проводящие материалы на основе окислов** – для изготовления контактных и резистивных слоев – **SnO₂**;
In₂O₃.

Полупроводниковые материалы – материалы, способные сильно изменять свои свойства под влиянием внешних энергетических воздействий.



Чистые собственные полупроводники

Главной особенностью полупроводниковых материалов является сильная зависимость их свойств от

- температуры и
- вносимых примесей.

Беспримесные классические полупроводники – кремний Si и германий Ge.

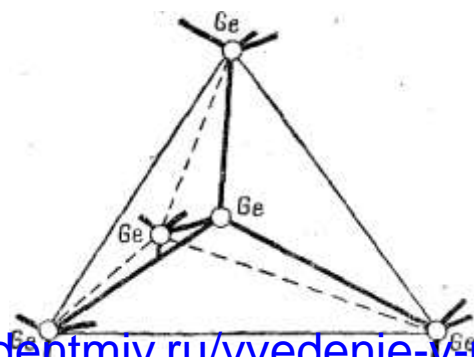
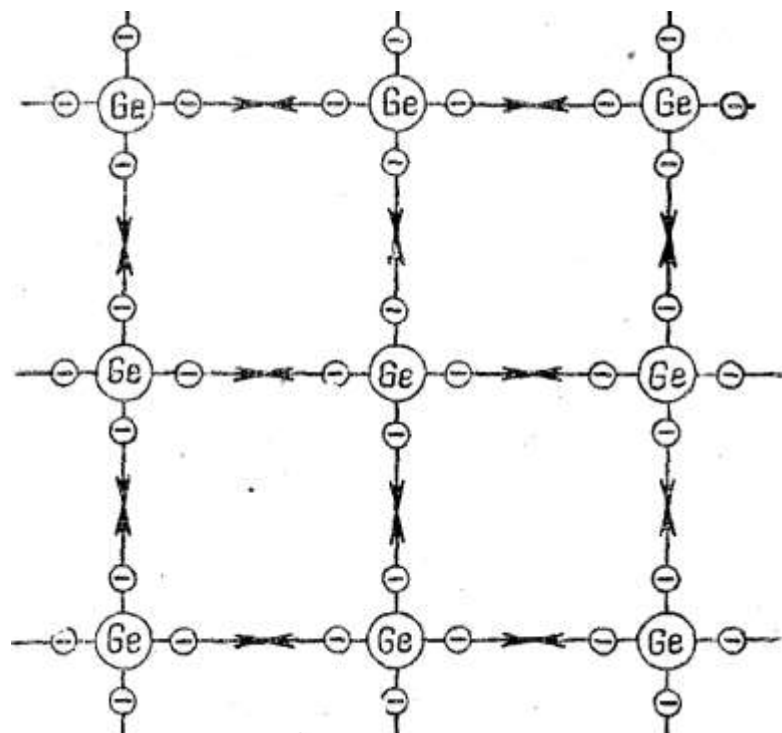
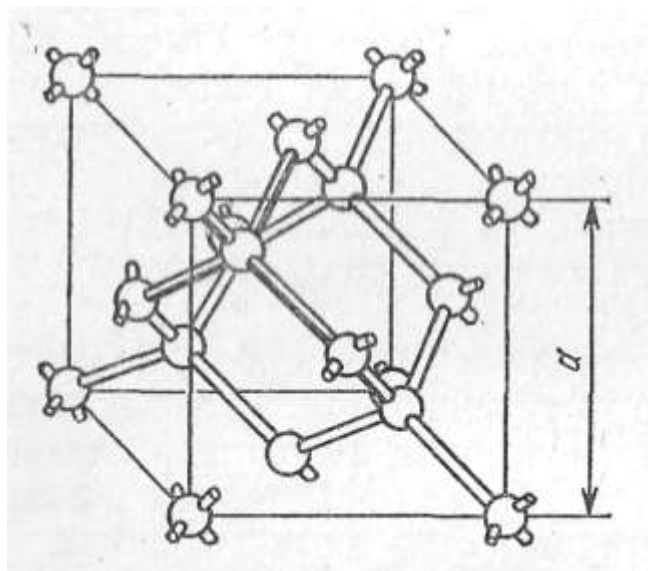
Si: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^2$ ($\Delta W_3=1,12$ эВ) - 32 электрона

Ge: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^2$ ($\Delta W_3=0,67$ эВ) – 14 электронов

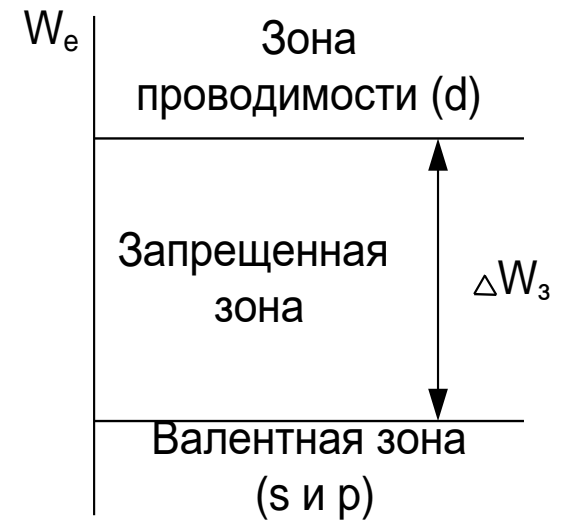
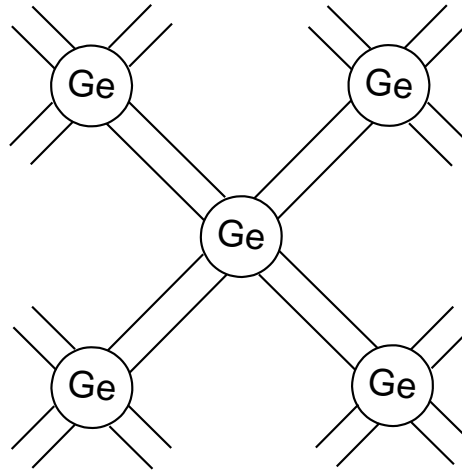
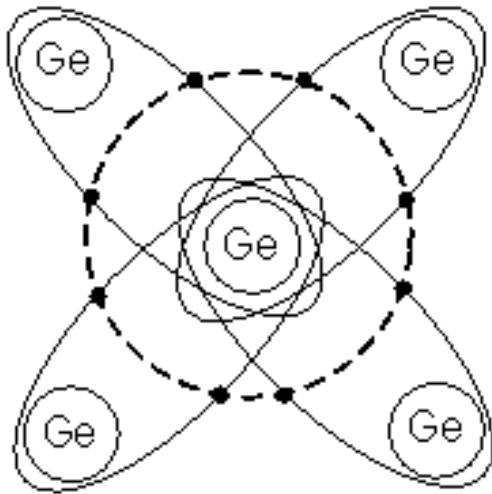
Классические полупроводники

Параметр	Si	Ge
Атомный вес	28,08	72,60
Постоянная решетки	5,42	5,66
Плотность, $г/см^3$	2,33	5,32
Температура плавления, $^{\circ}C$	1420	936
Собственная концентрация носителей, $см^{-3}$	10^{10}	$2 \cdot 10^{13}$
Собственная проводимость, $(Ом \cdot см)^{-1}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Энергия запрещенной зоны, эВ	1,12	0,72
Подвижность электронов, $см^2/в \cdot сек$	1400	3900
Подвижность дырок, $см^2/в \cdot сек$	500	1900
Диэлектрическая проницаемость	12,5	16

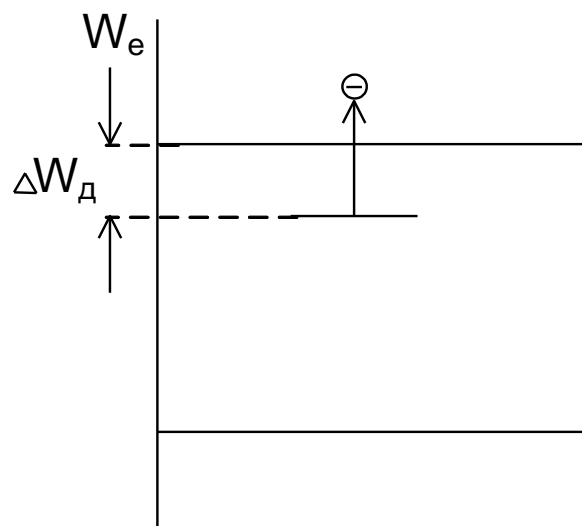
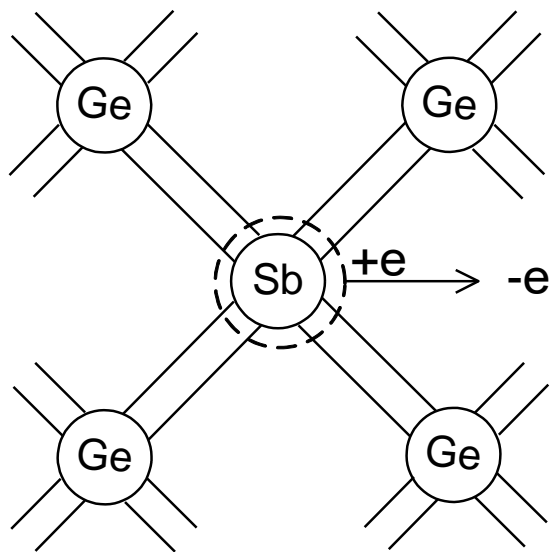
Кристаллическая решетка кремния и германия имеет тетраэдрическую структуру



Собственный полупроводник при $T=0$



Донорный полупроводник при $T > 0$: ионизация атома примеси n-тип



Для кремния

$\Delta W_{\text{д}}$ [эВ]

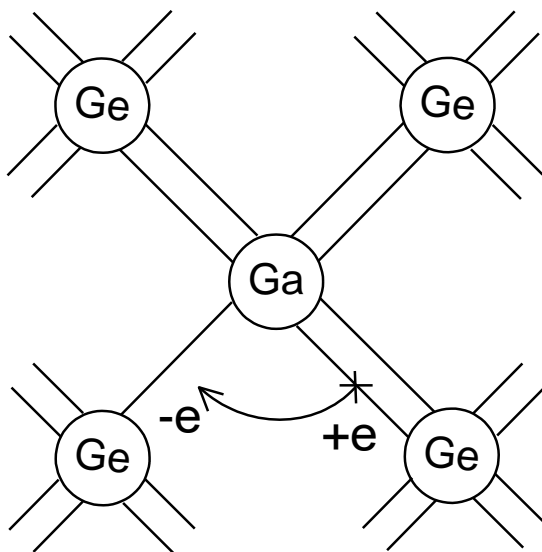
As	Sb	P
0,049	0,039	0,044

Для германия

$\Delta W_{\text{д}}$ [эВ]

Sb
0,0096

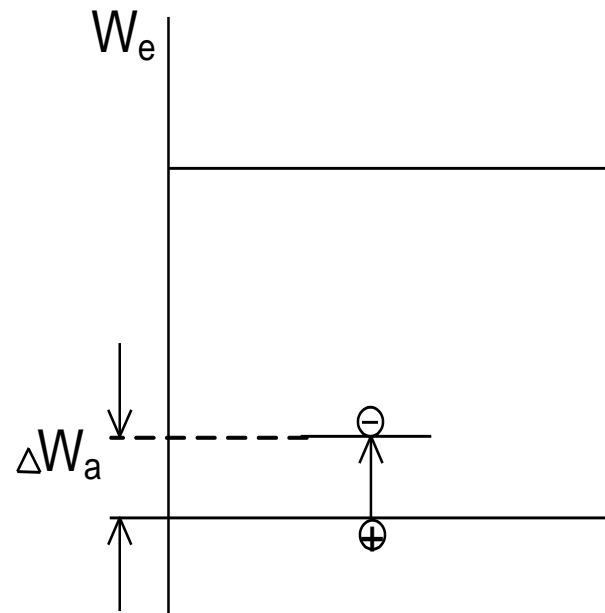
Акцепторный полупроводник при $T > 0$: ионизация атома примеси **p-тип**



Для кремния

ΔW_a [эВ]

Al	B
0,057	0,045



Для германия

ΔW_a [эВ]

Ga	In
0,011	