

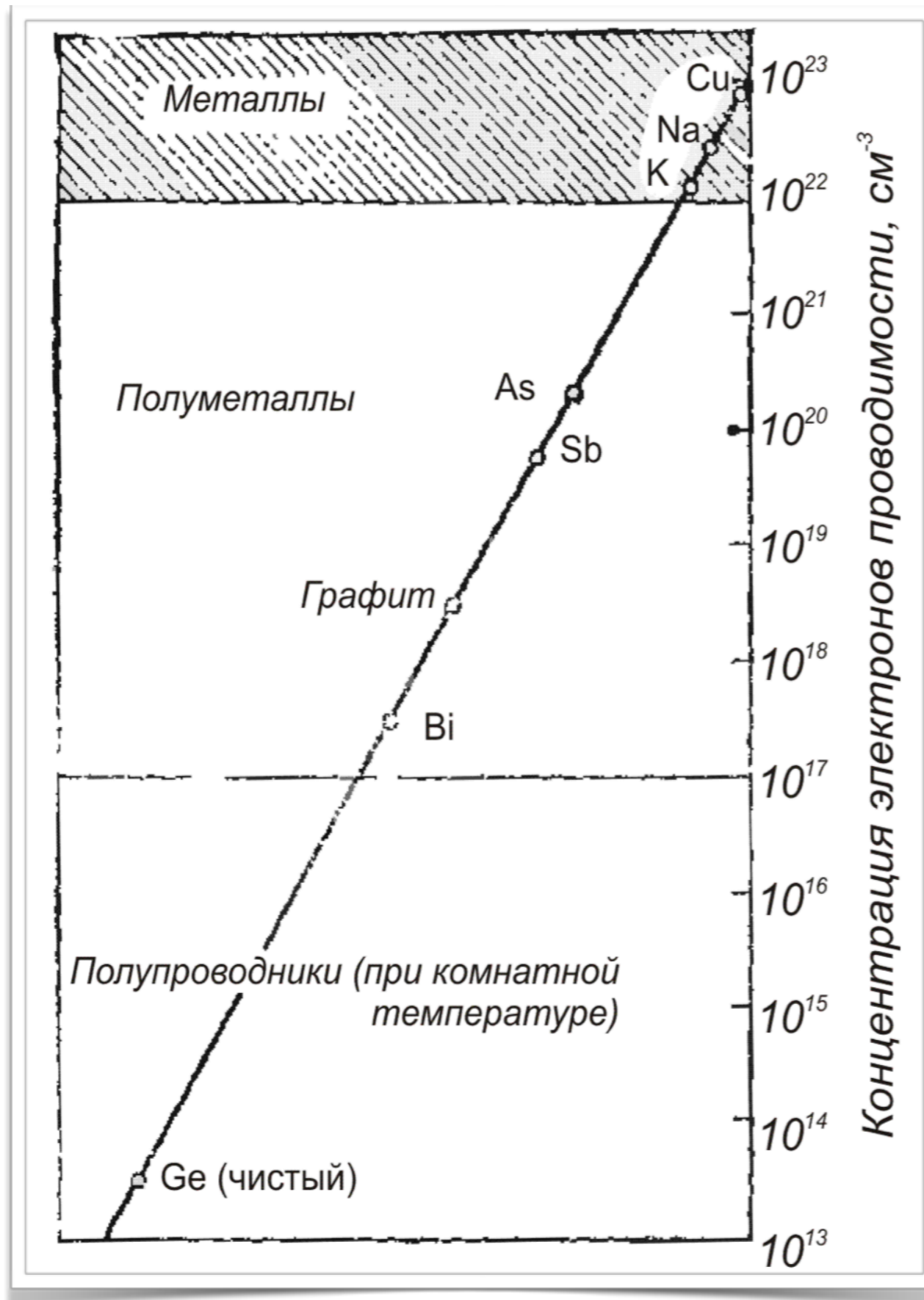
# Полупроводниковый фотоэлектрический материал

# Агенда

1. Полупроводники vs другие материалы
2. О проводимости

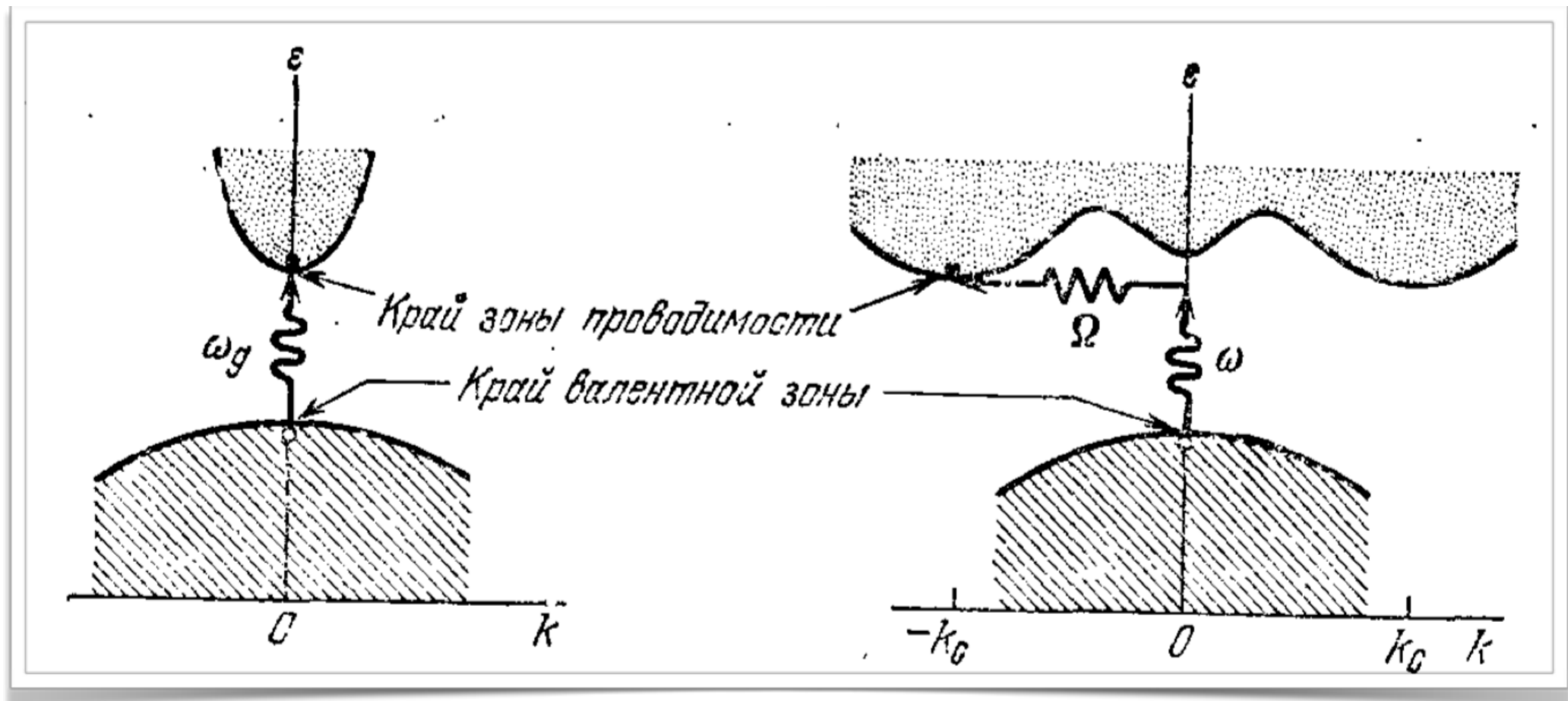
# Полупроводники vs другие материалы



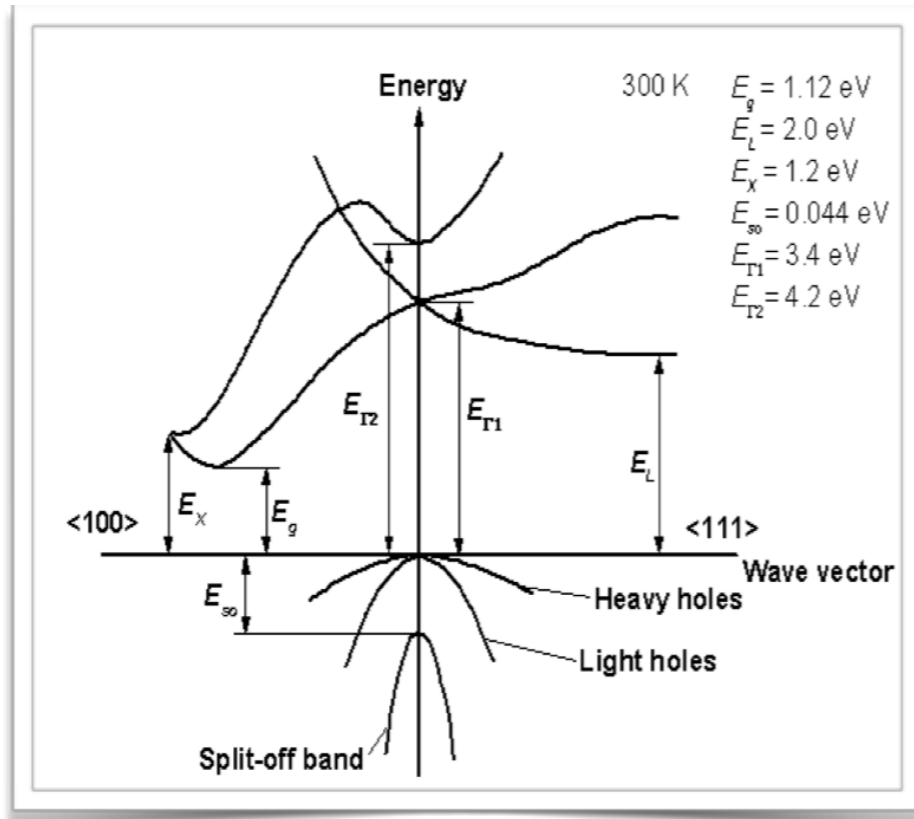


I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
<b>H</b> 1 0.78 2.1															2 <b>He</b> 1.28		
<b>Li</b> 3 1.52 1.0	<b>Be</b> 4 1.13 1.5	5 <b>B</b> 1.31 2.0	6 <b>C</b> 0.77* 2.5	7 <b>N</b> 0.71 3.0	8 <b>O</b> 0.66* 3.5	9 <b>F</b> 0.58* 4.0											10 <b>Ne</b>
<b>Na</b> 11 1.54 0.9	<b>Mg</b> 12 1.60 1.2	13 <b>Al</b> 1.43 1.5	14 <b>Si</b> 1.17 1.8	15 <b>P</b> 1.15 2.1	16 <b>S</b> 1.04* 2.5	17 <b>Cl</b> 0.99* 3.0											18 <b>Ar</b> 1.74
<b>K</b> 19 2.27 0.8	<b>Ca</b> 20 1.97 1.0	<b>Sc</b> 21 1.61 1.3	<b>Ti</b> 22 1.45 1.5	<b>V</b> 23 1.32 1.6	<b>Cr</b> 24 1.25 1.6	<b>Mn</b> 25 1.24 1.5	<b>Fe</b> 26 1.24 1.8	<b>Co</b> 27 1.25 1.8	<b>Ni</b> 28 1.25 1.8								
29 <b>Cu</b> 1.28 1.9	30 <b>Zn</b> 1.33 1.6	31 <b>Ga</b> 1.22 1.6	32 <b>Ge</b> 1.22 1.8	33 <b>As</b> 1.25 2.0	34 <b>Se</b> 1.17* 2.4	35 <b>Br</b> 1.14* 2.8											36 <b>Kr</b> 1.89*
<b>Rb</b> 37 2.47 0.8	<b>Sr</b> 38 2.15 1.0	<b>Y</b> 39 1.81 1.2	<b>Zr</b> 40 1.60 1.4	<b>Nb</b> 41 1.43 1.6	<b>Mo</b> 42 1.36 1.8	<b>Tc</b> 43 1.36 1.9	<b>Ru</b> 44 1.34 2.2	<b>Rh</b> 45 1.34 2.2	<b>Pd</b> 46 1.38 2.2								
47 <b>Ag</b> 1.44 1.9	48 <b>Cd</b> 1.49 1.7	49 <b>In</b> 1.63 1.7	50 <b>Sn</b> 1.40 1.8	51 <b>Sb</b> 1.82 1.9	52 <b>Te</b> 1.43 2.1	53 <b>I</b> 1.33* 2.5											54 <b>Xe</b> 2.18 2.6
<b>Cs</b> 55 2.65 0.7	<b>Ba</b> 56 2.17 0.9	<b>La</b> 57 1.88 1.1	<b>Hf</b> 72 1.56 1.3	<b>Ta</b> 73 1.43 1.5	<b>W</b> 74 1.37 1.7	<b>Re</b> 75 1.37 1.9	<b>Os</b> 76 1.35 2.2	<b>Ir</b> 77 1.36 2.2	<b>Pt</b> 78 1.38 2.2								
79 <b>Au</b> 1.44 2.4	80 <b>Hg</b> 1.60 1.9	81 <b>Tl</b> 1.70 1.8	82 <b>Pb</b> 1.75 1.8	83 <b>Bi</b> 1.55 1.9	84 <b>Po</b> 1.67 2.0	85 <b>At</b> 2.2											86 <b>Rn</b>
<b>Fr</b> 87 2.7 0.7	<b>Ra</b> 88 2.23 0.9	<b>Ac</b> 89 1.88 1.1	<b>Ku</b> 104														

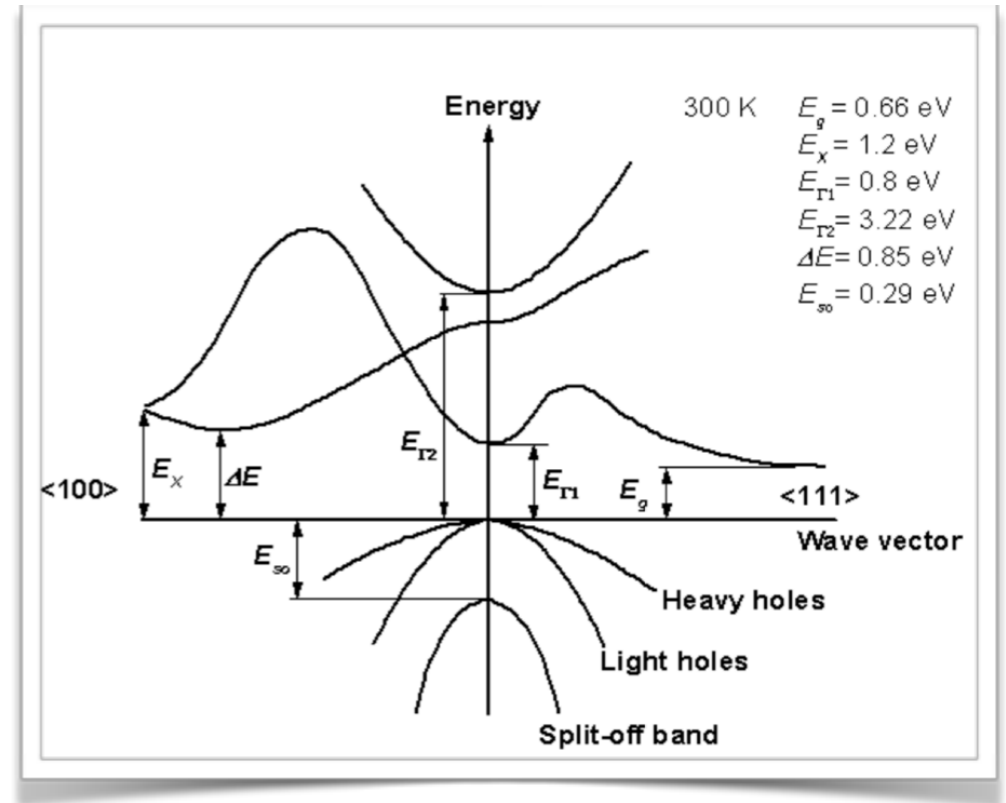
+ соединения



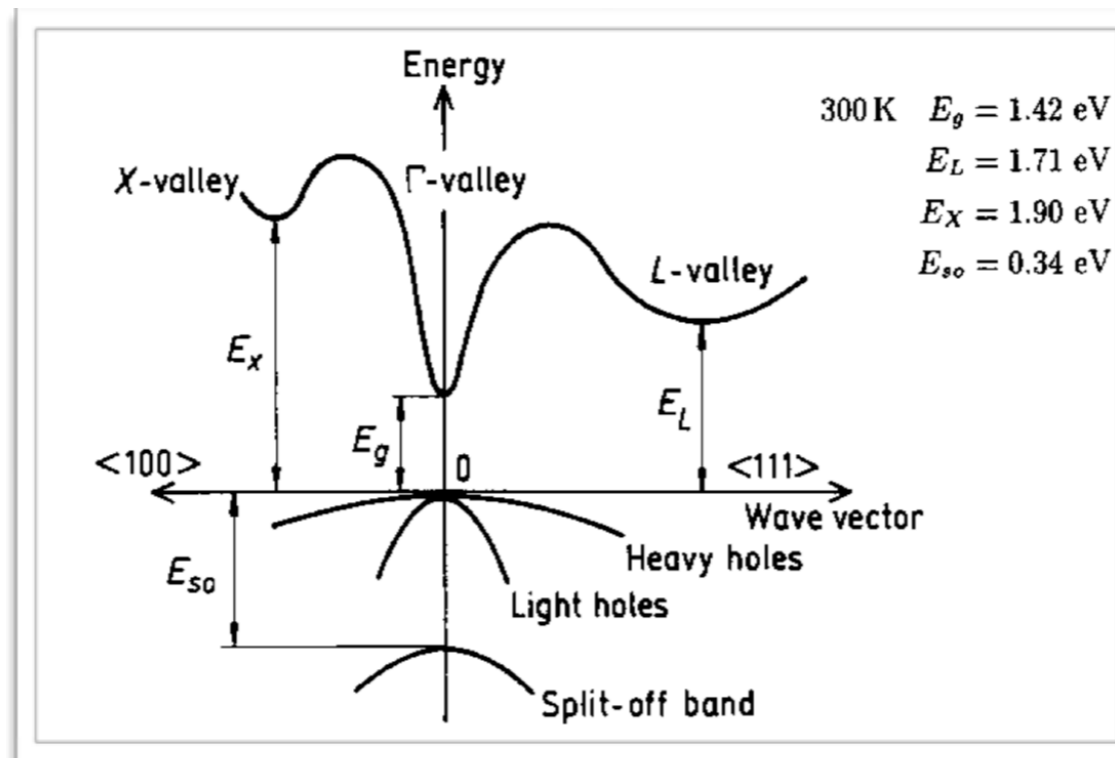
Максимумы и минимумы сложной функции зон



Si



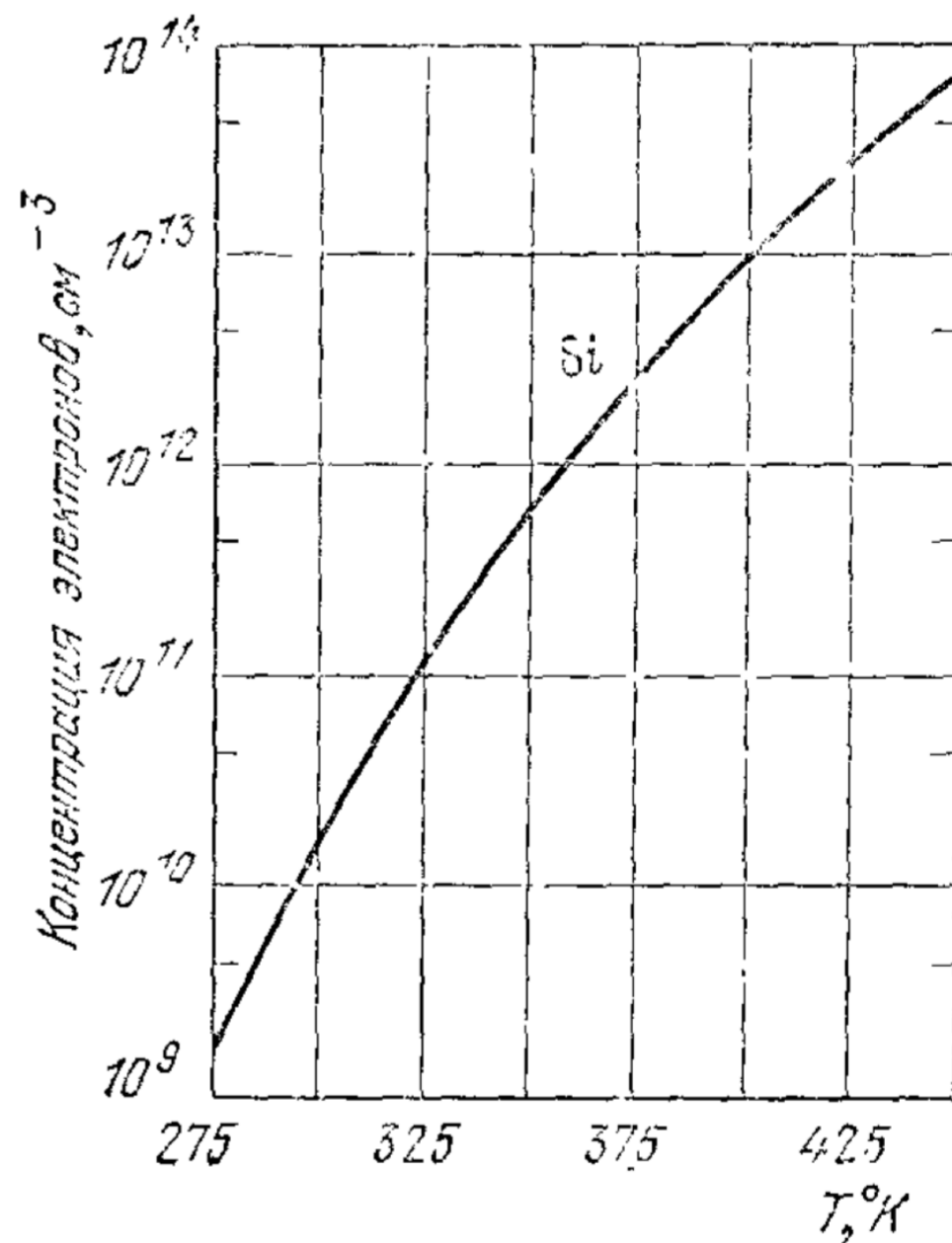
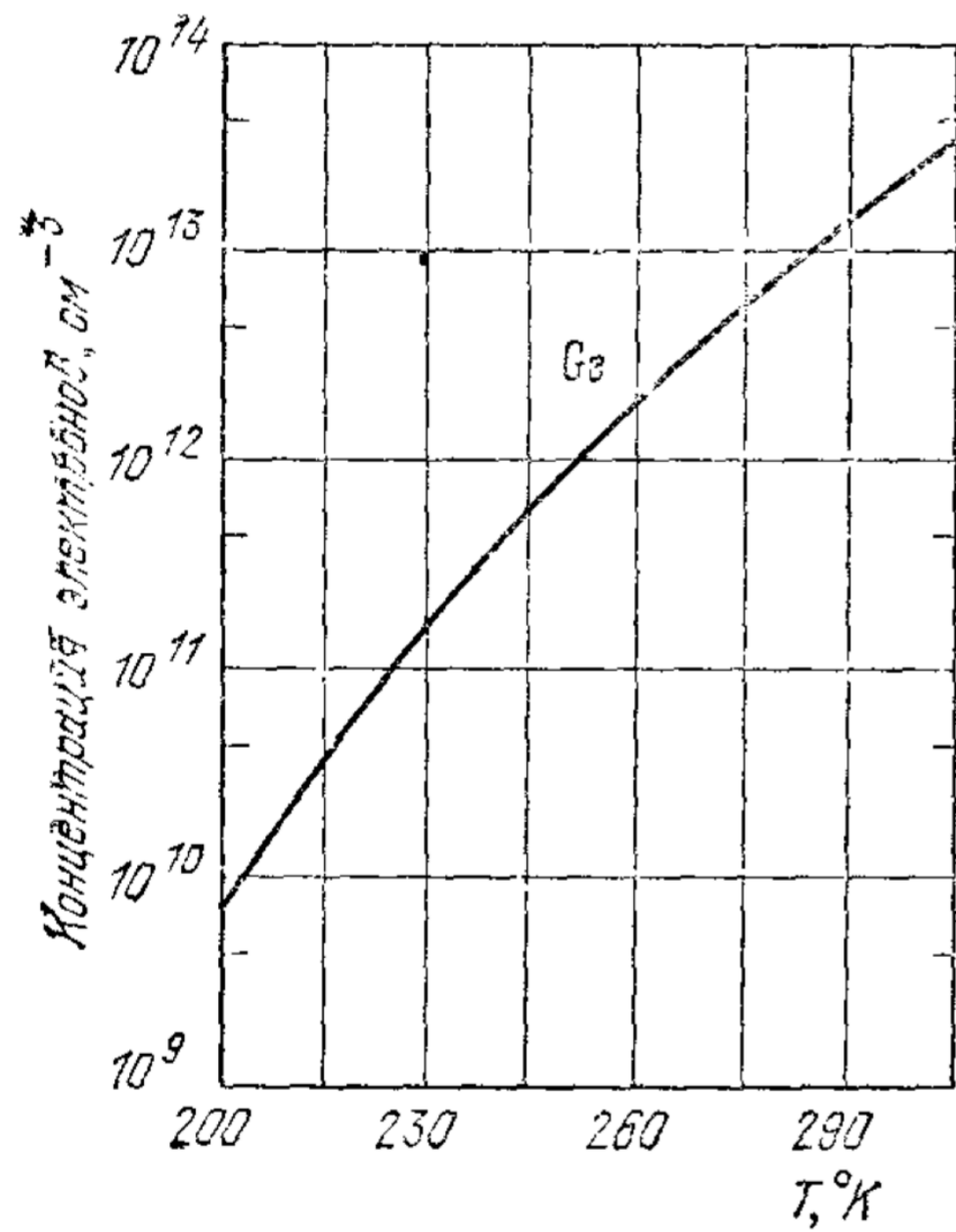
Ge



GaAs

$$p \propto e^{-\frac{\Delta}{kT}} \quad \Delta < 3eV$$

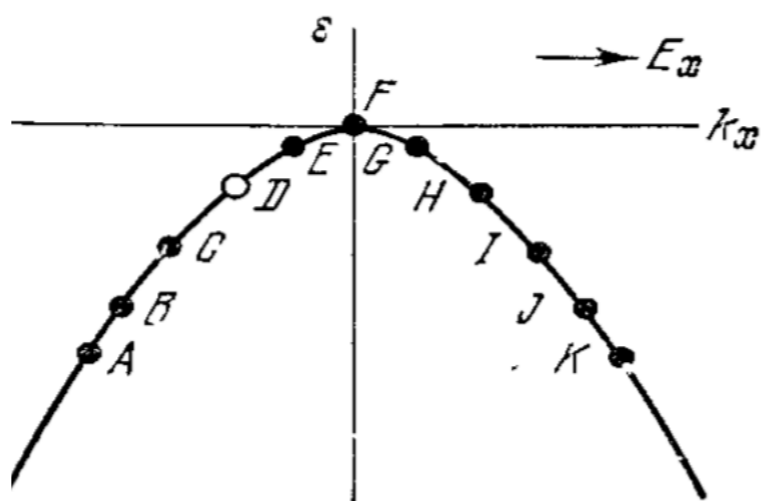
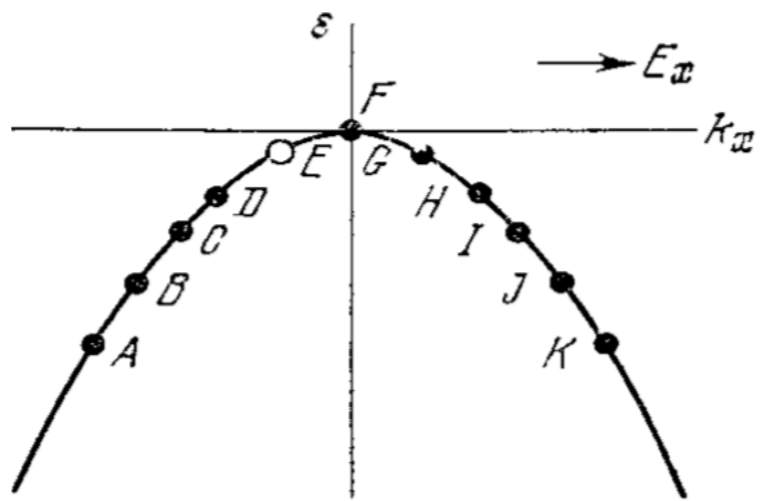
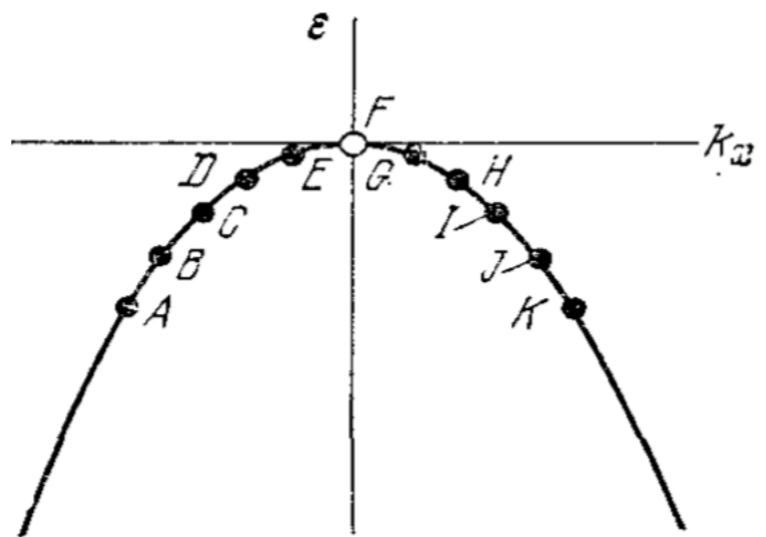
Вероятность перехода электрона в зону  
проводимости

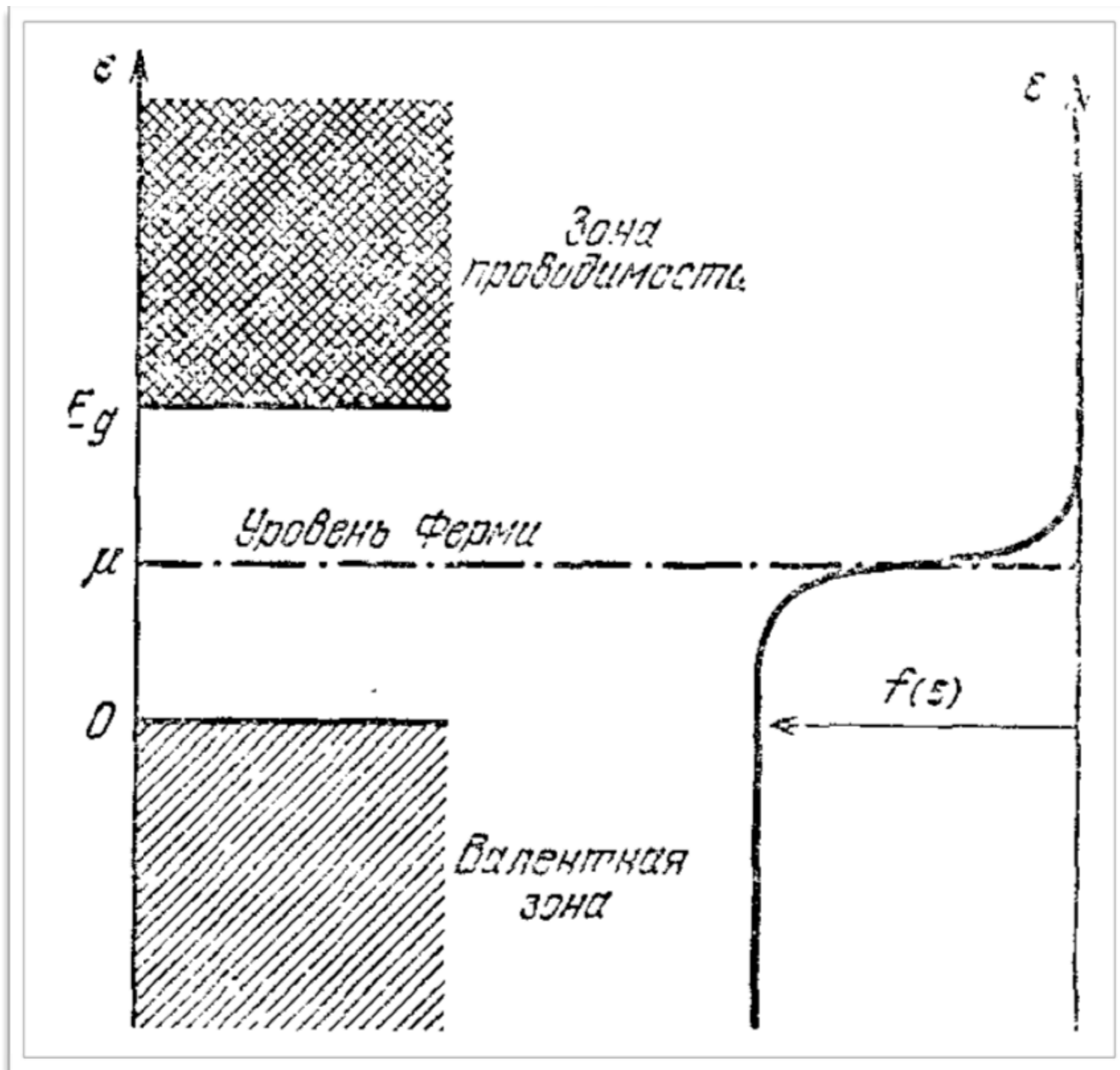


Кристалл	Тип запрещ. зоны	$E_g$ , эВ		Кристалл	Тип запрещ. зоны	$E_g$ , эВ	
		0 °К	300 °К			0 °К	300 °К
алмаз	<i>i</i>	5.4		PbS	<i>d</i>	0.29	0.34...0.37
Si	<i>i</i>	1.17	1.14	PbSe	<i>d</i>	0.17	0.27
Ge	<i>i</i>	0.74	0.67	PbTe	<i>d</i>	0.19	0.30
$\alpha$ -Sn	<i>d</i> , нулевая ширина	0	0	CdS	<i>d</i>	2.58	2.42
InSb	<i>d</i>	0.23	0.18	CdSe	<i>d</i>	1.84	1.74
InAs	<i>d</i>	0.36	0.35	ZnO		3.44	3.2
InP	<i>d</i>	1.29	1.35	ZnS		3.91	3.6
GaP	<i>i</i>	2.32	2.26	SnTe	<i>d</i>	0.3	0.18
GaAs	<i>d</i>	1.52	1.43	AgCl			3.2
GaSb	<i>d</i>	0.81	0.78	AgI			2.8
AlSb	<i>i</i>	1.65	1.52	Cu <sub>2</sub> O		2.17	
SiC (hex)		3.0		TiO <sub>2</sub>		3.03	
Te	<i>d</i>	0.33		ZnSb		0.53	0.56

# О проводимости







$$n_e = 2 \left( \frac{m_e kT}{2\pi \hbar^2} \right)^{3/2} e^{-\frac{(E_g - \mu)}{kT}}$$

$$n_p = 2 \left( \frac{m_p kT}{2\pi \hbar^2} \right)^{3/2} e^{-\frac{\mu}{kT}}$$

Концентрация собственных носителей  
заряда

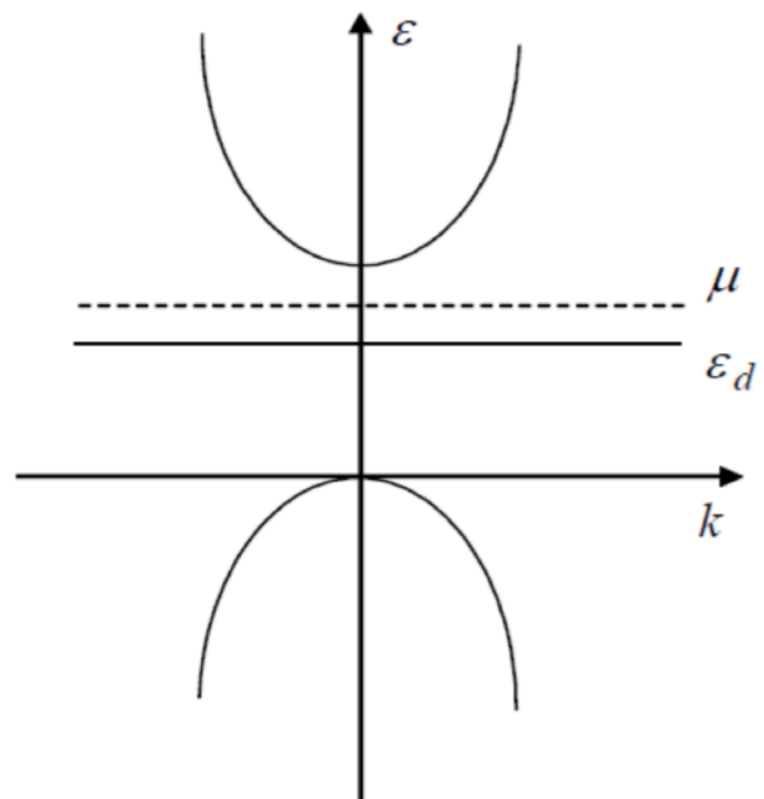
$$n_e n_p = 4 \left( \frac{kT}{2\pi\hbar^2} \right)^3 \sqrt{m_e m_p} e^{-\frac{E_g}{kT}}$$

Закон действующий масс  
(и с примесями)

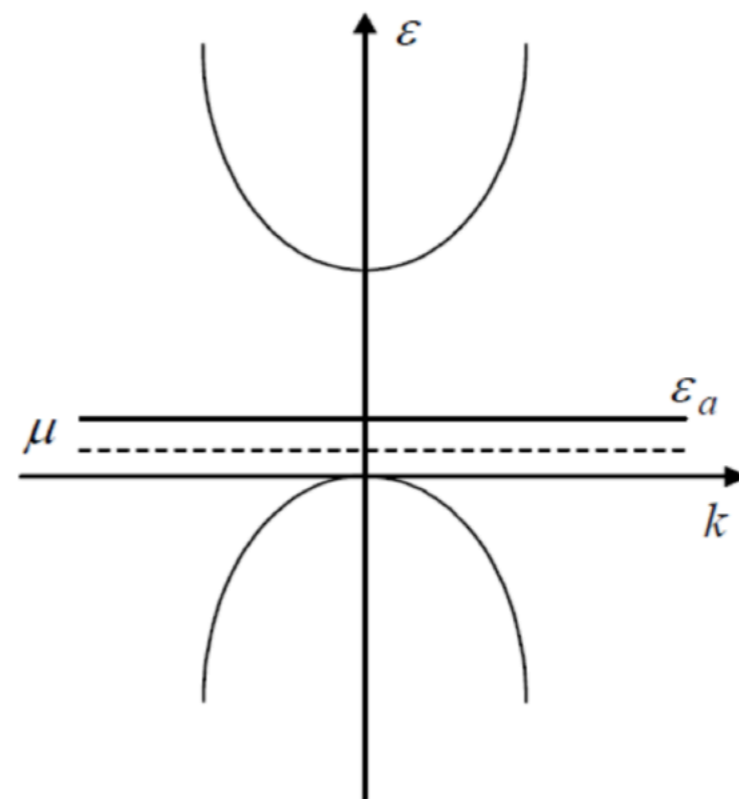
$$\sigma = n_e \mu_e e + n_p \mu_p p$$

Собственная проводимость



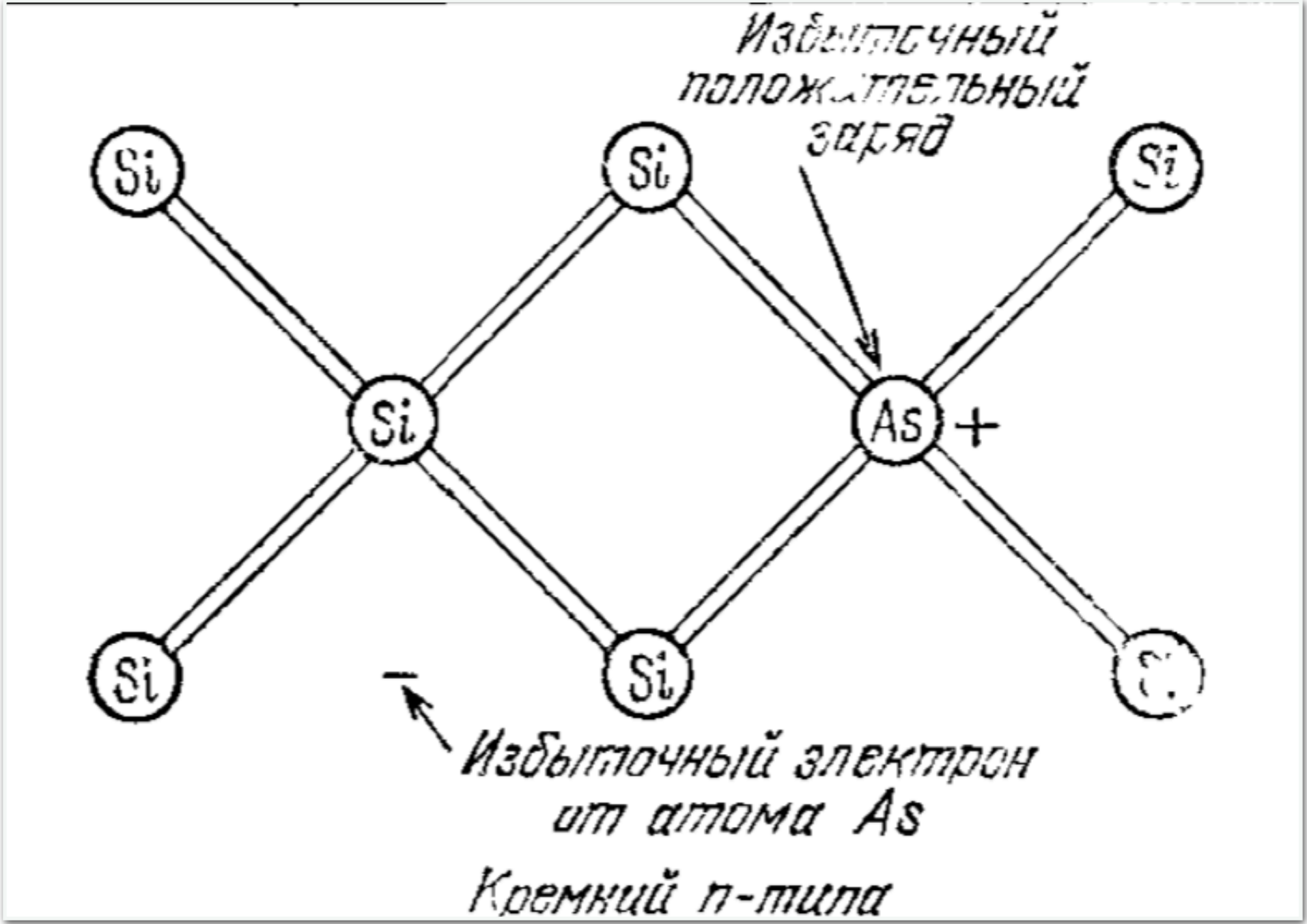


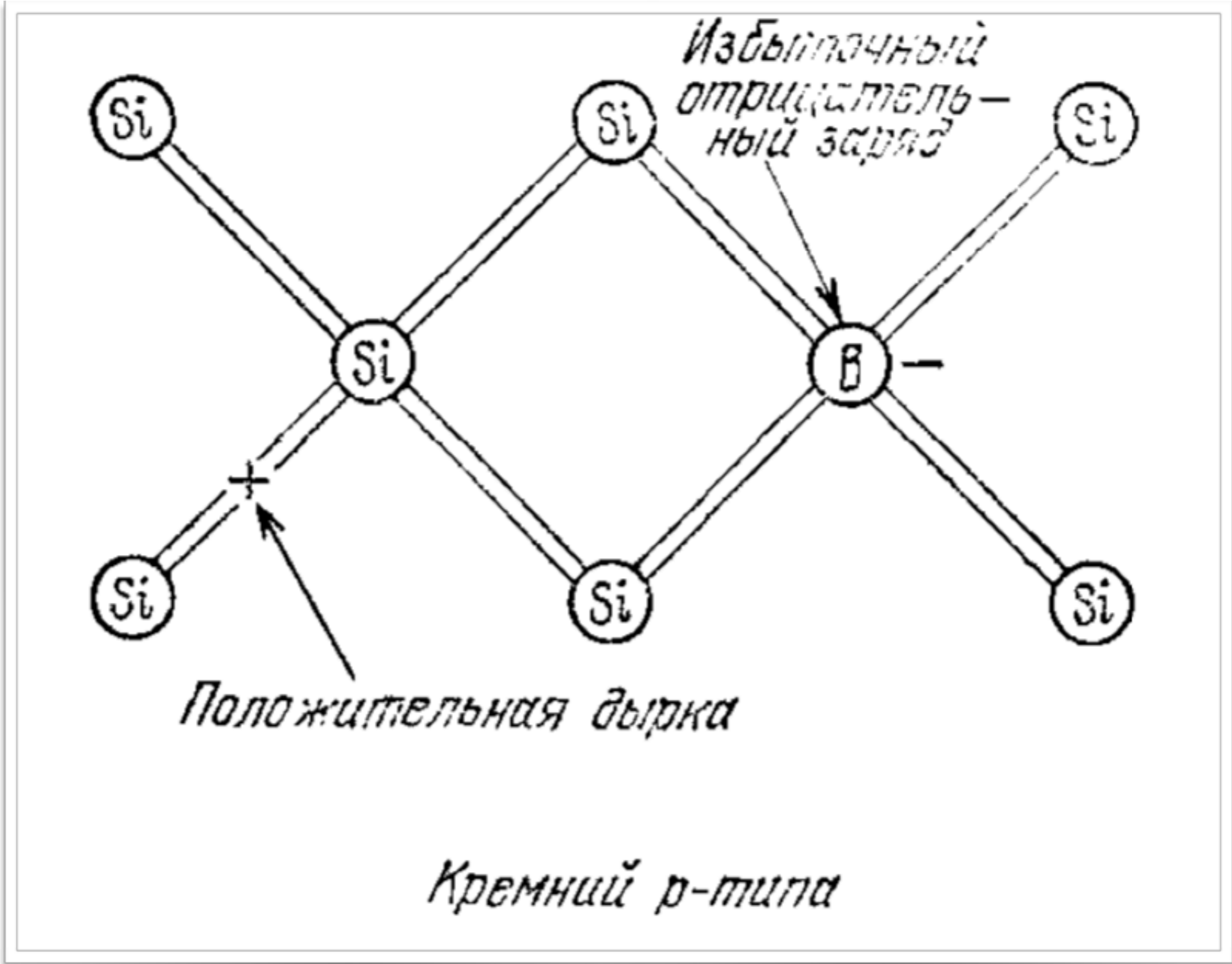
n-типа

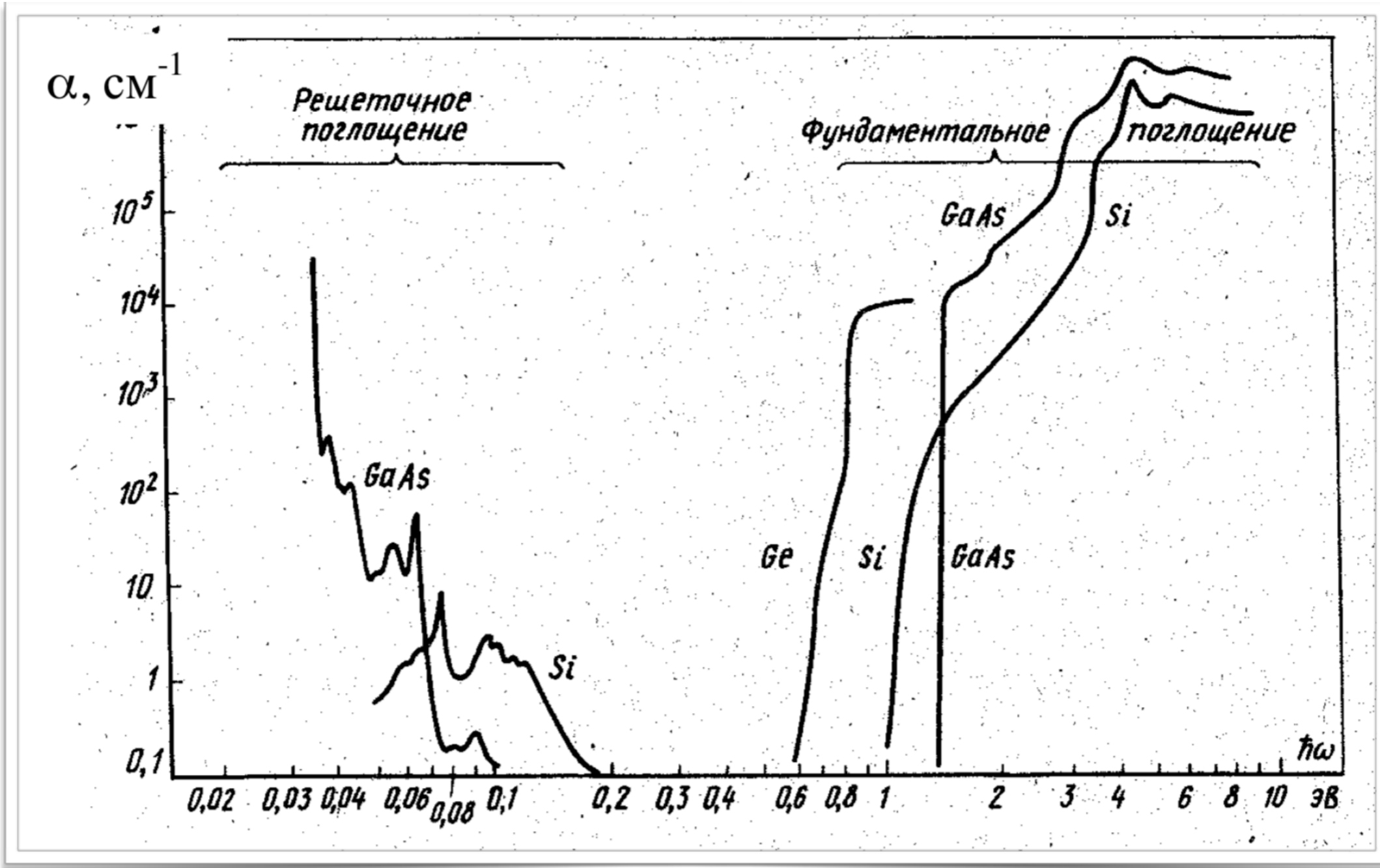


p-типа









GLOBAL EDITION

Kittel's  
**INTRODUCTION TO**  
SOLID STATE  
PHYSICS

CHARLES KITTEL

WILEY

**WeChat**

