

Materiale electrotehnice

II Conductia electrica

4. Conductia electrica a semiconductorilor

Materiale electrotehnice
Facultatea de Energetica, 2009-2010, anul III ISE

Prof.dr.ing.Florin Ciuprina

Structura disciplinei

Capitolul	Conținutul
I Proprietăți generale ale cristalelor	
1	Cristale și proprietăți Stari ale cristalelor Rezistență la căldură Defecte ale rețelelor cristaline
2	Electroni în cristale Model de clasic și quantic al electronului. Banda de energie asociată corpului cristalin. Clasificarea materialelor în conductori, semiconducторi și izolatori.
II Conductia electrica	
3	Conductia electrica a metalelor. Conductia electrica la temperaturi uzuale Supraconductibilitatea electrică
4	Conductia electrica a semiconducatorilor Mecanisme de conductie Expresiile conductivității întrinsece și extrinsece
5	Conductia electrica a izolatorilor solidi Conductia în campuri slabă (Conductia electronică, Conducția ionică), Conductia în campuri intense (Strângerea izolatorilor solizi)
III Proprietăți dielectrice	
6	Polarizarea electrică Tipuri de polarizare Polarizarea în campuri amonice. Pierderi în dielectrici.
IV Proprietăți magnetice	
7	Tipuri de magnetism

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Conductia electrica a semiconductorilor

$\sigma = 10^{-6} - 10^5 \text{ S/m}$

The diagram shows three cross-sectional views of semiconductor layers.
 1. **Intrinsic Semiconductor:** A central layer of thickness b_i has carrier concentrations n_i and p_i on either side. The total thickness is b_t .
 2. **n-type Semiconductor:** The central layer has carrier concentration n_i , and the outer layers have carrier concentration n_d . The total thickness is b_t .
 3. **p-type Semiconductor:** The central layer has carrier concentration p_i , and the outer layers have carrier concentration p_d . The total thickness is b_t .

Below the diagrams:

- semiconductor intrinsc:** $w_i = 10^{-2} - 10^{-1} \text{ eV}$
- tip n:** $n_i = 10^{10} - 10^{12} \text{ cm}^{-3}$
- semiconductor extrinseci:** $w_i = 0.5 - 1.5 \text{ eV}$
- tip p:** $p_i = 10^{10} - 10^{12} \text{ cm}^{-3}$

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Conductia electrica a semiconducitorilor

4. Conductia electrica a semiconducatorilor
- 4.1 Conductia semiconducatorilor intrinseci
 - 4.2 Conductia semiconducatorilor extrinseci
 - 4.3 Dependența conductivitatii semiconducatorilor de temperatura
 - 4.4 Jonctiunea p-n
 - 4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetică, anul III ISE

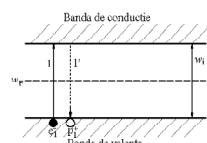
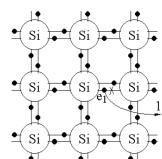
Conductia electrica a semiconducatorilor

4. Conductia electrica a semiconducatorilor
- 4.1 Conductia semiconducatorilor intrinseci
 - 4.2 Conductia semiconducatorilor extrinseci
 - 4.3 Dependența conductivitatii semiconducatorilor de temperatura
 - 4.4 Jonctiunea p-n
 - 4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetică, anul III ISE

Conductia electrica a semiconducatorilor

4.1 Conductia semiconducatorilor intrinseci



$$\sigma_i = \sigma_n + \sigma_p = N_n \tau_0^2 \left(\frac{\tau_n}{m_n^*} + \frac{\tau_p}{m_p^*} \right)$$

$$\sigma_i = C_i e^{-w_i/(2kT)}$$

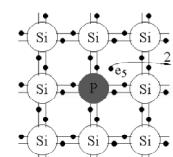
Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetică, anul III ISE

4. Conductia electrica a semiconductorilor

- 4.1 Conductia semiconductoarelor intrinseci
 - 4.2 Conductia semiconductoarelor extrinseci
 - 4.3 Dependenta conductivitatii semiconductoarelor de temperatura
 - 4.4 Jonctiunea p-n
 - 4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

4.2 Conductia semiconductorilor extrinseci de tip *n*

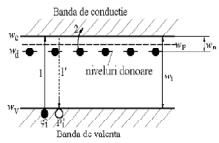


$$\sigma_{en} = \frac{N_{en} q_n^2 \tau_n}{m_n^*}$$

$$\sigma_{\text{op}} \equiv C_{\text{op}} e^{-w_n/(2kT)}$$

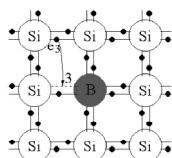
$$\sigma_n = \sigma_i + \sigma_{en} = C_i e^{-w_i/(2kT)} + C_{en} e^{-w_n/(2kT)}$$

Semiconductor de bază	w_n [eV]		
	P	As	Sb
Ge	0,012	0,0127	0,0096
Si	0,044	0,049	0,039



Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III / SE

4.2 Conductia semiconducatorilor extrinseci de tip *p*

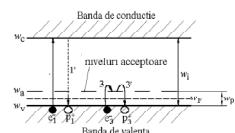


$$\sigma_{ep} = \frac{N_{ep} q_p^2 \tau_p}{m_p^*}$$

$$\sigma_{ep} = c_{ep} e^{-\frac{w_p}{2kT}}$$

$$\sigma_p = \sigma_i + \sigma_{ep} = c_i e^{-\frac{w_i}{2kT}} + c_{ep} e^{-\frac{w_p}{2kT}}$$

Semiconductor de bază	w_p [eV]			
	B	Al	Ga	In
Ge	0,0104	0,0102	0,0108	0,0112
Cu	0,015	0,055	0,065	0,10



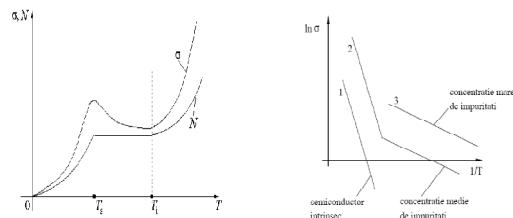
Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

4. Conductia electrica a semiconducatorilor

- 4.1 Conductia semiconducatorilor intrinseci
- 4.2 Conductia semiconducatorilor extrinseci
- 4.3 Dependența conductivitatii semiconducatorilor de temperatura
- 4.4 Jonctiunea p-n
- 4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

4.3 Dependența conductivitatii semiconducatorilor de temperatura



Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

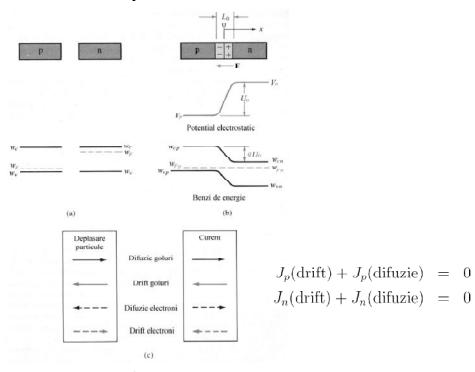
4. Conductia electrica a semiconducatorilor

- 4.1 Conductia semiconducatorilor intrinseci
- 4.2 Conductia semiconducatorilor extrinseci
- 4.3 Dependența conductivitatii semiconducatorilor de temperatura
- 4.4 Jonctiunea p-n
- 4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

4.4 Jonctiunea p-n

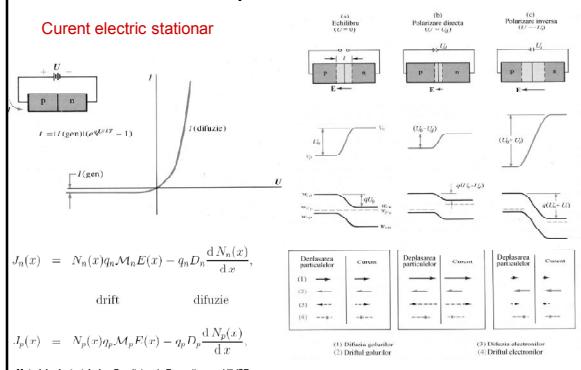
Echilibru



Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

4.4 Jonctiunea p-n

Current electric stationar



Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

4. Conductia electrica a semiconductorilor

4.1 Conductia semiconducatorilor intrinseci

4.2 Conductia semiconducatorilor extrinseci

4.3 Dependenta conductivitatii semiconducatorilor de temperatura

4.4 Ionization energy

4.5 Aplicații ale materialelor semiconductoare

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Conductia electrica a semiconductorilor

4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Siliciu (Si)

- cristalizeaza in retea de tip diamant
- utilizari:
 - circuite integrate
 - diode
 - tiristoare
 - tranzistoare
 - baterii solare
 - traductor Hall

Caracteristica	Si
Permitivitatea relativa	11
Rezistivitatea intrinseca la 300 K [Ωm]	$(2,5\text{-}3) \cdot 10^3$
Largimea benzii interzise Fermi la 300 K [eV]	1,105
Mobilitatea electronilor la 300 K [$\text{m}^2/(\text{Vs})$]	0,145
Mobilitatea golorilor la 300 K [$\text{m}^2/(\text{Vs})$]	0,048

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Conductia electrica a semiconductorilor

4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Germaniu (Ge)

- cristalizeaza in retea de tip diamant
- utilizari:
 - diode tunnel
 - tranzistoare
 - detectoare de radiati
 - traductor Hall
 - termometre pentru temperaturi joase

Caracteristica	Ge
Permitivitatea relativa	16
Rezistivitatea intrinseca la 300 K [Ωm]	0,47
Largimea benzii interzise Fermi la 300 K [eV]	0,665
Mobilitatea electronilor la 300 K [$\text{m}^2/(\text{Vs})$]	0,39
Mobilitatea golorilor la 300 K [$\text{m}^2/(\text{Vs})$]	0,19

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Conductia electrica a semiconductorilor

4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoare

Seleniu (Se)

- prezinta o mare varietate de stari alotropice: sticlos, amorf, cristalin
- utilizari: fotoelemente, redresoare etc.

Carbara de siliciu (SiC)

- prezinta o mare varietate de politipuri cristaline
- utilizari: varistor si dispozitive de mare putere, rezistente la radiații, care lucrează la frecvențe și temperaturi mari

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Conductia electrica a semiconductoilor

4.5 Aplicatii ale materialelor semiconductoareCompusi semiconductori A^{II} - B^{IV}

- ZnS, ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe
- utilizari: fotorezistoare, generatoare Hall, traductoare de presiune etc.

Compusi semiconductori A^{III} - B^V

- InSb, InAs, InP, GaSb, GaAs, AlSb
- utilizari: diode tunel, tranzistoare, in optoelectronica etc.

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE