

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK



Elektronikai technológia és anyagismeret – VIETAB00

Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

ELEKTROMOS VEZETÉSI FOLYAMATBAN TÖLTÉST TOVÁBBÍTÓ (ELMOZDULNI KÉPES) RÉSZECSKÉK:

Vezetők	fémek ötvözetek elektrolitok plazma áll. gázok	szabad elektron szabad elektron + és - ionok + és - ionok
Félvezetők	elemi vegyület	szabad elektronok, lyukak szabad elektronok, lyukak
Szigetelők	kovalens kristályok ionos kristályok folyadékok gázok	szabad elektronok, lyukak szabad elektronok, lyukak + és - ionok + és - ionok

Vezetési jelenségek 2/25

VEZETŐ ANYAGOK KLASSZIKUS CSOPORTOSÍTÁSA

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho [\Omega m]$$

$$\sigma \left[\frac{S}{m} \right]$$

σ (fajlagos vezetőképesség)
Siemens/m, 1/Ohm m

$< 10^{-8}$ S/m	szigetelő
$10^{-8} - 10^6$ S/m	félvezető
$> 10^6$ S/m	fémes vezető

Vezetési jelenségek 3/25

Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK

FAJLAGOS ELLENÁLLÁS IRÁNYFÜGGÉSE

izotróp (kúbos szerkezetű egykristályok, polikristályok)

anizotróp (alacsony szimmetriájú kristályok: hex., tetragonális ...)

pl: Cd, Mg, Zn, C (grafit): $\frac{\rho_{\text{parallel}}}{\rho_{\text{perpendicular}}} \approx 1000$

Vezetési jelenségek

4/25

VEZETÉSI MECHANIZMUSOK LEÍRÁSA

Klasszikus (Sommerfeld-féle, szabad-elektron modell)

Feltételezés: elektronok között nincs kölcsönhatás (ideális gáz)

Elektron mozgása:

Rendezetlen termikus mozgás + sodródás (drift)

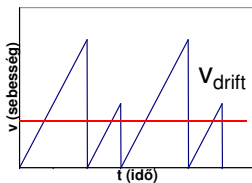
Kvantummechanikai leírás

Elektronhoz rendelt síkhullám mozgása a rácspériodikus potenciáltérben. Vezető test: potenciálgödör.

Vezetési jelenségek

5/25

KLASSZIKUS VEZETÉSI MODELL



$$j = q \cdot n \cdot v_d$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} \Rightarrow v_d = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \tau$$

$$j = \frac{n \cdot q^2 \cdot \tau}{2 \cdot m} E = \sigma \cdot E$$

Az elektronok az elektromos térerősség hatására folyamatosan gyorsulnak, az atomtörzseknek ütközve megállnak, majd újra gyorsulnak.

$$v_d = \mu \cdot E$$

v_d : driftsebesség (sodródási seb.)

q : az elektron töltése

n : a szabad elektronok száma

τ : két ütközés közötti átlagos idő

a : gyorsulás

F : az elektronra ható erő

m : az elektron tömege

E : elektromos térerősség

σ : fajlagos vezetőképesség

Vezetési jelenségek

6/25

Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK

KLASSZIKUS VEZETÉSI MODELL

Eredmények:

- Differenciális Ohm-törvény
- 1-2 vegyértékű fémekre jó fajlagos ellenállás értékek

Problémák:

- azonos fém allotróp módosulatainak különböző vezetését nem magyarázza meg
- többvegyértékű fémek (fajlagos ellenállás hibás)
- Félvezetők, szigetelők fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggését nem magyarázza meg
- σ (T, megvilágítás, külső E, sugárzás...) nem definiált

Vezetési jelenségek

7/25

FÉMEK FAJLAGOS ELLENÁLLÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Kristályrács torzulása $\Rightarrow \rho$ növekedése

- termikus rácsrezgések
- termikusan aktivált ponthibák
- diszlokációk (alakítás)
- felületi hibák (szemcseméret)
- térfogati hibák (kiválások, új fázis)
- rácstorzulás (szilárd oldatos ötvöztetés)
- ...

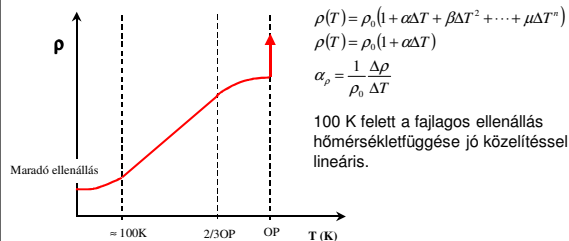
Matthiesen-szabály (az egyes tényezők szeparálható függvényként fejtik ki hatásukat)

$$\rho(T, c, \varepsilon) = \rho_1(T) + \rho_2(c) + \rho_3(\varepsilon) + \dots$$

Vezetési jelenségek

8/25

ρ HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE (FÉMES VEZETŐ)



kristályhibák \Rightarrow maradó ellenállás

Szupravezető: maradó ellenállás nulla

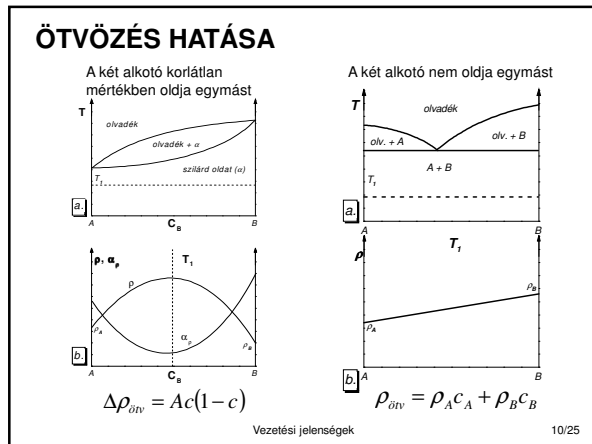
Lineáris viselkedéstől eltér, ha van:
ferro-paramágneses átmenet
allotróp átalakulás, fázis átalakulás

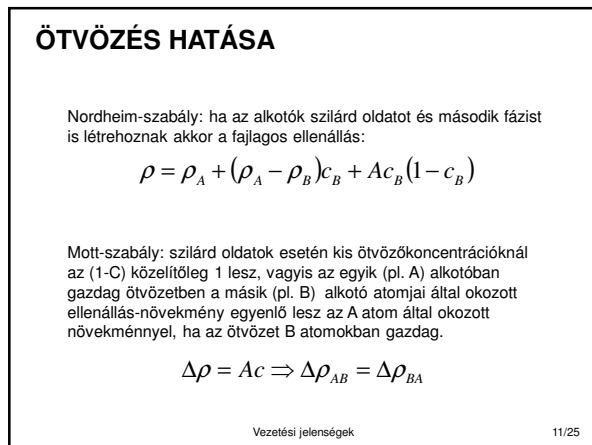
Vezetési jelenségek

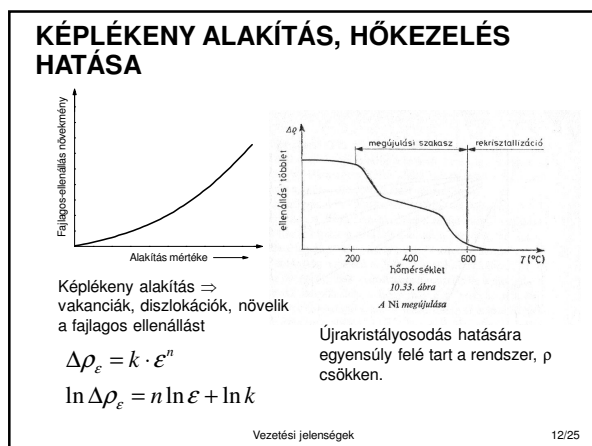
9/25

Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK







Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK

NYOMÁS ÉS RÉTEGVASTAGSÁG HATÁSA

Nyomás (hidrosztatikus) hatása: ρ növekszik

Rétegvastagság hatása

ha az e- szabad úthossza összemérhetővé válik a rétegvastagsággal

k: felület minősége (jellemző konstans)

a: alaktényező (huzal, lemez)

d: vastagság, átmérő

λ : e- szabad úthossza

$$+\Delta\rho = k \cdot a \cdot \rho \cdot \frac{\lambda}{d}$$

$$\lambda = v_{drift} \cdot \tau$$

Vezetési jelenségek

13/25

VEZETŐANYAGOK

Vezetékanyagok:

Cu és ötvözei

Al és ötvözei

Fe és ötvözei

Hőelemek aktív anyagai

Cu - konstantán

Fe - konstantán

Ni - CrNi, Pt - PtRh

Érintkezőanyagok

kis átmeneti ellenállás

jó hővezetés

jó ívállóság

nagy szilárdság

kopásállóság

pl. Au, Ag, W, Pt,

Cu-Ag, Cu-Ag-Au,

kompozitok, pl. Ag-CdO

Üveg- és kerámiaátvezetők

kis hőtágulási együttható

pl. Fe - Ni ötvözet 36-42% Ni

Kettősfémek

két eltérő hőtágulású anyag

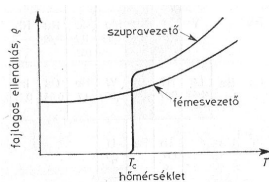
összehengerelve

Forrasztások

Vezetési jelenségek

14/25

SZUPRAVEZETÉS



Kamerlingh Onnes, 1911 (Hg)

28 elem és több mint 1000 vegyület

Nb 7,2K

Nb₃Sn 18,1K

Nb₃Al 17,5K

V₃Si 17K

V₃Ga 16,8K

Szupravezető anyag a kritikus hőmérséklet alatti hőmérsékleten elveszti az elektromos ellenállását.

Vezetési jelenségek

15/25

Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

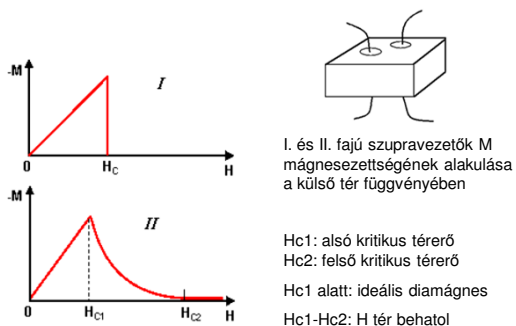
16/25

17/25

18/25

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK

I. ÉS II. FAJÚ SZUPRAVEZETŐK



Vezetési jelenségek

19/25

ISMERTEBB I. ÉS II. FAJÚ SZUPRAVEZETŐ ELEMÉK ÉS T_c (K)

				Al	
				1,18	
Ti	V		Zn	Ga	
0,39	5,03		0,86	1,09	
Zr	Nb	***	Cd	In	Sn
0,55	9,5		0,52	3,41	3,72
	Ta		Hg	Tl	Pb
	4,48		4,15	2,37	7,19

Vezetési jelenségek

20/25

SZUPRAVEZETŐ ANYAGTÍPUSOK

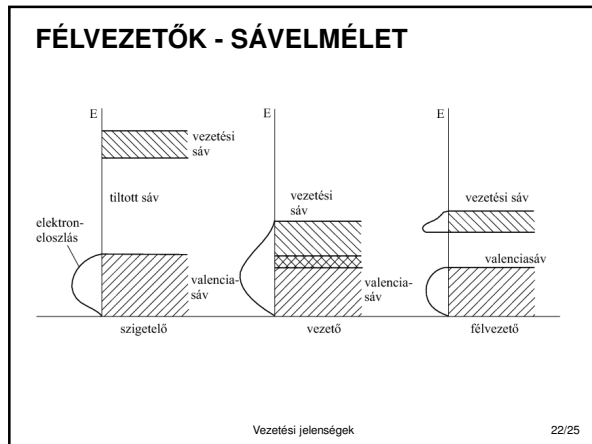
- Elem
- Ötvözet
- Vegyület (intermetallikus)
- Kerámia (rideg, törékeny, magas T_c)

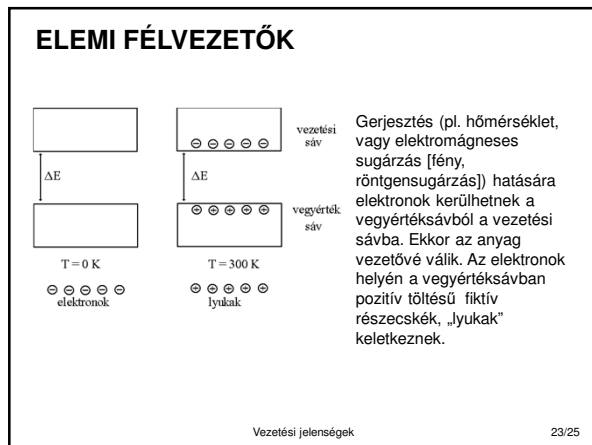
Vezetési jelenségek

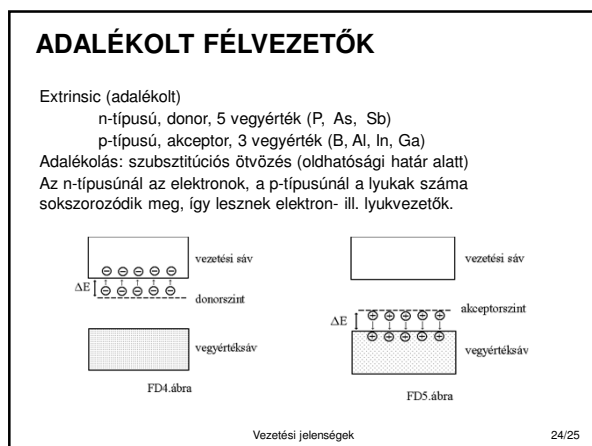
21/25

Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK







Vezetési jelenségek, vezetőanyagok

VEZETÉSI JELENSÉGEK, VEZETŐANYAGOK

FÉLVEZETŐK CSOPORTOSÍTÁSA

	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>
<i>II</i>	Be	B	C	N	O	
<i>III</i>	Mg	Al	Si	P	S	Cl
<i>IV</i>	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
<i>V</i>	Zn	In	Sn	Sb	Te	I
<i>VI</i>	Sr		Pb	Bi	Po	At
<i>VII</i>	Cd					

Elemi félvezető (Si, Ge...)

Vegyületfélvezetők: biner, ternér, kvaternér... ($A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$)

Vezetési jelenségek

25/25

Vezetési jelenségek, vezetőanyagok