

Neptun és nevek kódok:

N

I.

02

B/1

Vezetési jelenségek: fémek és ötvözetek vezetési tulajdonságai

G ép. I. em. 18-as labor

Az első mérés eszközei (Ellenállásváltozás):

- Áramgenerátor (konstans 204 mA értéket leadva)
- Különböző kémiai összetételű ellenálláshuzalok:

Sorszám	Megnevezés	Cu %	Ni %
1.	Cu	100	0
2.	10	90	10
3.	20	80	20
4.	30	70	30
5.	40	60	40
6.	50	50	50
7.	60	40	60
8.	70	30	70
9.	80	20	80
10.	90	10	90
11.	Ni	0	100

- Elektromos feszültség mérésére alkalmas eszköz, mellyel egyben szabályozni is lehetett a huzalok hőmérsékletét

Mérés menete:

Rövid elméleti összefoglaló után a csoport két részre osztódott és megkezdte a mérést. A mérés célja „kettős” volt, megnéztük, hogy függ az anyag ellenállása:

- Hőmérséklettől:** A huzalok hőmérséklete szabályozható a 20 °C-tól egészen 70 °C-ig bezárólag. Körülbelül 2 perc volt szükséges ahhoz, hogy az eszköz hőmérséklete 10 °C-t változzon. A hőmérsékleti értéket a gép digitális kijelzőjéről volt leolvasható.
- A benne lévő ötvözetek arányától:** A különböző kémiai összetételű ellenálláshuzalokat (főntebb részletezve) különböző „hálózati bemeneti pontokat” jelölnek, vagyis a zsinór „ide-oda dugdosásával” lehetett változtatni, hogy épp melyik ellenálláshuzalon keresztül folyjon az áram.

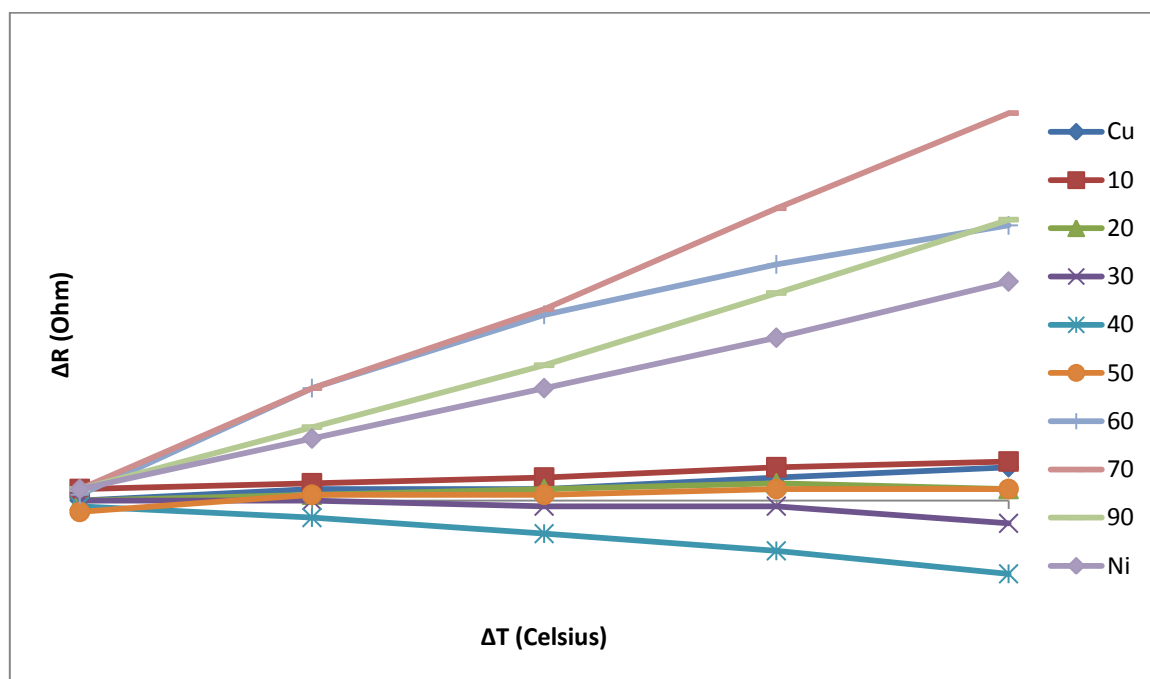
A mérés során 20 °C-ról indulva 10 °C-os lépésekkel egészen 70 °C-ig lemértük mind a 11 huzalra eső feszültséget (összesen: $6 \cdot 11 = 66$ mérési eredmény született). Mivel az áramerősség állandó volt, 204 mA, így Ohm-törvényét felhasználva kapott feszültségértékekből meg lehetett határozni a huzalok ellenállását. A leolvasott feszültségértékek (tizedesponnt nélkül) mV-ban voltak értelmezve.

A mérés dátuma:

	R ₂₀	R ₃₀	R ₄₀	R ₅₀	R ₆₀	R ₇₀	ΔR ₃₀	ΔR ₄₀	ΔR ₅₀	ΔR ₆₀	ΔR ₇₀	ρ ₂₀	ρ ₇₀	α _l	α _R	α _p
Cu	0,098	0,098	0,108	0,108	0,118	0,127	0,000	0,010	0,010	0,020	0,029	0,02	0,02	16,70	0,00510	0,005119
10%	1,176	1,186	1,191	1,196	1,206	1,211	0,010	0,015	0,020	0,029	0,034	0,19	0,19	16,10	0,00034	0,000352
20%	2,353	2,353	2,358	2,363	2,368	2,363	0,000	0,005	0,010	0,015	0,010	0,37	0,37	15,50	-0,00017	-0,000153
30%	3,382	3,382	3,382	3,337	3,377	3,363	0,000	0,000	-0,01	0,01	-0,02	0,53	0,53	15,05	-0,00035	-0,000336
40%	4,245	4,240	4,230	4,216	4,201	4,181	-0,01	-0,02	-0,03	-0,05	-0,06	0,66	0,66	14,65	-0,00051	-0,000498
50%	4,373	4,363	4,377	4,377	4,382	4,382	-0,01	0,005	0,005	0,010	0,010	0,68	0,69	14,30	-0,00014	-0,000122
60%	3,824	3,828	3,828	3,985	4,029	4,064	0,01	0,098	0,162	0,206	0,240	0,60	0,64	13,45	0,00115	0,001162
70%	2,515	2,525	2,525	2,681	2,770	2,853	0,015	0,098	0,167	0,255	0,338	0,39	0,45	13,65	0,00254	0,002553
90%	1,540	1,559	1,613	1,667	1,730	1,794	0,01	0,064	0,118	0,181	0,245	0,24	0,28	13,40	0,00297	0,002981
Ni	0,632	0,642	0,686	0,730	0,775	0,824	0,01	0,054	0,098	0,142	0,191	0,10	0,13	13,30	0,00603	0,006045

Ahol:

- R_{20} = 20 °C-on mért és számított ellenállás
- $\Delta R_{30} = R_{30} - R_{20}$
- a_1 : lineáris hőtágulási együttható
- a_r : az ellenállás hőfoktényezője
- a_p : a fajlagos ellenállás hőfoktényezője
- p_{20} , p_{70} : 20 °C illetve 70 °C mért fajlagos ellenállás

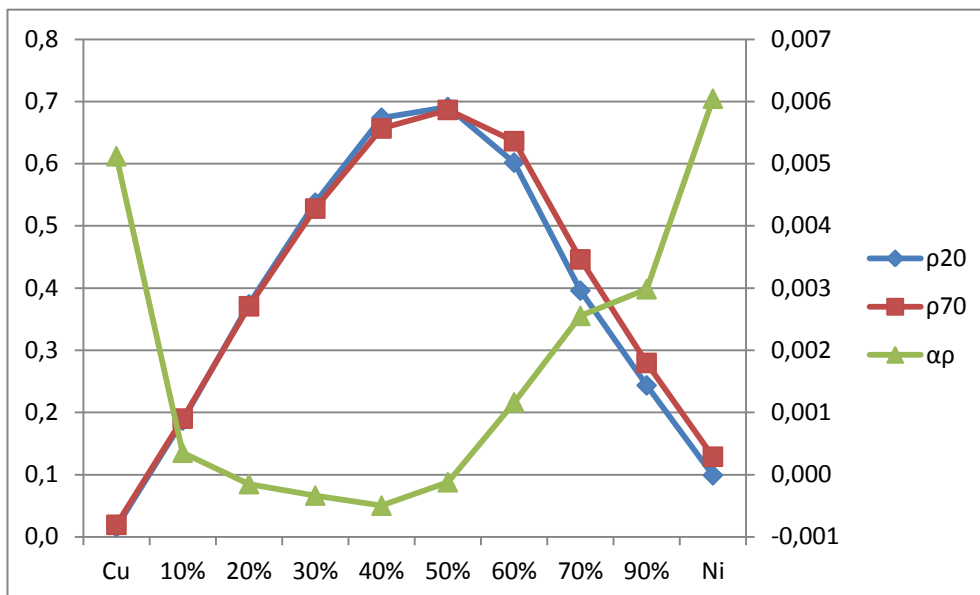


A fentiek alapján kitöltött táblázat adatait ábrázoljuk az alábbi módon:

Az azonos összetételűekhez tartozó mérési pontokra fektessünk az origón átmenő egyeneseket és határozzuk meg ezek iránytangenseit.

Belátható, hogy $a_p = a_r + a_1$, ahol $a_r = \text{tga}/R_{20}$, ami definíció szerint:

$$\alpha_r = \frac{1}{R_{20}} * \frac{\Delta R}{\Delta T} \quad \text{vagy} \quad \alpha_r = \frac{1}{R_{20}} * \frac{dR}{dT} \quad \text{differenciális alakban.}$$



Elméleti összefoglaló:

A fémek és ötvözetek közismerten jó elektromos és hővezető anyagok. A fémek vezetési mechanizmusainak leírására alkalmazott legegyszerűbb modell a *klasszikus elektron elmélet*. Amely szerint a részecskék (elektronok) nem rendelkeznek saját térfogattal és nem állnak egy mással kölcsönhatásban sem és a vezető anyagon belül, a gázok hő mozgásához hasonló mozgást végeznek, ha viszont a vezető belsejében elektromos teret hozunk létre, akkor az elektronok egy a térerőséggel ellentétes gyorsuló mozgásba kezdenek.

1. A klasszikus elektron elmélettel nagyon egyszerűen megmagyarázható az elektromos ellenállás **hőmérséklettől** való függése. A hőmérséklet növekedésével a vezető anyagban lévő helyhez kötött rezgő mozgást végző részecskék egyre erőteljesebben (nagyobb amplitúdóval) rezegnek így az elektromos tér hatására mozgásba lendülő elektronoknak egyre nehezebb átjutni a részecskék közt. (Nagyon jó példa ennek elképzelésére az „autópálya-modell”: hisz egy gyalogosnak sokkal nehezebb átjutni a gyorsan mozgó járművek közt egy autópályán, mint egy olyan úton ahol a járművek lassabban mozognak.)
2. Az **ötvöztetés** hatása viszont másban nyilvánul meg. Az eredeti anyagba juttatott ötvöző anyagok, egyrészt az alapfém kristályszerkezetének tágulását vagy összehúzódnak másrészt a periodikus potenciáltér változását okozzák. Magyarán ez azt jelenti, hogy az elektronok mozgását megváltoztatják, megnehezítik. Ezért minden szennyező vagy ötvöző atom megnöveli az elektromos ellenállást.

Konklúzió:

A mérési eredményekből kiolvasható, hogy az egymástól különböző ötvözetek ellenállása a hőmérséklettől különböző mértékben függ. Mivel a vizsgált hőmérsékletek az adott ötvözetek olvadáspontjánál alacsonyabbak, az anyagok ellenállása a hőmérséklettel nagyjából **arányos**.

Amelyik ötvözetekben a réz aránya nagyobb, akkor azt figyelhetjük meg, hogy a vezető ellenállása melegedés esetén csökken, míg ugyanez azon ötvözeteknél, ahol a nikkel van többségben, fordítva történik, melegítés hatására a vizsgált anyag ellenállása nő.

A fajlagos ellenállás hőfoktényezőjének csökkenésével nőnek, növekedésével pedig csökkennek a fajlagos ellenállások. A legnagyobb fajlagos ellenállást **50%-os** ötvözetnél tapasztaltuk.

Hall-effektus vizsgálata

(2. mérés)

A mérés eszközei:

- Feszültségmérő
- Áramgenerátor
- GaAs anyagminta
- Mágneskör

Elméleti összefoglaló:

A mérést nem a hagyományos, hanem a Van der Pauw által alkalmazott mérési összeállításban vizsgáljuk. A módszer előnye, hogy szabálytalan anyagmintákat is lehet használni a méréshez, az ehhez tartozó korrekciókat (a számításoknál) egy segédfüggvénnyel figyelembe vehetjük. A fajlagos ellenállás kiszámításához ismernünk kell:

- A minták vastagságát
- Az áramerősséget
- A mágneses indukció nagyságát
- A feszültséget

A második mérés menete:

A mintákon, az 1-2 kapcsokon mérőáramot (5 mA) vezetünk át, majd az ennek hatására a 3-4 kontaktuson jelentkező feszültséget mérjük. A mért adatokból ellenállást számolunk a következő képlet alapján: $R_{12,34} = U_{34}/I_{12}$.

Bontva az áramkört, most a mérőáramot a 2-3 kontaktuson vezetjük keresztül, majd a 4-1 kapcsok feszültségét mérjük. Újra ellenállást számolunk a megfelelő adatokkal: $R_{23,41} = U_{41}/I_{23}$

Mérési adatainkat felhasználva kiszámíthatjuk a réteg fajlagos ellenállását, amennyiben ismert annak vastagsága. $\rho = 2,27d(R_{12,34} + R_{23,41})f$

$$f \approx 1 - 0,347 \left(\frac{R_{12,34} - R_{23,41}}{R_{12,34} + R_{23,41}} \right)^2 - 0,0923 \left(\frac{R_{12,34} - R_{23,41}}{R_{12,34} + R_{23,41}} \right)^4$$

A mintát mágneskör légrésébe helyezzük és bekapcsoljuk az áramot. A mérőáramot a 2-4 kontaktusra vezetve az 1-3 csatlakozón megjelenő feszültséget mérjük. A kapott értéket U_{13+} -al jelöljük. Fordítsuk meg a mintát a légrésben! Ekkor ellenkező irányú mágneses teret kapunk. Az így kapott feszültségértéket (U_{13-})-al jelöljük. A mért adatokat felhasználva az alábbi képlet alapján számíthatjuk a szabad töltéshordozók mozgékonyágát:

$$\mu = \frac{d}{B} \frac{|U_{13+} - U_{13-}|}{2I_{24}\rho}$$

$$[\mu] = cm^2/Vs$$

$$B=0,34 \text{ T}$$

A minták vastagsága a minták egyedi jellemzője.

Ha ismerjük a fajlagos ellenállást, illetve a szabad töltéshordozók mozgékonyág, azok koncentrációja meghatározható:

$$n = \frac{1}{(q\mu\rho)}$$

$$\text{ahol } q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C (az elemi töltés nagysága.)}$$

Feladatunk a minták fajlagos ellenállásának, a mozgékonyágának és a szabad töltéshordozók koncentrációjának meghatározása.

A mérési eredmények:

$R_{23,41}$	U_{13+}	U_{13-}	d	ρ	μ	n
318,8	1,79	1	6,3	3985,548	0,464798	$3,37 \cdot 10^{15}$
143	3,8	3,05	4,5	9095,935	0,443799	$1,55 \cdot 10^{15}$
465,2	2,27	1,21	5,5	10447,82	0,187346	$3,19 \cdot 10^{15}$

Konklúzió:

A mérési eredmények alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a rétegvastagság nem határozza meg a félvezető anyag fajlagos ellenállását illetve a szabad töltéshordozók koncentrációját, csekély szerepe van azok változásában.

A jegyzőkönyv gyorsabb elkészítése végett a mérési csapatok újraszerveződtek (nevek alatt), a méréshez az első csapat mérési eredményeit használtuk fel.

Név és aláírás:

