

TERMISTORUL

STUDIUL VARIAȚIEI CU TEMPERATURA A REZISTENȚEI ELECTRICE
A MATERIALELOR SEMICONDUCTOARE

1. Scopul lucrării

Verificarea legii dependenței rezistenței electrice cu temperatura la materialele semiconductoare

2. Teoria lucrării

Pentru materialele semiconductoare pure (sau slab dopate) numite termistore, la temperaturi inferioare câtorva sute de grade Celsius, energia Fermi se află în banda interzisă, departe atât de banda de valență cât și de banda de conducție.

La $T \neq 0$, agitația termică va popula banda de conducție cu o concentrație de electroni liberi notată cu n , în timp ce în banda de valență vor apărea golurile, în concentrație p .

Dacă semiconductorul este nedopat, $p = n$.

Din teoria benzilor de energie în materialele semiconductoare, rezultă expresiile celor două concentrații de sarcini electrice.

$$n = 2(2\pi m_e kT)^{3/2} \cdot h^{-3} \cdot \exp[-(E_c - E_F)/kT] \quad (1)$$

$$p = 2(2\pi m_g kT)^{3/2} \cdot h^{-3} \cdot \exp[-(E_F - E_v)/kT] \quad (2)$$

, unde

m_e = masa efectivă a electronilor

m_g = masa efectivă a golurilor

k = constanta Boltzmann

T = temperatura semiconductorului

h = constanta Planck

E_c = energia corespunzătoare minimului benzii de conducție

E_v = energia corespunzătoare plafonului benzii de valență

E_F = energia nivelului Fermi aflat, în cazul semiconductorilor intrinseci, la jumătatea „distanței” dintre E_c și E_v

Înlocuind produsul expresiilor (1) și (2) rezultă: $n \cdot p = A \exp[-(E_c - E_v)/kT]$

Ținând seama că $n = p = n_i$ și deduc concentrația purtătorilor în semiconductori intrinseci n_i :

$$n_i = B \exp[-(E_c - E_v)/2kT]$$

Conductibilitatea electrică a unui semiconductor este $\sigma = \frac{1}{\rho} = e(n\mu_n + p\mu_p)$

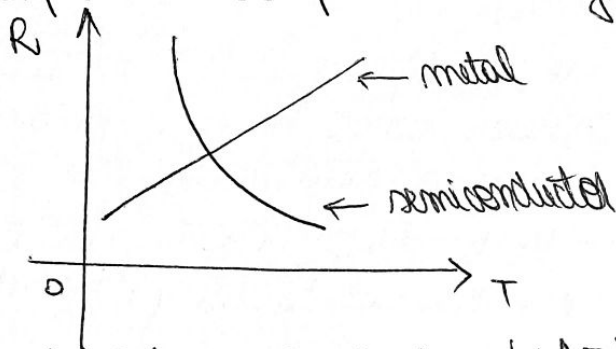
abilitățile μ_n, μ_p , fiind practic independente de temperatură, rezultă:

$$\sigma \propto \exp[-(E_c - E_v)/2kT]$$

$$g \propto \exp(+\Delta E/2kT)$$

unde $\Delta E = E_c - E_v$ și poartă numele de lățimea benzii (zonei) interzise.

Rezistența unui probe semiconductoare va fi: $R = C \exp(+\Delta E/2kT)$ și dependența ei de temperatură este reprezentată mai jos.



Logaritmând expresia $R = C \exp(+\Delta E/2kT)$ se obține $\ln R = C + \frac{\Delta E}{2kT}$.

3. Dispozitivul experimental

Dispozitivul experimental cuprinde un cuplor electric pentru încălzirea termistorului, un ohmetru care servește la măsurarea rezistenței termistorului și un transformator pentru alimentarea ohmetrului. Cuplul are înțeles tehnic mai ales cașel încălzit, dar nu este alimentat printr-un reostat ci direct de la rețea, mărimea temperaturii este foarte limitată. Acest fapt impune necesitatea unui termistor, permițându-ne să presupunem că fiecare măsurare de rezistență se face într-un regim staționar. Pe scapă cuplului sunt fixate termometrul pentru indicarea temperaturii și termistorul cu cele 2 borne care sunt legate prin conductori izolați la ohmetru.

Ohmetrul este construit după schema punții Wheatstone. El cuprinde un galvanometru ca instrument de zero, un comutator (rotativ sau cu fixă) care schimbă intervalele de valori, inclusiv de fiecare dată factorul multiplicator, și o rezistență variabilă cu cursor gradat și prevăzut cu indicator. Un întrerupător intercalat în circuitul acumulatorului permite ca alimentarea ohmetrului să se facă doar în timpul citirilor. La unele ohmetre întrerupătorul intră în construcția lor sub forma unui buton.

4. Modul de lucru

Se verifică legăturile de la termistor la ohmitru și la transformator. Sub îndrumarea cadrelor didactice se face prima măsurare a rezistenței termistorului. Cursorul rezistenței variabile se pune pe poziția minimă, iar comutatorul factorului multiplicator pe poziția maximă. Se apasă scurt pe buton (între repașeri) și se observă sensul deviației acului galvanometrului. Se trece la factorul multiplicator în sensul observând din nou sensul deviației acului. Operațiunea se repetă până când sensul deviației acului se schimbă. Din acest moment se apasă permanent pe buton și, rotind sursoarul, se aduce acul galvanometrului la zero, după care se ridică degetul de pe buton. Rezistența termistorului este egală cu valoarea indicată la sursoar înmulțită cu factorul multiplicator. În acest moment se citește și temperatura. Valorile obținute se trec într-un tabel.

Se permite încălzirea suportului punându-l la pînză de 380 V curent alternativ. Pe măsură ce temperatura crește se fac noi măsurători ale rezistenței, menținîndu-se măsura încreșterii cu diferiți factori multiplicatori. Temperatura se citește imediat după aducerea acului la zero. Intervalul de temperatură dintre două citiri se alege astfel încît de la temperatura inițială (care eventual este mai mică decît temperatura camerei) și pînă la temperatura finală (care nu trebuie să depășească 100°C) să se facă un număr de aproximativ 10 citiri. Este posibil să intervalele de temperatură dintre citirile succesive să fie egale, însă rezultatele experienței nu vor fi afectate dacă din neatenție a fost depășit vreuna dintre temperaturile propuse. Important este ca citirea temperaturii să se facă practic concomitent cu determinarea rezistenței. La terminarea măsurărilor se scoate suportul din pînză.

$\Delta(^{\circ}\text{C})$	$R(\Omega)$		$T(\text{K})$	$1/T$ (10^{-5}K^{-1})	$\ln R$	
	încălzire	răcire			încălzire	răcire
35	400,2	369,15	308,15	324,51	5,99	5,91
40	343,4	315,10	313,15	319,33	5,83	5,45
45	293,4	268,8	318,15	314,31	5,68	5,59
50	248,2	226,4	323,15	309,45	5,51	5,42
55	214,9	194,3	328,15	304,43	5,37	5,26
60	184,8	167,1	333,15	300,16	5,21	5,11
65	160,5	143,9	338,15	295,72	5,07	4,96
70	138,14	124,8	343,15	291,41	4,93	4,82
75	120,6	107,2	348,15	287,23	4,79	4,64
80	103,1	92,4	353,15	283,16	4,63	4,52

5. Prezentarea datelor experimentale

1. Veți reprezenta grafic pe aceeași hartă milimetrică dependențele $\ln R = f(1/T)$ pentru încălzirea și răcirea termistorului.
2. Determinați punctele dreptelor.
3. Calculați lărgimea benzii interzicte a termistorului din formula punctelor dreptelor trase. Determinați valoarea medie a lărgimii benzii interzicte.

Toate mărimile fizice (inclusiv punctele dreptelor) vor fi exprimate în unități din SI, lărgimea benzii interzicte va fi exprimată și în eV (electronvolt). Valorile $\ln R$ se vor calcula cu două zecimale.

2. Pantele diuztelor

$$m_1 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{5,04 - 4,93}{10^5(295,42 - 291,41)} = \frac{0,14 \cdot 10^5}{4,01} = 3248,25 \Omega K$$

$$m_2 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{5,42 - 4,96}{10^5(309,45 - 295,42)} = \frac{0,46 \cdot 10^5}{14,03} = 3350,32 \Omega K$$

3. Utilizăm formula $m \equiv \frac{\Delta E}{2K}$

$$m_1 = \frac{\Delta E_1}{2K} \Rightarrow \Delta E_1 = m_1 \cdot 2K = 3248,25 \cdot 2 \cdot 8,6 \cdot 10^{-5} = 0,55 \text{ eV}$$

$$m_2 = \frac{\Delta E_2}{2K} \Rightarrow \Delta E_2 = m_2 \cdot 2K = 3350,32 \cdot 2 \cdot 8,6 \cdot 10^{-5} = 0,57 \text{ eV}$$

$$\Delta \bar{E} = \frac{\Delta E_1 + \Delta E_2}{2} = \frac{0,55 + 0,57}{2} = 0,56 \text{ eV}$$

IORDACHE MĂDĂLINA GABRIELA 313CA

