STUDIUL TERMISTORULUI

1. Considerații teoretice

Conductivitatea electrică a materialelor este influențată de temperatură. Relația care exprimă dependența conductivității electrice σ de parametrii microscopici ai materialului este:

$$\sigma = n \cdot q \cdot \mu = n \cdot q^2 \cdot \tau / m \qquad (1)$$

unde:

- n – numărul de purtători de sarcină din unitatea de volum;
- q – sarcina elementară a unui purtător de sarcină ($1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C);
- m – masa unui purtător de sarcină (electron $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg);
- τ – timpul mediu între două ciocniri ale purtătorilor de sarcină;
- $\mu = q \cdot \tau / m$ – mobilitatea purtătorilor de sarcină.

Semiconductorii intrinseci (puri) au două tipuri de purtători, electronii cu densitatea **n** şi golurile cu densitatea **p**, conductivitatea lor fiind:

$$\sigma = n \cdot q \cdot \mu_n + p \cdot q \cdot \mu_p \qquad (2)$$

În semicondutor depind de temperatură mobilitatea μ (scade cu creşterea temperaturii) prin intermediul timpului dintre ciocniri τ şi densitatea de purtători, **n** şi **p**, care creşte cu creşterea temperaturii.
Într-un semiconductor intrinsec densitatea de electroni **n** din banda de conducție este egală cu densitatea golurilor **p** din banda de valență (câți electroni sunt în banda de conducție, atâtea goluri au rămas în banda de valență):

$$n = p \qquad (3)$$

iar în condiții de echilibru este valabilă ***legea acțiunii maselor***:

$$n \cdot p = N_c \cdot N_v \cdot e^{-\Delta E / (k \cdot T)} \qquad (4)$$

unde:

- k_B – constanta Boltzmann ($1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/°K = $8{,}62 \cdot 10^{-5}$ eV/K);
- T – temperatura semiconductorului;
- ΔE – lărgimea zonei interzise a semiconductorului;
- N_c – densitatea efectivă a stărilor din banda de conducție;
- N_v – densitatea efectivă a stărilor cuantice din banda de valență;

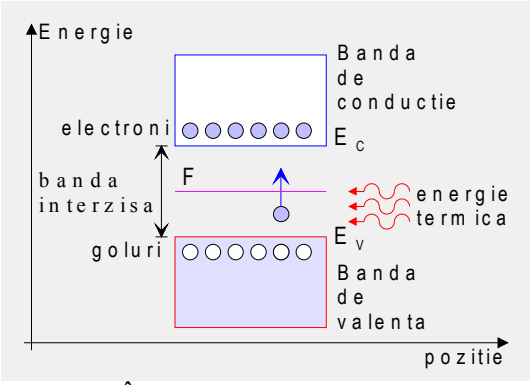

Figura 1. Într-un semiconductor intrinsec energia termică crează tot atâtea goluri în banda de valență câți electroni mobili în banda de conducție.

Atât N_c cât şi N_v depind de temperatură ca $T^{3/2}$. Folosind relațiile (3) şi (4) găsim:

$$n = p = (N_c \cdot N_v)^{1/2} \cdot e^{-\Delta E / (2 \cdot k \cdot T)} \qquad (5)$$

de unde deducem pentru conductivitate relația:

$$\sigma = q \cdot (\mu_n + \mu_p) \cdot (N_c \cdot N_v)^{1/2} \cdot e^{-\Delta E / (2 \cdot k \cdot T)} = \sigma_o \cdot e^{-\Delta E / (2 \cdot k \cdot T)} \qquad (6)$$

Dependența de temperatură a conductivității este dată de factorul exponențial, celelalte dependențe de temperatură (μ_n, μ_p, N_c, N_v) fiind în primă aproximație neglijabile. Fiindcă rezistivitatea este:

$$\rho = 1/\sigma = \rho_\infty \cdot e^{\Delta E / (2 \cdot k \cdot T)} \qquad (7)$$

atunci rezistența electrică a materialului semiconductor va fi:

$$R = \rho \cdot L / S \qquad (8)$$

Pentru cazul termistorului rezistența sa electrică este catalogată sub forma:

$$R = A \cdot e^{B/T} \qquad (9)$$

De remarcat că factorul A depinde de geometria dispozitivului (S şi L) pe câtă vreme constanta B depinde doar de tipul materialului utilizat

pentru confecționarea termistorului ($B = \Delta E / 2 \cdot k_B$). În cataloage se oferă şi coeficientul termic al rezistenței electrice (de obicei la temperatura de 25°C):

$$\alpha = (1/R)\cdot(dR/dT) = -B/T^2 \qquad (10)$$

$$[\alpha]_{SI} = \% \text{ / grad}$$

2. Dispozitivul experimental

Termistorul se găseşte într-un vas termostatat a cărui temperatură se modifică cu ajutorul încălzitorului şi se măsoară cu termometrul. Rezistența electrică a termistorului se măsoară cu ohmetrul.

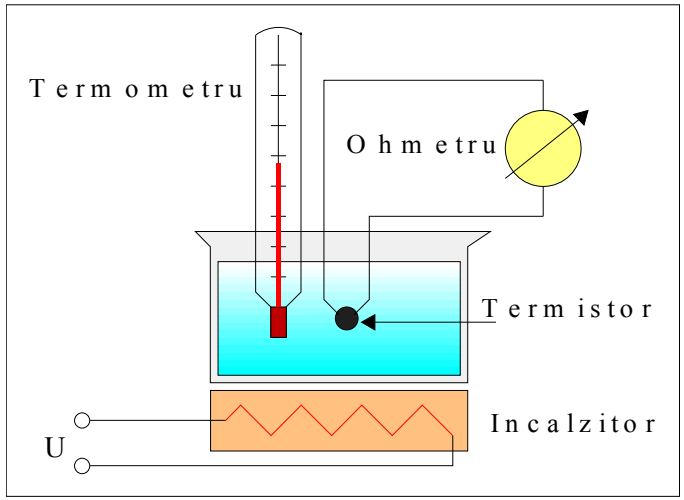

Figura 2. Aranjamentul experimental pentru măsurarea rezistenței electrice a termistorului în funcție de temperatură.

Pentru a măsura în mod corect temperatura termistorului este necesar ca acesta să se afle cât mai aproape de bulbul termometrului, astfel ca temperatura indicată de termometru să fie şi temperatura termistorului.

3. Modul de lucru

- Se execută montajul experimental conform schemei;
- Se alimentează încălzitorul de la variac, pornind de la tensiuni mici;
- Se citesc temperatura din 5 în 5 grade şi rezistența electrică, aşteptând 2-3 minute pentru stabilirea valorii acestora după fiecare modificare a tensiunii de alimentare a încălzitorului;
- Nu se va depăşi temperatura de 100 ^{0} C.

4. Analiza rezultatelor

Logaritmând relația (9) obținem:

$$\ln R = \ln A + B/T \qquad (11)$$

Reprezentând grafic lnR în funcție de 1/T se obține o dreaptă a cărei pantă este B:

$$B = (\ln R_2 - \ln R_1) / (1/T_2 - 1/T_1) \qquad (12)$$

unde cele două puncte 1 şi 2 se aleg cât mai depărtate unul de celălalt, pentru a avea o eroare de calcul cât mai mică.

Se calculează apoi valoarea zonei interzise a semiconductorului:

$$\Delta E = 2 \cdot k_B \cdot B \ \text{(în eV)} \qquad (13)$$

5. Rezultate experimentale

Nr. crt.	R (kΩ)	lnR	t (°C)	T (K)	$10^3/T$ (K^{-1})	B (K)	ΔE (eV)