

Emisia termoelectronică.

Studiul distribuției după viteză a termoelectronilor

1 Considerații teoretice

Sistemele în stare de agregare solidă prezintă structură cristalină sau amorfă. Energia atomilor ce le formează, considerați individual, este cuantificată, adică are numai anumite valori. Prin punerea lor în structură, atomii, grosolan vorbind, își pun în comun nivelele energetice și formează benzi energetice. Deosebim benzi de valență (*BV*) și benzi de conducție (*BC*), separate de benzi interzise (*BI*) (*Figura 1*).

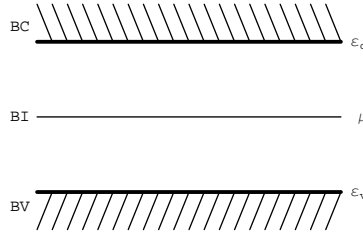


Figura 1.

Între constituenții acestor structuri se manifestă două tipuri de interacțiuni: *interacțiuni repulsive*, respectiv *interacțiuni atractive*. Echilibrul celor două tipuri de interacțiuni determină stabilitatea acestor structuri. În funcție de natura interacțiunii dintre constituenți deosebim mai multe tipuri de legături: ionică, covalentă, metalică, van der Waals și de hidrogen.

În continuare vom considera sisteme formate prin legătură metalică. La aceste sisteme (*BV*) și (*BC*) se suprapun parțial și astfel electronii nu mai aparțin doar unui constituenț, ci întregii rețele. Spunem că avem *electroni delocalizați* sau *colectivizați* (*Figura 2*).

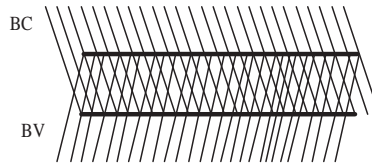


Figura 2

Dar în această configurație, ca de altfel în toate configurațiile, energia electronilor nu pot avea orice valoare, ci numai anumite valori. Prin ciocniri, între ei sau cu ionii rețelei, electronii ocupă diverse stări din (*BC*) în conformitate cu *Principiul lui Fermi* ce afirmă că *într-o stare cuantică se poate găsi maxim un electron*.

Densitatea acestor stări (*Figura 3, curba 1*) este dată de relația

$$\rho(\varepsilon) = g \cdot 2\pi \left(\frac{2m_e}{\hbar^2} \right)^{3/2} \varepsilon^{1/2}, \quad (1)$$

iar distribuția electronilor pe nivelele energetice este dată de *distribuția Fermi-Dirac* (Figura 3, curba 2)

$$w_{FD}(\varepsilon) = \frac{1}{\frac{\varepsilon - \varepsilon_F}{e k_B T} + 1} \quad (2)$$

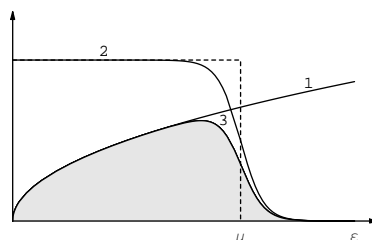


Figura 3.

Aria de sub curba 3 este o măsură a numărului stărilor electronice ocupate.

Experimental se constată că electronul nu poate părăsi rețeaua în orice condiții.

Ținând cont de cele prezentate mai sus putem prezenta *ilustrativ* următoarea situație (Figura 4).

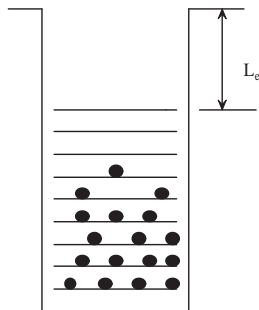


Figura 4.

Rețeaua cristalină constituie pentru electron o groapă de potențial cu pereți penetrabili. Observăm din Figura 43 că dacă electronul aflat pe un nivel energetic ar primi suficientă energie astfel încât energia lui să fie mai mare decât adâncimea gropii de potențial el ar putea părăsi groapa și implicit metalul. Energia minimă necesară părăsirii metalului constituie *lucrul de extracție*, L_e . Se poate furniza energie metalului prin încălzire, procedeu pe care îl vom utiliza în această lucrare.

Emisia de electroni de către un material încălzit se numește *emisie termoelectronică*, iar pentru electronii emiși se acceptă denumirea de *termoelectрони*

2 Prezentarea instalației experimentale

Instalația experimentală este formată dintr-o diodă cu vid cu electrozi cilindrici, circuitul de alimentare al diodei și un circuit suplimentar ce permite aplicarea unei tensiuni

inverse pe diodă. Schema electrică a instalației experimentale utilizate pentru această lucrare este prezentată în *Figura 5*.

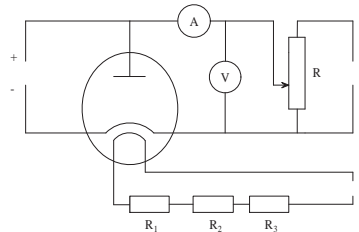


Figura 5.

În condiții de nealimentare a diodei termoelectronii emiși vor fi atrași de catod, care a rămas încărcat pozitiv. Nu pot pătrunde în catod pentru că întâlnesc o barieră de potențial.

În condiții de alimentare normală termoelectronii emiși de catod (de formă filiformă) sunt antrenați spre anod (de formă cilindrică, cu catodul ca axă). Tensiunea de alimentare a diodei se alege în așa fel încât toți termoelectronii emiși de catod ajung la anod, adică avem un curent de saturație.

Dar apare o întrebare : oare ce viteză au electronii curentului anodic? După cum am prezentat mai sus energia electronilor își schimbă mereu valoarea și implicit și viteza lor își va schimba valoarea.

Considerăm că electronii ce părăsesc catodul și ajung la anod au energie doar de natură cinetică , ε_c . Aplicăm o tensiune crescătoare, de sens opus tensiunii anodice, numită *tensiune de frânare*, U_f . Câmpul electric corespunzător acestei tensiuni de frânare se va opune deplasării electronilor spre anod și va efectua asupra electronului de sarcină e lucrul mecanic eU_f , lucru mecanic egal cu variația energiei cinetice a termoelectronilor.

Dacă acest lucru mecanic este mai mare decât energia cinetică a unui termoelectron acesta nu va mai ajunge la anod și în consecință curentul electric va scădea. Cu cât va crește tensiunea de frânare curentul va scădea, ajungând ca la o valoare atensiunii de frânare curentul să se anuleze.

În *Figura 6* este reprezentat curentul electric prin diodă în funcție de rădăcina pătrată a tensiunii de frânare.

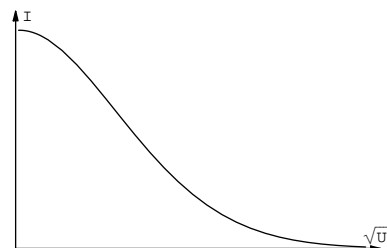


Figura 6.

3 Modul de lucru

1. Se identifică părțile componente ale instalației.
2. Se alimentează la rețea instalația electrică.
3. Se pot aplica trei tensiuni de filament, adică vor fi trei temperaturi ale filamentului. Tensiunile de filament se stabilesc utilizând butoanele de pe panou, concret prin șuntarea/deșuntarea uneia din cele trei rezistențe R_1 , R_2 , R_3 .

Pentru **fiecare temperatură** a filamentului se aplică tensiunea de frânare, U_f , din diviziune în diviziune a voltmetrului, și se citește curentul anodic până când devine nul. Rezultatele se trec în Tabelul 1, coloanele doi și patru.

4 Prezentarea rezultatelor

1. Se completează coloana a treia cu rădăcina pătrată a tensiunii de frânare și se reprezintă grafic datele din coloana a patra în funcție de datele din coloana a treia, ceea ce reprezintă dependența curentului anodic de rădăcina pătrată a tensiunii de frânare și implicit de viteza electronilor. Se obține un grafic ca cel din *Figura .6*.

2. Se derivează grafic graficul obținut. Pentru aceasta se va proceda în modul următor :

- se împarte axa absciselor în intervale egale;
- se ridică din fiecare punct de pe axa absciselor un segment vertical până când întâlnește curba. Se citește ordonata corespunzătoare a punctului de intersecție. Rezultatele se trec în Tabelul 2 unde $\Delta I_i = I_i - I_{i-1}$.

3. Se reprezintă grafic rezultatele din Tabelul 2, datele din coloana a patra în funcție de datele din coloana a doua și obținem o curba ca cea din *Figura 7* Curentul este proporțional cu numărul electronilor, adică la reprezentarea grafică obținem practic distribuția după viteză a electronilor.

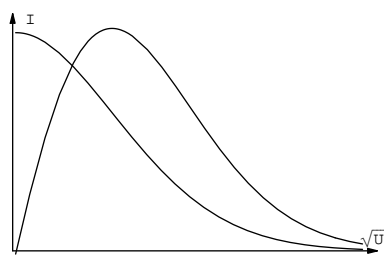


Figura 7.

Tabel 1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|----------|------------------------------|------------------|
| Nr. crt. | U [V] | \sqrt{U} [\sqrt{V}] | I [μA] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |
| 31 | | | |
| 32 | | | |
| 33 | | | |
| 34 | | | |
| 35 | | | |

Tabel 2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Nr. crt. | \sqrt{U} [\sqrt{V}] | I [μA] | ΔI [μA] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |
| 31 | | | |
| 32 | | | |
| 33 | | | |
| 34 | | | |
| 35 | | | |

Tabel 1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|----------|------------------------------|------------------|
| Nr. crt. | U [V] | \sqrt{U} [\sqrt{V}] | I [μA] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |
| 31 | | | |
| 32 | | | |
| 33 | | | |
| 34 | | | |
| 35 | | | |

Tabel 2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Nr. crt. | \sqrt{U} [\sqrt{V}] | I [μA] | ΔI [μA] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |
| 31 | | | |
| 32 | | | |
| 33 | | | |
| 34 | | | |
| 35 | | | |

Tabel 1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|----------|------------------------------|------------------|
| Nr. crt. | U [V] | \sqrt{U} [\sqrt{V}] | I [μA] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |
| 31 | | | |
| 32 | | | |
| 33 | | | |
| 34 | | | |
| 35 | | | |

Tabel 2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Nr. crt. | \sqrt{U} [\sqrt{V}] | I [μA] | ΔI [μA] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |
| 31 | | | |
| 32 | | | |
| 33 | | | |
| 34 | | | |
| 35 | | | |