

Lucrarea nr.3: PROPRIETĂȚILE CONDUCTOARE ALE MATERIALELOR

Scopul lucrării:

Il constituie determinarea dependenței proprietăților conductoare ale materialelor de câmpurile termice și electromagnetice, precum și determinarea rezistivității materialelor.

Conspectul platformei:

Conducția electrică într-un material constă în apariția unui flux dirijat de purtători mobili de sarcină la aplicarea unui câmp electric, E .

Proprietățile conductoare ale unui material izotrop sunt descrise cantitativ în domeniul liniar de coeficientul de rezistivitate electrică de volum ρ sau de mărimea inversă, conductivitatea electrică de volum $\sigma = \rho^{-1}$. Aceste mărimi sunt definite de forma locală a legii de conducție electrică: $J = \sigma \cdot E$ respectiv $E = \rho \cdot J$.

În cazul metalelor purtătorii mobili de sarcină sunt electronii de conducție a căror concentrație este practic constantă, dependența rezistivității electrice de temperatură fiind determinată numai de constanta de relaxare.

La temperaturi scăzute:

$T \ll T_D$ - temperatura Debye, este predominantă interacția cu fononii acustici rezultând o proporționalitate a rezistivității cu T^5

La temperaturi ridicate:

$T \gg T_D$, același mecanism conduce la o proporționalitate a rezistivității cu T .

Modelul benzilor energetice al corpului solid permite descrierea purtătorilor de sarcină. Descrierea purtătorilor de sarcină electrică se realizează pe baza modelului simplificat al benzilor energetice ale corpului solid. Conform acestui model, electronii unui atom ocupă diverse nivele energetice care pot fi grupe în benzi energetice:

- banda de valență: electronii de valență sunt fixați în legături covalente.
- banda de conducție: electronii de conducție sunt electroni liberi,
- banda interzisă: electronii nu pot ocupa nivele energetice în interiorul acestor benzi.

În cazul materialelor conductoare, conducția curentului electric este asigurată de electronii de conducție, iar pentru cele semiconductoare și izolatoare – electronii de conducție și goluri.

Desfasurarea lucrarii:

Dependența de temperatură a proprietăților conductoare ale materialelor:

Cu ajutorul unui multimetru digital am masurat rezistența unei probe semiconductoare intrinseci de Germaniu si rezistența unei probe metalice de Ti/Pt .

Obtinem astfel datele din tabelul 3-1:

Tabelul 3-1.

T [°C]		20	35	40	45	50	55	58	60	62	64
Valori măsurate	$R_{Ge} [\Omega]$	2900	950	680	600	500	440	400	300	220	200
	$R_{TiPt} [\Omega]$	119	131	134	136	137.5	140	142	143	144	145
Secțiune pentru calcul	$\rho_{Ge} [\Omega \cdot m]$	29	9.5	6.8	6	5	4.4	4	3	2.2	2
	$\sigma_{Ge} (\Omega \cdot m)^{-1}$	0.03	0.11	0.15	0.17	0.2	0.23	0.25	0.33	0.45	0.5
	$\rho_{TiPt} [\Omega \cdot m]$	$1309 \cdot 10^{-10}$ *	$1441 \cdot 10^{-10}$ *	$1474 \cdot 10^{-10}$ *	$1496 \cdot 10^{-10}$ *	$1512.5 \cdot 10^{-10}$ *	$1540 \cdot 10^{-10}$ *	$1562 \cdot 10^{-10}$ *	$1573 \cdot 10^{-10}$ *	$1584 \cdot 10^{-10}$ *	$1595 \cdot 10^{-10}$ *
	$\sigma_{TiPt} (\Omega \cdot m)^{-1}$	$7.64 \cdot 10^6$ *	$6.94 \cdot 10^6$ *	$6.78 \cdot 10^6$ *	$6.68 \cdot 10^6$ *	$6.61 \cdot 10^6$ *	$6.49 \cdot 10^6$ *	$6.4 \cdot 10^6$ *	$6.36 \cdot 10^6$ *	$6.31 \cdot 10^6$ *	$6.27 \cdot 10^6$ *

Din tabel se observa cum rezistivitatea germaniului scade invers proportional cu temperatura si conductivitatea acestuia creste direct proportional cu temperatura. Pentru TiPt este exact invers rezistivitatea creste, iar conductivitatea scade.

Cu ajutorul formulelor am calculat rezistivitatea si conductivitatea pentru cele 2 probe, cunoscand dimensiunile probelor:

$$G_e: L = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$S = 10 \times 10 \text{ mm}^2 = 0,001 \text{ m}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$T_{\text{Pe}}: l = 175 \text{ mm} = 0,175 \text{ m} = 175 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S = 0,165 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m} = 82,5 \mu\text{m}^2 = 825 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$$

Dim formula $R = \rho \frac{l}{S}$ se determina ρ :

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

$$\text{iar } \mathcal{R} = \frac{1}{\rho}$$

Calculăm ρ și \mathcal{R} pentru rezistențele măsurate ale G_e :

$$\rho_{G_{e1}} = \frac{2900 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}} = 29 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e1}} = \frac{1}{29} = 0,03 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e2}} = \frac{950 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}} = 9,5 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e2}} = \frac{1}{9,5} = 0,11 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e3}} = 680 \cdot 10^{-2} = 6,8 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e3}} = \frac{1}{6,8} = 0,15 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e4}} = 600 \cdot 10^{-2} = 6 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e4}} = \frac{1}{6} = 0,17 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e5}} = 500 \cdot 10^{-2} = 5 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e5}} = \frac{1}{5} = 0,2 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e6}} = 440 \cdot 10^{-2} = 4,4 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e6}} = \frac{1}{4,4} = 0,23 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

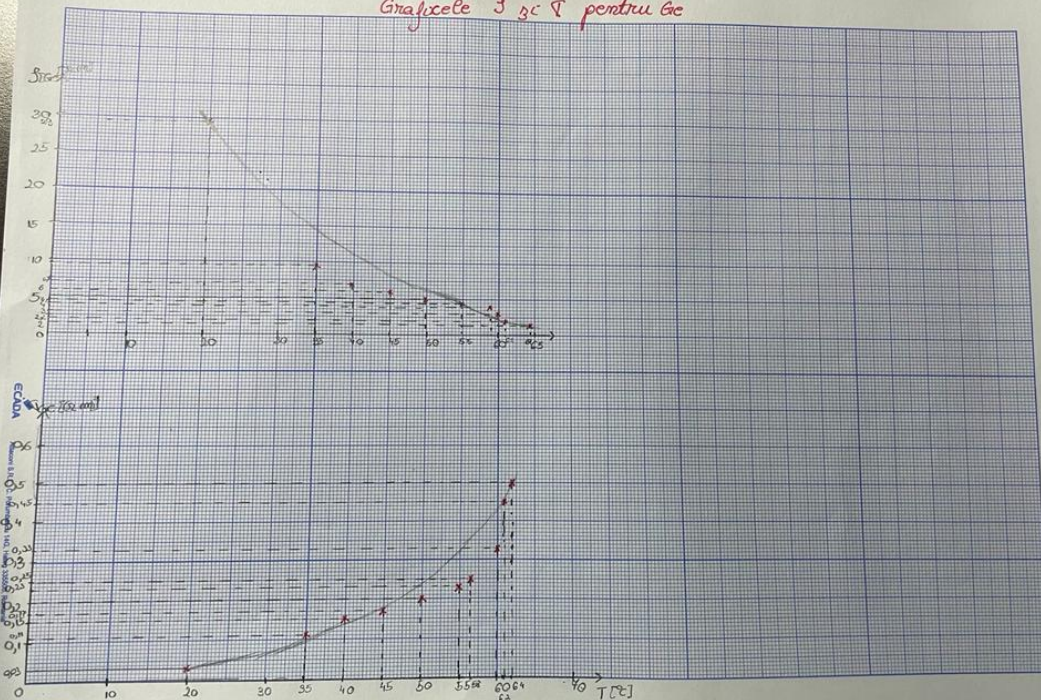
$$\rho_{G_{e7}} = 400 \cdot 10^{-2} = 4 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e7}} = \frac{1}{4} = 0,25 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e8}} = 300 \cdot 10^{-2} = 3 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e8}} = \frac{1}{3} = 0,33 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e9}} = 220 \cdot 10^{-2} = 2,2 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e9}} = \frac{1}{2,2} = 0,45 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\rho_{G_{e10}} = 200 \cdot 10^{-2} = 2 [\Omega \cdot \text{m}] \quad \mathcal{R}_{G_{e10}} = \frac{1}{2} = 0,5 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

Graficele ρ și \mathcal{R} pentru G_e



Calculați S și ∇ pentru rezistențele măsurate de $T_L Pt$:

$$S_{T_L Pt_1} = \frac{119 \cdot 825 \cdot 10^{-13}}{75 \cdot 10^{-8}} = 1309 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_2} = \frac{131 \cdot 825 \cdot 10^{-10}}{751} = 1441 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_3} = 134 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1474 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_4} = 136 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1496 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_5} = 137,5 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1512,5 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_6} = 140 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1540 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_7} = 142 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1562 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_8} = 143 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1573 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_9} = 144 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1584 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$S_{T_L Pt_{10}} = 145 \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 1595 \cdot 10^{-10} [\Omega \cdot m]$$

$$\nabla_{T_L Pt_1} = \frac{10^{10}}{1309} = 7,64 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1} \quad \nabla_{T_L Pt_9} = \frac{10^{10}}{1584} = 6,31 \cdot 10^6$$

$$\nabla_{T_L Pt_2} = \frac{10^{10}}{1441} = 6,94 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1} \quad \nabla_{T_L Pt_{10}} = \frac{10^{10}}{1595} = 6,27 \cdot 10^6$$

$$\nabla_{T_L Pt_3} = \frac{10^{10}}{1474} = 6,78 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1}$$

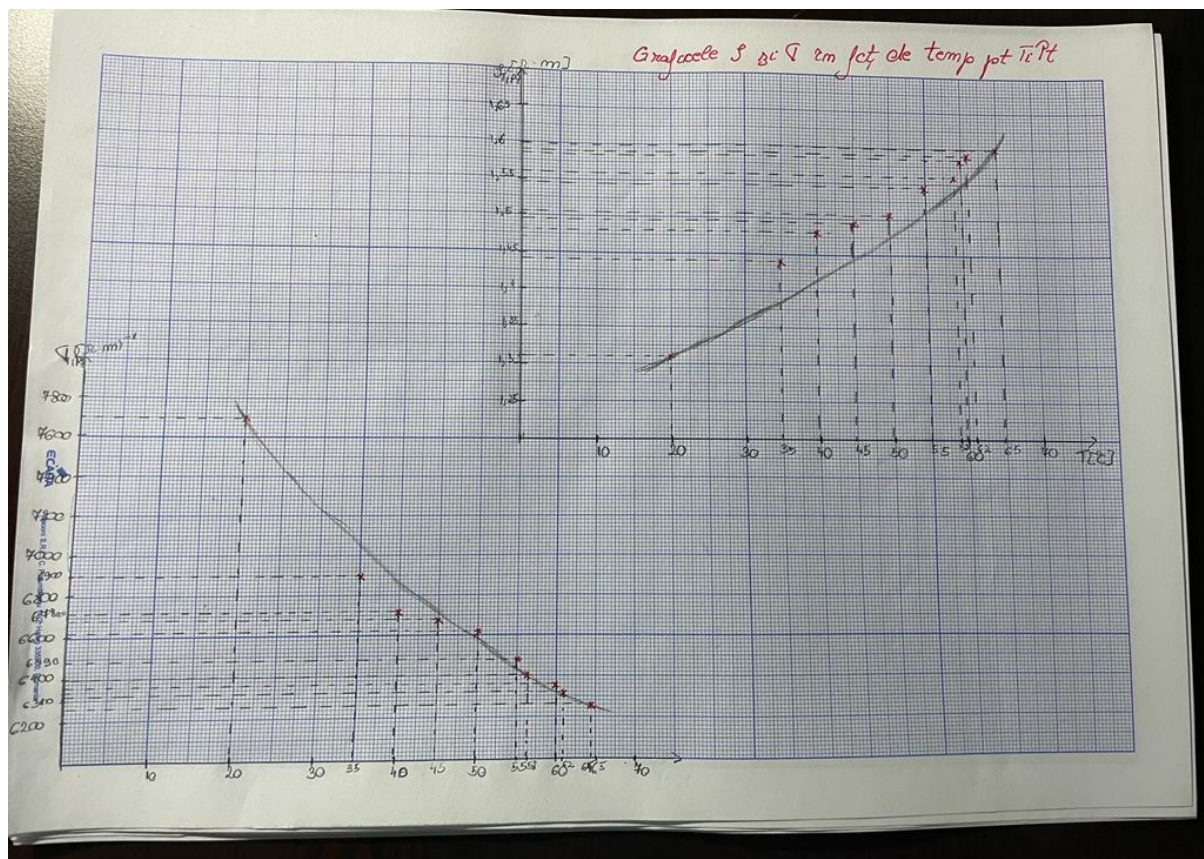
$$\nabla_{T_L Pt_4} = \frac{10^{10}}{1496} = 6,68 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1}$$

$$\nabla_{T_L Pt_5} = \frac{10^{10}}{1512,5} = 6,61 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1}$$

$$\nabla_{T_L Pt_6} = \frac{10^{10}}{1540} = 6,49 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1}$$

$$\nabla_{T_L Pt_7} = \frac{10^{10}}{1562} = 6,4 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1}$$

$$\nabla_{T_L Pt_8} = \frac{10^{10}}{1573} = 6,36 \cdot 10^6 (\Omega \cdot m)^{-1}$$



Calculați coeficientul de temperatură al rezistorului pentru cele 2 probe folosind formula: $\alpha_S = \frac{1}{S} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta T}$

• pentru germaniu (la 60 °C):

$$S = 3 \text{ (} \Omega \cdot \text{m)}$$

$$\Delta S = (2,2 - 4) = -1,8 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

$$\Delta T = 62 - 58 = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{S_{Ge}} = \frac{1}{S} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta T} = 0,33 \cdot (-0,45) \text{ grad}^{-1} = -0,148 \text{ grad}^{-1}$$

• pentru $T_c Pt$ (la 60 °C):

$$S = 183,04 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

$$\Delta S = (184,32 - 181,76) = 2,56 \text{ mm}$$

$$\Delta T = 62 - 58 = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{S_{TcPt}} = \frac{1}{183,04} \cdot \frac{2,56}{4} = 0,0054 \cdot 0,64 \text{ grad}^{-1} = 0,0034 \text{ grad}^{-1}$$

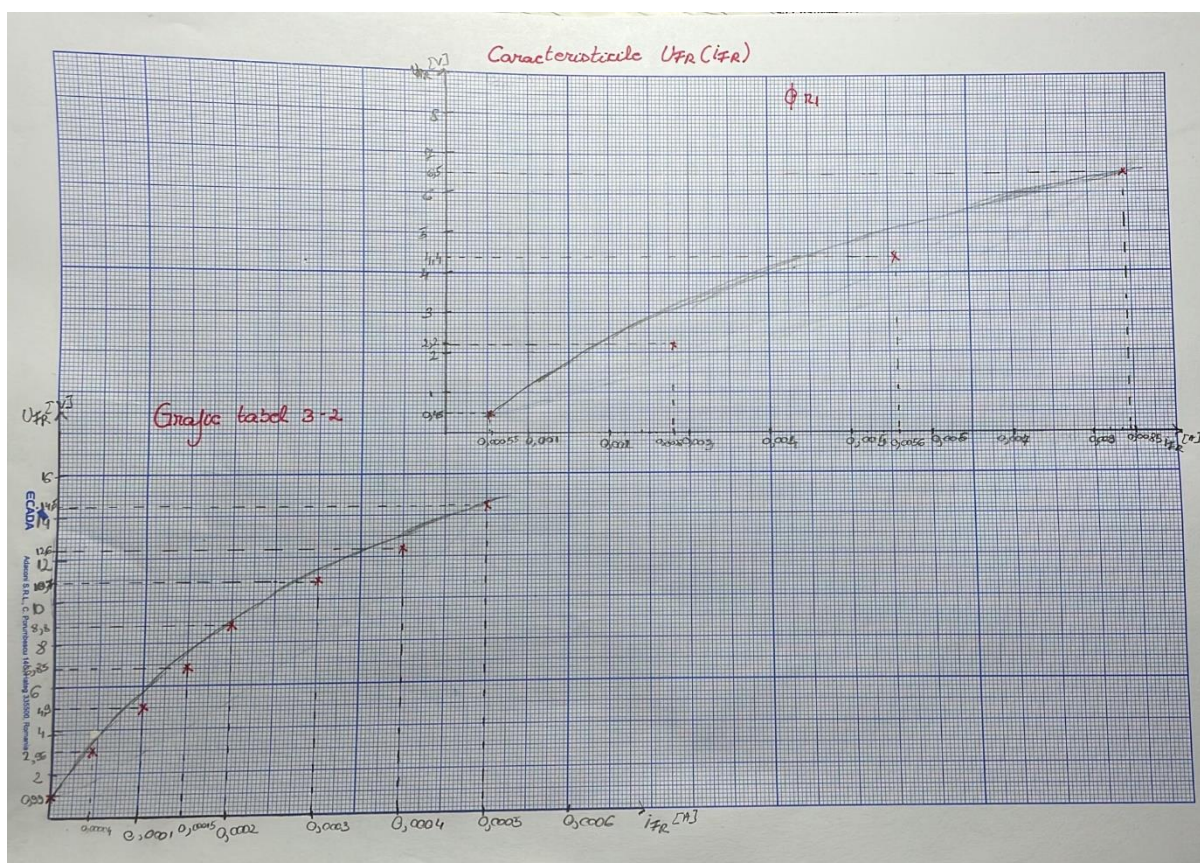
Determinarea caracteristicii curent-tensiune pentru fotorezistență la întineric:

Am conectat grupul FR-R la o sursă de tensiune de alimentare în intervalul 1V-15V, conform tabelului 3-2 și am măsurat tensiunea cu multimetrul digital HM 8113-3 – HAMEG pe fotorezistență.

Din tabel se observa cum curentul crește o dată cu tensiunea.

Tabelul 3-2. $R = 1 \text{ k}\Omega$

U [V]	1	3	5	7	9	11	13	15
$U_{FR} \text{ [V]}$	0.99	2.96	4.9	6.85	8.8	10.7	12.6	14.5
$I_{FR} = \frac{(U - U_{FR})}{R} \text{ [mA]}$	0.01	0.04	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5



Pentru tabelul 3-2 am calculat i_{FR} cu formula:

$$i_{FR} = \frac{(U - U_{FR})}{R} \text{ [mA]}$$

$$i_{FR1} = 1 - 0,99 = 0,01 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR2} = 3 - 2,96 = 0,04 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR3} = 5 - 4,9 = 0,1 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR4} = 7 - 6,85 = 0,15 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR5} = 9 - 8,8 = 0,2 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR6} = 11 - 10,7 = 0,3 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR7} = 13 - 12,6 = 0,4 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR8} = 15 - 14,5 = 0,5 \text{ [mA]}$$

Am determinat rezistența la
întunecare a fotorezistenței ca fiind
panta acestui grafic:

$$R_{FR} = 26,512 \cdot 10^3 \Omega$$

Pentru tabelul 3-3 am calculat i_{FR} cu formula:

$$i_{FR} = \frac{(U - U_{FR})}{R} \text{ [mA]}$$

• pentru $\phi(Cr1)$ avem:

$$i_{FR1} = 1 - 0,45 = 0,55 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR2} = 5 - 2,2 = 2,8 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR3} = 10 - 4,4 = 5,6 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR4} = 15 - 6,5 = 8,5 \text{ [mA]}$$

• pentru $\phi(Cr2)$ avem:

$$i_{FR1} = 1 - 0,88 = 0,12 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR2} = 5 - 4,3 = 0,7 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR3} = 10 - 8,5 = 1,5 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR4} = 15 - 12,6 = 2,4 \text{ [mA]}$$

• pentru $\phi(Cr3)$ avem:

$$i_{FR1} = 1 - 0,98 = 0,02 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR2} = 5 - 4,8 = 0,2 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR3} = 10 - 9,6 = 0,4 \text{ [mA]}$$

$$i_{FR4} = 15 - 14,3 = 0,7 \text{ [mA]}$$

Determinarea dependenței dintre rezistența fotorezistorului și fluxul luminos incident:

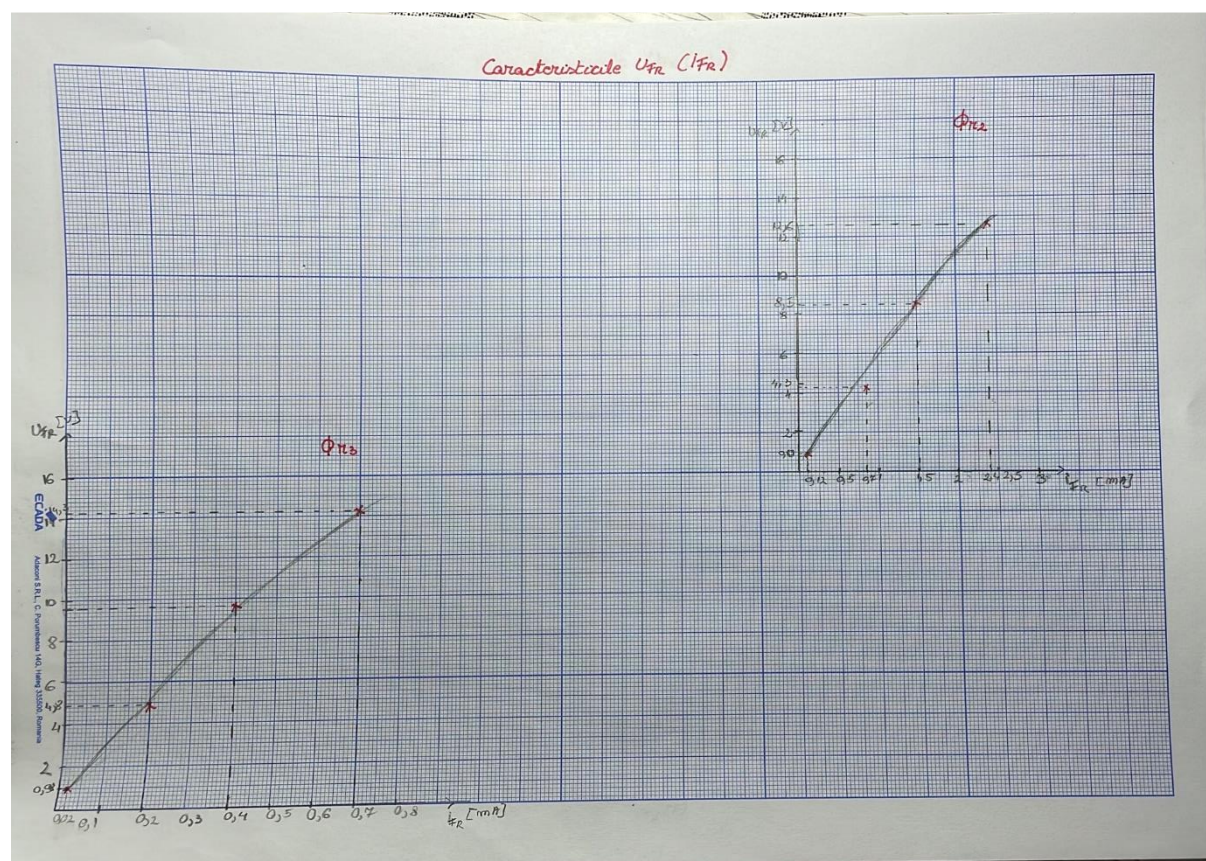
Pentru a determina această dependență se alimentează LED-ul la o tensiune de 10 V. Se poziționează fotorezistorul la distanța aproximativă $r_1=1\text{cm}$ de LED și se măsoară tensiunea, cu multimetrul digital pe fotorezistență pentru patru valori ale tensiunii de alimentare a grupului FR-R. Se repeta măsurătorile pentru alte două poziții ale fotorezistorului aflate la distanțele $r_2=10\text{ cm}$ și $r_3=10\text{ cm}$.

Prin poziționarea fotorezistorului la diferite distanțe de sursa de luminoasă am observat variația tensiunii și a curentului.

Tabelul 3-3

$R = 1\text{ k}\Omega$

Flux	U [V]	1	5	10	15
$\phi(r_1)$	U_{FR} [V]	0.45	2.2	4.4	6.5
	$I_{FR} = \frac{(U - U_{FR})}{R}$ [mA]	0.55	2.8	5.6	8.5
$\phi(r_2)$	U_{FR} [V]	0.88	4.3	8.5	12.6
	$I_{FR} = \frac{(U - U_{FR})}{R}$ [mA]	0.12	0.7	1.5	2.4
$\phi(r_3)$	U_{FR} [V]	0.98	4.8	9.6	14.3
	$I_{FR} = \frac{(U - U_{FR})}{R}$ [mA]	0.02	0.2	0.4	0.7



Concluzie:

Lucrarea ne ajuta sa intelegem cum functioneaza conductia electrica intr-un material. Prin realizarea graficelor am observat cum variaza rezistivitatea si conductivitatea metalelor in functie de temperatura. Am invatat cum sa folosim un fotorezistor si pe ce principiu se bazeaza acesta si am determinat caracteristica curent-tensiune pentru fotorezistență la întuneric.

Intrebari:

1. Cum se explică faptul că, deși deplasarea purtătorilor mobili de sarcină se face sub acțiunea câmpului electric, mișcarea acestora nu este uniform accelerată, ci uniformă?

Deși deplasarea purtătorilor mobili de sarcină se face sub acțiunea câmpului electric, mișcarea acestora nu este uniform accelerată, ci uniformă deoarece depinde de materialul prin care trece curentul, a carui proprietati nu variaza in timp.

2. Cum se explică faptul că în general mobilitatea purtătorilor mobili de sarcină scade la creșterea temperaturii?

Mobilitatea acestor purtători scade în general la creșterea temperaturii după o lege practic liniară.

3. Definiți temperatura Debye.

Temperatura Debye reprezinta temperatura în care toate modurile de oscilație excitate sunt în solid.

4. Este justificată utilizarea unui coeficient de temperatură al conductivității pentru metale sau este mai potrivită introducerea unui coeficient de temperatură al rezistivității? De ce?

Consider ca este justificata utilizarea unui coeficient de temperatură al rezistivitatii pentru metale, deoarece acestea au proprietatea de a fi bune conductoare de electricitate, conducția curentului electric fiind asigurată de electronii de conducție. Este mai util sa observam cum creste rezistivitatea , marimea ce ne arata cat se opune materialul trecerii curentului electric.

5. Este justificată utilizarea unui coeficient de temperatură pentru materiale semiconductoare intrinseci? Să se deducă expresia lor analitică.

Consider ca este justificata utilizarea unui coeficient de temperatură pentru materialele semiconductoare intrinseci.

6. Precizia cu care se determină valoarea rezistenței fotorezistorului este mai bună dacă se măsoară tensiunea între bornele roșu-negru sau între bornele roșu-verde?

Precizia cu care se determină valoarea rezistenței fotorezistorului este mai bună dacă se măsoară tensiunea între bornele roșu-negru.

7. Să se precizeze rolul rezistorului montat în serie cu dioda electroluminiscentă.

Deoarece în polarizare directă dioda nu poate limita curentul, este necesară folosirea unui rezistor, conectat în serie cu dioda pentru a limita curentul prin aceasta.

8. După ce lege se modifică fluxul electromagnetic, emis de dioda electroluminiscentă și care cade pe fotorezistor, cu distanța dintre cele două componente?

Fluxul electromagnetic, emis de dioda electroluminiscentă variaza după o lege $\frac{1}{r^2}$.