

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCURESTI
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

**LABORATORUL DE FIZICA ATOMICA SI FIZICA CORPULUI SOLID
BN - 031 B**

FOTOREZISTENTA

FOTOREZISTENȚA

1. Scopul lucrării

Studiul fotoconducției în materiale semiconductoare.

2. Teoria lucrării

Conducția are loc datorită mișcării purtătorilor de sarcină (electroni și goluri). Prin fenomenul de fotoconducție se înțelege creșterea conducției unui material (metal, semiconductor) datorită generării de purtători de sarcină suplimentari sub influența radiației luminoase.

Printr-un semiconductor supus unei diferențe de potențial U va trece un curent electric slab (de întuneric), care crește, atunci când semiconductorul este iluminat, datorită fotoconducției. Intensitatea fotocurentului, diferită de cea a curentului de întuneric, depinde de temperatură, tensiunea electrică aplicată și de durata iluminării.

Conductibilitatea electrică totală σ_t este datorată electronilor (de concentrație n) și golurilor (de concentrație p), și având mobilitățile μ_n , respectiv μ_p .

$$\sigma_t = e\mu_n n + e\mu_p p$$

La întuneric conductibilitatea se datorează purtătorilor de sarcină de echilibru (electroni de concentrație $n = n_0$ și goluri de concentrație $p = p_0$), conductibilitatea totală fiind numită și conductibilitatea de întuneric σ_0 .

$$\sigma_{t|\text{întuneric}} = \sigma_0 = e\mu_n n_0 + e\mu_p p_0$$

Prin iluminare, concentrația de electroni crește de la n_0 la n , iar cea de goluri de la p_0 la p .

$$\sigma_{t|\text{iluminare}} = e\mu_n n + e\mu_p p = e\mu_n (n_0 + n - n_0) + e\mu_p (p_0 + p - p_0) = \sigma_0 + \sigma_f \quad (1)$$

Unde σ_f este conductibilitatea datorită iluminării, sau fotoconductibilitatea, datorată creării excesului de purtători Δn , respective Δp . Din (1) fotoconductibilitatea este

$$\sigma_f = \sigma_t - \sigma_0 = e(\mu_n \Delta n + \mu_p \Delta p) \quad (2)$$

Intensitatea curentului electric de fotoconducție (fotorăspuns) este direct proporțională cu numărul total de fotoni absorbiți (G) în volumul probei semiconductoare luminate și cu sarcina electronului. Factorul de proportionalitate A' se numește “coeficient de amplificare” de conducție, deci

$$\Delta I_L = A' G e \quad (4)$$

unde:

$$G = \alpha S d \Phi_L \quad (5)$$

Fotorezistențele utilizate în practică sunt fabricate din materiale semiconductoare fotosensibile a căror conductibilitate de întuneric este mult mai mică decât fotoconductibilitatea, $\sigma_0 \ll \sigma_f$. În acest caz fotocurentul este direct proporțional cu tensiunea aplicată U și cu fluxul luminos Φ_L , adică:

$$\Delta I_L = CU\Phi_L, \quad (6)$$

C fiind constanta dispozitivului experimental. Această comportare a condus la utilizarea fotorezistențelor în circuite optoelectronice și de automatizare.

Studiul fotoconducției semiconductorilor se face mai ales pe strate subțiri cu grosimi de ordinul mm deoarece în comparație cu probele masive, prezintă următoarele avantaje:

- Rezistență electrică este mare, variația ei la iluminare fiind mai ușor de măsurat;
- Se înlătură posibilitatea variației suplimentare a rezistenței prin încălzire;
- Stratul subțire poate fi activat prin iluminare în toată grosimea sa, funcție de parcursul fotonilor incidenți în materialul respectiv;
- Procesul de impurificare se poate realiza mai ușor, fapt important deoarece impurificarea produce o deplasare a maximumului fotorăspunsului spre lungimi de undă din domeniul vizibil (pentru care distanța de pătrundere a fotonilor în probă este mai mare). Acest lucru este exemplificat în Fig. 1, unde este prezentat răspunsul pentru un strat fotorezistor de CdS și un fotorezistor de CdS impurificat cu Cu.

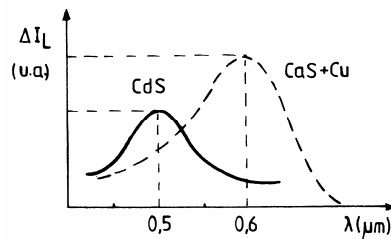


Fig. 1. Răspunsul unui fotorezistor de CdS pur și impurificat cu Cu

3. Metoda experimentală folosită

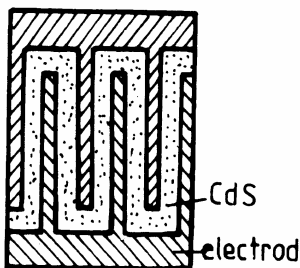


Fig. 2. Schema fotorezistenței

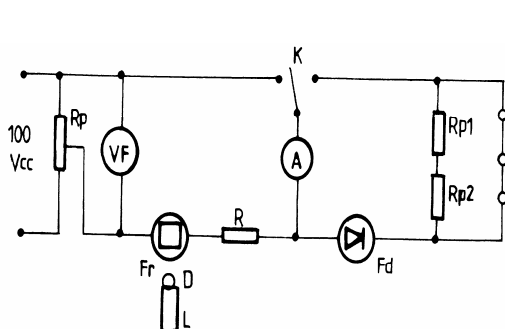
Fotorezistența studiată este un strat subțire (2-3 mm) de CdS impurificat cu atomi de Cu. Cei doi electrozi metalici (vezi Fig. 2) sunt obținuți pe placa de sticlă folosind evaporarea termică in vid. Prin același fenomen de evaporare, peste ei se depun atomii de Cu.

Fotorezistența și sursa de lumină nu prea intensă (12W) îndeplinesc condițiile ca relația (6) să fie satisfăcută. În această lucrare se va urmări modul cum variația fotocurentului în funcție de tensiunea aplicată și de iluminarea E .

Tensiunea prin circuitul electric este direct proporțională cu rezistența din circuit: $U = R \cdot I$. Ca urmare, graficul intensității funcție de tensiunea din circuit va fi o dreaptă: $I = U \cdot I/R$.

4. Montajul experimental

Pentru studiul caracteristicilor fotorezistenței se utilizează un montaj potențiomtric, prezentat în Fig 3.



- R_p - reostat ($\sim 340 \Omega$)
- V - voltmetru (0-150 V cc)
- A - microampermetru cu spot luminos
- R - rezistență chimică de protejare a fotorezistenței
- F_r - fotorezistența
- K - întrerupător
- L - lampa de proiecție (6-12 V) prevăzută cu diafragma reglabilă D
- F_d - fotodiodă
- R_{p1} - cutie cu rezistențe cu ploturi (1-10K Ω)

Fig. 3: Schița dispozitivului experimental

Alimentarea generală cu curent electric se face de la blocul de prize, la tensiunea de 220Vca. Tensiunea electrică continuă, necesară alimentării circuitului fotorezistenței se obține cu ajutorul redresorului aflat lângă masa de lucru. Reostatul (R_p), montat potențiomtric, permite variația tensiunii aplicate, valoarea ei fiind indicată de voltmetrul V. L reprezintă sursa de lumină albă, iar A este un microampermetru cu spot luminos.

5. Modul de lucru

a. După recunoașterea aparatelor, efectuarea și verificarea schemei de montaj (Fig. 5), se conectează montajul la blocul de prize.

Se potrivește comutatorul “Fotorezistență/Fotodiodă” pe poziția “Fotorezistență”. Pentru asigurarea protecției aparatelor, înainte de conectarea la blocul de prize, trebuie să se verifice ca:

- microampermetrul (A) să fie pus pe poziția de măsurare a intensității maxime prin comutatorul de scală, iar spotul să fie pe poziția blocat;
- cursorul reostatului (R_p) să fie adus la poziția de rezistență electrică maximă (căderea de tensiune minimă pe fotorezistență)
- diafragma D care obturează fascicolul de lumină să fie deschisă pe poziția 1 (iluminare slabă)

b. Se manevrează cursorul reostatului (R_p) pentru a stabili o tensiune de 20V și se îndreaptă sursa de lumină pe o direcție normală pe suprafața fotorezistenței, având indicatorul diafragmei pe poziția 1 (iluminarea E_1). Se blochează spotul microampermetrului și pentru iluminarea E_1 , proporțională cu fluxul incident, se citește intensitatea fotocurentului în diviziuni care se convertesc în microamperi, conform scării utilizate.

c. Menținând E_1 constant, se modifică valorile tensiunii $U = 20, 40, \dots, 100V$ și se citește, ca la punctul (2), fotocurentul de fiecare dată.

(Dacă se efectuează și lucrarea “Fotodioda”, se vor considera doar cinci valori ale tensiunii: 20, 40, ..., 100, și cinci valori ale rezistenței iluminării E : 2, 4, ..., 10.)

d. Se repetă operațiile de la punctele (2) și (3) variind iluminarea prin deschiderea treptată a diafragmei (trecând prin pozițiile 2, 3, ... ,10); toate datele și rezultatele măsurătorilor se înscriu într-un tabel de forma:

Nr. crt.	E_i (u. r.)	E_1	E_2	E_5	Obs. u. r. = unități relative
	U_j (V)					
1	20	I_{ij}				
2	40					
.	..				→	$I_{ij}(E_i)$ la $U_j = \text{ct.}$
5	100			↓		
				$I_{ij}(E_i)$ la $E_i = \text{ct}; R_i$		

e. După efectuarea tuturor măsurărilor se face deconectarea tuturor aparatelor de la sursele de alimentare, în ordinea inversă operațiilor de la punctul 2; se readuc astfel toate aparatele la poziția inițială și apoi se deconectează de la blocul de prize.

6. Prelucrarea rezultatelor experimentale

Se trasează, pe hârtie milimetrică, două familii de grafice:

1) Caracteristicile curent - tensiune $I_{ij} = I_{ij}(U_j)$, $i=1 - 5$, $j = 1 - 6$ la iluminare (E_i) constantă, pentru fiecare iluminare în sens crescător a acesteia. Pe porțiunile liniare ale acestor caracteristici se poate calcula rezistența electrică a probei, conform legii Ohm

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (7)$$

Cu rezistența calculată pentru diversele iluminări se trasează graficul $R_i = R_i(E_i)$.

Din relația (6) se poate determina constanta C a dispozitivului, pentru un anumit domeniu de tensiuni.

2) Caracteristicile curent - iluminare $I = I(E)$ la $U = \text{ct.}$, pentru fiecare tensiune aplicată;

Întrebări

1. Ce este o fotorezistență ?
2. În ce constă fenomenul de fotoconducție ?
3. Ce materiale se folosesc, uzual, ca fotorezistențe ?