STUDIUL FOTOREZISTORULUI

NOȚIUNI TEORETICE

Dispozitivele optoelectronice reprezintă elemente care transformă energia radiaţiilor luminoase (sau a altor radiaţii din spectrul invizibil) în energie electrică sau invers. Transformarea energiei radiaţiei electromagnetice în energie electrică şi invers se face în mod direct, fără intermediul altor forme de energie. Fenomenele fizice fundamentale care stau la baza funcţionării dispozitivelor optoelectronice sunt absorbţia radiaţiei electromagnetice în corpul solid şi recombinarea radiativă a purtătorilor de sarcină în semiconductor.

Dispozitivele optoelectronice se împart în două mari categorii:

a) Dispozitive care transformă energia radiaţiei luminoase în semnale electrice (fotorezistorul, fotodioda, fototranzistorul) - acestea au ca scop fie măsurarea fluxului luminos sau transmisia de informaţie, fie conversia energiei luminoase în energie electrică, cazul celulelor fotovoltaice.

b) Dispozitive care transformă energia electrică în energie luminoasă – cazul diodelor electroluminescente şi al laserilor cu joncţiuni semiconductoare.

FOTOREZISTORUL este un dispozitiv pasiv a cărui funcționare se bazează în exclusivitate pe efectul fotoelectric intern, și anume creşterea conductivității unui material semiconductor datorită generării de purtători de sarcină suplimentari sub influenţa radiaţiei luminoase. La întuneric conductibilitatea se datorează purtătorilor de sarcină de echilibru (electroni și goluri), conductibilitatea totală fiind numită si conductibilitatea de întuneric. Când semiconductorul este iluminat, conductivitatea sa creşte proporţional cu numărul total de fotoni absorbiţi. Intensitatea fotocurentului, diferită de cea a curentului de întuneric, depinde de temperatură, tensiunea electrică aplicată şi de durata iluminării.

Fotorezistorii utilizați în practică sunt fabricați din materiale semiconductoare fotosensibile a căror conductibilitate de întuneric este mult mai mică decât fotoconductibilitatea. Alcătuirea unui fotorezistor este prezentată schematic în figura 1. Pe un suport izolator este depus un strat de material semiconductor la extremitățile căruia se realizează două contacte metalice ohmice pe care se lipesc terminalele dispozitivului. Pentru a obține o valoare mai mare a rezistenței electrice la întuneric, materialul semiconductor se dispune sub formă ondulată.

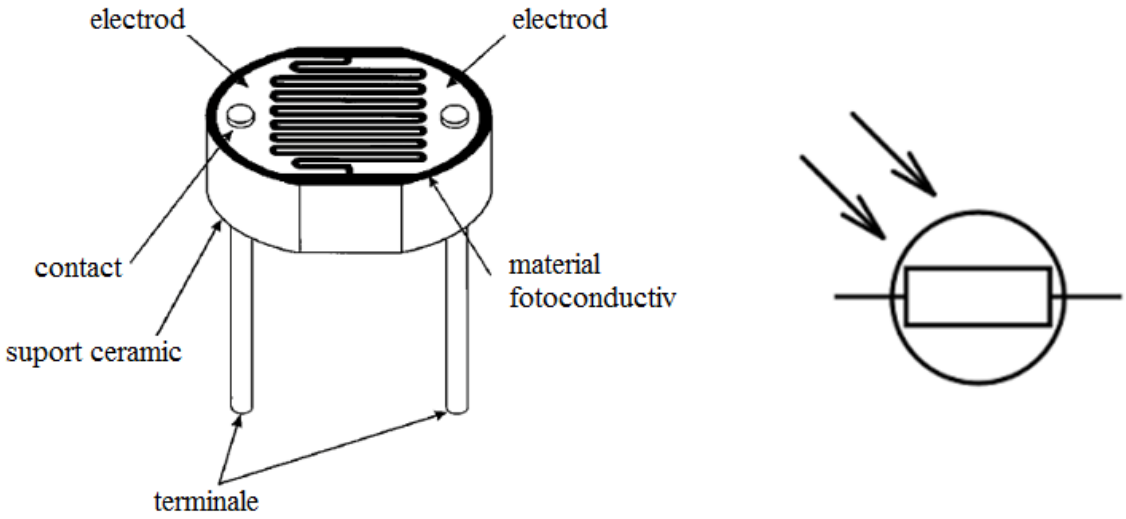

Figura 1: schema (stânga) și simbolul (dreapta) unui fotorezistor

De obicei se depun straturi subţiri cu grosimi de ordinul mm deoarece în comparaţie cu probele masive, prezintă următoarele avantaje:

- rezistenţă electrică este mare, variația ei la iluminare fiind mai uşor de măsurat;
- se înlătură posibilitatea variaţiei suplimentare a rezistenţei prin încălzire;
- stratul subţire poate fi activat prin iluminare în toată grosimea sa, în funcţie de parcursul fotonilor incidenţi în materialul respectiv;
- procesul de impurificare se poate realiza mai uşor, fapt important deoarece impurificarea poate produce o deplasare a maximului fotorăspunsului spre lungimi de undă din domeniul vizibil (pentru care distanţa de pătrundere a fotonilor în probă este mai mare).

Principalii parametrii ai unui fotorezistor sunt:

1. Rezistența electrică la întuneric (R_0) poate ajunge la sute de MΩ
2. Tensiunea maximă admisă la borne, de obicei are valori peste 100 V
3. Puterea maximă disipată, cuprinsă între zeci și sute de mW
4. Sensibilitatea la lumină, apreciată prin mai mulți parametrii
   a. Sensibilitatea integrală dată de raportul dintre fotocurent (diferența dintre intensitatea curentului electric prin fotorezistor la iluminarea ϕ și curentul la întuneric) și fluxul luminos incident, la o tensiune constantă: $S=(I_\phi-I_0)/\phi$
   b. Sensibilitatea spectrală dată de raportul dintre fotocurent și fluxul monocromatic incident: $S_\lambda=(I_\phi-I_0)/\phi_\lambda$
   c. Sensibilitatea fotorezistorului: $S_R=(R_\phi-R_0)/(R_0\phi)$
5. Timpul de răspuns care indică rapiditatea variației conductivității fotorezistorului la aplicarea/întreruperea unui impuls luminos
6. Coeficientul de temperatură care indică, la o iluminare fixată, variația procentuală a valorii fotorezistenței cu variația temperaturii dspozitivului.

Caracteristicile fundamentale ale fotorezistorului sunt:

1. Caracteristicile volt-amperice care exprimă dependența fotocurentului de tensiunea electrică aplicată când fluxul luminos se menține constant: $I=f(U)_\phi$
2. Caracteristicile de iluminare integrală care exprimă dependența dintre intensitatea fotocurentului și fluxul luminos incident când tensiunea aplicată este menținută constantă: $I=f(\phi)_U$
3. Caracteristicile spectrale ale sensibilității care exprimă dependența sensibilității fotorezistorului de lungimea de undă a radiației incidente când tensiunea aplicată și fluxul luminos incident sunt menținute constante: $S=f(\lambda)_{U,\phi}$

METODA EXPERIMENTALĂ

Pentru studiul caracteristicilor fotorezistorului se utilizează un montaj potenţiometric, prezentat în Figura 2.

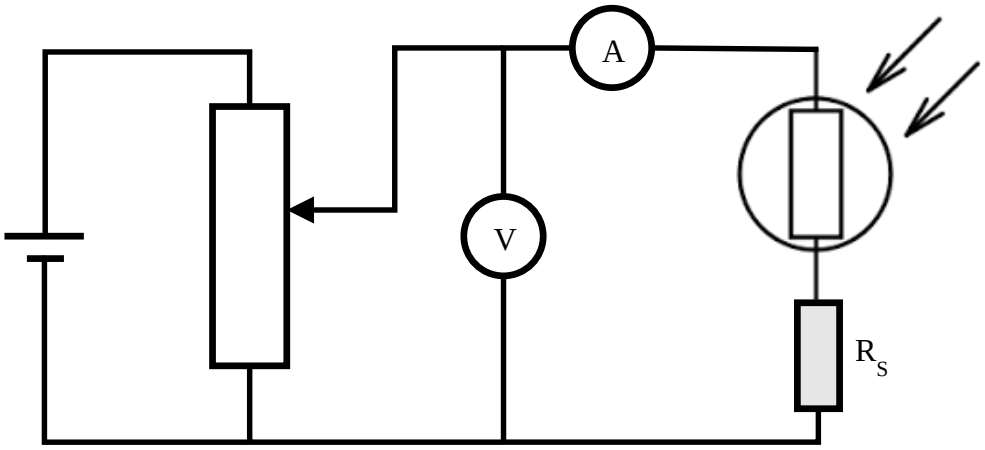

Figura 2: Schema montajului experimental

Fotorezistorul studiat și sursa de lumină se găsesc în interiorul unui tub opac, înlăturându-se astfel influența luminii ambiante. Obținerea diferitelor valori ale fluxului luminos se face prin simpla apropiere sau îndepărtare a sursei de fotorezistor. Valorile fluxului pentru diferite distanțe alese se citesc din graficul atașat lucrării. Alimentarea generală cu curent electric se face de la o sursă de tensiune continuă de 12 V. Tensiunea variabilă necesară se obține cu ajutorul potențiometrului. Pentru studiul caracteristicilor fotorezistorului, drept sarcină în circuitul exterior se folosește rezistența R_S.

Se vor studia următoarele caracteristici ale fotorezistorului:

1. Caracteristicile volt-amperice $I = f(U)_\phi$:
   a. pentru $R_S=0$ se crește treptat tensiunea aplicată fotorezistorului de la 0 până la 10V și se citesc valorile curentului electric utilizând microampermetrul, când fotorezistorul este ținut la întuneric și pentru 4 valori diferite ale iluminării.
   b. pentru $R_S \neq 0$ se alege o valoare fixă a fluxului luminos și se crește treptat tensiunea aplicată fotorezistorului de la 0 până la 10V, citindu-se valorile curentului electric utilizând microampermetrul

2. Caracteristica de iluminare: pentru o tensiune aplicată fixată, se citesc valorile fotocurentului corespunzătoare valorilor crescânde ale fluxului luminos pentru $R_S=0$; se repetă experiența pentru câteva valori ale tensiunii electrice aplicate;
3. Caracteristica de iluminare în sarcină: se introduc pe rând în circuit rezistențele de sarcină R_S și pentru o tensiune aplicată fixată se citesc valorile fotocurentului corespunzătoare valorilor crescânde ale fluxului luminos.

Se reprezintă grafic următoarele caracteristici:

1. Caracteristicile volt-amperice pentru valori diferite ale fluxului luminos (5)
2. Caracteristicile de iluminare pentru valori diferite ale tensiunii aplicate fotorezistorului (minim 3)
3. Caracteristicile de iluminare în sarcină pentru cele 3 rezistențe ($R_S=0$ și cele două rezistențe nenule) pentru o tensiune aplicată fixată

Se calculează următorii parametrii ai fotorezistorului

1. Din caracteristica volt-amperică ridicată în absența iluminării se determină valoarea rezistenței de întuneric a fotorezistorului R_0.
2. Utilizând caracteristicile volt-amperice pentru valori diferite ale fluxului luminos se calculează variația relativă a rezistenței fotorezistorului sub acțiunea iluminării: $n=(R_0-R_\phi)/R_0$
3. Din caracteristica de iluminare ridicată pentru tensiunea nominală (U_N) se calculează $K=\Delta I/\Delta\phi$ și sensibilitatea specifică integrală: $K_0=K/U_N$
4. Utilizând caracteristicile de iluminare în sarcină se calculează sensibilitatea în tensiune a fotorezistorului:

$$K_S=K\frac{R_\phi}{\left(1+\frac{R_\phi}{R_S}\right)}$$

Responsabil laborator: Lect. Dr. Dudric Roxana