

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

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

**FOTODIODA**

# FOTODIODA

## Scopul lucrării.

Studiul efectului fotovoltaic. Conversia directă a energiei luminoase în energie electrică.

## Teoria lucrării.

Efectul fotovoltaic constă în apariția unei tensiuni electromotoare într-o joncțiune p -n când aceasta este iluminată. Prin acest efect se realizează conversia directă a energiei luminoase în energie electrică.

Intr-un semiconductor intrinsec conducția electrică este realizată atât de electronii care trec din zona de valență în zona de conducție sub acțiunea câmpului electric extern unde se deplasează liber și crează densitatea de curent de electroni  $\vec{J}_n$ , cât și de golurile din zona de valență, rezultate în urma plecării electronilor, și care din punct de vedere al conducției se comportă ca sarcini elementare pozitive și crează densitatea de curent de goluri  $\vec{J}_p$ . Densitățile de curent  $\vec{J}_n$  și  $\vec{J}_p$  sunt:

$$\vec{J}_n = n e \mu_n \vec{E} \quad (1)$$

$$\vec{J}_p = p e \mu_p \vec{E} \quad (2)$$

unde  $n$  este concentrația de electroni din zona de conducție,  $p$  este concentrația de goluri din zona de valență,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$  și este sarcina electrică elementară,  $\mu_n$  și  $\mu_p$  sunt mobilitățile electronilor și respectiv golurilor. In semiconductorul intrinsec  $n \equiv p$  și densitatea totală de curent este:

$$\vec{j} = (n e \mu_n + p e \mu_p) \vec{E} \quad (4)$$

In semiconductorii extrinseci (semiconductori dopați) conducția se realizează prin electroni în semiconductorii dopați cu impurități donoare - semiconductorii de tip n și respectiv prin goluri în semiconductorii de tip p dopați cu impurități acceptoare. densitatea de curent în semiconductorii de tip p este  $\vec{J}_n$  (1) iar în semiconductorii de tip p este  $\vec{J}_p$  (3) unde  $n \neq p$ .

Joncțiunea p - n este zona care separă, în același monocristal, două regiuni cu conducții diferite: p și n. In fiecare dintre aceste regiuni mișcarea purtătorilor liberi are un caracter dezordonat, electronii difuzează spre regiunea p iar golurile spre regiunea n. La întâlnirea dintre electron și gol are loc fenomenul de recombinare care determină o scădere a concentrației de electroni în zona n și de goluri în zona p. Acest fenomen face ca regiunea n să devină electropozitivă comportându-se ca o veritabilă sursă electrică. In joncțiune apar astfel un câmp electric dirijat de la regiunea n spre regiunea p, care limitează migrarea purtătorilor.

Difuzia purtătorilor prin joncțiunea p - n poate fi stimulată prin iluminarea acestia. Datorită fotonilor se realizează ionizarea atomilor și se crează astfel noi purtători de sarcină liberă capabili să mărească tensiunea electromotoare din joncțiune, fenomenul respectiv purtând denumirea de efect foto. Randamentul conversiei energiei luminoase în energie electrică depinde de natura materialului semiconductor, de compoziția spectrală a luminii de caracteristicile dispozitivului folosit, dispozitiv care poartă numele de fotodiodă.

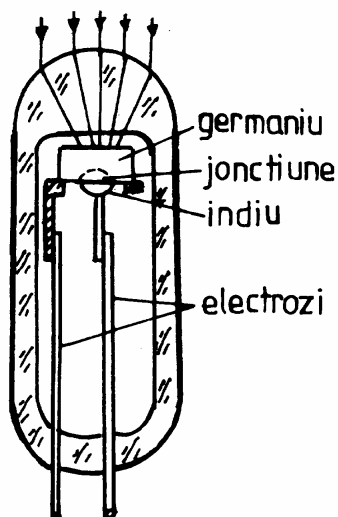


Fig.1

Piesa principală a unei fotodiode este o plăcuță de germaniu de tip n în interiorul căreia s-a realizat joncțiunea p - n. S-a folosit următoarea tehnologie:

pe plăcuță s-a așezat o bobită de indiu, indiu are o temperatură de topire mai mică decât temperatura de topire a germaniului. Prin încălzire bobita s-a topit și atomii de indiu au difuzat în plăcuța de germaniu.

Spațiul în care au pătruns atomii de indiu devine o regiune cu conducție prin goluri (conducție de tip p). La limita acestei regiuni se formează joncțiunea p - n. La cele două regiuni s-au atașat firele de legătură, apoi s-a incapsulat într-un tub de sticlă înnegrit în întregime cu excepția capătului superior care cu forma de lentilă. Lentila are scopul (de a concentra lumina pe joncțiunea p - n, apare astfel excesul de sarcină (n și p).

Creșterea fluxului luminos determină creșterea concentrației în exces (n și p), ceea ce duce la mărirea tensiunii electromotoare, precum și a intensității curentului electric generat. Intensitatea curentului depinde de rezistența circuitului exterior, cu cât rezistența va fi mai mare, la o aceeași iluminare, cu atât intensitatea curentului generat va scădea. În lucrare se va urmări modul cum variază intensitatea curentului electric în funcție de iluminare, al diferite valori ale rezistenței exterioare.

## Dispozitivul experimental

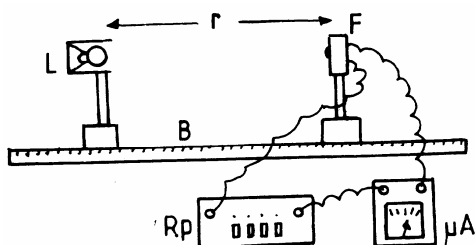


Fig. 2

Montajul experimental este prezentat în fig. 2 unde S este un banc optic pe care culisează lampa electrică L și fotodioda F. Lampa electrică este alimentată de la rețeaua de 220 V, curent alternativ. Bancul optic este gradat în centimetri. Fotodioda debitează pe circuitul electric din fig. 2 care cuprinde un microampermetru ( $\mu\text{A}$ ) legat în serie cu o cutie de rezistență cu ploturi. Fiecare rezistență poate fi introdusă în circuit prin ridicarea plotului corespunzător.

### Modul de lucru.

#### Varianta A

Se verifică schema electrică. Se conectează lampa la priză, se scoate capacul opac cu care este acoperită fotorezistența. Lampa stă nemișcată tot timpul lucrării. Pentru rezistență exterioară R nulă (cutia are toate platurile) se deplasează fotodioda la distanțele  $r$  date în tabelul 1. Pentru fiecare  $r$  se citește valoarea curentului electric indicat de microampermetrul și se trec în tabel. Se fac toate citirile corespunzătoare indicațiilor din tabel.

Tabelul 1.

$r$ (cm)	8	10	12	15	20	30	50	80
$r^2$								
$1/r^2$								
$R(\Omega)$	0							
	100							
	500							
	1000							
	5000							

### Prelucrarea datelor experimentale.

Admițând că sursa de lumină are dimensiuni mici în raport cu distanța  $r$ , se poate considera că intensitatea luminoasă scade proporțional cu inversul pătratului distanței  $r$  (cu  $\frac{1}{r^2}$ ). Cu datele din tabel se trasează, pe aceeași hârtie milimetrică, cinci grafice  $I = f\left(\frac{1}{r^2}\right)$  pentru  $R = \text{ct.}$  Pentru un  $r$  dat se determină tensiunea fotovoltaică ( $U_{fv}$ )

$$U_{fv} = J \cdot R, \text{ la } r = \text{ct.} \quad (1)$$

Se trasează pe aceeași hirtie milimetrică cinci grafice  $U_{fv} = f\left(\frac{1}{r^2}\right)$ .

### Varianta B.

Distanța dintre lampa electrică  $L$  și fotodioda  $F$  este fixă. În fața lui  $L$  este așezată o diafragmă reglabilă pentru modificarea fluxului luminos ce cade pe fotodiodă. Montajul electric este cel corespunzător variantei  $A$ . Se modifică fluxul luminos prin modificarea diafragmei în pozițiile 1, 2, ..., 10. Se consideră fluxul luminos proporțional cu deschiderea diafragmei. Pentru valori constante ale fluxului (deschidere constantă a diafragmei) se trasează, pe aceeași hârtie milimetrică, graficele  $I = I\left(\frac{1}{R}\right)$ , unde  $R$  este rezistența circuitului exterior al fotodiodei care se modifică prin scoaterea ploturilor din cutia de rezistențe.

Pentru valori constate ale rezistenței se trasează dependențele curentului electric din circuitul fotodiodei, de fluxul luminos:

$$I = I(\Phi) \text{ la } R = \text{ct.}$$

Datele se trec în tabelul 2.

Variația fotocurentului în funcție de rezistența și flux la distanță fixă.

Tabelul 2

Nr. crt.	$\Phi(\text{u.r.})$	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Phi_3$	$\Phi_4$	$\Phi_5$	$\Phi_6$	$\Phi_7$	$\Phi_8$	$\Phi_9$	$\Phi_{10}$	Obs. u. r.=unități relative $I(\Phi)$ la $R = \text{ct.}$
	$R(\text{k}\Omega)$											
1.												
2.												
3.												
4.												
5.												
6.												
7.												
8.												
9.												

10.												
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Din dependențele  $I = I(1/R)$  se determină pantele dreptelor respective care reprezintă tensiunea fotovoltaică corespunzătoare unui flux luminos constant și se trasează dependența,  
$$U_{fv} = U_{fv}(\Phi).$$

**Intrebări.**

- 1) Ce se înțelege prin efect fotovoltaic?
- 2) Ce este o joncțiune p - n?
- 3) Ce este o fotodiodă?