

STUDIUL DIODEI SEMICONDUCTOARE

1.Scopul lucrării

În lucrarea de față se urmărește trasarea caracteristicii volt-ampermetrice pentru dioda semiconductoră de germaniu EFR106, se determină punctul static de funcționare și rezistența internă a diodei.

2. Teoria lucrării

Joncțiunea p-n este zona de trecere de la semiconductorul de tipul *p* la semiconductorul de tipul *n* în aceeași rețea cristalină.

În zona *n* a joncțiunii există sarcini *pozitive fixe* iar în zona *p* există sarcini *negative fixe*. Terminalul zonei *p* este *anodul* iar terminalul zonei *n* este *catodul*.

În figura (1.a) se prezintă structura diodei semiconductoră, în figura (1b) se prezintă simbolul de circuit al diodei iar în figura (1.c) se prezintă aspectul fizic al diodei EFR 106. Bariera de potențial și lărgimea zonei de sarcină spațială (Z.S.S.) pot fi modificate aplicând diodei tensiune din exterior.

Dioda este polarizată *direct* dacă plusul sursei de tensiune se aplică la anod iar minusul sursei de tensiune se aplică la catod. Polarizarea directă a joncțiunii determină scăderea barierei de potențial și îngustarea Z.S.S. Dioda polarizată direct este străbătută de curentul *direct* I_d .

Dioda este polarizată *invers* dacă plusul sursei de tensiune este conectat la catodul diodei iar minusul la anodul acesteia. Dioda polarizată invers este străbătută de curentul invers I_{inv} . Curentul invers este infim, de ordinul a 1 nA.

Dioda polarizată direct începe să conducă semnificativ (se deschide) de la tensiuni de deschidere dependente de natura chimică a acesteia. Astfel, diodele de mică putere de siliciu se deschid la $U_d \approx 0,5V$, apoi la $U'_d = 0,6V$, curentul este $I'_d = 1mA$ iar la $U''_d = 0,8V$, curentul este $I''_d = 100 mA$.

Dacă diodei polarizate invers i se aplică tensiuni crescătoare de ordinul zecilor de volt, curentul invers ajunge la o valoare de *saturație*, I_s (de ordinul unităților de μA).

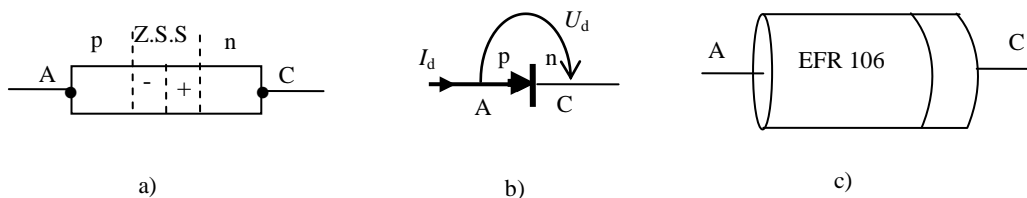


Fig. 1 Dioda redresoare.

Ecuații ale diodei în regim static de funcționare

Dependența curentului direct prin joncțiunea $p-n$ în funcție de tensiunea de polarizare directă este dată de relația

$$I_d = I_s [\exp(eU_d / (mkT)) - 1] \quad (1)$$

În formula (1), semnificațiile mărimilor sunt:

e - sarcina elementară;

T - temperatura absolută;

k - constanta lui Boltzmann;

m - coeficient dependent de modul de preparare al joncțiunii, m primește valori în intervalul (1;2).

Relația (1) se numește *caracteristica statică volt – ampermetrică* a diodei.

Mărimia $U_t = kT/e$, se numește *tensiune termică*. La temperatura $t = 22^\circ\text{C}$, tensiunea termică este de aproximativ 26 mV. Relația (1) se rescrie în forma

$$I_d = I_s [\exp (U_d / (m U_T)) - 1] \quad (2)$$

Deoarece $\exp (U_d / (m U_T)) \gg 1$, logaritmarela relației (2) conduce la expresia

$$\ln I_d = \ln I_s + U_d / (m U_T) \quad (3)$$

Relația (3) reprezintă forma liniarizată a caracteristicii statice a diodei.

Considerăm circuitul din figura 2 în care R este rezistența de limitare a curentului pentru protecția diodei la creșteri necontrolate ale t.e.m. a sursei, E .

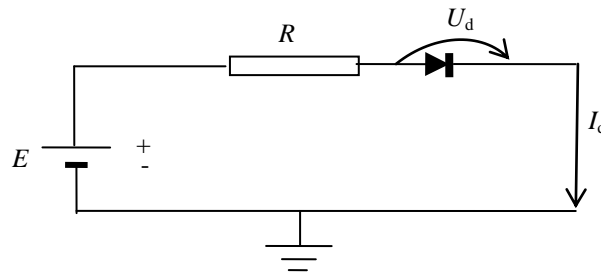


Fig. 2 Polarizarea directă a diodei.

Relația între mărimile E , U_d și I_d este

$$E = R I_d + U_d. \quad (4)$$

Relația (4) reprezintă *dreapta de sarcină* care în figura 3 este trasată prin tăieturi la axe ($U_d = E$; $I_d = E/R$).

Punctul de intersecție P al dreptei de sarcină cu caracteristica statică volt – ampermetrică se numește *punct de funcționare* al diodei. Coordonatele sale sunt: U_d^0 și I_d^0 .

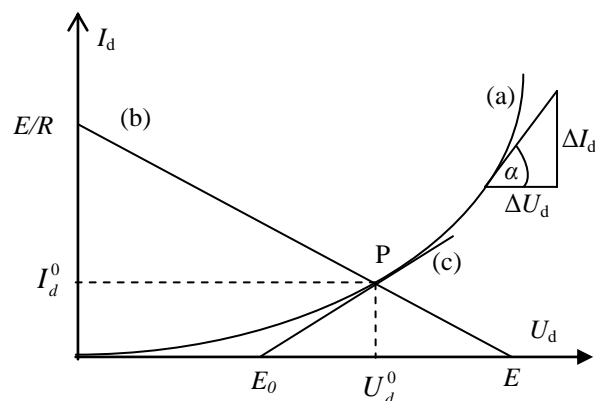


Fig. 3 Caracteristica statică (a), dreapta de sarcină (b) și dreapta de aproximare (c).

Pe intervale restrânse, caracteristica poate fi considerată liniară. Ducând tangentele într-un punct al caracteristicii din figura 3 construim triunghiuri dreptunghice și scriem $\text{ctg}\alpha = \Delta U_d / \Delta I_d$. Acest raport definește *rezistența internă* a diodei, R_i .

Prin punctul P se trasează o tangentă la caracteristica statică numită *dreaptă de aproximare*. Dreapta de aproximare taie axa tensiunii în punctul de coordonată E_0 . Mărimea E_0 este *tensiunea de deschidere* a diodei.

3. Dispozitivul experimental

Instalația este arătată în figura 4. Schema electrică a instalației este prezentată în figura 5.



Fig. 4. Foto: Instalație pentru studiul diodei semiconductoare

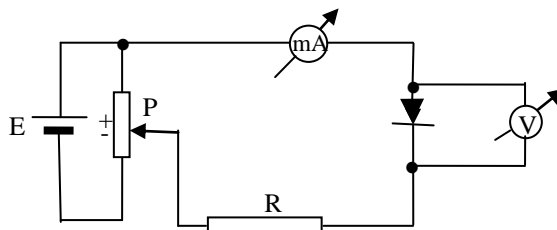


Fig. 5. Schema electrică a instalației.

Elementele schemei sunt: E, sursa de tensiune; diodele EFR106 (germaniu, Ge) sau D244A (siliciu, Si); mA- miliampermetru; V- voltmetru; R- rezistorul de sarcină; P- potențiometru. Pentru circuitul din laborator se cunosc: $E = 0,4 \text{ V}$; $R = 50 \Omega$. Curenții inverși de saturație sunt: $I_s = 7 \mu\text{A}$ pentru dioda germaniu EFR106 și $I_s = 3 \mu\text{A}$ pentru dioda de siliciu D244A.

4. Modul de lucru

1. Cu ajutorul potențiometrului se modifică de 15 ori tensiunea trecând-o prin valorile echidistante $U_{d,j}$, $j \in (1; 15)$.
2. Pe aparatele de măsură se citesc valorile U_d și I_d .
3. Se completează tabelul 1.

Tabel 1. Tensiunea directă și curentul direct prin diodă.

Nr.crt.	U_d (mV)	I_d (μA)	$\ln(I_d/I_s)$	I_d^0 (μA)	U_d^0 (mV)
1					
.					
.					
15					

5. Prelucrarea datelor experimentale

1. Cu datele din tabelul 1 se trasează printre puncte caracteristica volt-ampermetrică a diodei forma exponențială și forma liniarizată.
2. Se ridică graficul dreptei de sarcină și se determină coordonatele punctului static de funcționare.
3. Se ridică graficul dependenței teoretice $I_d = f(U_d)$ dată de ecuația (1) știind că $m = 1$ pentru dioda EFR106 și $m = 2$ pentru dioda D244A.
4. De o parte și de alta a punctului static de funcționare se aleg câte două puncte și în fiecare punct se calculează rezistența internă geometric conform procedurii descris în fig.3.
5. Se completează tabelul 2, apoi se fac aprecieri calitative asupra rezultatelor.

Tabel 2. Rezistența internă a diodei.

Nr.crt.	U_d (V)	ΔU_d (mV)	ΔI_d (μ A)	R_i (k Ω)
1				
.				
.				
4				

6. Cu datele din tabelul 2 se ridică graficul dependenței $R_i = f(U_d)$.
7. Se trasează dreapta de aproximare și se citesc mărimile E_0 , U_d^0 și I_d^0

6. Întrebări

1. Cum se elaborează joncțiunea p-n ?
2. Ce este zona de sarcină spațială ?
3. Cum se simbolizează dioda ?
4. Cum se polarizează dioda ?
5. Care este formula caracteristicii statice a diodei ?
6. Care sunt caracteristicile conducției prin diodă ?
7. Cum se liniarizează caracteristica statică a diodei ?
8. Care sunt tăieturile drepte de sarcină ?
9. Cum se găsește punctul de funcționare statică al diodei ?
10. Ce reprezintă rezistența internă a diodei?

7. Bibliografie

1. Luminosu I., Fizică – teme experimentale - Ed. Politehnica, Timișoara, 2009.
2. Luminosu I., Fizică – elemente fundamentale - Ed. Politehnica, Timișoara, 2002.
3. Damian I., Popov D., Fizică - teme experimentale -, Ed. Politehnica, Timișoara, 2002.
4. Davidescu A., Metrologie generală, Ed. Politehnica din Timișoara, 2001.
5. Crețu T., Fălie V., Prelucrarea datelor experimentale în fizică, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1986
6. Dodoc P., Metrologie, vol 1, Ed. Matrix Rom, București, 1995.
7. Dolocan V., Fizica dispozitivelor cu corp solid, Ed. Academiei, București, 1978.