

LUCRAREA NR.1

DIODA SEMICONDUCTOARE

1. Scopul lucrării - Ridicarea caracteristicilor și determinarea principalilor parametri ai diodelor semiconductoare; studiul comportării diodei semiconductoare în circuite elementare.

2. Caracteristica statică, curent-tensiune, teoretică a unei diode semiconductoare dedusă prin analiza fenomenelor fizice într-o joncțiune PN ideală ce au loc la aplicarea unei tensiuni din exterior

este dată de legea: $i_A = I_0 (e^{\frac{qu_A}{kT}} - 1)$ (1.1)

În această relație reprezentată grafic în fig.1.1, I_0 este curentul de saturație al diodei dat de expresia : $I_0 = qn_i^2 (\frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A}) S$ (1.2), și este dependent de parametri fizici și tehnologici ai joncțiunii PN (suprafața joncțiunii, S , concentrația intrinsecă de purtători n_i , coeficienții de difuzie D_p, D_n , lungimile de difuzie L_p, L_n , ale purtătorilor de sarcină, precum și concentrațiile de impurități, N_D, N_A), iar $1 < \gamma < 2$, un coeficient cu valori mai apropiate de 1 pentru Ge, și mai apropiate de 2 pentru Si, care rezultă din considerarea efectului de recombinare din zona de sarcină spațială la tensiuni de polarizare directe mici (efect cu importanță la diodele cu Si la temperatura camerei.

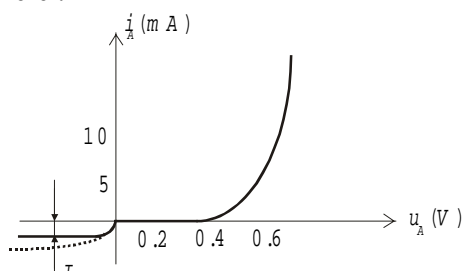


fig .1 .1

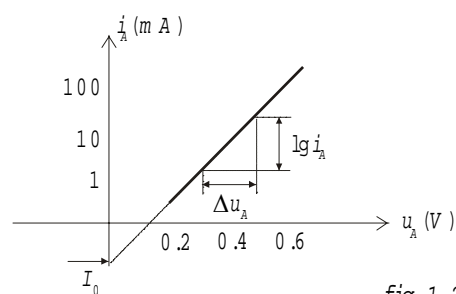


fig .1 .2

În funcție de suprafața joncțiunii PN, la rândul ei, dependentă de curentul maxim pe care trebuie să-l accepte dioda în conducție directă, curentul de saturație I_0 , are, la temperatura camerei, valori de ordinul de mărime, $1 \div 10 \mu A$, pentru diodele din Ge și $1 \div 100 mA$ pentru diodele din Si.

La curenți direcți de ordinul $1 \div 10 mA$ (valori des întâlnite în practică) tensiunea directă pe diodă este de 0.2 –0.3 V pentru diodele din Ge respectiv 0.6-0.8 V pentru diodele din Si.

3. Cele două mărimi, I_0 și γ , se determină prin reprezentarea ecuației diodei semiconductoare la scară semilogaritmică (ca în fig.1.2 unde pe abscisă se reprezintă tensiunea aplicată pentru conducție directă la scară liniară și pe verticală curentul pe diodă în scară logaritmică). Panta dreptei astfel obținute permite deducerea coeficientului γ . (De remarcat faptul că forma exponențială a cracteristicii directe se păstrează într-un interval mare de valori ale curentului) cu

relația : $\gamma = \frac{q}{KT} \frac{1}{2.3} \frac{\Delta u_A}{\Delta \lg i_A}$ (1.3). Prin prelungirera aceleași drepte, la intersecția cu axa ordonatei se

obține curentul de saturație I_0 .

4. Dependența de temperatură a caracteristicii statice a unei diode semiconductoare este foarte puternică, înregistrându-se a dublare a curentului de saturație la fiecare $10 ^\circ C$ pentru diode din Ge respectiv la fiecare $6 ^\circ C$ pentru diodele din Si. Această depedență poate fi pusă în evidență și prin coeficientul de variație a tensiunii directe de pe diodă cu temperatura, la curent constant. Teoretic acest curent este de circa $-2 mV / ^\circ C$, pentru ambele tipuri de material utilizate curent pentru realizarea diodelor semiconductoare.

5. La polarizare inversă, conform ecuație teoretice 1.1, curentul este constant și egal cu $-I_0$.

Dar pentru tensiuni inverse aplicate diodei, regiunea de sarcină spațială se mărește și apare un curent de generare, dependent de tensiunea aplicată, cu valori relative importante pentru diodele de Si (în *fig.1.1* contribuția acestui curent la cracteristica diodei a fost reprezentată punctat). La tensiuni de polarizare inversă mai mari, datorită fenomenului Zener, și fenomenului de multiplicare în avalanșă (predominant de obicei), curentul invers crește, valoarea lui fiind limitată numai de circuitul exterior. Tensiunile de străpungere, la care apare această creștere a curentului, sunt dependente de natura materialului semiconductor, din care este realizat dispozitivul, precum și de concentrațiile de impurități, fiind cu atât mai mici cu cât concentrațiile de impurități sunt mai mari.

6. La tensiuni directe mari caracteristica statică tinde să se liniarizeze, datorită căderilor de tensiune pe zonele neutre ale joncțiunii PN, care nu mai pot fi neglijabile.

7. În circuitele electronice, diodele semiconductoare pot îndeplini mai multe funcțiuni (redresare, detecție, limitare, etc.) în multe situații fiind necesară stabilirea unui regim static de funcționare.

Pentru circuitul elementar din *fig.1.3* punctul static de funcționare se determină prin rezolvarea grafoanalitică a sistemului de ecuații format din ecuația caracteristicii statice a diodei (1.1) și ecuația

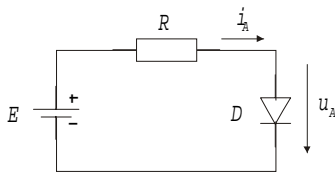


fig .1 .3

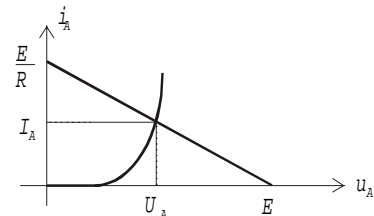


fig .1 .4

dreptei statice de funcționare : $u_A = E - R \cdot i_A$ (1.4)

Punctul static de funcționare M are coordonatele $M(U_A, I_A)$, iar în acest punct de funcționare dioda este caracterizată din punct de vedere al semnalelor lent variabile (ce pot fi aplicate în serie cu tensiunea continuă E) printr-o rezistență dinamică, pentru care se deduce relația :

$$r_d = \gamma \frac{KT}{qI_A} \quad (1.5).$$

Rezistența dinamică r_d se determină experimental prin calculul pantei caracteristicii statice, în

punctul static de funcționare M conform relației : $r_d = \left. \frac{\Delta u_A}{\Delta i_A} \right|_M$ (1.6).

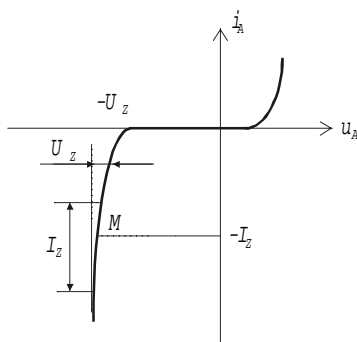


fig .1 .5

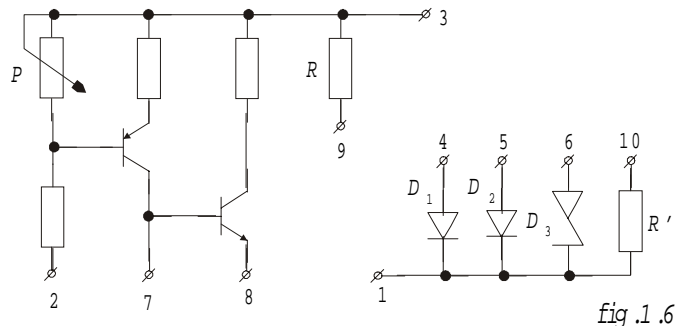
8. Diodele stabilizatoare de tensiune (impropriu dar frecvent denumite diode Zener) sunt caracterizate printr-o tensiune de străpungere bine definită (datorită efectului de multiplicare în avalanșă care determină o creștere foarte puternică a curentului invers în zona de străpungere), controlată prin concentrația de impurități, funcționarea normală a diodei fiind în această zonă. *fig.1.5* în care este reprezentată caracteristica statică, atât cea directă cât și cea inversă, permite înțelegerea noțiunii de tensiune stabilizată, U_Z , precum și determinarea rezistenței dinamice a diodei, r_Z , conform

$$\text{relației: } r_Z = \left. \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} \right|_{I_Z=ct.} \quad (1.7).$$

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

1. Se identifică montajul din fig.1.6 în care se folosește o schemă electrică ajutăoare ca sursă de curent reglabil cu ajutorul potențiometrului P . Alimentat în curent continuu între bornele 3 (+5 V) și 2 (masă), circuitul furnizează la borna 7 un curent reglabil între 0÷50 mA, iar la borna 8 un curent de maximum 500 mA, ambele închizându-se spre borna comună de masă (borna 2).

2. Se ridică caracteristicile statice la polarizarea directă pentru diodele D_1 - EFR 136 (diodă



redresoare din Ge) cu curenți cuprinși între 0,5÷500 mA (borna 4 reprezintă anodul), D_2 -BA 243 (diodă din Si, de uz general, de putere mică) cu curenți în domeniul 0,1÷50 mA (borna 5 este anodul) și D_3 BZX 85 C7V5 (diodă stabilizatoare de tensiune) cu curenți în domeniul 0,1÷20 mA (anodul este borna 6).

Ridicarea caracteristicilor directe se face cu montajul din fig.1.7; curentul prin diodă se măsoară cu un miliampermetru, pe o scară corespunzătoare de curenți, iar tensiunea la bornele diodei cu un volmetru electronic (de preferință volmetru numeric). Curentul se va regla la valori pentru care se poate face o reprezentare comodă la scară logaritmică adică multiplii și submultiplii zecimali ai numerelor 1,2 și r (ai căror logaritmi zecimali sunt, aproximativ, 0, 0.3 respectiv 0.7).

Pentru dioda EFR 136 se va folosi borna 8 a generatorului pentru curenți mai mari de 50 mA iar pentru celelalte cazuri se va folosi numai borna 7 a generatorului de curent.

Rezultatele măsurătorilor se vor trece într-un tabel.

2.a La curentul $I_A = 5$ mA se încălzește (cu mâna sau prin apropierea unui ciocan de lipit încălzit) dioda BA 243 și se constată, calitativ, modificarea tensiunii directe pe diodă.

3. Se trasează caracteristicile statice ale celor trei diode la scară semilogaritmică (ca în fig.1.2) și se determină parametrii I_0 și γ (care se vor trece într-un tabel).

4. Se vor trasa cele trei caracteristici la scară liniară pe un același grafic, pe hârtie milimetrică (numai în domeniul de curenți comun diodelor). Pentru BA 243 se va trasa și dreapta statică de funcționare (ecuația 1.4, cu $E = 5$ V și $R = 820 \Omega$) și se va determina punctul static de funcționare M (rpin precizarea coordonatelor sale, U_A și I_A). În punctul static de funcționare astfel stabilit, se va determina, grafic, rezistența dinamică (cu relația 1.6); se va calcula și valoarea teoretică a rezistenței dinamice cu formula 1.5 în care $\frac{kT}{q} = 26$ mV, γ are valoarea dedusă la punctul anterior iar I_A are

valoarea din punctul de funcționare și se vor compara rezultatele.

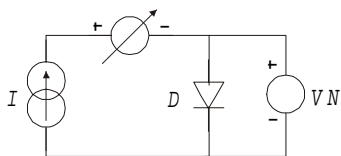


fig .1 .7

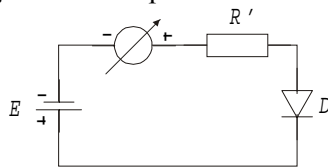


fig .1 .8

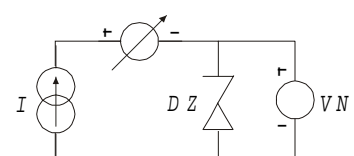


fig .1 .9

5. Se realizează circuitul din fig.1.3 pentru dioda BA 243 cu $E = 5$ V și $R = 820 \Omega$ și se măsoară mărimile caracteristice punctului static de funcționare, U_A (cu volmetru numeric) și I_A (cu un miliampermetru montat în serie cu dioda) și se compară cu rezultatele obținute prin metoda grafoanalitică, la punctul precedent.

Se repetă măsurătorile privind punctul static de funcționare pentru dioda EFR 136 cu $E = 5$ V. Se compară cu rezultatele obținute cu dioda BA 243 în aceleași condiții.

6. Cu montajul din fig.1.8 se măsoară curentul invers prin diodele EFR 136 și BA 243 la tensiunile $E = 0, -5$ V, -10 V, -20 V.

7. Se măsoară caracteristica inversă a diodei stabilizatoare de tensiune BZX 85 C7V5 cu montajul din fig.1.9, pentru curenți între 0.1 mA și 20 mA. Pentru aceasta, generatorul de curent se alimentează cu $+15$ V (la borna 3), bornele 7 și 1 se conectează împreună printr-un miliampermetru iar tensiunea se măsoară cu un voltmetru electronic (numeric) (bornele 2 și 6 sunt și ele cuplate).

Se trasează caracteristica inversă a diodei stabilizatoare la scară liniară pe un grafic pe care se trasează, spre comparație și caracteristica directă. În punctul static de funcționare caracterizat prin $I_Z = 10$ mA, se determină rezistența dinamică, măsurând tensiunea pe diodă la curenții: $I_Z = 5$ mA și $I_Z = 15$ mA.

8. Se vizualizează, pe caracterograf, caracteristicile directe ale diodelor semiconductoare și caracteristica inversă a diodei stabilizatoare de tensiune.

9. Referatul va conține : schemele de principiu pentru ridicarea caracteristicilor directe și inverse ale diodelor, tabelele cu rezultatele măsurătorilor, graficele și determinările făcute pe baza acestora, precum și compararea lor cu rezultatele teoretice.