

Lucrarea de laborator nr.1

Studierea caracteristicilor și a parametrilor diodelor semiconductoare

Scopul lucrării: În lucrare se face cunoștință cu principiile de funcționare, caracteristicile și parametrii diodelor redresoare, diodelor Zener și ale diodelor luminiscente (LED). Se culeg datele și se construiesc caracteristicile voltamperice. Se determină parametrii fundamentali ai dispozitivelor respective.

Noțiuni teoretice generale

Diodele semiconductoare sunt dispozitive semiconductoare realizate pe baza unei joncțiuni $p-n$, două contacte neredresoare metal-semiconductor. Structura este închisă ermetic într-o capsulă.

Diodele redresoare se folosesc pentru redresarea curentului alternativ în curent continuu pulsant. Fenomenul de redresare a diodei se datorează conducției unilaterale a curentului, proprie joncțiunii $p-n$. Caracteristica voltamperică a diodei redresoare este descrisă de legea Ebers-Moll:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right)$$

unde: I_0 – curentul rezidual (termic, de saturatie)

q – sarcina electronului;

k – constanta Boltzman;

T – temperatura absolută;

U – tensiunea aplicată.

La polarizarea directă ecuația obține forma:

$$I = I_0 e^{\frac{U}{\varphi_T}}$$

unde: $\varphi_T = \frac{kT}{q}$ coeficientul termic egal cu $\sim 26\text{mV}$ la $T=300\text{K}$.

La polarizări inverse, cînd tensiunea aplicată este cu semnul minus ($-U$) ecuația se transformă în: $I = -I_0$.

Forma caracteristicii voltamperice a diodei redresoare este arătată în Figura 1.1.

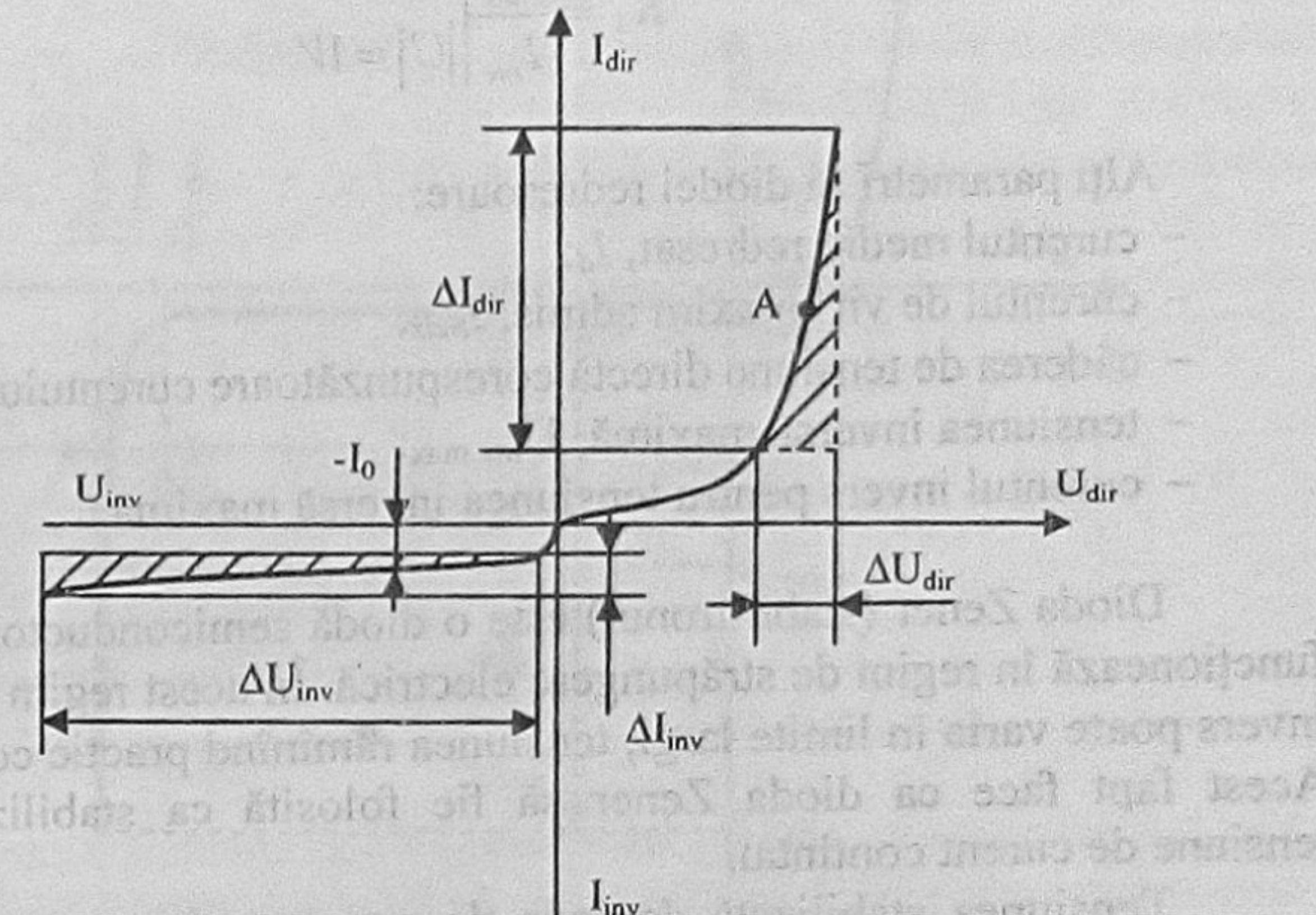


Fig.1.1 Caracteristica volt-amperică a diodei redresoare și determinarea rezistenței diferențiale

Rezistența diferențială directă a diodei în domeniul portiunii de lucru este mică și are valori în jurul la zeci de Ohmi:

$$R_{dif.dir.} = \frac{\Delta U_{dir}}{\Delta I_{dir}}$$

Rezistența diferențială inversă a diodei este foarte mare și poate atinge valori de sute de kilohmi÷1MΩ:

$$R_{dif.inv.} = \frac{\Delta U_{inv}}{\Delta I_{inv}}$$

Rezistența diodei la curent continuu (în punctul de lucru) se determină:

$$R_0 = \frac{U}{I}$$

se asamblează schema din Figura 1.3 și se instalează gamele de măsurare a aparatelor conform datelor din îndrumar pentru dioda respectivă. Potențiometrul R se instalează în poziția extremă spre stînga. Cu ajutorul comutatorului SA se alege dioda respectivă. Se conectează sursa electrică. Cu potențiometrul R se regleză lent tensiunea pe diodă, instalîndu-se intensitatea curentului I_{dir} și măsurîndu-se tensiunea U_{dir} . Datele obținute se introduc în tabelul 1.1.

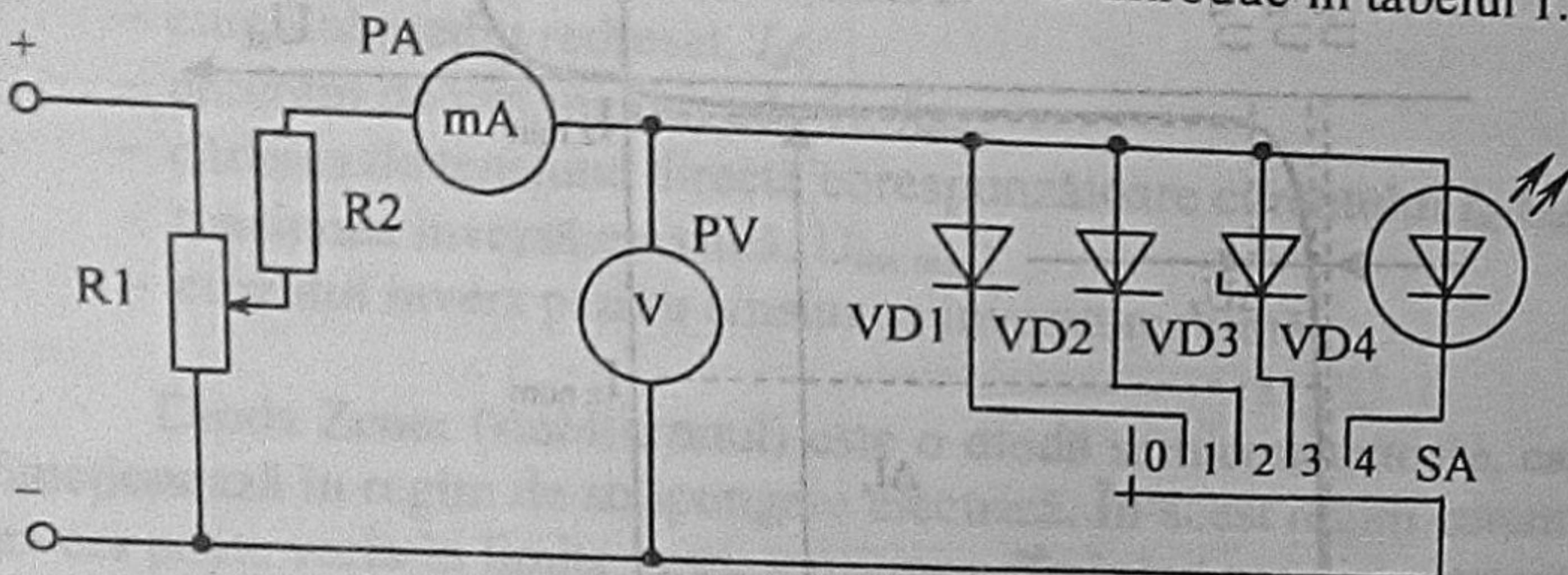


Fig. 1.3 Schema electrică pentru trasarea experimentală a caracteristicii volt-amperice la polarizare directă a diodelor semiconductoare

Tabelul 1.1

Dependența curentului de tensiune la polarizarea directă

U_{dir} , V	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4	0,45
I_{dir} , mA	VD1									
U_{dir} , V	0	0,10	0,30	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,8	0,85
I_{dir} , mA	VD2									
	VD3									
U_{dir} , V	0	0,5	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
I_{dir} , mA	VD4									

După scoaterea datelor pentru dioda respectivă potențiometrul R se aduce la starea inițială. Măsurările se vor repeta pentru celelalte diode conform Fig. 1.3.

- 3) Pentru ridicarea ramurei de polarizare inversă $I_{inv}=f(U_{inv})$
- se schimbă polaritatea tensiunii aplicate la intrarea schemei după cum este arătat în Fig 1.4. Gamele de masurare ale aparatelor se instalează cu SA1.1 și SA1.2 ținînd cont de valoarea curentului invers, mai ales pentru dioda Zener. Măsurările se efectuează similar ca în punctul 2. Pentru dioda Zener (stabilitron) se recomandă de a prescrie valoarea curentului invers și de a măsura tensiunea. Datele se introduc în tabelul 1.2.

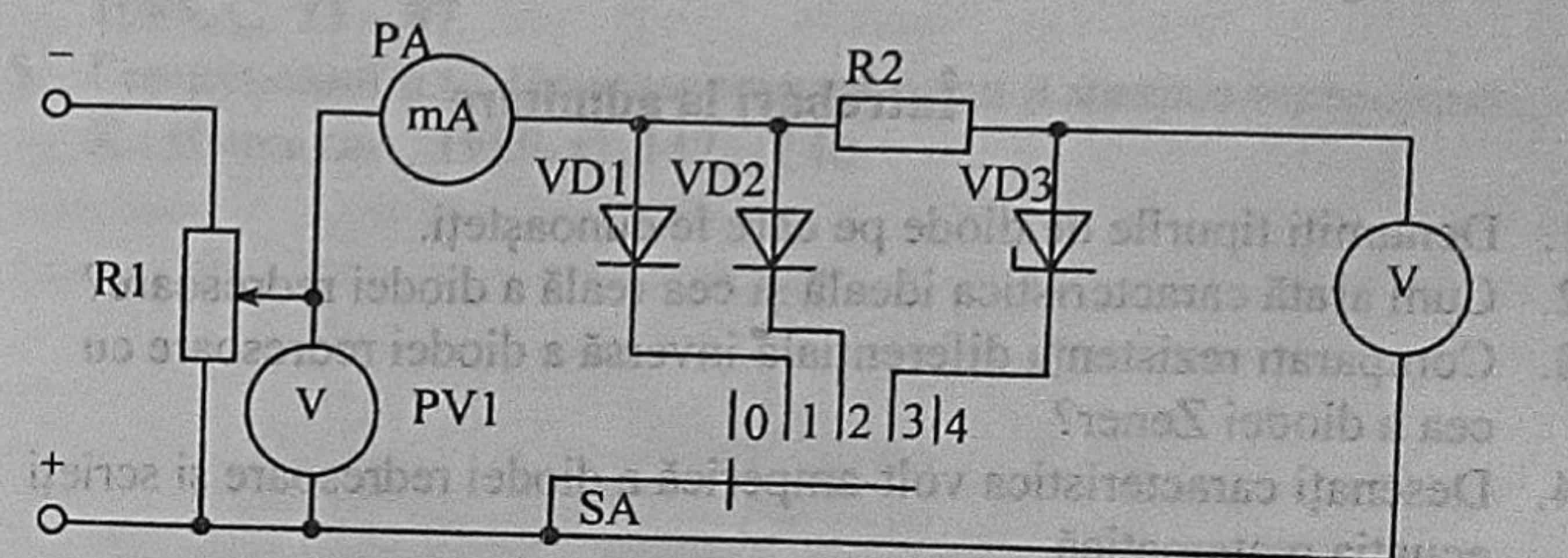


Fig. 1.4 Schema electrică pentru trasarea experimentală a caracteristicii volt-amperice la polarizare inversă a diodelor semiconductoare

Tabelul 1.2

Dependența curentului de tensiune la polarizarea inversă a diodei

U_{inv}	0	1	5	10	30	50	100	150	200
I , mA	VD1								
I , mA	VD2								

Tabelul 1.3

I_z , mA	0	5	7	1	2	5	10	15	20	25	30	35
U_z , V	0	5	7									

- 4) Se trasează caracteristicile voltamperice pentru fiecare diodă separat. Este oportun ca scara pentru tensiunile directe și cele inverse precum și pentru I_{dir} și I_{inv} să fie diferită.

- 5) Din caracteristicile obținute se determină parametrii de bază ai diodelor.

Conținutul referatului

1. Tema și scopul lucrării.
2. Schemele electrice principiale.
3. Tabelele cu datele din experiment.
4. Caracteristicile statice ale fiecărei diode.
5. Rezultatele determinării și calculele parametrilor.
6. Concluzii.
7. Bibliografie.

Întrebări la admitere

1. Denumiți tipurile de diode pe care le cunoașteți.
2. Cum arată caracteristica ideală și cea reală a diodei redresoare?
3. Comparați rezistența diferențială inversă a diodei redresoare cu cea a diodei Zener?
4. Desenati caracteristica volt-amperică a diodei redresoare și scrieți ecuația matematică.
5. Enumerați tipurile de străpungeri ale juncțiunii.
6. Care este materialul semiconductor mai frecvent folosit la fabricarea diodelor Zener?

Întrebări la susținerea referatului

1. Cum se determină rezistența diferențială a diodei din caracteristica statică?
2. Care sunt parametrii de bază ai diodelor studiate?
3. De ce curentul invers al diodei luminiscente este extrem de mic?
4. De ce dioda luminiscentă nu se încălzește cind luminează?
5. De ce este limitat curentul invers maximal de stabilizare la dioda Zener?
6. Cum se poate programa tensiunea de stabilizare U_z a diodei Zener în procesul de producere?

Bibliografie

1. Gabriel Vasilescu, Șerban Lungu, Eletronica – Cahul, 1993, pp. 52...56; 146 – 148
2. E. Damachi, A. Tusoiu ș.a. Electronică – București: Editura didactică și pedagogică. pp. 26...30; 89...90
3. Constantin P., Buzuloiu V. s.a. Electronica industrială.-Editura didactică și pedagogică: București, 1980. P. 22-32.
4. Жеребцов И.П. Основы электроники. Л: Энергоатомиздат, 1985, С. 73 – 87.
5. Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники. – К.: Выща школа, 1989. С. 112 – 140.

$$K_r = \frac{I_{dir}}{I_{inv}} \Big| |U| = 1V$$

Alți parametri ai diodei redresoare:

- curentul mediu redresat, I_d ;
- curentul de vîrf maxim admis, I_{max} ;
- căderea de tensiune directă corespunzătoare curentului I_d , U_{dir} ;
- tensiunea inversă maximă, $U_{inv\ max}$;
- curentul invers pentru tensiunea inversă maximă.

Dioda Zener (stabilitronul) este o diodă semiconductoare, care funcționează în regim de străpungere electrică. În acest regim curentul invers poate varia în limite largi, tensiunea rămânind practic constantă. Acest fapt face ca dioda Zener să fie folosită ca stabilizator de tensiune de curent continuu.

Tensiunea stabilizată depinde de concentrația purtătorilor de sarcină (impurităților) în material și poate avea valori de la unități de volți pînă la sute de volti, de ex. $U_z=200V$.

Pentru stabilizarea tensiunii de fracțiuni de volți se folosesc stabilitroanele care funcționează la polarizări directe (stabistoare).

Parametrii principali ai stabilitronului:

- curentul minim de stabilizare I_{zmin} – curentul la care începe procesul de străpungere electrică;
- curentul maxim de stabilizare I_{zmax} – curentul maxim la care încă nu are loc străpungerea termică și este determinat de puterea de disipație $I_{zmax} = \frac{P_{dis}}{U_z}$;
- tensiunea de stabilizare U_z – tensiunea nominală de stabilizare care corespunde curentului de lucru I_z ;
- variația tensiunii de stabilizare ΔU_z $|U_{zmax} - U_{zmin}|$;
- variația curentului de stabilizare ΔI_z $|I_{zmax} - I_{zmin}|$;
- rezistența porțiunii de lucru: $R_{din} = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z}$;

Caracteristica volt-amperică a diodei Zener este prezentată în Fig.1.2.

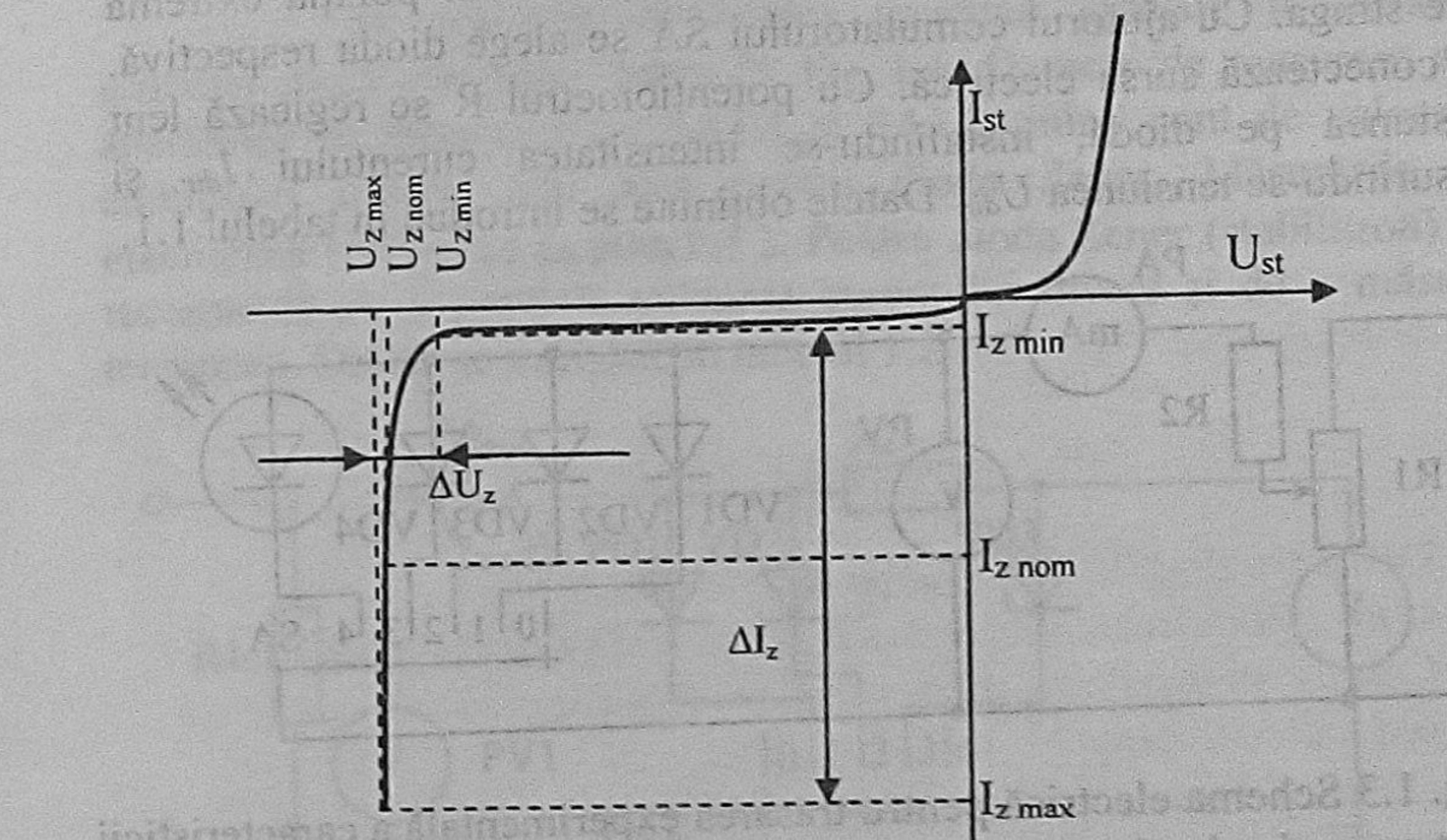


Fig.1.2 Caracteristica volt-amperică a diodei Zener

Funcționarea diodei luminiscente (LED) se bazează pe procesul de excitare a purtătorilor de sarcină la aplicarea tensiunii directe și recombinarea lor cu emisia radiației luminoase. Lungimea de undă a radiației este o funcție de lățimea benzii interzise a materialului cristalului și de modul de dopare cu impurități. Caracteristica voltamperică a LED-ului la polarizarea directă este asemănătoare cu cea a diodelor redresoare, cu deosebirea că cotul curbei are loc la tensiuni directe mai mari ca la diodele cu siliciu (de ex. ~1,3V - la diodele cu radiație de culoare roșie și ~2V pentru cele cu radiație verde). La polarizări inverse curentul este foarte mic.

Desfășurarea lucrării

- 1) Se face cunoștință cu schema electrică de pe machetă și cu aparatura de măsurat.
- 2) Pentru ridicarea ramurei de polarizare directă $I_{dir}=f(U_{dir})$:

Studierea tranzistoarelor bipolare

Scopul lucrării: determinarea caracteristicilor statice ale tranzistorului bipolar în conexiunea cu baza comună (BC) și cu emitorul comun (EC) și calcularea parametrilor „*h*” pentru semnale mici.

Noțiuni teoretice generale. Tranzistorul bipolar prezintă un dispozitiv semiconductor cu două juncțiuni electron-gol (*n-p*), formate printr-o succesiune de trei regiuni *p-n-p* sau *n-p-n*. Aceste structuri dispun de proprietăți de amplificare a semnalului electric. Construcția în secțiune și notația grafică a tranzistorului bipolar este reprezentată în figura 2.1.

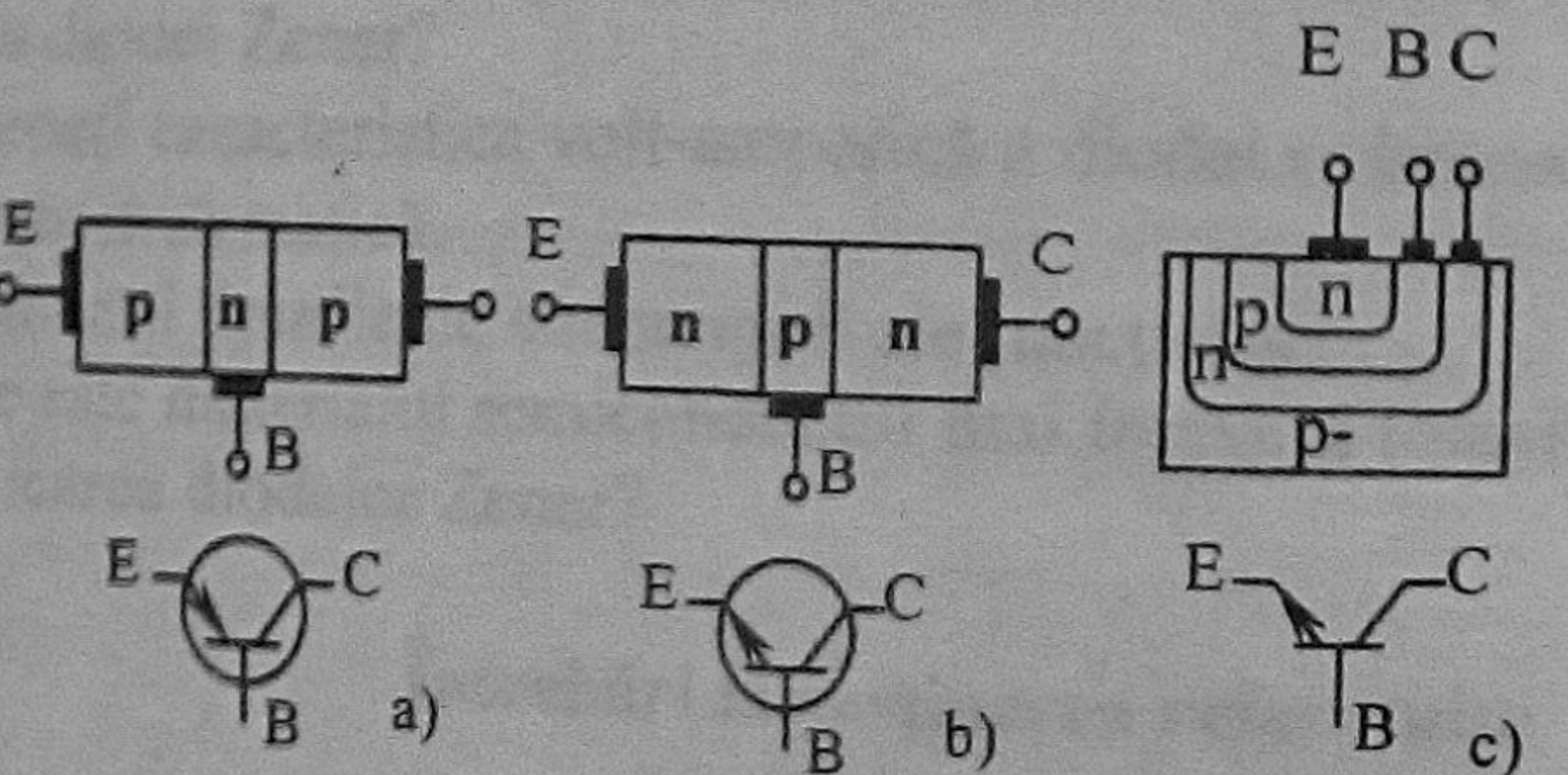


Fig. 2.1. Structura și reprezentarea convențională a tranzistoarelor bipolare

- a) tranzistorul discret *p-n-p*;
- b) tranzistorul discret *n-p-n*;
- c) tranzistorul integrat planar *n-p-n*.

Zona de mijloc a tranzistorului se numește bază (B) și are următoarele caracteristici: este foarte îngustă (de ordinul micrometrilor sau chiar zecimilor de micrometri) și are dotarea cu impurități mult mai mică decât a celor laterale. O zonă extremă cu cea

mai mare concentrație de dopare cu impurități se numește emitor (E) cealaltă zonă extremă se numește colector (C). Pe fiecare dintre aceste regiuni este realizat câte un contact ohmic, pe care se sudează conductoarele terminale.

Cele două juncțiuni ale tranzistorului se numesc juncțiunea emitorului (*JE*) și respectiv juncțiunea colectorului (*JC*).

Pentru a urmări procesele fizice din tranzistorul bipolar vom considera cazul tranzistorului *p-n-p*. În cazul structurii *n-p-n* funcționarea este similară însă se inversează rolurile golurilor și electronilor, precum și sensurile tensiunilor și curenților. În funcționarea în regim activ normal juncțiunea emitorului este polarizată direct, iar cea a colectorului – este polarizată invers, după cum este arătat în figura 2.2.

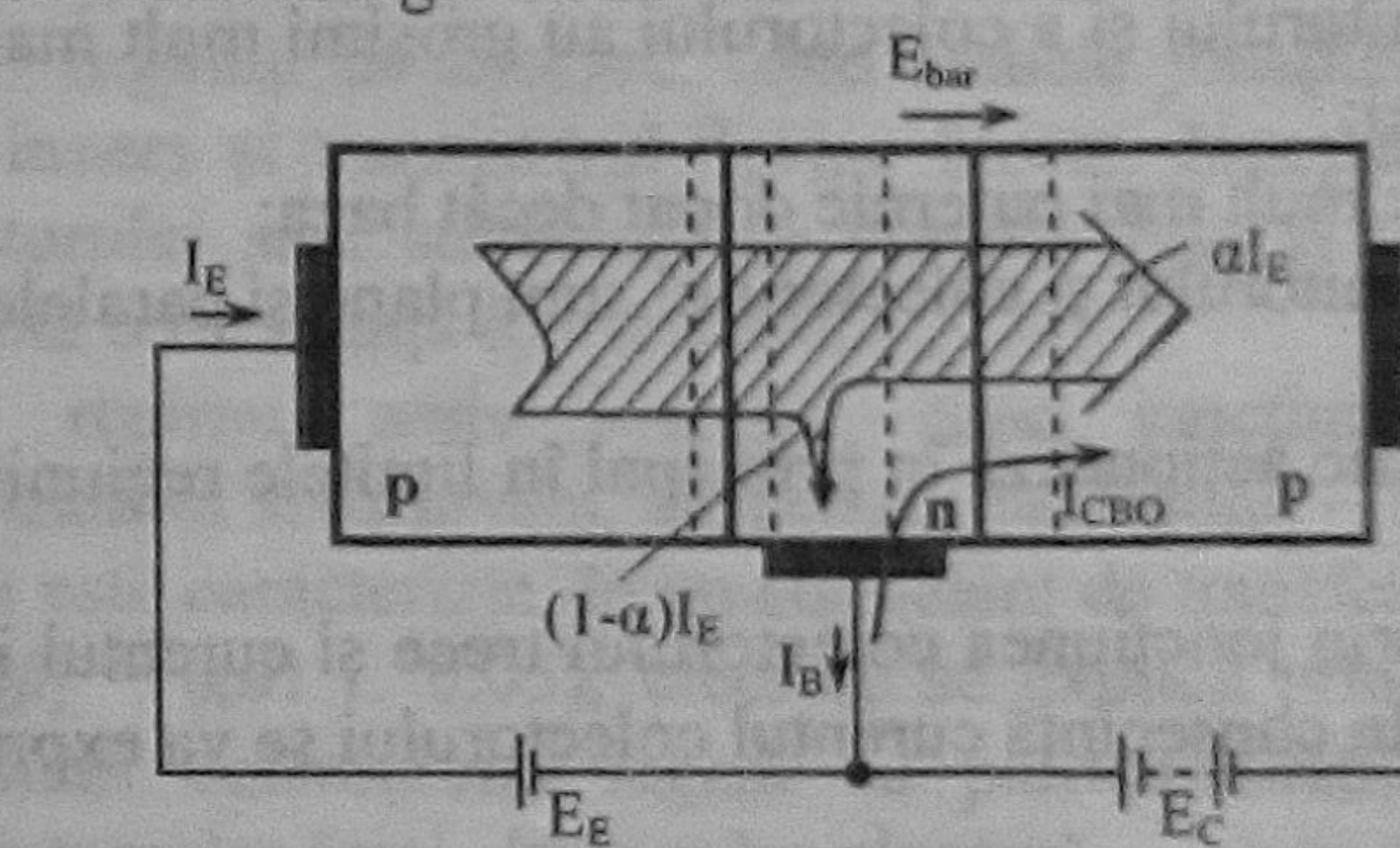


Fig. 2.2. Tranzistorul bipolar *p-n-p* în regim activ normal și componente ale curenților

Regiunea sarcinii spațiale se extinde mult în zona bazei întrucât aceasta este slab dopată cu impurități. Prin juncțiunea emitorului va exista un curent de difuziune: golurile din emitor difuzează în bază formând curentul I_{pE} , iar electronii din bază difuzează în emitor, formând curentul I_{nE} . Deoarece concentrația purtătorilor majoritari în emitor este cu mult mai mare ca a celor din bază, curentul prin juncțiunea emitorului va fi, în cea mai mare parte, un curent de goluri, pe care îl vom nota I_E . Golurile injectate din emitor în bază devin purtători minoritari. O parte neînsemnată din aceste goluri recombină cu electronii din bază. Sursa E_E asigură o circulație de electroni care