

Dioda semiconductoare. Polarizarea directă și indirectă.

Pentru început, vom discuta despre toate materialele conductoare!

Pentru acestea se folosesc în mod special Siliciu și Germaniu, sau compuși chimici cum ar fi Arseniura de Galiu sau Antimoniura de indiu.

Semiconductorii trebuie să fie puri, la temperaturi foarte scăzute aceștia devin izolatori și sunt

Materiale semiconductoare	
Material	Aplicație
Siliciu (Si)	Diode, tranzistoare, circuite integrate, tiristoare, panouri solare
Germaniu (Ge)	Tranzistoare de înaltă frecvență, detectoare radiații gamma
Arseniură de galiu (GaAs)	Led-uri, laser, tranzistoare
Suflură de cadmiu (CdS)	Fotorezistoare
Carbură de siliciu (SiC)	Termistori, varistoare, Led-uri
Antimoniură de indiu (InSb)	Plăcuțe de joncțiune, generatoare Hall
Arseniură de indiu (SiC)	

utilizați în fabricarea componentelor electronice.

Mai jos, sunt prezentate câteva exemple de tipuri de materiale semiconductoare. Tabel. 1

Tabel 1.

Conducția intrinsecă – la temperatura camerei, atomii din rețeaua cristalină se mișcă în jurul poziției lor de repaus înainte și înapoi, dezordonat. Când este aplicată o tensiune, cristalul semiconductor cauzează un câmp electric și conduce acești electroni liberi de la polul negativ la cel pozitiv. **Figura 1.**

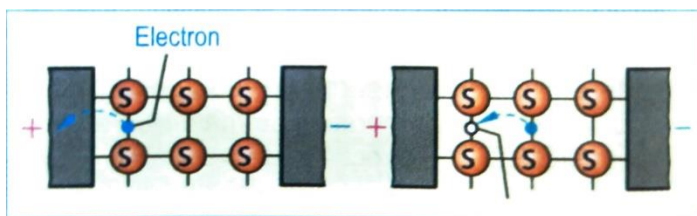


Figura 1. Conducția electronilor în semiconductor.

Când electronul de valență se desprinde de legătura sa atomică, rămâne un spațiu gol, care se numește **"lipsă de electroni"**. Golurile contribuie la conductivitatea electrică și migrează prin întreaga rețea cristalină de la polul pozitiv la cel negativ. **Figura. 2**

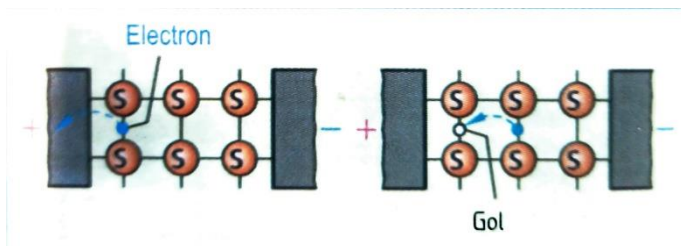
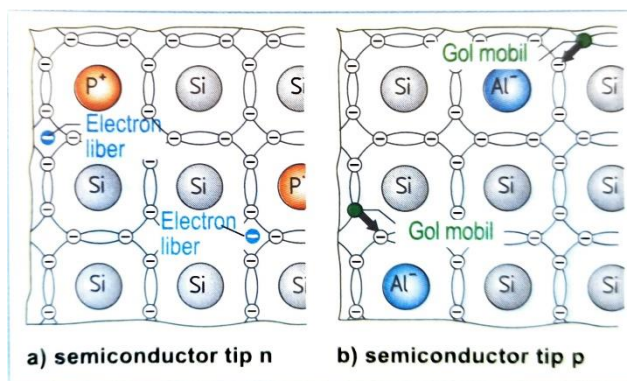


Figura 2. Conducția golurilor în semiconductori.

Conducția extrinsecă sau doparea- constă în introducerea în materialul semiconductor intrinsec, prin diverse metode controlate, a unor atomi diferiți fata de cei de Si și Ge, în scopul modificării proprietăților electrice ale materialului semiconductor (conductivitate sporită).

Semiconductori de tip n -când un semiconductor are numărul majoritar de electroni liberi care sunt purtători de sarcină;

Semiconductori de tip p -când un semiconductor are un număr majoritar de goluri, golurile sunt



purtători de sarcină; **Figura.3,**

Figura 3. Semiconductori de tip n și p

i Joncțiunea p-n

Atunci când se combină un semiconductor de tip **n** cu un semiconductor de tip **p**, se formează o joncțiune **p-n** la punctul de contact dintre cele două. **Figura. 4.**

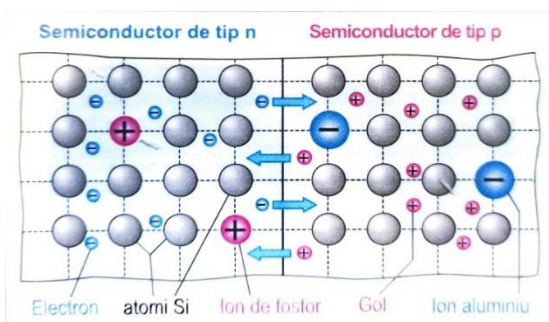


Figura 4. Joncțiune p-n

La granița dintre semiconductorul de tip **n** și cel de tip **p** – fără nici o tensiune aplicată, doar datorită mișcării termice – electronii trec din semiconductorul de tip **n** în cel de tip **p** unde se reunesc cu golurile. Și invers, golurile din semiconductorul de tip **p** se răspândesc în semiconductorul de tip **n**, acolo combinându-se cu electronii liberi (**Figura. 4**). De ambele părți, cristalul semiconductor este epuizat de purtătorii de sarcină, stratul de baraj acționează ca un izolator și formează o **joncțiune**.

Sarcinile din stratul de baraj, care au o grosime de aproximativ $1\mu\text{m}$, cauzează o tensiune de deschidere U_D (ex. $0,7\text{V}$ în siliciu) la nivelul joncțiunii. Aplicând o tensiune electrică externă, joncțiunea **p-n** poate fi polarizată direct (UF) sau invers (UR). **Figura. 5.**

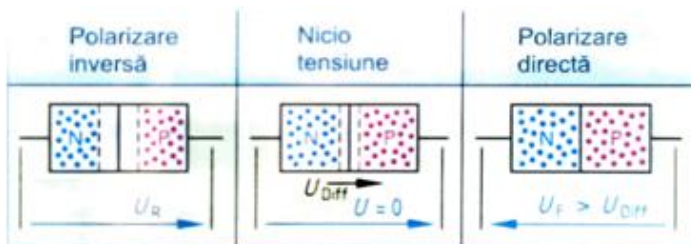
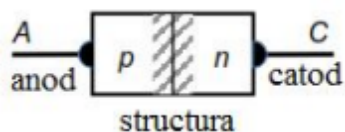
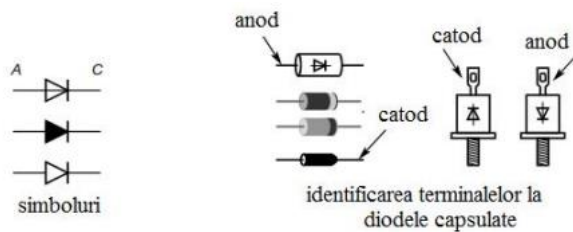


Figura 5. Joncțiunea p-n cu tensiune aplicată

Simbolul de circuit și structură.



Dioda semiconductoră este, de fapt, un material semiconductor cu o joncțiune **p-n** conectată la două terminale electrice, numite **anod (regiunea p)** și **catod (regiunea n)**.



Comportamentul unei diode semiconductoare într-un circuit este dată de relația dintre curent și tensiune. Această relație este determinată de transportul sarcinii electrice prin regiunea de diminuare care se află în joncțiunea **p-n**.

Experiment!

Cum testăm diodele!

Pentru testarea diodelor putem folosi un multimetru sau un tester simplu (baterie, rezistor și LED), pentru a verifica dacă dioda conduce într-o singură direcție. **Figura. 6.**

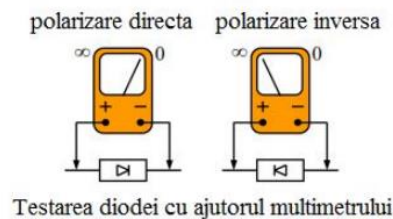


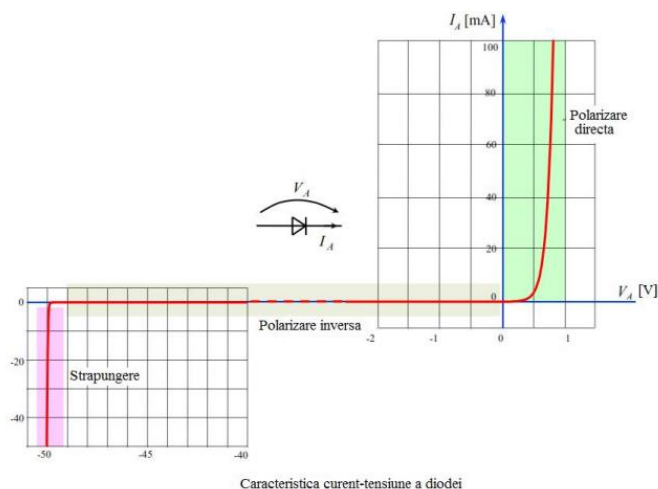
Figura 6. Testarea diodei

Caracteristica curentului-tensiune:

O reprezentare grafică a legii diodei este dată de caracteristica curentului-tensiune, sau graficul I-V. Forma curbei este determinată de transportul sarcinilor purtătoare prin regiunea de diminuare în joncțiunea p-n.

Caracteristica curentului-tensiune poate fi împărțită în trei etape:

- polarizare directă;
- polarizare inversă;
- străpungere.



Polarizare directă

Dacă polaritatea sursei de tensiune externă se opune potențialului interior, poate apărea procesul de recombinare, rezultând astfel un curent electric substanțial prin joncțiunea p-n.

Graficul curent-tensiune are o evoluție exponențială. În cazul unei diode normale din silicon, la curenți nominali, tensiunea de deschidere este de 0.6 - 0.7V, iar pentru Germaniu aceasta este de 0.2 - 0.3V. În cazul LED-urilor de diferite culori de la roșu și până la albastru, putem avea valori cuprinse între 1.4V și 4.0V.

În cazul polarizării directe, atunci când dioda este pornită, dacă prin diodă trecem un curent extern de valoare semnificativă, prin diodă vom avea aproximativ 0.7V în cazul diode cu Si și 0.3V la cea cu Ge.

Observăm, că mai sus de tensiunea de prag U_s a diodei, potențialul de difuzie al joncțiunii p-n este depășit, iar curentul direct I_F va circula prin diodă. **Figura.8.**

Polarizarea inversă

Dacă aplicăm asupra diodei o tensiune exterioară de aceeași polaritate cu potențialul interior, zona de diminuare se comportă ca un izolator, astfel prevenind orice trecere de curent electric semnificativ. Chiar și în cazul unei tensiuni inverse U_R crescătoare, doar o valoare nesemnificativă a curentului de polarizare inversă va circula prin diodă. **Figura. 8.**

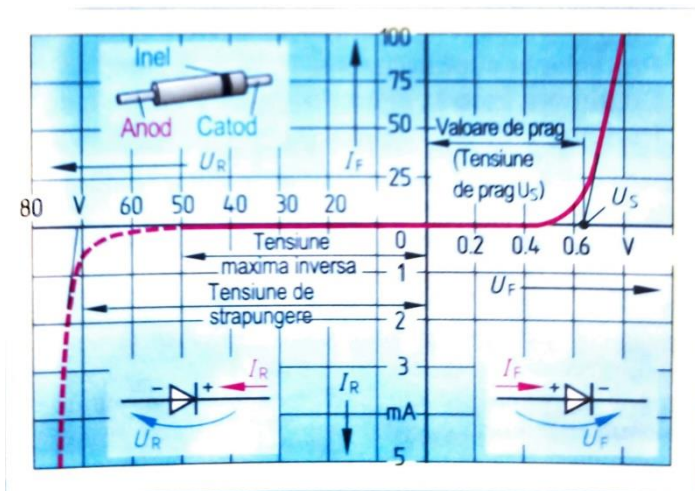


Figura 8. Caracteristicile diodei de siliciu

Străpungerea

În cazul unei polarizări inverse de valoare ridicată, pe lângă pragul de tensiune invers, apare și fenomenul de străpungere, acesta apare datorită unei creșteri accentuate a curentului. Dioda avalanșă - Dioda Zenner - este special concepută pentru folosirea acesteia în regiunea avalanșă. Dioda Zenner conține o joncțiune **p-n** foarte dotată, în așa fel, încât, tensiunea inversă este stabilită la o valoare cunoscută (numită tensiune Zenner), iar procedeul **de străpungere** nu apare.

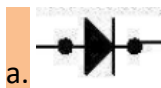


FUNCȚIONAREA DIODEI REDRESOARE ÎN CIRCUIT

Dacă plasăm o diodă cu anodul (+) spre borna (+) a unei surse de alimentare, dioda intră în conducție și permite trecerea curentului prin ea. Dacă plasăm o diodă cu catodul (-) spre borna (+) a unei surse de alimentare, dioda se blochează și **NU** permite trecerea curentului prin ea. Dacă dioda este blocată, ea **NU** permite trecerea curentului electric prin ea, lampa H **NU** luminează.



Sarcina 1.1 Cum vom plasa dioda semiconductoare în circuit, astfel încât aceasta să permită trecerea curentului prin ea?



a.

b.

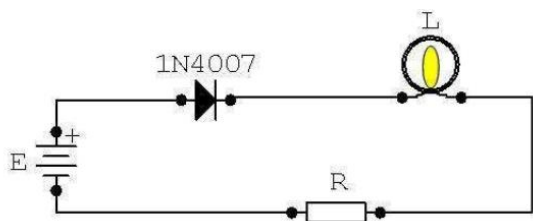
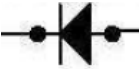


Figura 8.1

În figura 8.1 dioda este în conducție, aceasta permite trecerea curentului electric prin ea, lampa H luminează.



Sarcina 1.2 Cum vom plasa dioda semiconductoare în circuit, astfel încât aceasta să nu permită trecerea curentului prin ea?

a.



b.

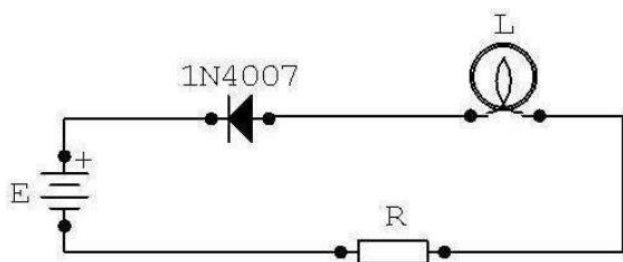
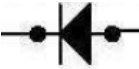


Figura. 8.2

În figura 8.2 dioda este blocată, NU permite trecerea curentului electric prin ea, lampa H NU luminează.



Sarcina 2. Polarizarea directă și inversă.

Trasați curba caracteristică a unei diode cu Siliciu, măsurând tensiunea și curentul. Acest lucru se realizează folosind circuitul de eroare de curent – **polarizarea directă** (**Figura. 7a**) și un circuit de eroare a tensiunii de polarizare inversă (**Figura7b**). Conectați circuitele printr-un rezistor de 1kOhm, la o sursă de alimentare reglabilă și măriți tensiunea pozitivă până la aproximativ 1V, iar pe cea negativă până la maxim 50 V.

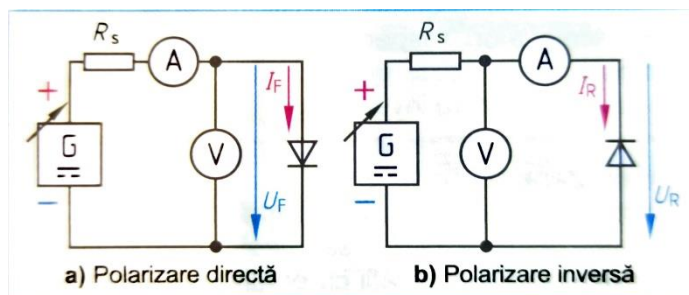


Figura 7. Polarizarea directă și inversă

După depășirea unei valori de prag de aproximativ 0,7V, un curent de intensitate ridicată în jur de 100mA la 0,8V va circula în direcția pozitivă, prin comparație, în direcția negativă va circula un curent de intensitate scăzută, abia măsurabilă aproximativ 20nA la 50 V. **Figura. 8.**

Experimentul 1. Verificarea și identificarea terminalelor unei diode.

Scopul nostru este de a verifica dioda semiconductoră și identificarea terminalelor diodei cu ajutorul multimetrului digital.

Pașii de lucru:

1. Se fixează comutatorul multimetrului pe poziția Ω ;
2. Se conectează tastele multimetrului la bornele diodei în ambele sensuri (se schimbă poziția terminalelor diodei față de tastele multimetrului).



a.

b.

Figura 9. Măsurarea rezistenței joncțiunii diodei în ambele sensuri

Se observă că într-un sens ohmmetrul indică o rezistență (**fig. 9 a**), iar în celălalt sens, ohmmetrul indică o rezistență foarte mare (**fig.9 b**). Dacă în ambele sensuri ohmmetrul indică rezistență, atunci **joncțiunea diodei este străpunsă**;

Dacă în ambele sensuri ohmmetrul indică o rezistență foarte mare, atunci **joncțiunea diodei este întreruptă**.



Experimentul 2. Verificăm dioda prin măsurarea tensiunii pe joncțiune, parcurgând etapele:

1. Se fixează comutatorul multimetrului pe poziția diodă;
2. Se activează butonul de selecție **buzer / diodă** până apare afișat pe display simbolul diodei;
3. Se conectează tastele multimetrului la bornele diodei în ambele sensuri (se schimbă poziția terminalelor diodei față de tastele multimetrului);



a.

b.

Figura 10. Măsurarea tensiunii pe joncțiunea diodei în ambele sensuri

Se observă că într-un sens multimetrul indică tensiune → **0,5 V (fig. 10 a)**, iar în celălalt sens multimetrul nu indică tensiune → **0 V (fig.10 b)**;



Cum identificăm terminalele diodei?!

Se conectează tastele multimetrului la terminalele diodei în sensul în care acesta indică rezistență electrică (**fig. 9 a**) sau indică tensiune (**fig. 10 a**).

- Terminalul la care este conectată tasta **+** (**plus**) a multimetrului este **anodul (+)** diodei.



Determinarea rezistenței de curent continuu a diodei

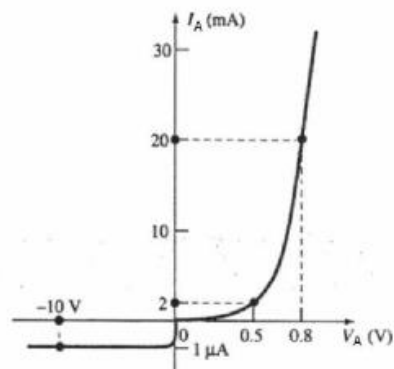
Dacă printr-o diodă trece un curent electric I_A , iar pe aceasta cade o tensiune continuă V_A , atunci rezistența de curent continuu a diodei, notată R_D se calculează cu relația generală:

$$R_D = \frac{V_A}{I_A}$$



Sarcina 3. O diodă semiconductoră are caracteristica de funcționare indicată în figura de mai jos. Să se determine valoarea rezistenței de curent continuu a diodei respective dacă:

- a. curentul continuu prin aceasta este egal cu 20 [mA].
- b. curentul continuu prin aceasta este egal cu 2 [mA].
- c. tensiunea continuă pe aceasta este egală cu -10 [V].



Rezolvare:

a. conform caracteristicii de funcționare, atunci când curentul continuu prin dioda considerată, este egal cu 20 [mA], tensiunea pe aceasta este egală cu 0,8[V]. În acest caz, valoarea rezistenței diodei în curent continuu este:

$$R_D = V_A / I_A = 0,8V / 20mA = 0,04k\Omega = 40 \Omega.$$