

# LUCRAREA NR. 1

## CARACTERISTICILE DIODEI

### OBIECTIVE:

1. Să se studieze efectul polarizării directe și inverse la diodele cu germaniu și siliciu;
2. Să se observe efectele potențialului de barieră al diodei;
3. Să se evidențieze avantajele utilizării diodelor cu siliciu față de cele cu germaniu atunci când temperatura este un factor important;
4. Să se studieze caracteristicile inverse ale diodelor cu germaniu și siliciu în raport cu schimbarea de temperatură.

### MATERIALE NECESARE:

*Sursă de alimentare:* sursă reglabilă de curent continuu de joasă tensiune;

*Echipamente:* voltmetru (electronic), ampermetru de  $0 \div 50$  mA și  $0 \div 50$   $\mu$ A, ohmmetru;

*Componente:* rezistență 1 k $\Omega$ ;

*Diode:* cu germaniu (tip OA 110), cu siliciu (tip 1N 4001);

*Diferite:* rezistență de încălzire 10  $\Omega$  / 3 W - 2 buc.

### INFORMATII PREGĂTITOARE

Dioda *pn* este unul din dispozitivele semiconductoare cele mai simple care este mult folosit, datorită funcțiilor sale simple. Aceste funcțiuni sunt în general următoarele: (1) să permită curentului să se deplaseze în sens direct cu o opoziție mică; (2) să prevină apariția curentului invers; (3) să dea o divizare redusă a tensiunii în sens direct; (4) să asigure un mijloc de protecție termică pentru alte dispozitive.

#### **Polarizarea directă**

Când o diodă este conectată într-un circuit alimentat de la o sursă, ca în fig. 1, se spune că aceasta este polarizată în sens direct. În acest caz sursa este aplicată astfel încât borna negativă este conectată la catod, în timp ce borna pozitivă este conectată la anod. Acest tip de conectare determină o deplasare a electronilor în sens direct prin diodă și prin restul circuitului atunci când tensiunea sursei este mai mare decât bariera de potențial a diodei.

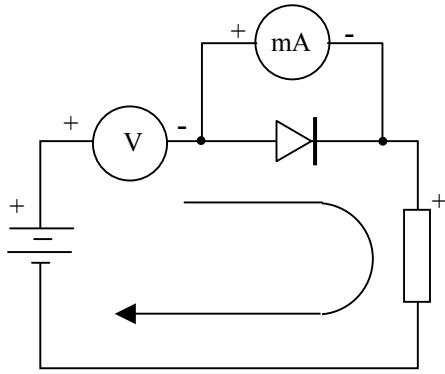


Fig.1 Circuit pentru măsurarea tensiunii directe și a curentului prin diodă

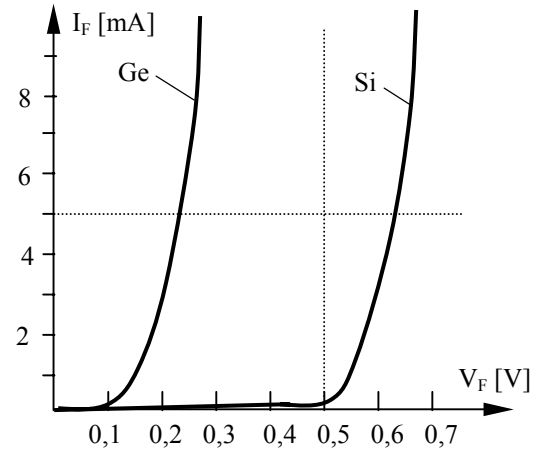


Fig. 2 Caracteristici directe pentru diode cu germaniu și siliciu

Bariera de potențial a diodei cu germaniu este puțin mai mică de 0,1 V, în timp ce la dioda cu siliciu este mai mare de 0,5 V. Mărimea curentului direct ce trece prin ambele tipuri de diode depinde de mărimea tensiunii directe aplicate diodei. Se observă în fig. 1 că se folosește o rezistență serie cu dioda. Aceasta formează împreună cu dioda un divizor de tensiune ce limitează curentul. Tensiunea directă  $V_F$  va crește până la aproximativ 0,2 V la germaniu și 0,6 V la siliciu, după care rămâne în jurul acestei valori când curentul crește. În fig. 2 se prezintă o comparație între caracteristicile volt-amperice ale diodelor cu siliciu și cu germaniu. De notat că pentru dioda cu siliciu caracteristica crește brusc după depășirea barierei de potențial de circa 0,6 V și că tensiunea directă crește într-o oarecare măsură.

### Polarizarea inversă

Când o diodă este plasată în circuit ca în fig. 3 (invers față de fig. 1), aceasta se consideră a fi polarizată invers. În mod ideal, nici un curent nu va circula în această condiție de polarizare. În realitate, un curent slab totuși circulă, valoarea sa depinzând de temperatura diodei; din acest motiv, curentul respectiv este numit *curent invers*.

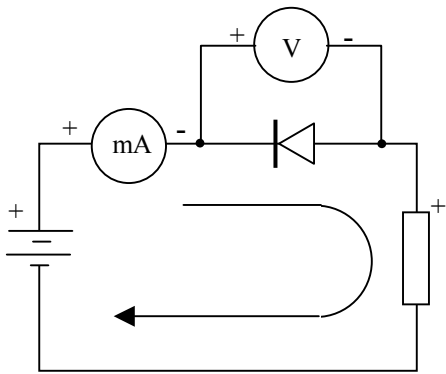


Fig.3 Conectarea diodei pentru măsurarea caracteristicilor inverse

Pentru diodele cu Si curentul invers este extrem de mic la temperatura camerei, de ordinul a câtorva nanoamperi. Pentru Ge, curentul invers al diodei este de câțiva microamperi. Dacă funcționarea montajului din fig. 3 este urmărită foarte atent, se poate observa că acul ampermetrului se mișcă foarte puțin. Pentru măsurarea cu acuratețe a curentului invers (de fugă), este necesar un aparat foarte sensibil.

Curentul invers (de fugă) este cauzat de mișcarea purtătorilor minoritari ce sunt generați funcție de temperatura absolută. O regulă simplă arată că valoarea curentului invers se dublează pentru fiecare 10 °C de creștere a temperaturii; evident că se reduce la jumătate pentru scăderea cu 10 °C a temperaturii.

### Tensiunea joncțiunii

Tensiunea directă pentru joncțiunea cu siliciu este la temperatura camerei de aproximativ 0,6 V. Dacă temperatura crește, această tensiune are tendință să scadă,

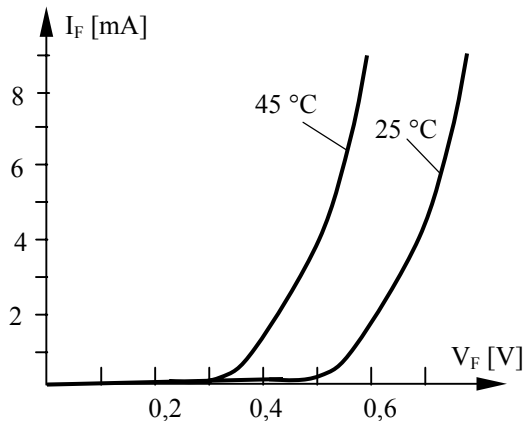


Fig. 4 Dependența de temperatură a caracteristicilor directe a diodei cu siliciu

prin modificarea mobilității purtătorilor. Această proprietate permite utilizarea diodei în multe circuite pentru a obține o acțiune de divizare a tensiunii ce se modifică cu temperatura. În fig. 4 se prezintă o comparație între caracteristicile directe ale diodei cu siliciu la două temperaturi diferite.

## PARTEA EXPERIMENTALĂ

### **Polarizarea directă**

1. Se studiază circuitul din fig.5. Se observă sensul diodei și polaritățile sursei și a aparatelor de măsurare. Inițial se folosește o diodă cu siliciu.
2. Se conectează echipamentul necesar.
3. Se urmărește modul de marcare al diodei. În general catodul este marcat cu o bandă plasată în apropierea terminalului. Dacă dioda nu este marcată, se poate folosi un ohmmetru pentru determinarea funcției terminalelor.
4. Se conectează circuitul ca în fig. 5. Pentru alimentare se va folosi o sursă variabilă cu comutare decadică din 0,1 în 0,1 V.
5. Se conectează și se reglează ieșirea din circuit la 0 V. Se înregistrează în Tabelul 1 tensiunea directă  $V_F$  și curentul direct  $I_F$ .
6. Se completează Tabelul 1 cu valorile măsurate pentru  $V_F$  la valorile indicate ale curentului  $I_F$ .
7. Se introduce în circuitul de măsurare o diodă cu germaniu conectată tot în sens direct.
8. Se repetă pașii 5 și 6 și se înregistrează rezultatele în Tabelul 1.
9. Se trasează grafic caracteristicile diodelor în coordonatele date în fig. 6.
10. Pentru valorile de curent și tensiune din Tabelul 1 se calculează rezistența pentru fiecare valoare și se completează tabelul.

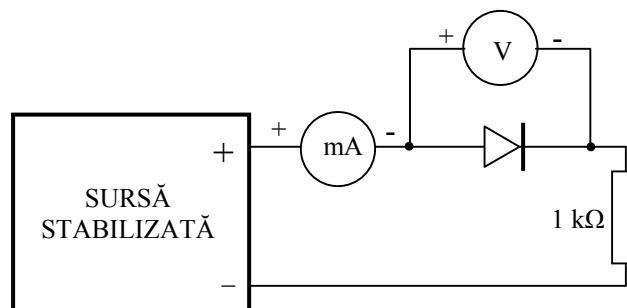


Fig. 5 Montajul experimental

**Tabelul 1.** Caracteristicile directe ale diodei

	$I_F$ (mA)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	2,0	4,0	5,0
Diodă cu siliciu	$V_{F_2}$ (V)												
	$R_{F_2}$ ( $\Omega$ )												
Diodă cu germaniu	$V_{F_2}$ (V)												
	$R_{F_2}$ ( $\Omega$ )												

**Întrebare**

- Comparați cele două curbe trasate în fig. 6. Au o formă asemănătoare sau cele două curbe diferă?

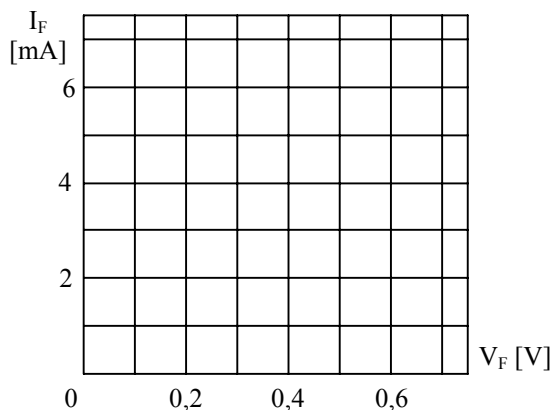


Fig. 6

**Polarizarea inversă**

1. Se realizează montajul experimental din fig.5, cu diodă cu Si, inversând polaritatea sursei de alimentare și a aparatelor de măsurare.
2. Se alimentează montajul și se fixează prima valoare din Tabelul 2. Curentul va fi extrem de mic.
3. Se măsoară și se înregistrează valorile curentului invers  $I_R$  pentru fiecare valoare de tensiune indicată în Tabelul 2.
4. Se deconectează alimentarea și se introduce în circuit o diodă cu germaniu. Se reiau măsurătorile și se completează Tabelul 2.

**Tabelul 2.** Caracteristicile inverse ale diodelor

	$V_{R_2}$ [V]	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Siliciu	$I_{R_2}$ , [ $\mu$ A]									
Germaniu	$I_{R_2}$ , [ $\mu$ A]									

**Întrebare**

- Se observă un curent invers mai mare la dioda cu germaniu față de cea cu siliciu. Cum explicați acest lucru?

**Efectul temperaturii**

1. Se conectează circuitul din fig. 7 folosind o diodă cu germaniu. Se observă tensiunea directă și curentul. Se înregistrează valorile în Tabelul 3.
2. Se alimentează rezistența de încălzire de la sursa de 5V și se lasă circa 2 minute. Se observă modificările tensiunii directe și ale curentului direct. Se înregistrează aceste valori în Tabelul 3.

3. Se deconectează alimentarea și se conectează în circuit dioda cu siliciu.
4. Se alimentează circuitul și se observă tensiunea directă și curentul pentru dioda cu siliciu la temperatura camerei. Se înregistrează aceste valori în Tabelul 3.
5. Se alimentează rezistența de încălzire a diodei cu siliciu de la sursa de 5V și se lasă circa 2 minute. Se observă modificările tensiunii directe și ale curentului direct. Se înregistrează aceste valori în Tabelul 3.
6. Se inversează polaritatea alimentării pentru schema din fig. 7 cu dioda cu germaniu și se inversează conectarea aparatelor de măsurare. Se folosește microampermetrul.
7. Se măsoară și se notează tensiunea pe diodă și curentul invers la temperatura camerei.
8. Se reconectează rezistența de încălzire pentru 2 minute. Se observă modificările și se notează în Tabelul 3.
9. Se repetă pașii 6 ÷ 8 pentru o diodă cu siliciu și se înregistrează rezultatele în Tabelul 3.

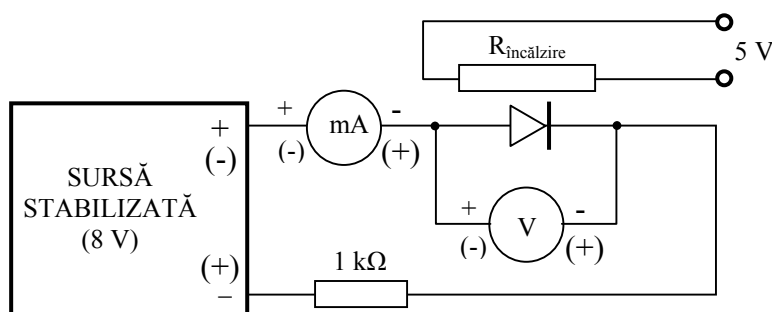


Fig. 7 Montajul experimental pentru studiul dependenței de temperatură

Tabelul 3. Caracteristici de temperatură ale diodelor

	Diodă cu germaniu		Diodă cu siliciu	
	Rece	Cald	Rece	Cald
$V_{\text{direct}} (V_F)$				
$I_{\text{direct}} (I_F)$				
$V_{\text{invers}} (V_R)$				
$I_{\text{invers}} (I_R)$				

Intrebări

- Sunt afectate tensiunea directă și curentul direct al diodelor de schimbarea temperaturii? De ce?
- La care din diode schimbarea tensiunii directe este mai pregnantă? Sunt posibile anumite explicații?

## MONTAJUL EXPERIMENTAL

Circuitul pe baza căruia se fac măsurătorile este realizat pe cablaj imprimat. Firele de conexiune la sursă, aparatele de măsurare și sursa pentru încălzire sunt notate la bornele de pe placă.

În fig. 8 se prezintă schema montajului experimental folosit. Desenarea dispozitivelor și componentelor respectă topologia montajului realizat practic. Circuitul este realizat pe cablaj imprimat, în desen traseele conductoare de pe partea placată sunt prezentate prin linii. Cu ajutorul cerculețelor s-au prezentat în fig. 8 bornele de conectare cu echipamentele externe. Comutatorul notat cu  $S_1$  permite selectarea uneia din cele două diode, respectiv dioda cu siliciu pe poziția "Si" și dioda cu germaniu pe poziția "Ge". Polaritatea conexiunilor la aparatele de măsurare și la sursa de alimentare este indicată fără paranteze pentru determinarea caracteristicilor directe, în timp ce pentru determinarea caracteristicilor inverse, polaritatea este indicată între paranteze. Pentru determinarea caracteristicilor termice se folosesc rezistențele de încălzire. Conectarea lor se face la o sursă de 5 V astfel: se folosește o bornă comună, notată ( $R_c$  5V), iar selectarea rezistenței dorite, pentru dioda cu siliciu la borna notată  $R_{Si}$ , respectiv pentru dioda cu germaniu la borna notată  $R_{Ge}$ .

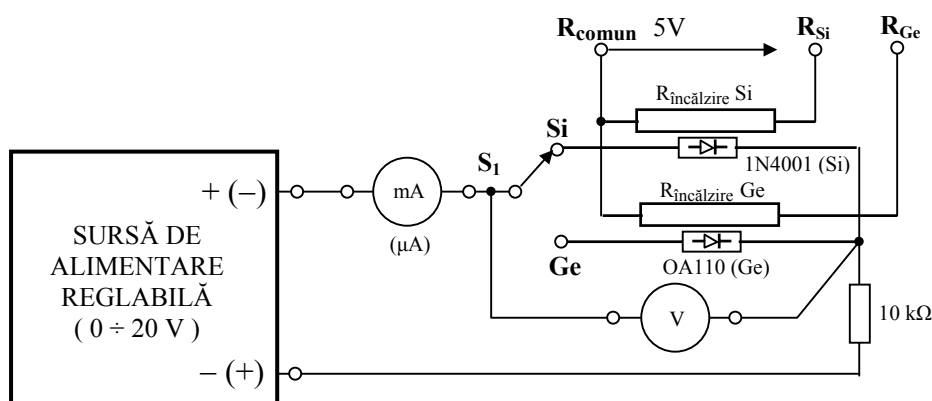



Fig. 8 Montajul experimental

În fig. 9 se prezintă schema de cablare a montajului experimental. Partea conductoare (cupru) de pe fața placată a circuitului este reprezentată prin zone colorate în gri. Cu ajutorul simbolului  se identifică bornele de conectare ale sursei de alimentare, ale aparatelor de măsurare și comutatoarelor pentru diode și rezistențe. La aceste borne legăturile se realizează cu fire prevăzute cu conectoare speciale. Vederea este dinspre partea cu piese (plantată).

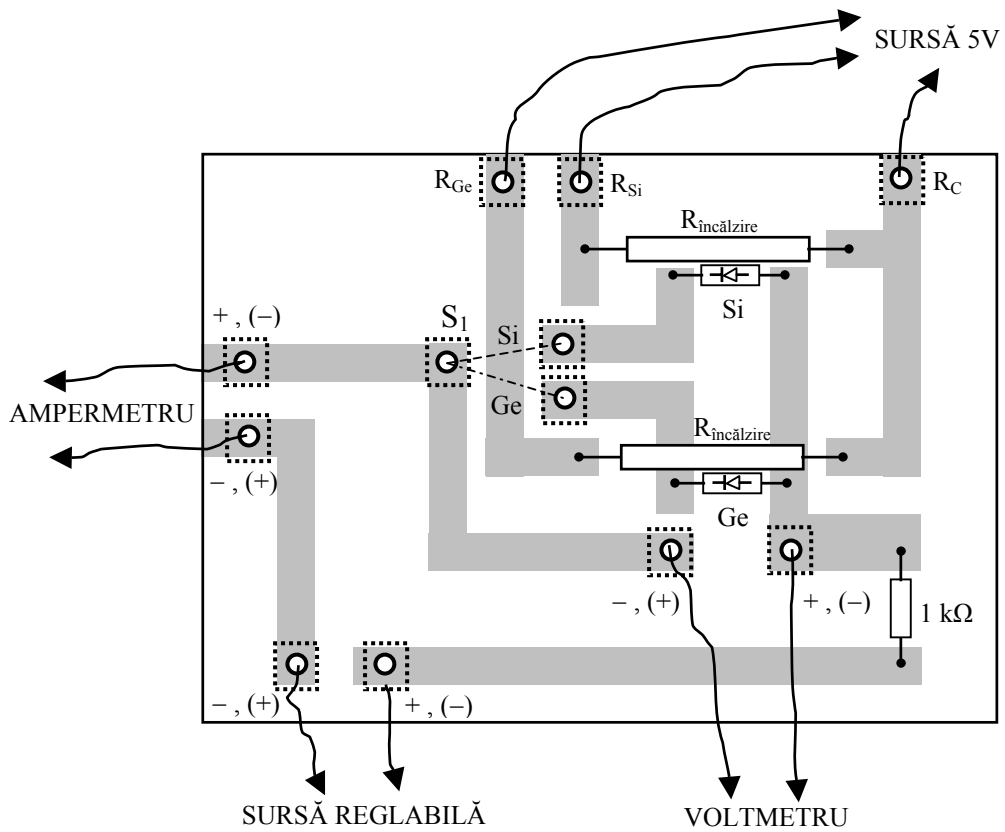


Fig. 9 Montajul experimental - schema de cablare