

CAPITOLUL 1. MATERIALE SEMICONDUCTOARE

1.1 GENERALITĂȚI

În funcție de rezistivitatea electrică, materialele electrotehnice pot fi încadrate în trei categorii:

- **Materiale izolatoare** - rezistivitatea electrică $\rho = 10^{12} - 10^{23} \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right]$;
- **Materiale semiconductoare** - rezistivitatea electrică $\rho = 10 - 10^{12} \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right]$;
- **Materiale conductoare** - rezistivitatea electrică $\rho = 10^{-2} - 10 \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right]$.

Materialele semiconductoare din punct de vedere al conducerii curentului electric au proprietăți intermediare între conductoare și izolatoare. Cele mai răspândite materiale semiconductoare sunt **germaniul, siliciul, carbonul**.

Materialele semiconductoare sunt alcătuite din atomi care prezintă patru electroni de valență caracteristici (figura 1.1)

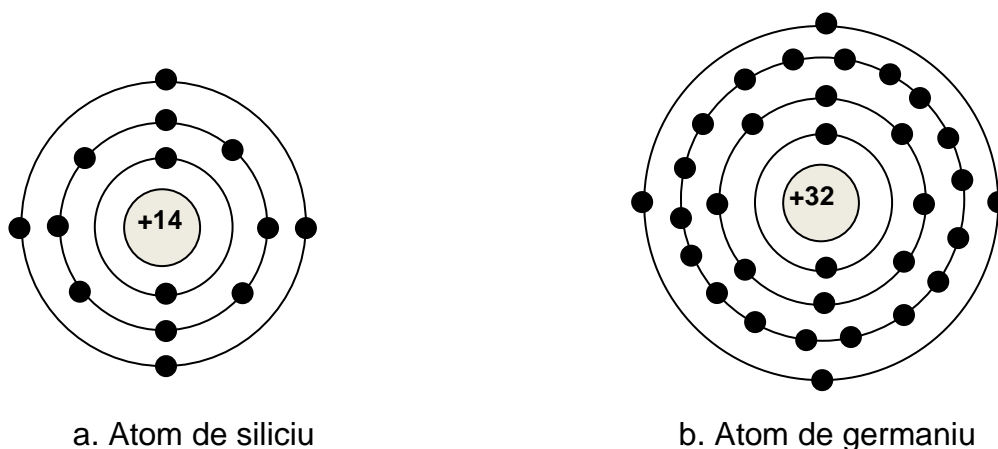


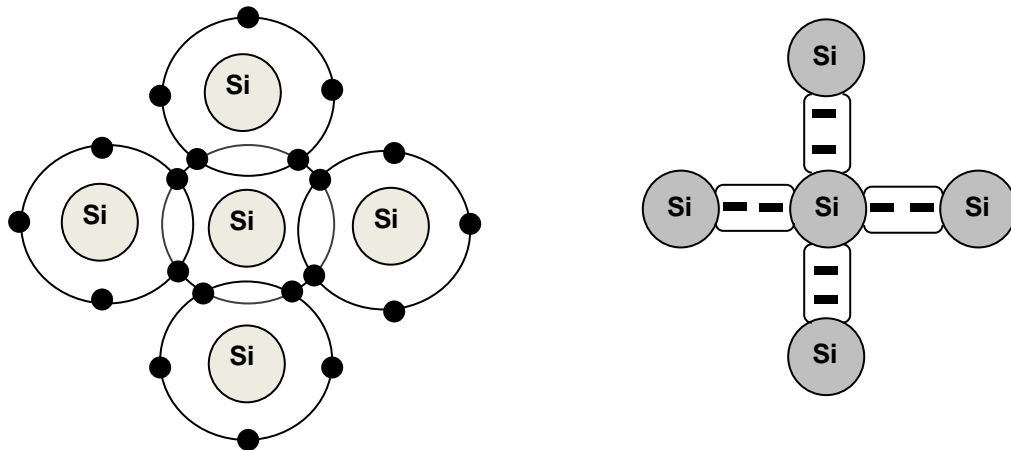
Figura 1.1 Diagramele atomilor de siliciu și germaniu

Electronii de valență ai atomului de siliciu (**fig. 1.1 a**) se află pe stratul trei iar cei ai germaniului (**fig.1.1 b**) se află pe stratul patru. Deoarece electronii de valență ai germaniului se află mai departe de nucleu, posedă energii mai mari decât cei ai siliciului care se află mai aproape de nucleu, deci le este necesar un surplus energetic mai mic pentru a se desprinde din atom. Această caracteristică face ca germaniul să devină instabil la temperaturi mari, de aceea siliciul este materialul semiconductor cel mai des utilizat la construcția dispozitivelor electronice active.

1.2 CONDUȚIA ÎN SEMICONDUCTOARE

Pentru a forma o structură solidă, atomii unui semiconductor se combină prin legături covalente dintre electronii de valență, formând o **structură cristalină**. Prin legăturile covalente fiecare din cei patru electroni de valență a unui atom de siliciu se pun în comun cu câte un electron de valență a unui atom de siliciu învecinat (**figura 1.2**).

Cristalul astfel format se numește **intrinsec** deoarece nu conține impurități.



a. Porțiune dintr-un cristal pur de Si

b. Diagramă de legături

Figura 1.2 Legăturile covalente la siliciu

În jurul nucleului unui atom de material semiconductor se află trei benzi de energie:

- **banda de valență** – în care se află electronii de valență din semiconductor;
- **banda interzisă** – reprezintă diferența energetică dintre banda de valență și banda de conducție;
- **banda de conducție** – în care se află electronii liberi din semiconductor.

Un cristal de siliciu pur (intrinsec) la o anumită temperatură, permite unor electroni de valență din banda de valență să acumuleze suficientă energie pentru a străpunge banda interzisă și a trece în banda de conducție. Acești electroni se numesc **electroni liberi**. Când un electron trece din banda de valență în banda de conducție, locul său din banda de valență rămâne liber. Acest loc liber se numește **gol**. În acest mod se creează perechile **electron-gol**.

Dacă la capetele unui cristal de siliciu intrinsec se aplică o tensiune în interiorul cristalului circulă două categorii de curenți:

- **curentul de electroni** – care reprezintă deplasarea ordonată a electronilor liberi din banda de conducție spre polul pozitiv al sursei de alimentare;
- **curentul de goluri** – care reprezintă deplasarea ordonată a golurilor din banda de valență prin structura cristalină în sens opus curentului de electroni.

1.3 SEMICONDUCTOARE DE TIP N ȘI DE TIP P

Datorită numărului limitat de electroni liberi din banda de conducție și de goluri din banda de valență, materialele semiconductoare în stare intrinsecă nu conduc curentul electric. Pentru a putea fi utilizate în diverse aplicații acestea trebuie prelucrate în scopul măririi conductivității electrice, prin introducerea controlată a unor impurități în materialul intrinsec care duce la creșterea numărului de purtători de curent. Acest procedeu se numește **dopare**.

Într-un cristal semiconductor **electronii liberi** reprezintă **sarcinile negative (N)** iar **golurile** reprezintă **sarcinile pozitive (P)**.

1.3.1 SEMICONDUCTOARE DE TIP P

Aceste semiconductoare au un **număr mare de goluri**. Deoarece majoritatea purtătorilor de curent este constituită din goluri (sarcini pozitive) acestea poartă denumirea de semiconductoare de tip **P**.

Pentru a obține un semiconductor de tip **P (fig.1.3)**, un cristal de siliciu pur se dopează cu *atomi de impurificare trivalenți* (cu trei electroni de valență) – aluminiu (Al), bor (B), galiu (Ga), indiu (In).

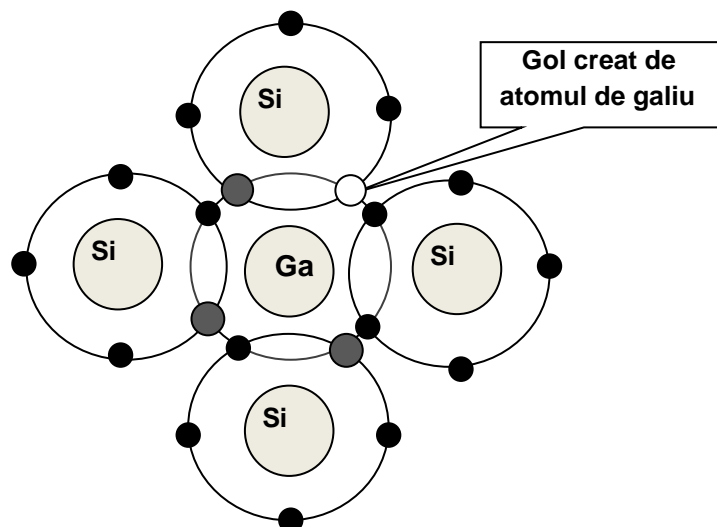


Figura 1.3 Semiconductor de siliciu de tip P impurificat cu galiu

Atomul de galiu are trei electroni de valență. Toți cei trei electroni de valență participă la legăturile covalente cu electronii de valență ai atomilor de siliciu. Deoarece un atom de siliciu are patru electroni de valență la fiecare atom de galiu din cristalul de siliciu apare câte un **gol**.

La semiconductorul de tip **P**, **golurile** sunt **purtători majoritari** iar **electronii** sunt **purtători minoritari**.

1.3.2 SEMICONDUCTOARE DE TIP N

Aceste semiconductoare au un **număr mare de electroni**. Deoarece majoritatea purtătorilor de curent este constituită din electroni (sarcini negative) acestea poartă denumirea de semiconductoare de tip **N**.

Pentru a obține un semiconductor de tip **N** (**fig.1.4**), un cristal de siliciu pur se dopează cu *atomi de impurificare pentavalenți* (cu cinci electroni de valență) – arseniu (As), fosfor (P), bismut (Bi), stibiu (Sb).

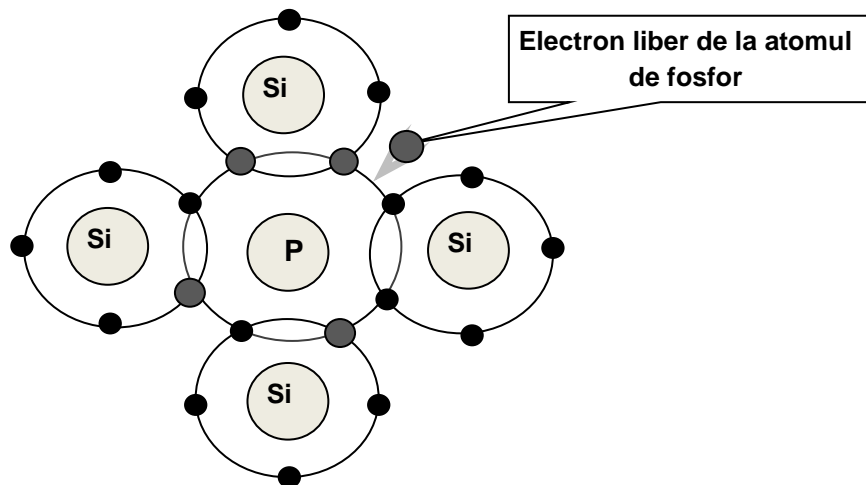


Figura 1.4 Semiconductor de siliciu de tip N impurificat cu fosfor

Atomul de fosfor are cinci electroni de valență. Patru dintre cei cinci electroni de valență participă la legăturile covalente cu electronii de valență ai atomilor de siliciu, iar al cincilea rămâne liber (deoarece un atom de siliciu are patru electroni de valență).

La fiecare atom de fosfor din cristalul de siliciu apare câte un **electron liber**.

La semiconductorul de tip **N**, **electronii** sunt **purtători majoritari** iar **golurile** sunt **purtători minoritari**.