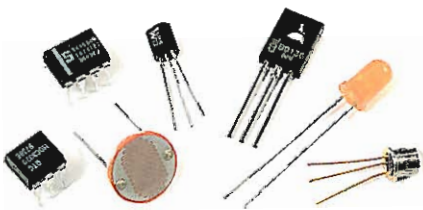


## La giunzione PN; i semiconduttori

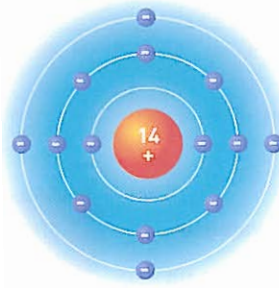
I materiali semiconduttori sono posizionati fra quelli conduttori e quelli isolanti, per questo si chiamano così. A temperature molto basse possono essere considerati materiali isolanti, mentre a temperature elevate si trasformano in buoni conduttori. Possiamo dire, in parole semplici, che l'energia apportata dal calore utilizzato per alzare la temperatura, eccita gli elettroni del materiale e ne aumenta la conduttività. Anche altri tipi di energia come la luce o i campi elettromagnetici possono generare questo aumento di conduttività, quindi classificheremo i materiali in conduttori, isolanti e semiconduttori.



Componenti che utilizzano materiali semiconduttori.

### Conduttori

Tutti i materiali sono formati da atomi, i quali sono composti fondamentalmente da protoni, o cariche positive, e un numero quasi uguale di elettroni che girano attorno a questo nucleo. Nei materiali conduttori, ad esempio nei metalli come il rame, l'alluminio, l'oro o l'argento ci sono molti atomi nelle orbite esterne, in altre parole le forze che li uniscono al nucleo sono molto deboli, ed essi si



Rappresentazione grafica di un atomo di silicio.

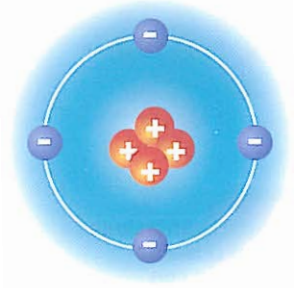
spostano con molta facilità all'interno del materiale; questa particolarità, fra le altre cose, permette una buona circolazione della corrente elettrica attraverso questi materiali. In realtà la corrente elettrica consiste in un grande flusso di elettroni "con facilità di movimento nel materiale".

### Isolanti

In questi materiali gli elettroni sono molto uniti ai loro rispettivi atomi, e ci sono pochissimi elettroni liberi, quindi è molto difficile che ci possa essere circolazione di corrente elettrica, e nonostante l'apporto di energia esterna, è altamente improbabile che questi elettroni entrino in circolazione. Bisogna ricordare però che non tutti gli isolanti sono uguali, dato che vengono classificati secondo la loro resistività.



Il quarzo è una sorgente di silicio ed è abbondante in natura.



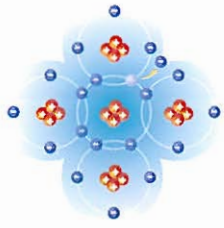
Modello semplificato dell'atomo di silicio, ha quattro elettroni nella banda di valenza.

### Semiconduttori

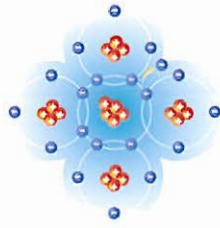
Come già detto in precedenza, possiamo classificare i semiconduttori come cattivi conduttori e cattivi isolanti, inoltre sono sensibili a fattori esterni, ad esempio la luce che incide sul materiale, i campi elettromagnetici, la temperatura, ecc. Se misuriamo la resistività di semiconduttore a temperatura ambiente, possiamo trovare valori molto diversi, compresi fra  $10^3$  e  $10^5$   $\Omega\text{cm}$ . In questi materiali si può dire che gli elettroni esterni sono abbastanza legati ai loro rispettivi nuclei quando non c'è apporto esterno di energia, inoltre essi sono condivisi con gli atomi vicini; tuttavia con l'apporto di energia esterna, alcuni di questi elettroni si staccano dai loro rispettivi atomi per formare una circolazione di elettroni e generando "lacune" nella struttura cristallina, che sono a loro volta occupate da nuovi elettroni. Ogni volta che si libera un elettrone di un semiconduttore, si genera una "lacuna".

### Materiali semiconduttori

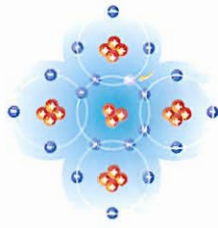
Esistono molti materiali semiconduttori, i più noti sono il



Rappresentazione di un cristallo di silicio con un elettrone libero.



Impurezza di valenza 5 in un cristallo di silicio per creare un semiconduttore N.



Con una impurezza di valenza 3 si crea un semiconduttore P.

germanio, con cui furono costruiti i primi transistor di diffusione commerciale; il silicio, che è la base degli attuali dispositivi elettronici, e altri materiali quali il selenio molto utilizzato nei primi raddrizzatori, il carburo di silicio, utilizzato per costruire alcuni tipi di varistori, il solfuro di cadmio e il tallio, utilizzati nelle celle LDR, sensibili alla luce; gli ossidi di ferro nichel, cobalto e magnesio, che si utilizzano per costruire termistori, e l'arseniuro di gallio, utile per costruire diodi LED. Ci sono molti materiali e composti semiconduttori, però attualmente il silicio è il più utilizzato.

## Semiconduttori intrinseci

I materiali più utilizzati sono il silicio e il germanio, che sono elementi del IV gruppo della tabella periodica, come il carbonio, che cristallizzato è un diamante. Tutti questi elementi hanno la stessa struttura cristallina. Gli elettroni sono situati in diverse "orbite" attorno al nucleo, la più importante delle quali — quella esterna — ha quattro elettroni. Gli elettroni situati nelle bande inferiori non sono considerati, in quanto le forze di attrazione del nucleo sono tali che non permettono la loro liberazione. I semiconduttori intrinseci sono formati da semiconduttore allo

stato puro. Un materiale è considerato puro se le impurità che contiene non superano una parte su 10.000 milioni di parti del materiale stesso. In un materiale di questo tipo, ogni atomo ruota fra quattro atomi vicini e la rete cristallina si dispone in modo tale che ogni atomo condivide un elettrone con ogni atomo vicino. In questo stato alcuni di questi elettroni si possono liberare, lasciando una "lacuna" che potrà essere occupata da un altro elettrone. Per far spostare un elettrone è necessario un apporto di energia dall'esterno.

## Il silicio

Il silicio è l'elemento 14 della tabella periodica. Ha un nucleo formato da 14 protoni e 14 elettroni disposti attorno ad esso, e quelli che hanno realmente la possibilità di potersi spostare sono gli ultimi quattro. Per questo viene utilizzato un modello di atomo più semplice che rappresenta solo i 4 elettroni esterni e nel nucleo vengono rappresentate solo le quattro cariche positive che compensano questi elettroni.

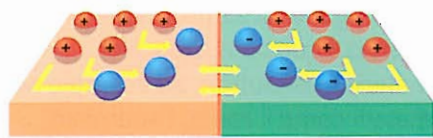
## Semiconduttori estrinseci

Quando vengono inserite piccole quantità di impurezza in un

semiconduttore intrinseco, si esegue un processo chiamato drogaggio, e lo si converte in un semiconduttore estrinseco. Se prendiamo in considerazione la struttura del silicio e vi inseriamo alcuni elementi del gruppo V come arsenico, antimonio o fosforo, che hanno 5 elettroni nella loro banda esterna, o banda di valenza, avanzeranno degli elettroni che potranno circolare per il materiale aumentandone la conduttività, in questo modo si formerà un semiconduttore di tipo N. Se invece di realizzare il drogaggio con elementi del gruppo V utilizziamo elementi del gruppo III quali l'alluminio, il boro o il gallio, avremo la reazione contraria: appariranno delle "lacune" nella struttura cristallina, che potranno contenere gli elettroni che cercheranno di circolare nel materiale. Questo tipo di semiconduttore si chiama di tipo P.

## Giunzione PN

Così come indica il suo nome, è formata da un semiconduttore di tipo N e da un altro di tipo P. Nella zona di unione si produce un fenomeno complesso, grazie al quale gli elettroni in eccesso della zona N tendono ad occupare le lacune della zona P, e questo si complica ulteriormente quando dall'esterno viene applicata energia, ma questo lo vedremo più avanti.



Giunzione PN.