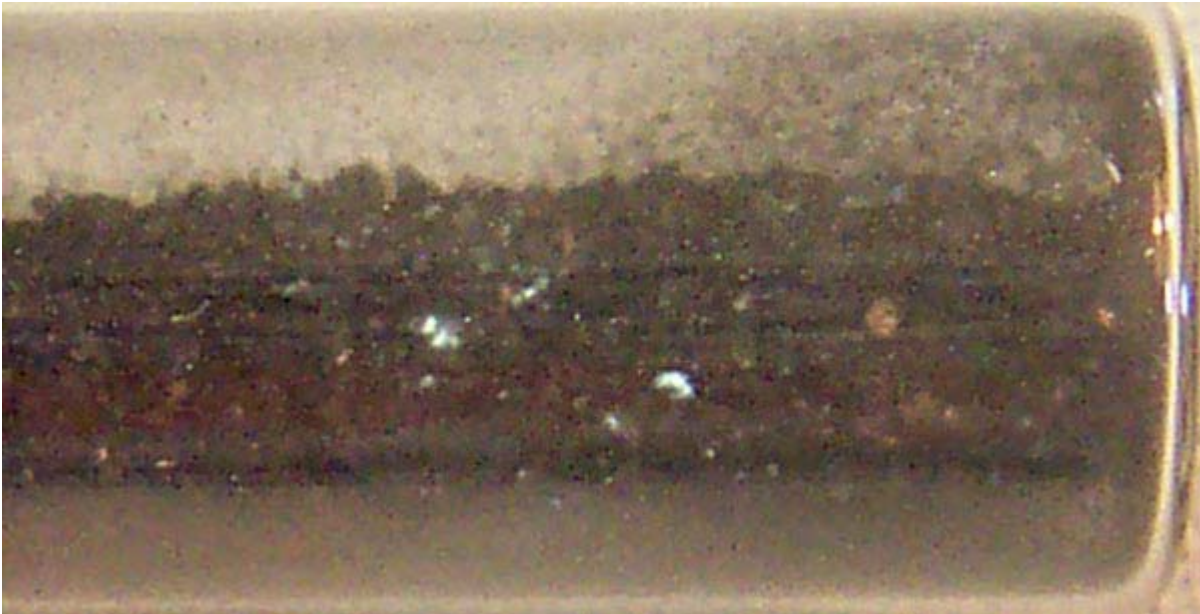


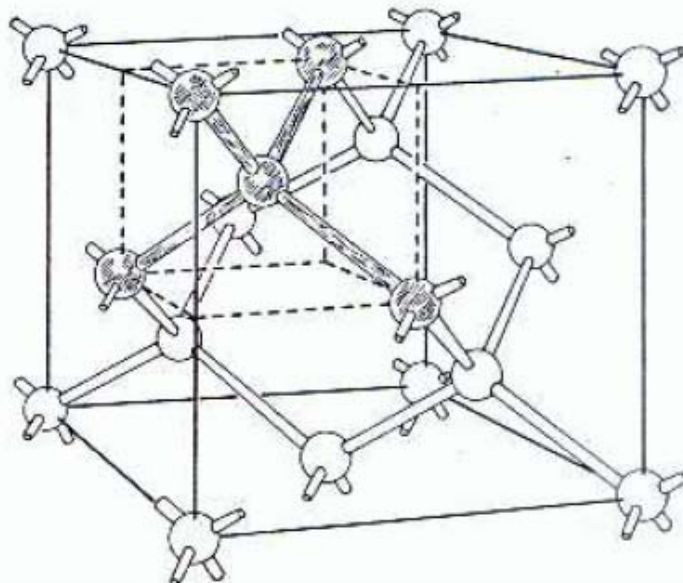
## I semiconduttori



### ***Semiconduttori intrinseci***

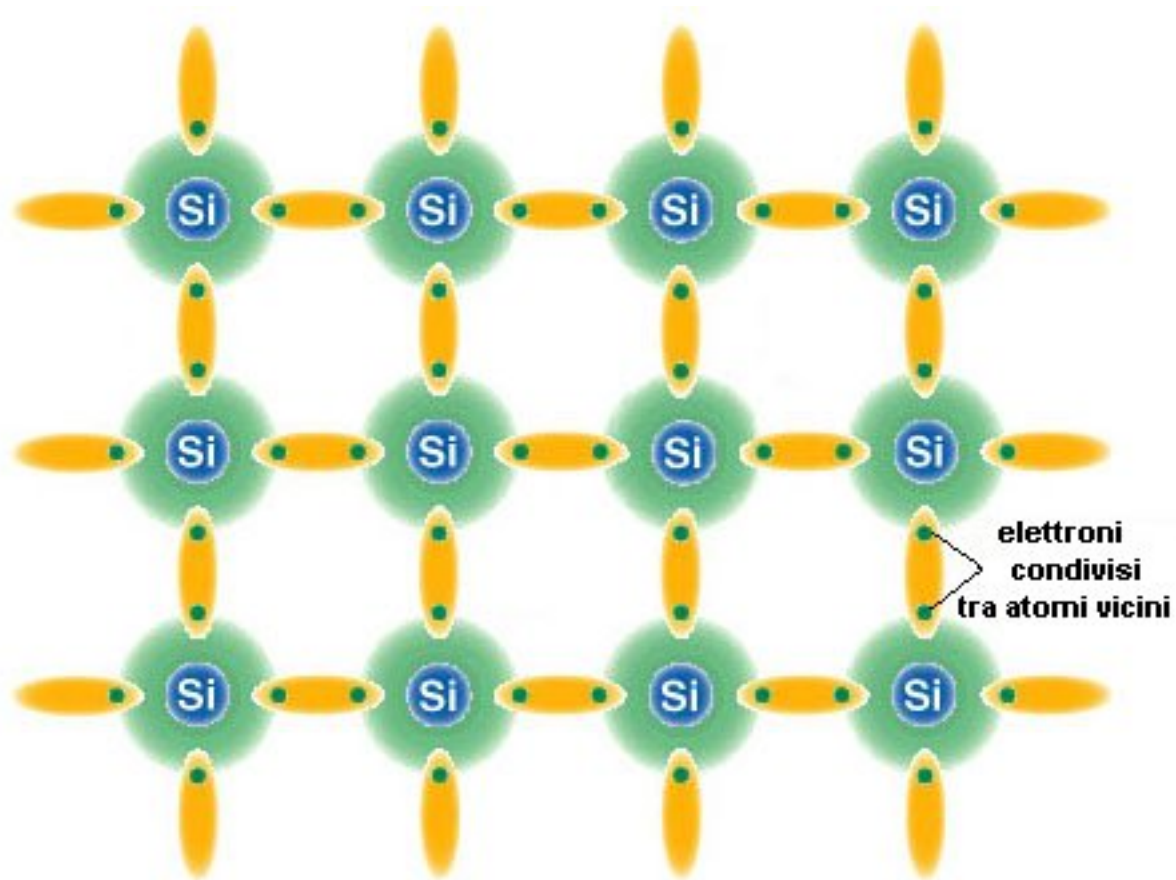
I semiconduttori naturali usati per la produzione di dispositivi elettronici sono stati per molti anni il silicio e il germanio. Il germanio è andato, con il passar del tempo, in disuso a causa delle migliori prestazioni del silicio. Ora si stanno diffondendo semiconduttori costituiti non da elementi naturali ma da leghe come l'arseniuro di gallio.

Il silicio e il germanio appartengono al gruppo del carbonio e sono tetravalenti, sono quindi in grado di formare quattro legami covalenti



In un reticolo cristallino ogni atomo di silicio è dunque legato ad altri quattro atomi.

Senza perdere in efficacia precisione possiamo immaginarci un modello del reticolo bidimensionale



## ***Le lacune***

La prima cosa che bisogna comprendere è che in un semiconduttore, a differenza dei conduttori, esistono due tipi di cariche libere: cariche libere negative costituite dagli elettroni e cariche libere positive dette lacune. Premettiamo fin da subito che le lacune, intese come cariche positive, non esistono ma costituiscono soltanto un modello molto efficace per rappresentare il comportamento dei semiconduttori.

Immaginiamo che un elettrone di valenza, coinvolto in un legame fra due atomi di silicio, acquisisca l'energia sufficiente per effettuare il salto dalla banda di valenza alla banda di conduzione. L'elettrone andrà ad arricchire la popolazione di elettroni liberi mentre l'orbitale da cui proveniva presenterà uno spazio vuoto. Tale spazio vuoto è quello che noi chiamiamo lacuna.

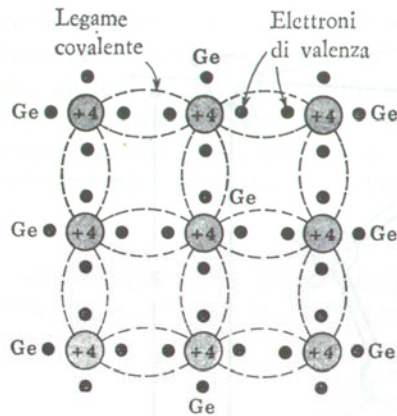


Fig. 3. - Rappresentazione simbolica in due dimensioni della struttura cristallina del Ge.

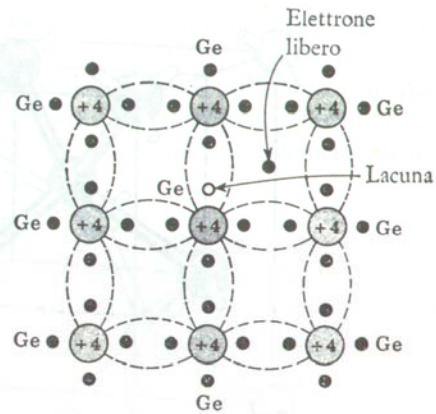
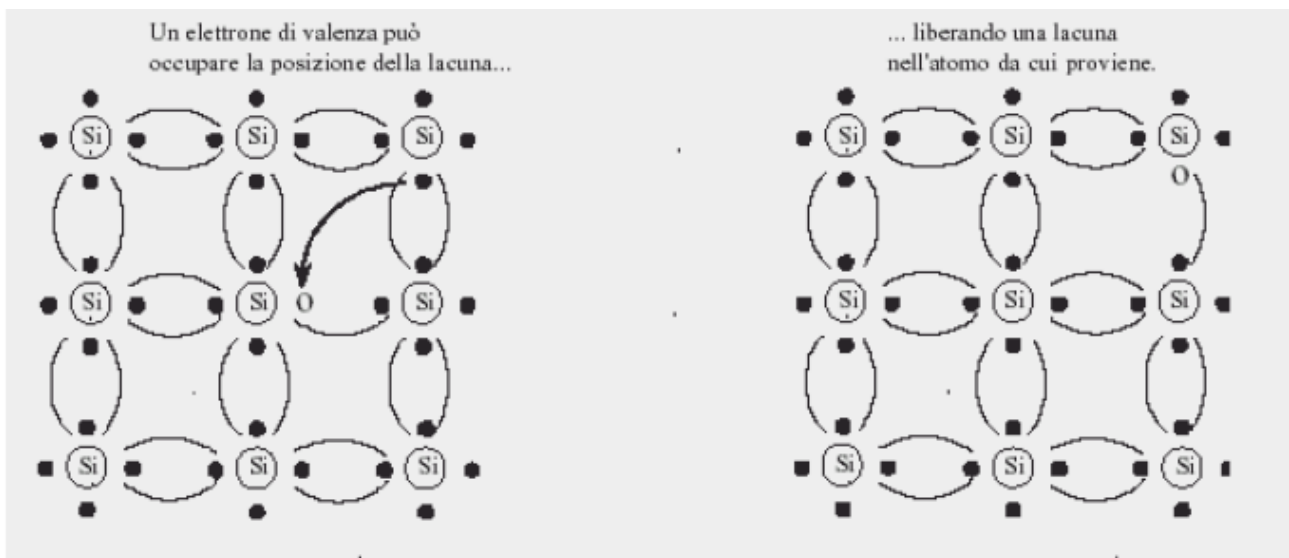


Fig. 4. - Cristallo di Ge con un legame covalente rotto.

Ora accade che l'energia necessaria perché un elettrone vincolato in un orbitale di legame vicino balzi nel legame semivuoto andando così ad occupare la lacuna, è molto bassa. Quindi l'effettuazione di questo salto avverrà con elevata probabilità. Se si riflette un attimo si nota come l'evento possa essere descritto dicendo che sia stata la lacuna a spostarsi in direzione opposta.



Modelli raffinati di fisica hanno dimostrato che effettivamente si può descrivere efficacemente la fisica dei semiconduttori immaginando di avere a che fare con cariche positive libere di muoversi all'interno del reticolo cristallino. Ricordando che le lacune non sono reali cariche positive, da questo momento in poi, per la sola ragione che abbiamo un modello efficace per descrivere il comportamento dei dispositivi a semiconduttore, parleremo sempre di correnti di lacune e correnti di elettroni.

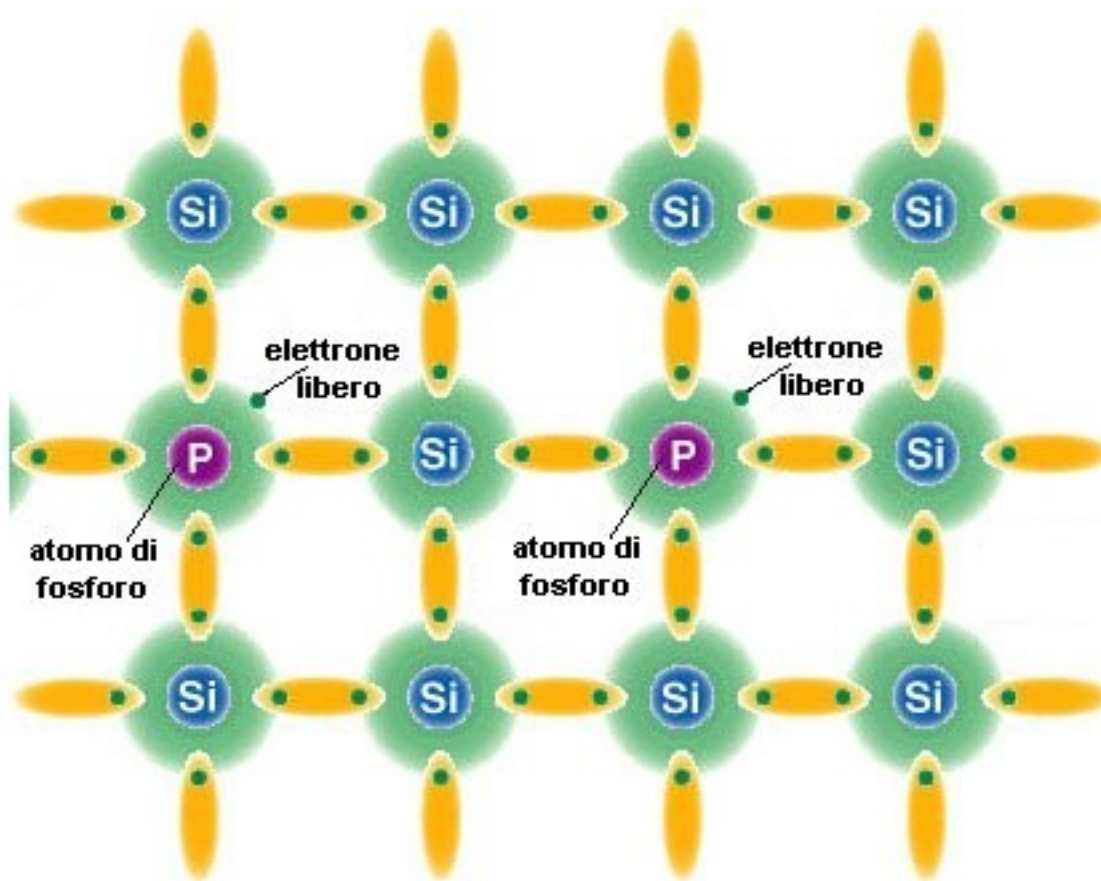
### ***Drogaggio dei semiconduttori***

I semiconduttori offrono una resistività troppo elevata per poter essere utilizzati come base dei dispositivi elettronici. Pur avendo un numero di cariche libere superiore a quello degli isolanti, questo non è ancora sufficiente.

Per aumentare il numero di portatori di carica liberi e diminuire quindi la resistività si utilizza un procedimento detto drogaggio, consistente nell'inserire, all'interno del reticolo cristallino del semiconduttore, elementi chimici diversi. Esistono due forme di drogaggio: tipo n e tipo p.

### Drogaggio di tipo n

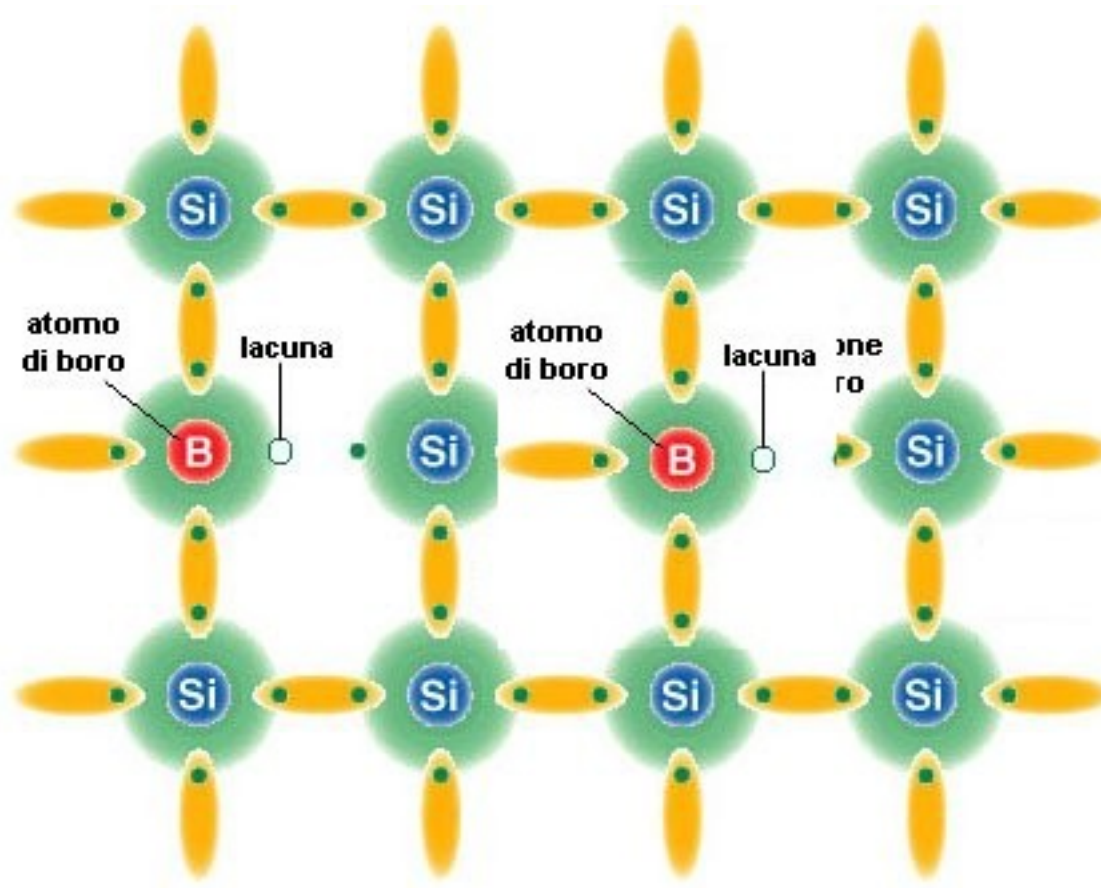
Con questo tipo di drogaggio ci si pone l'obiettivo di aumentare il numero di elettroni liberi. Si realizza inserendo nel reticolo cristallino del semiconduttore materiale drogante pentavalente (cinque elettroni di valenza) come il fosforo.



IL fosforo è in grado di formare cinque legami differenti, ma a causa della struttura del reticolo cristallino, esso risulta circondato da soli quattro atomi di silicio. Poiché il quinto legame non si può formare, l'elettrone superfluo, non essendo coinvolto in un orbitale di legame, abbisogna di una piccola quantità di energia per diventare libero. In pratica, per ogni atomo di fosforo che introduciamo nel reticolo del semiconduttore si introduce un elettrone libero.

### Drogaggio di tipo p

Con questo tipo di drogaggio aumentiamo il numero di lacune. Si introducono nel reticolo atomi di materiale trivalente come il Boro.



Poiché il boro può realizzare tre legami soltanto, pur essendo circondato da quattro atomi di silicio, si realizza automaticamente una lacuna, poiché vi sarà un orbitale incompleto fra i quattro orbitali di legame in cui sarà coinvolto l'atomo di boro.

### **Legge dell'azione di massa**

Se indichiamo con  $n$  la concentrazione di elettroni liberi nel semiconduttore (numero di elettroni liberi per  $\text{cm}^3$ ) e con  $p$  la concentrazione di lacune, il loro prodotto è costante secondo la relazione

$$n \cdot p = n_i^2$$

dove  $n_i$  rappresenta la concentrazione di elettroni liberi (e di lacune visto che nel semiconduttore non drogato per ogni elettrone libero vi è una lacuna) nel semiconduttore intrinseco.

Questa legge dice in sostanza che se aumentano gli elettroni per drogaggio, le lacune che si formano normalmente nel semiconduttore non rimangono costanti ma diminuiscono. Analogamente se aumentano le lacune per drogaggio, gli elettroni che si formano naturalmente diminuiscono.

Per capire il perché bisogna tener presente che, oltre alla formazione delle coppie elettrone-lacuna, quando un elettrone abbandona un orbitale, vi è anche un fenomeno opposto, detto ricombinazione, che si ha quando un elettrone viene catturato da un atomo e va ad occupare una lacuna.

Ora se il numero di elettroni liberi aumenta, aumenta anche la probabilità della ricombinazione per cui le lacune tendono a scomparire. Fenomeno analogo si ha con il drogaggio di tipo p.