

I SEMICONDUTTORI



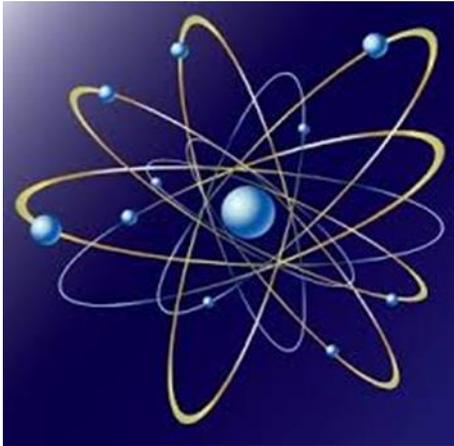
I materiali che hanno cambiato radicalmente la nostra vita



II - La conduzione

I SEMICONDUTTORI

II - LA CONDUZIONE

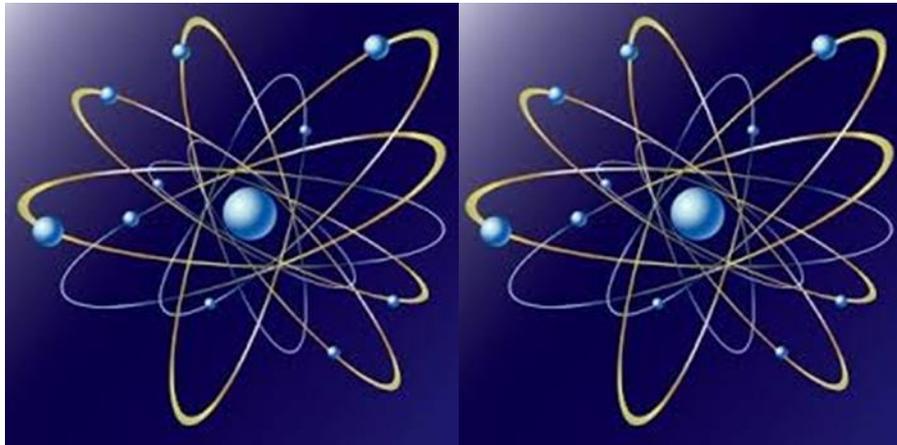


UN ATOMO

Livelli energetici degli elettroni
attorno al nucleo

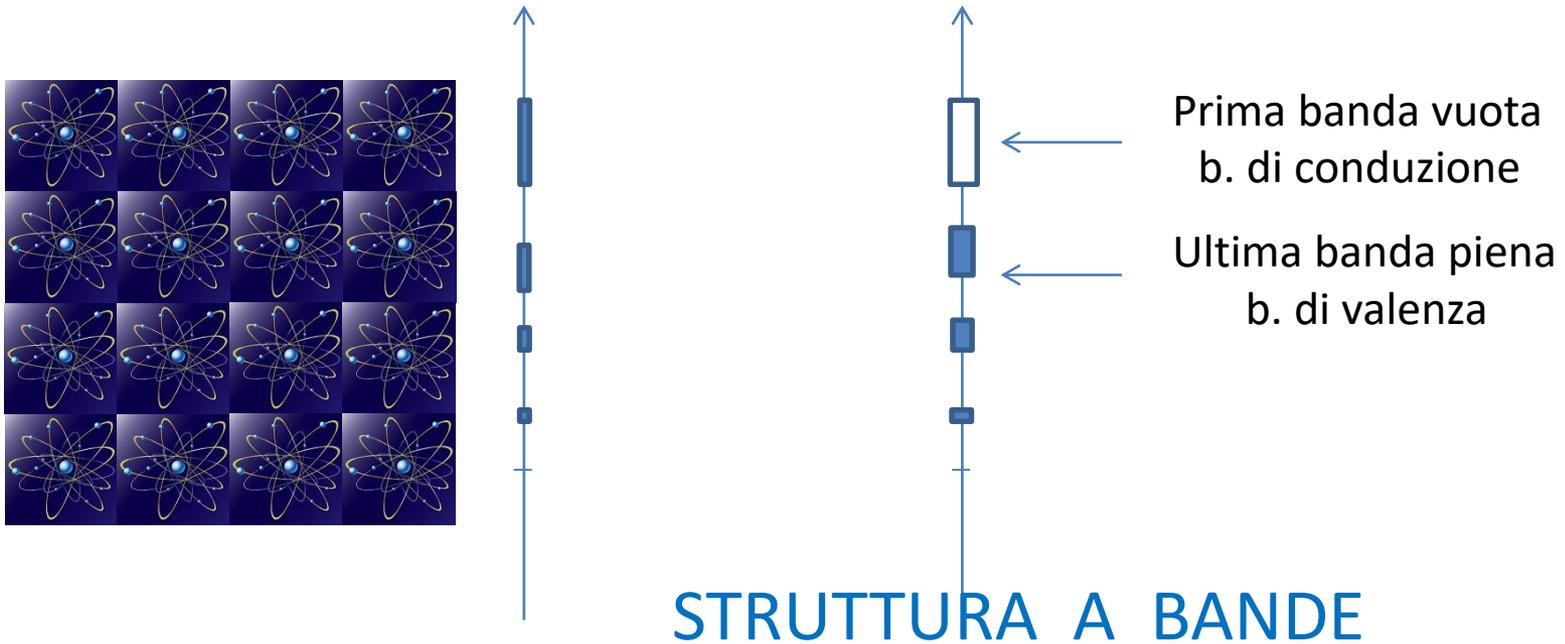
Principio di Pauli

DUE ATOMI



Nota: lo sdoppiamento dei livelli
degli stati elettronici più esterni
è maggiore.

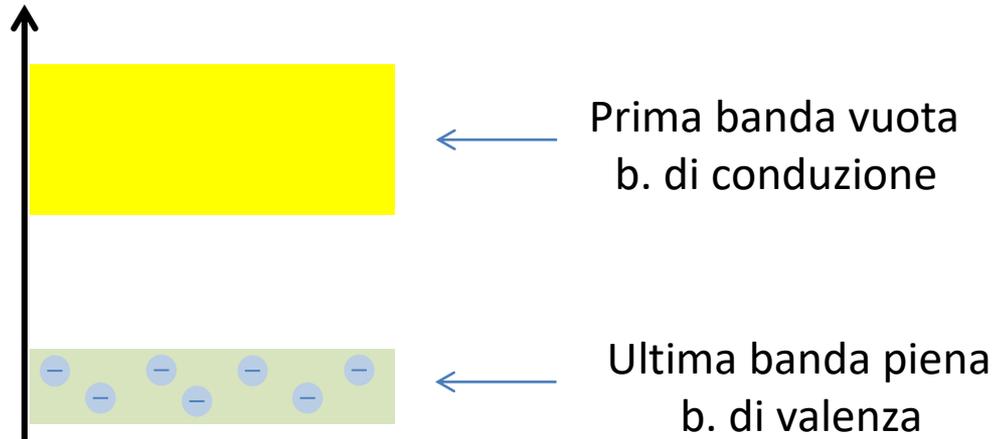
TANTI ATOMI (Cristallo)



Bande di energia permesse e vietate

Gli elettroni nelle bande più alte (elettroni più esterni dell'atomo) sono mobili

UNA BANDA INTERAMENTE PIENA NON CONDUCE



Il materiale è complessivamente neutro. Gli elettroni in banda di valenza sono compensati dalle cariche dei nuclei.

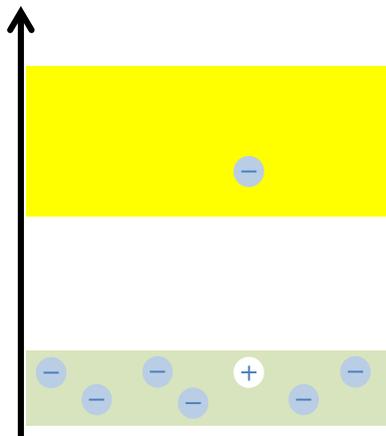
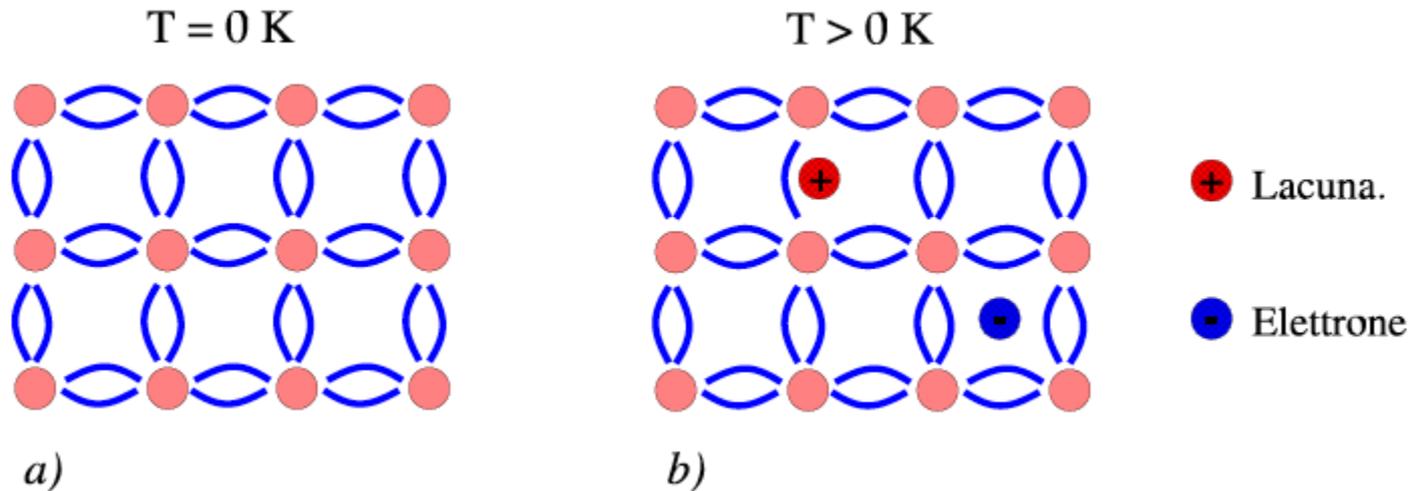
Come in un maxi-ingorgo di traffico, nessuno si muove non avendo spazio disponibile davanti.

Ovvero: per venire accelerati devono aumentare la loro energia, ma non ci sono stati disponibili con energia maggiore

Una situazione come quella qui rappresentata corrisponde a un materiale che non conduce, cioè a un isolante.

ELETTRONI E LACUNE

Una eccitazione termica può staccare un elettrone dal legame chimico tra gli atomi e lasciarlo libero di muoversi nel cristallo. Dove manca l'elettrone di valenza si determina una carica in eccesso positiva : la **LACUNA**

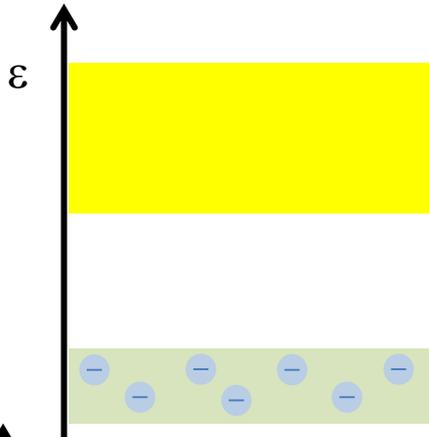


In altri termini, un elettrone viene promosso dalla banda di valenza alla banda di conduzione, lasciando una lacuna in quest'ultima.

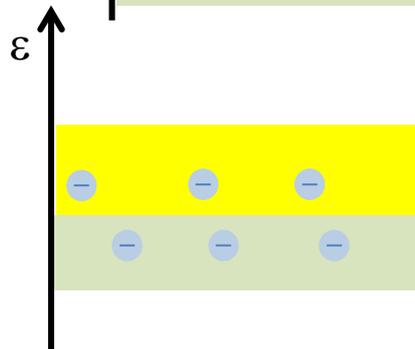
Nella analogia col maxi-ingorgo, l'elettrone in b. di conduzione può muoversi liberamente. In banda di valenza gli elettroni che, sotto l'azione del campo elettrico, premono per muoversi, fanno muovere la lacuna in verso opposto.

La lacuna viene accelerata dal campo proprio come una carica positiva.

ISOLANTI – CONDUTTORI – SEMICONDUTTORI



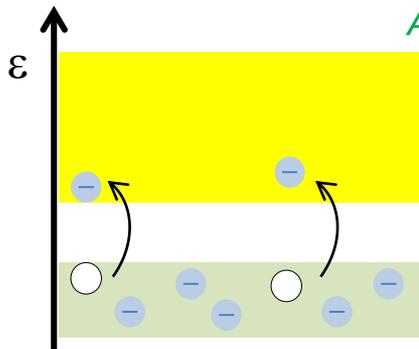
Negli isolanti, la banda di valenza, interamente piena, e quella di conduzione, totalmente vuota, sono separate da un gap di energia vietata di grande dimensione $\Delta\varepsilon$, molto maggiore dell'energia termica $k_B T$.



Nei metalli, conduttori, la banda di valenza e quella di conduzione si sovrappongono parzialmente, ovvero l'ultima banda occupata è occupata solo parzialmente.

Nei semiconduttori (intrinseci), a basse temperature la banda di valenza è interamente piena e quella di conduzione è vuota. Esse sono separate da un gap di energia vietata di larghezza moderata $\Delta\varepsilon$, confrontabile con l'energia termica $k_B T$.

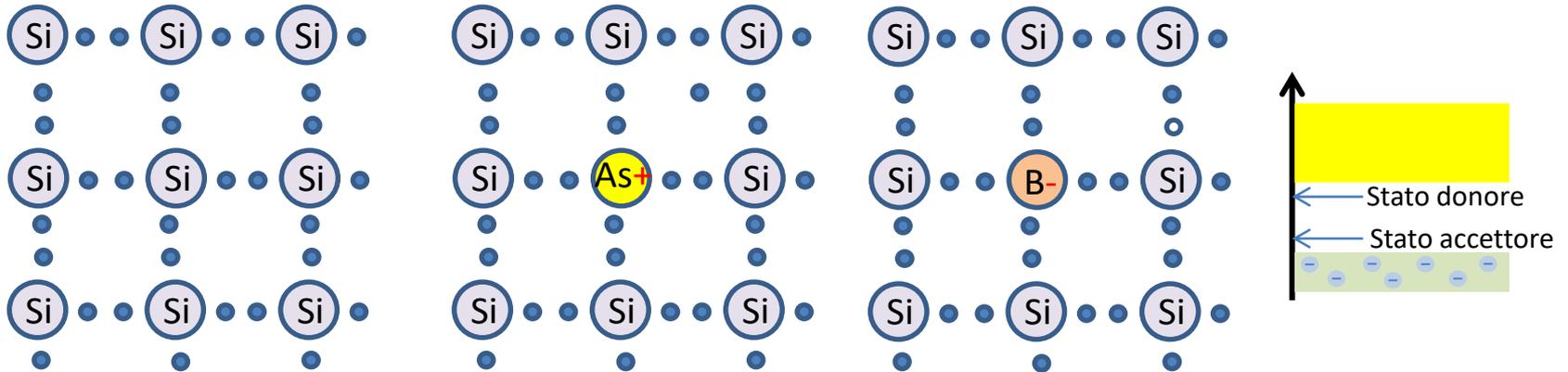
A temperature sufficientemente elevate, un certo numero di elettroni viene promosso in banda di conduzione.



Così, nei semiconduttori intrinseci si ha una conducibilità, minore di quella dei metalli, dovuta a cariche sia negative (elettroni), che positive (lacune).

STATI DONORI E ACCETTORI

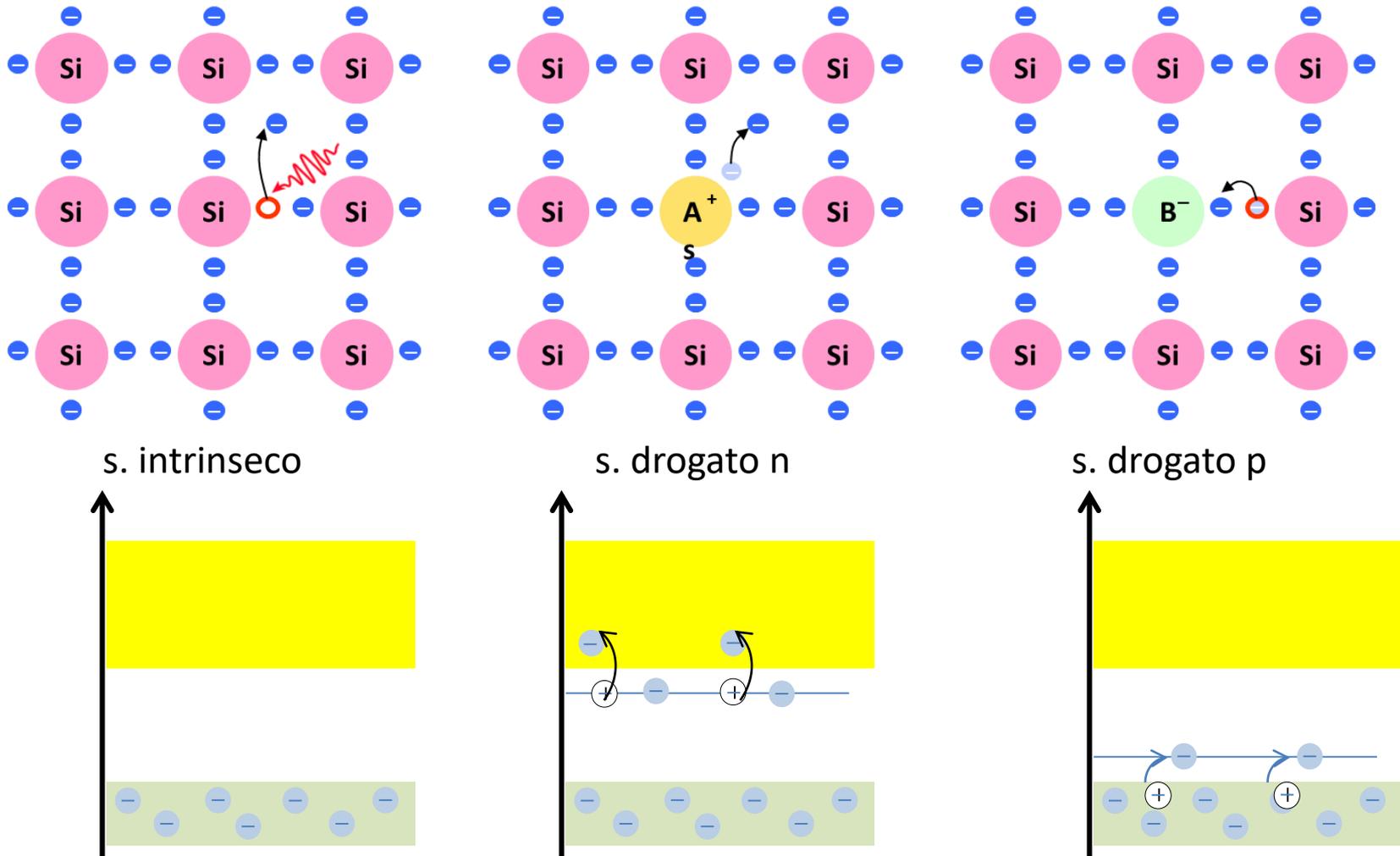
Nel silicio (esempio, ma importante) ogni atomo ha quattro elettroni di valenza, che mette in condivisione con gli atomi vicini per completare il legame.



Se un atomo di silicio viene sostituito da uno di arsenico, che ha cinque elettroni esterni, cioè uno in più di quelli necessari al legame chimico, questo quinto elettrone è tenuto nel suo posto solo dalla attrazione coulombiana, molto più debole del legame chimico. La sua energia è di poco inferiore a quella della banda superiore (di conduzione). Così l'elettrone può facilmente lasciare il suo atomo e diventare un elettrone di conduzione. Lo stato dell'elettrone in eccesso attorno al suo atomo si dice stato **donore**

Similmente, se un atomo di silicio viene sostituito da uno di boro, che ha tre elettroni esterni, cioè uno in meno di quelli necessari al legame chimico, si determina uno stato elettronico la cui energia è di poco superiore a quello della banda di valenza (per la repulsione coulombiana). Così un altro elettrone può facilmente lasciare il suo atomo e prendere il posto dell'elettrone mancante al legame, lasciando una lacuna libera di muoversi. Lo stato (vuoto) dell'elettrone mancante necessario al legame chimico si dice stato **accettore**

SEMICONDUTTORI DROGATI

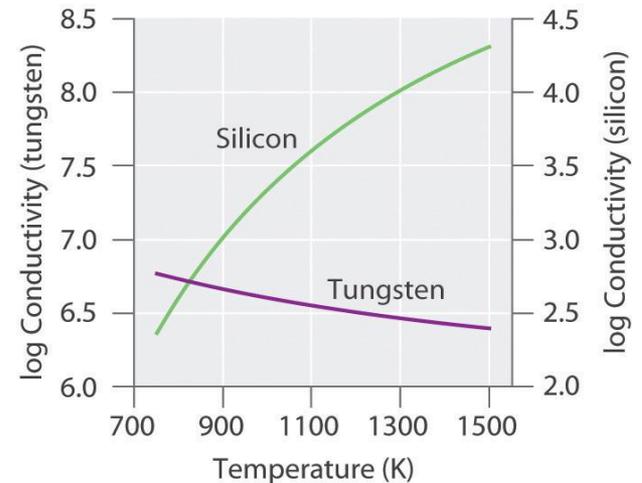
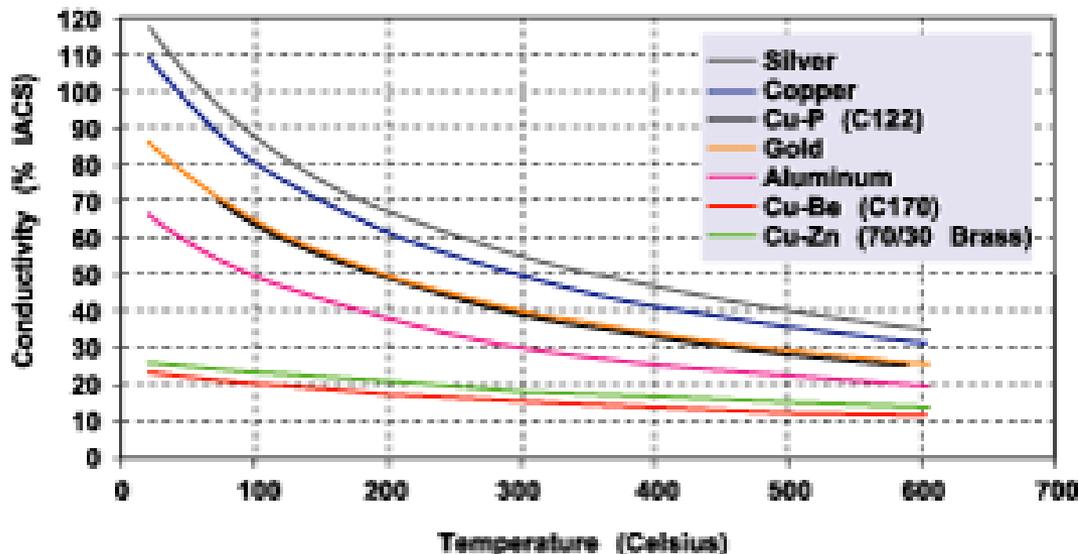


Nei semiconduttori drogati con impurezze donatrici o accettrici la conduzione è tanto più elevata quanto più alta è la concentrazione del drogante.

CONDUCIBILITÀ vs TEMPERATURA

All'aumentare della temperatura, nei metalli il numero di elettroni, portatori della carica, è praticamente costante mentre aumenta l'agitazione termica del cristallo che comporta maggior attrito: la conducibilità diminuisca.

All'aumentare della temperatura, nei semiconduttori aumenta molto il numero di elettroni e/o lacune, termicamente eccitati nelle rispettive bande, portatori della carica, e questo effetto è dominante rispetto all'aumento dell'attrito prodotto dall'agitazione termica: la conducibilità aumenta.



IN SOSTANZA

I semiconduttori sono materiali speciali perché

1. La loro conducibilità può essere variata di molti ordini di grandezza con l'aggiunta di piccolissime quantità di una sostanza "drogante".
2. La loro conducibilità può essere dovuta a cariche sia negative che positive.
3. La loro conducibilità aumenta al crescere della temperatura, perché più cariche sono eccitate in conduzione dalla agitazione termica.
4. La loro conducibilità può essere grandemente aumentata con l'illuminazione

