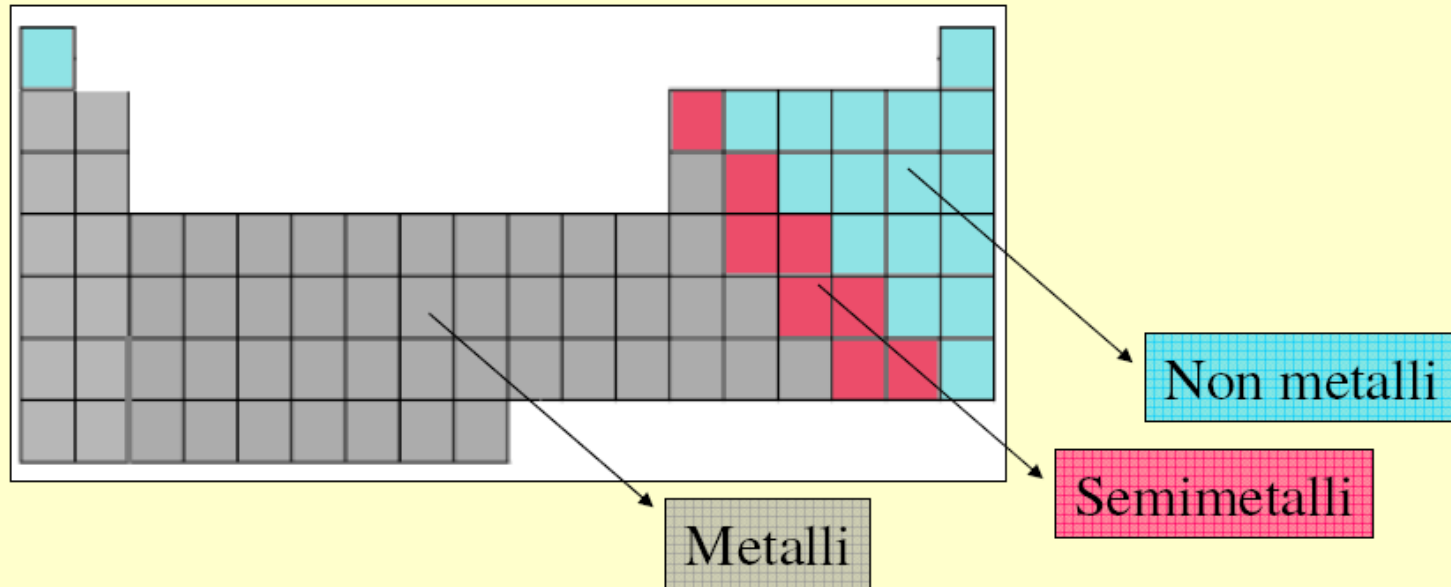


Legame metallico

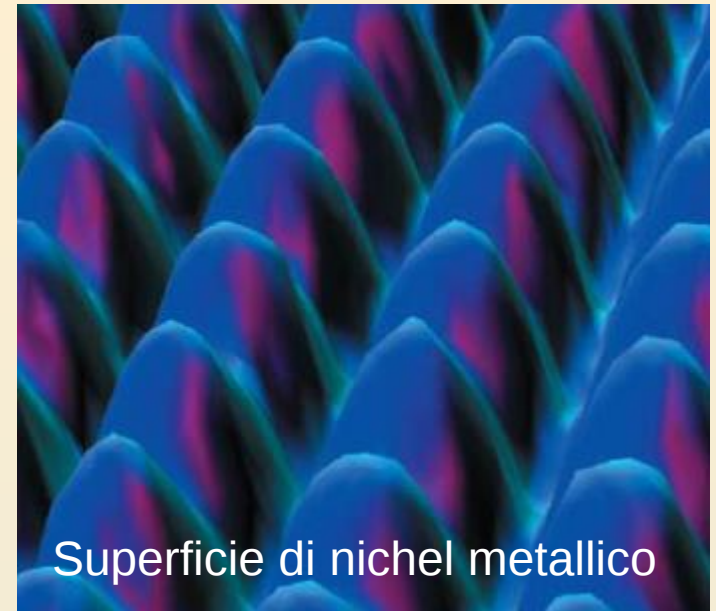


Proprietà metalliche

- elevata conducibilità elettrica ($\propto 1/T$) e termica
- bassa energia di ionizzazione
- elevata duttilità e malleabilità
- non trasparenza
- lucentezza
- strutture cristalline molto compatte (n.c. 8-12)

IL LEGAME METALLICO

La maggior parte dei metalli cristallizza in strutture a massimo impacchettamento, ovvero in solidi in cui si può considerare che gli ioni metallici che occupano le posizioni reticolari, siano immersi in una nube di carica negativa costituita dagli elettroni di valenza delocalizzati.



Superficie di nichel metallico

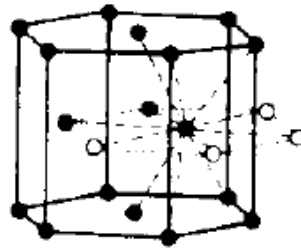
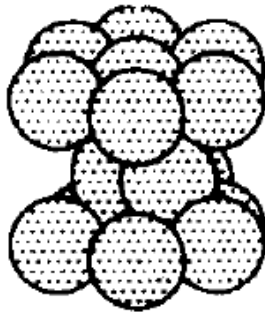
Tipi di reticoli:

- (1) cubico a corpo centrato
- (2) cubico a facce centrate
- (3) esagonale compatto

Gli ultimi due tipi di reticolo sono detti “a massimo impacchettamento” perché gli atomi metallici che li costituiscono sono impacchettati nel modo più compatto possibile.

Strutture cristalline compatte

A
B
A

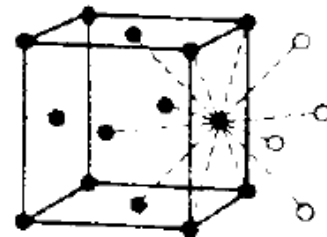
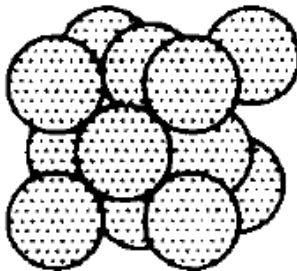


Esagonale compatta

n. coord=12

Be, Mg, Ca, Zn, Cd

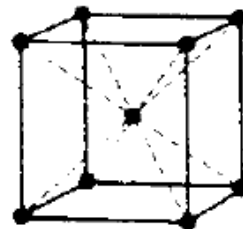
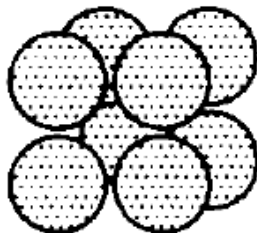
A
B
C



Cubica a facce centrate

n. coord=12

Ni, Pt, Pd, Cu, Ag, Au, Al, Pb



Cubica a corpo centrato

n. coord=8

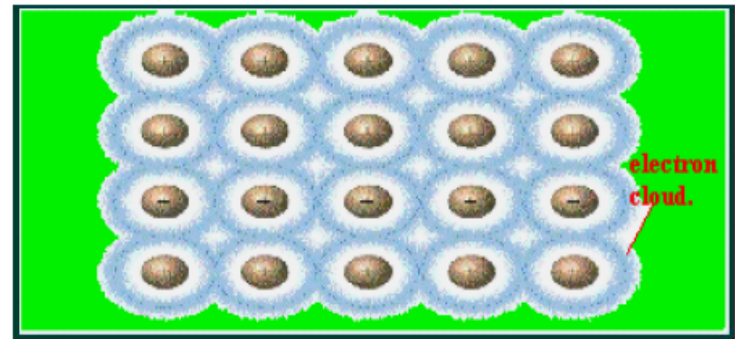
Li, Na, K, Rb, Cs, Cr, Mo

Legame metallico

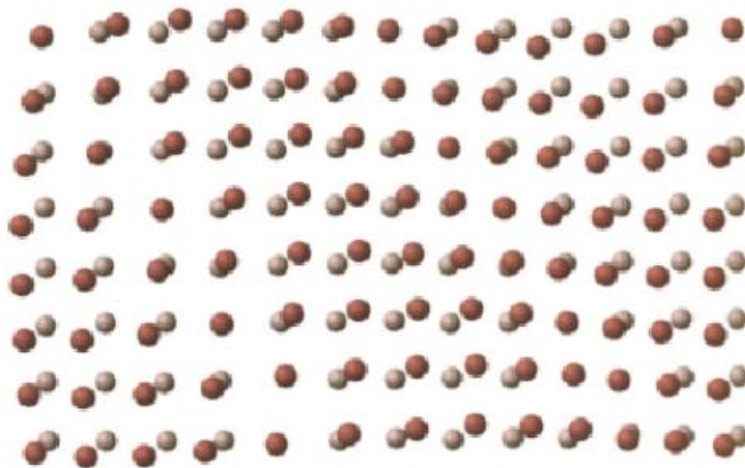
Legame metallico

Il modello della loro struttura può essere pensato come formato da ioni positivi immersi in una nube di elettroni mobili (quelli di valenza) diffusa per tutto il reticolo. Da ciò l'alta conducibilità elettrica e l'elevata duttilità.

Si ha la sovrapposizione degli orbitali atomici di ciascun atomo con la formazione di una nube di elettroni, liberi di spostarsi da un atomo all'altro.



Legame metallico

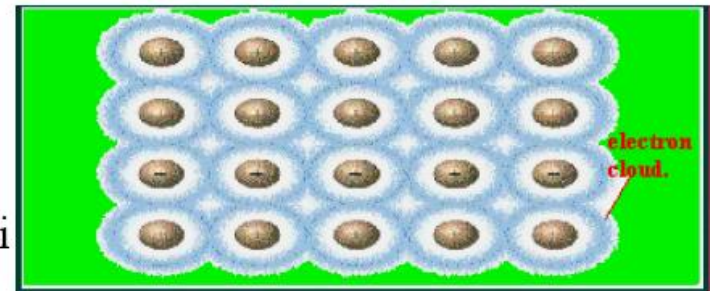


● Normal lattice positions for atoms
● Positions displaced because of vibrations

Lo stretto
impaccamento
degli atomi
favorisce la
trasmissione di
calore

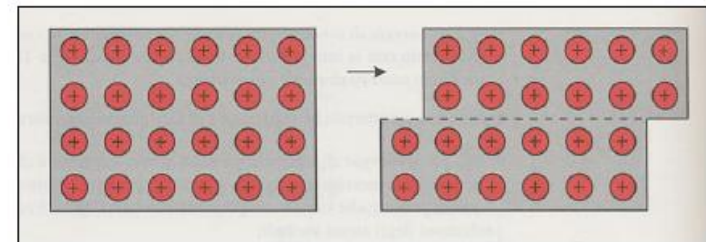
Legame metallico

La presenza di elettroni non legati a uno specifico atomo, determina una non direzionalità del legame. Lo slittamento dei piani reticolari lascia inalterate le interazioni di legame.



Il metallo si presenta duttile e malleabile

Non si stabiliscono repulsioni tra piano e piano come nel caso dei cristalli.



Legame metallico

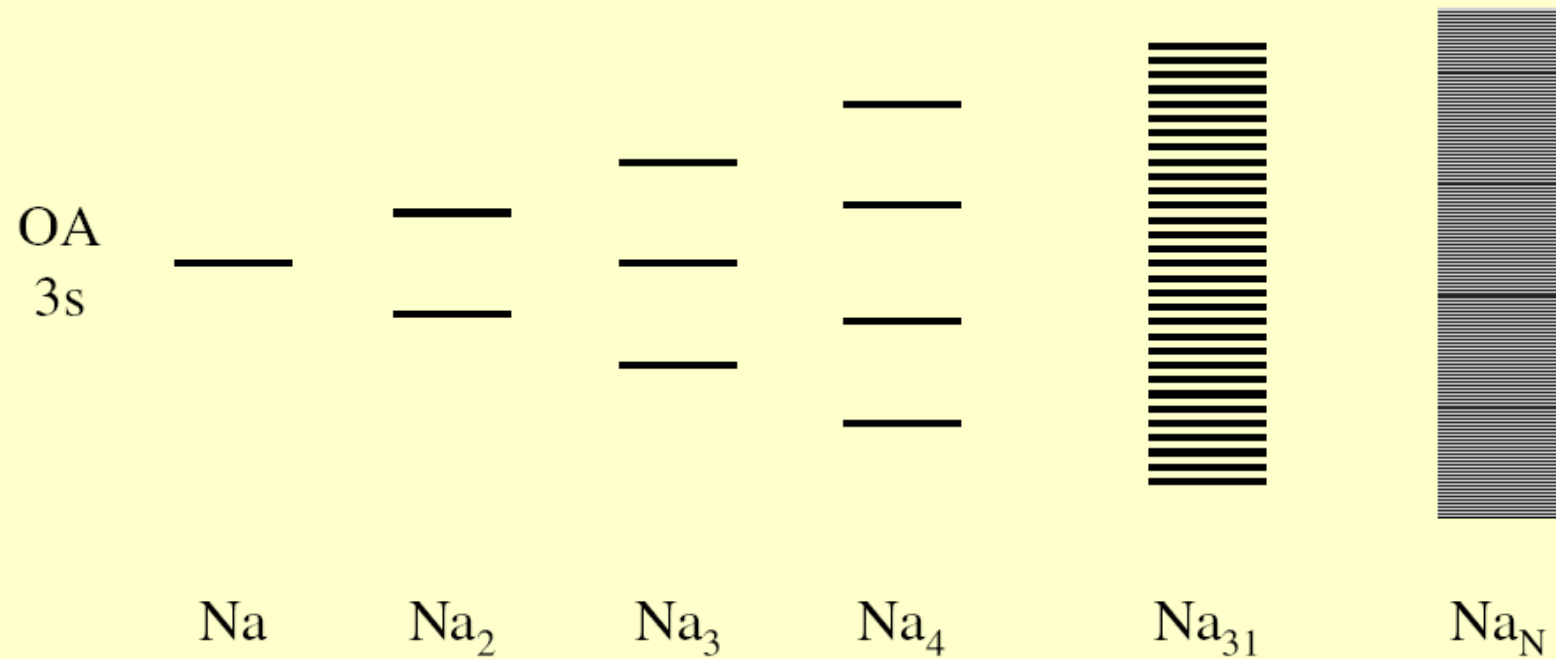
Caratteristiche del legame metallico	Proprietà del materiale
Legami forti	Punti di ebollizione e di fusione molto alti
	Alta densità
	Non solubilità
Legami non direzionati	Duttili
	Malleabile
Elettroni delocalizzati	Buoni conduttori di calore ed elettricità
	Opacità e lucentezza

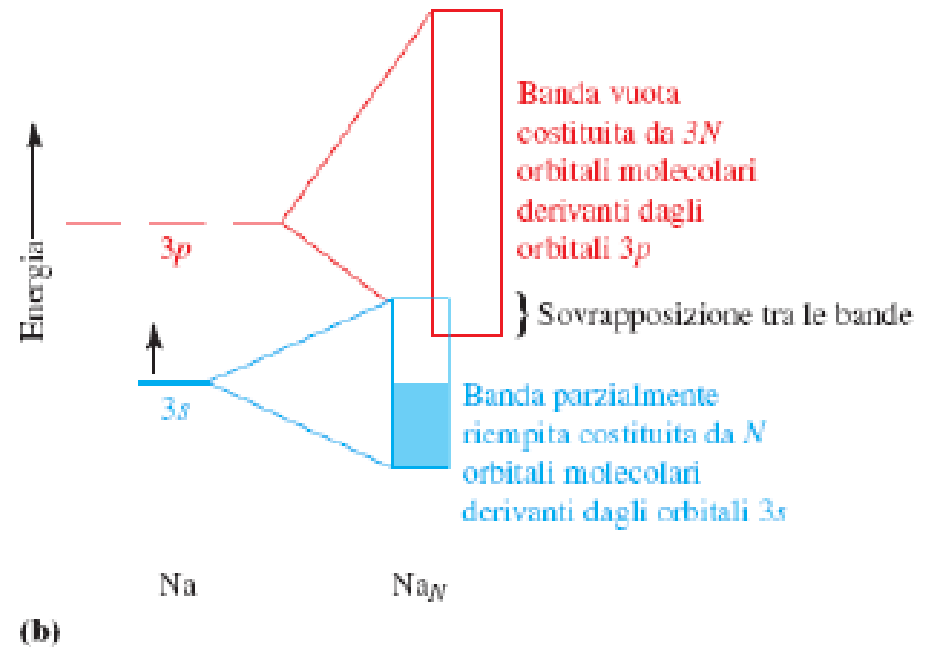
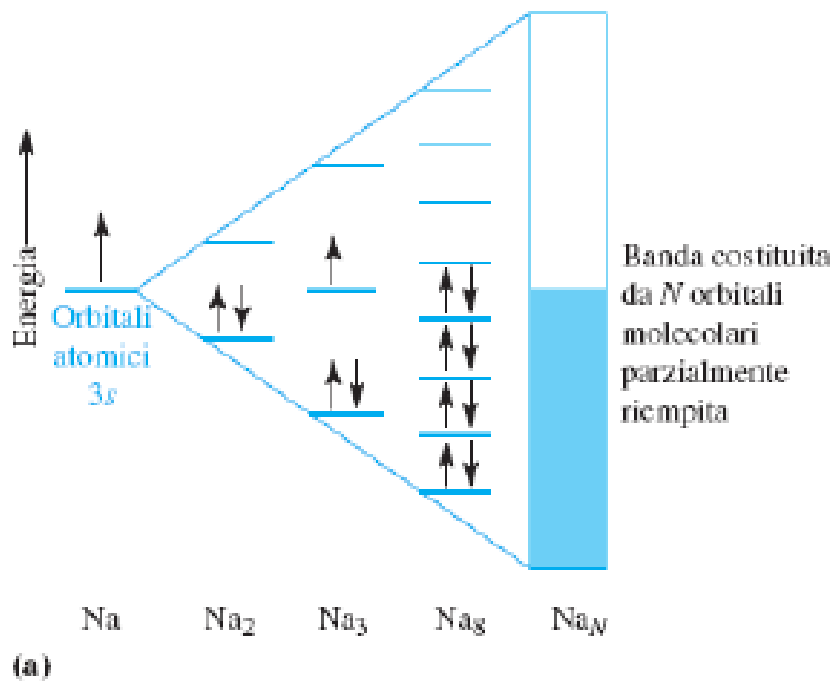
IL LEGAME METALLICO

Viene spiegato con *la teoria delle bande* secondo cui gli atomi che formano un cristallo metallico combinano linearmente i propri orbitali atomici di valenza così da formare orbitali molecolari di legame e di antilegame che vengono occupati dagli elettroni di valenza. A causa dell'elevato numero di orbitali atomici combinati (dell'ordine del numero di Avogadro), gli orbitali molecolari che si ottengono sono caratterizzati da livelli energetici molto vicini e costituiscono un quasi continuum, chiamato *banda di valenza*. A seconda del numero e del tipo di orbitali atomici combinati (*s*, *p* o *d*) le bande di valenza possono risultare molto vicine (al punto di sovrapporsi), adiacenti o separate da una significativa differenza di energia. Le bande vengono progressivamente occupate dagli elettroni di valenza e possono essere parzialmente o totalmente riempite.

Legame metallico - La teoria delle bande

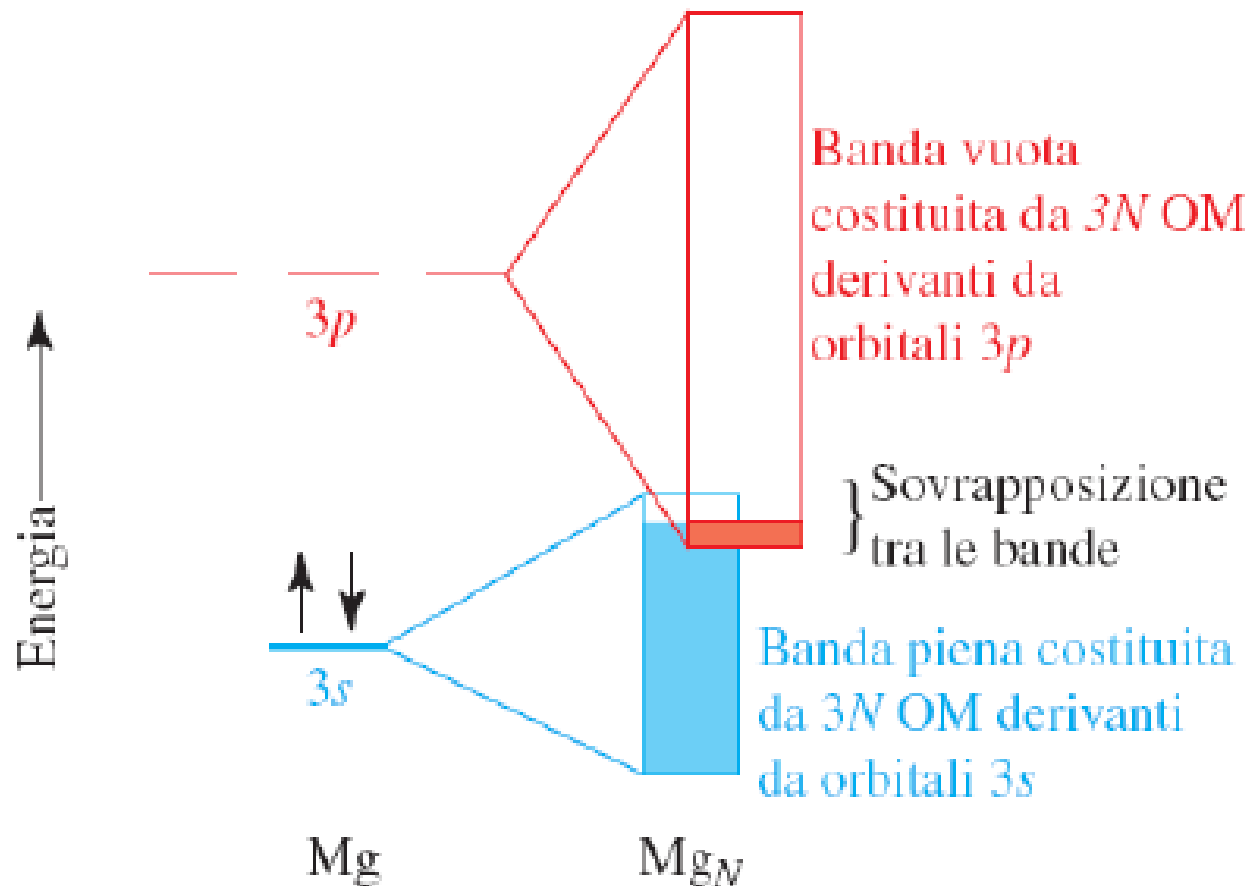
Costruzione di un reticolo metallico (es. Na)





Le interazioni che si stabiliscono tra gli atomi di una mole di Na danno luogo ad una serie di orbitali molecolari (σ_{3s} e σ^*_{3s}) molto vicini gli uni agli altri da un punto di vista energetico. Questi vanno a costituire una **BANDA** praticamente continua di orbitali che appartengono al cristallo. (**Banda di valenza: ultima banda piena**)

La capacità del sodio metallico di condurre elettricità quando ad esso è applicato un campo elettrico è dovuta alla possibilità che gli elettroni a più alto contenuto energetico che si trovano nella banda 3s saltino in un orbitale vuoto della stessa banda ma avente energia superiore.

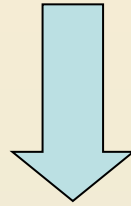


Sovrapposizione della banda $3s$ piena (blu) con la banda $3p$ vuota di un cristallo di magnesio. Come conseguenza della sovrapposizione si rendono disponibili orbitali vuoti energeticamente sopra agli orbitali riempiti, rendendo possibile la conducibilità elettrica. Infatti gli e^- a più alto contenuto energetico possono andare nella banda $3p$ (rosso).

RIASSUMENDO.....

Gli elettroni a più alta energia dei metalli occupano una banda parzialmente riempita oppure una banda completamente riempita che si sovrappone ad una banda vuota. La banda verso cui gli elettroni si muovono consentendo la conduzione elettrica è detta **BANDA DI CONDUZIONE**.

La conducibilità elettrica di un metallo diminuisce all'aumentare della temperatura.

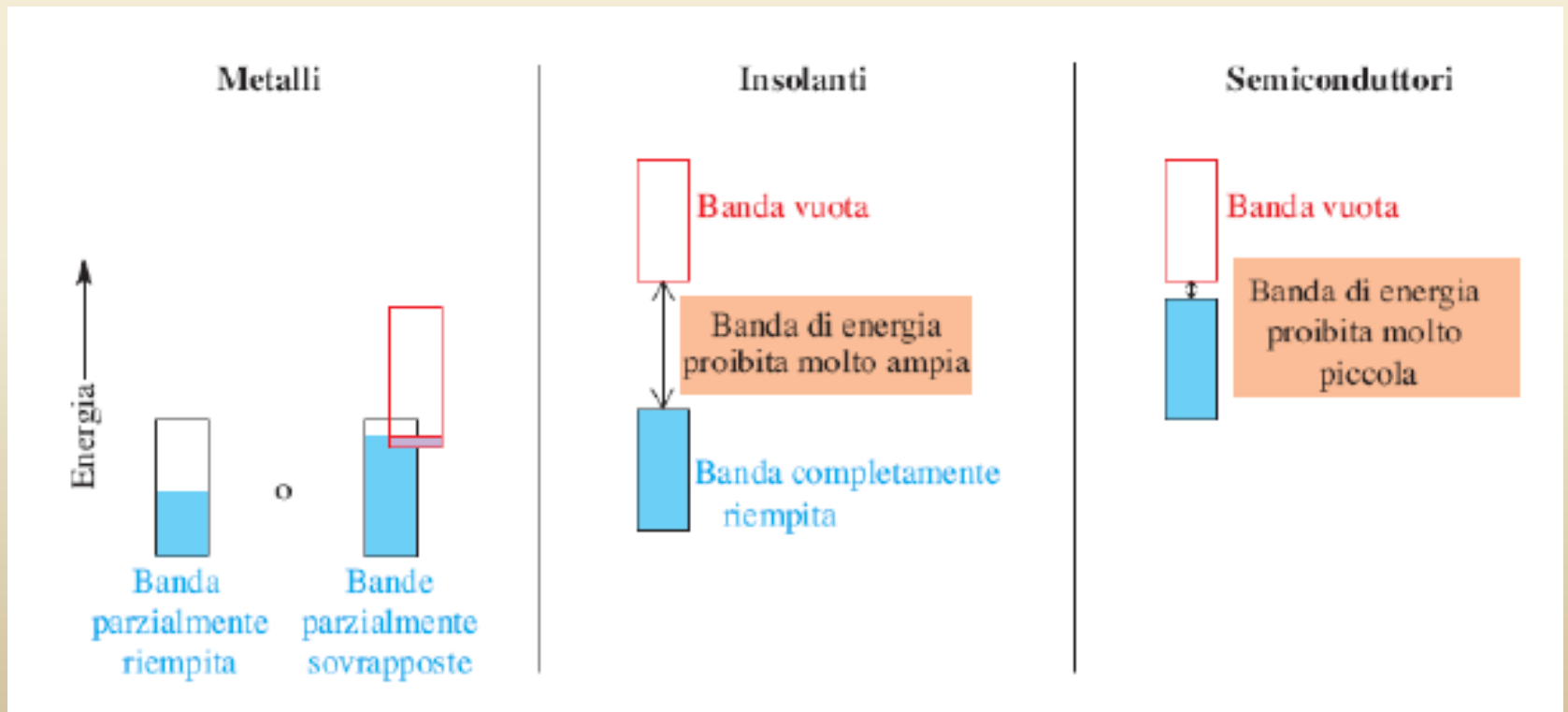


L'aumento della T causa un aumento dell'agitazione termica degli ioni metallici che ostacola il flusso di elettroni.

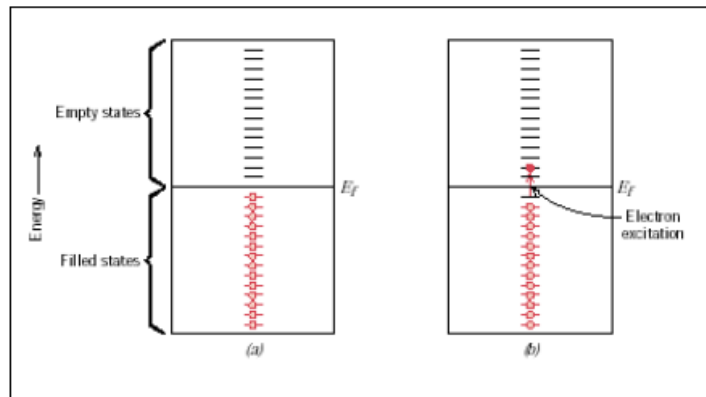
ISOLANTI E SEMICONDUCTORI

ISOLANTI: tutti gli elementi che hanno elettroni ad energia più alta in una banda di orbitali molecolari completamente riempita separata dalla banda vuota ad energia più bassa (banda di conduzione) da una **banda di energia proibita** troppo ampia perché gli elettroni possano superarla.

SEMICONDUCTORI: possiedono bande completamente riempite che si trovano appena sotto, energeticamente, alle bande vuote ma senza sovrapporsi. Non conducono elettricità a basse temperature.

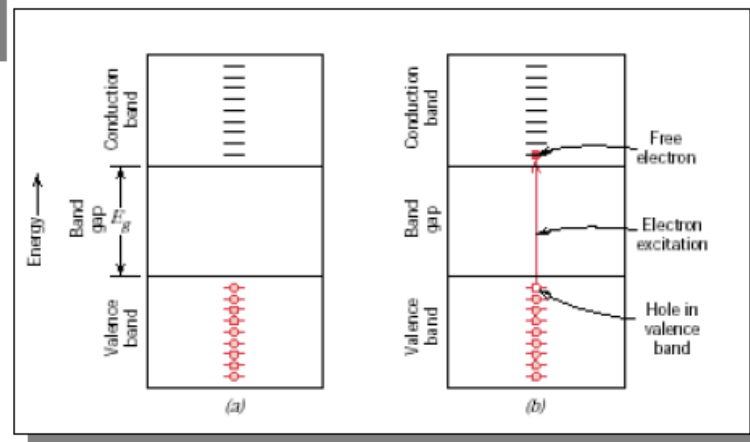


Legame metallico



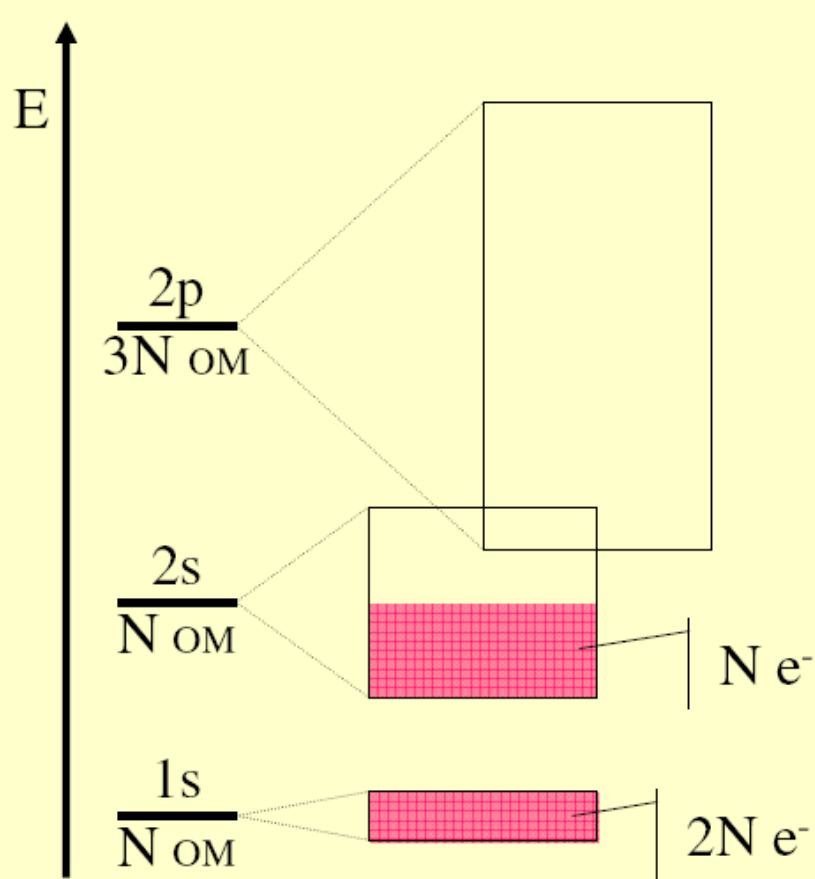
Conduttore

**Semi conduttore o
isolante**

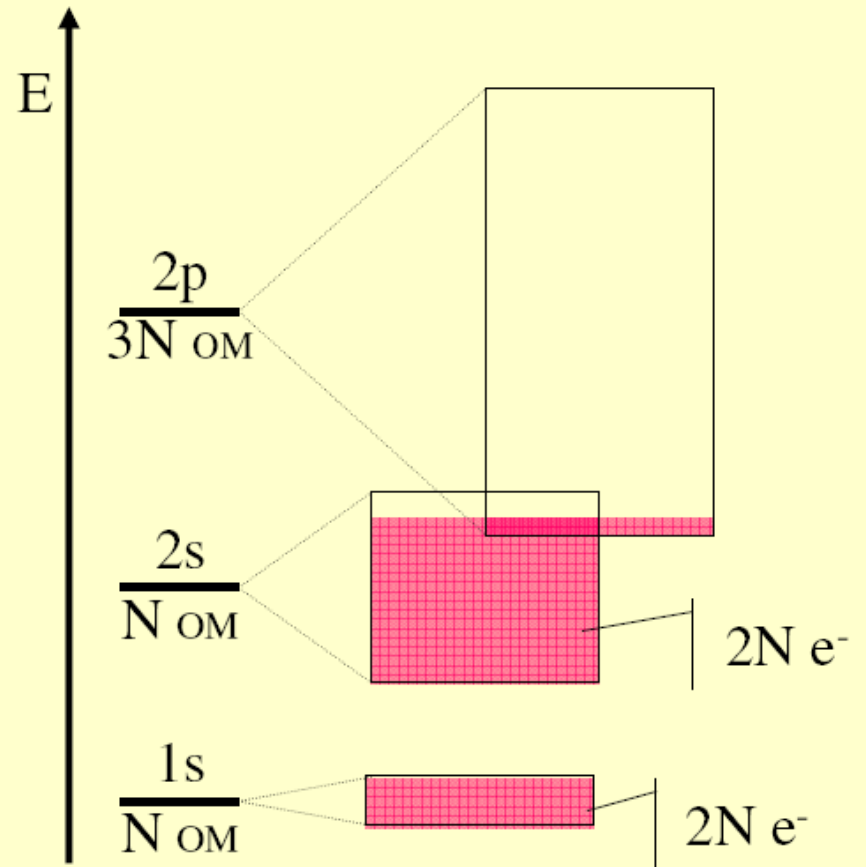


Conduttori, isolanti e semiconduttori

Conduttore: banda di valenza solo *parzialmente riempita*
banda di valenza *satura* ma *sovrapposta* con bande vuote



Li: $1s^2 2s^1$

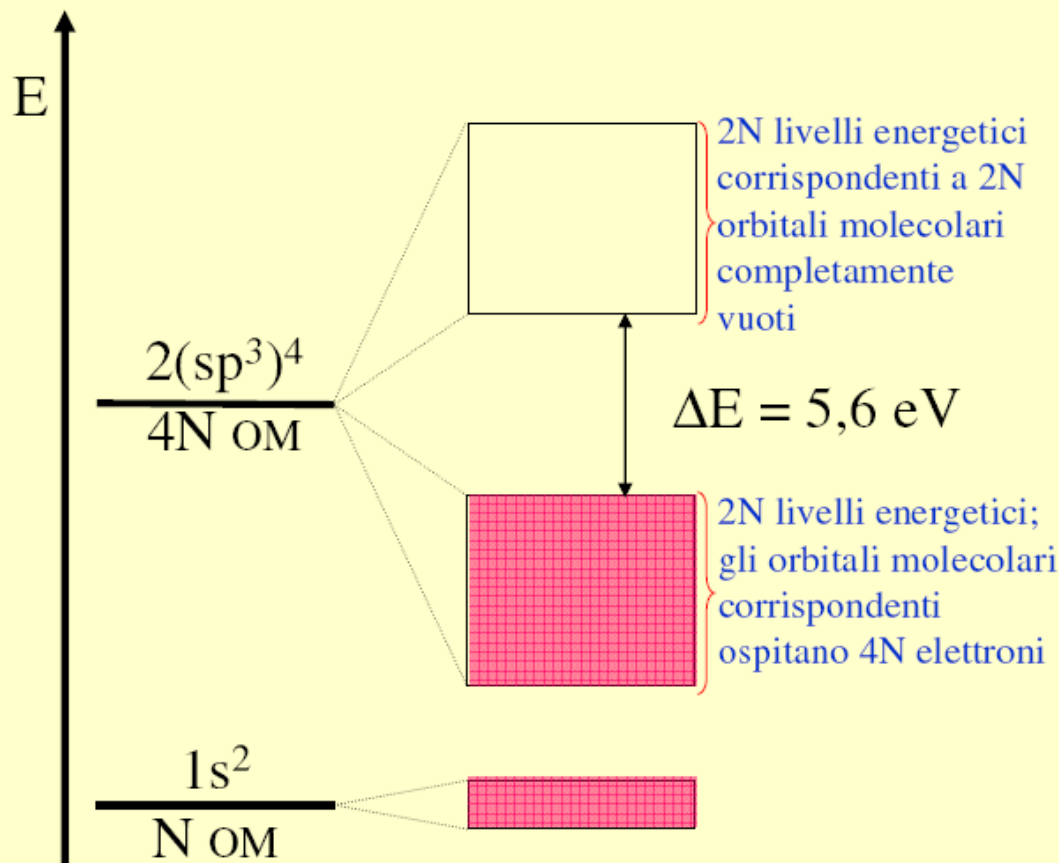
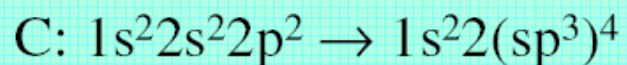
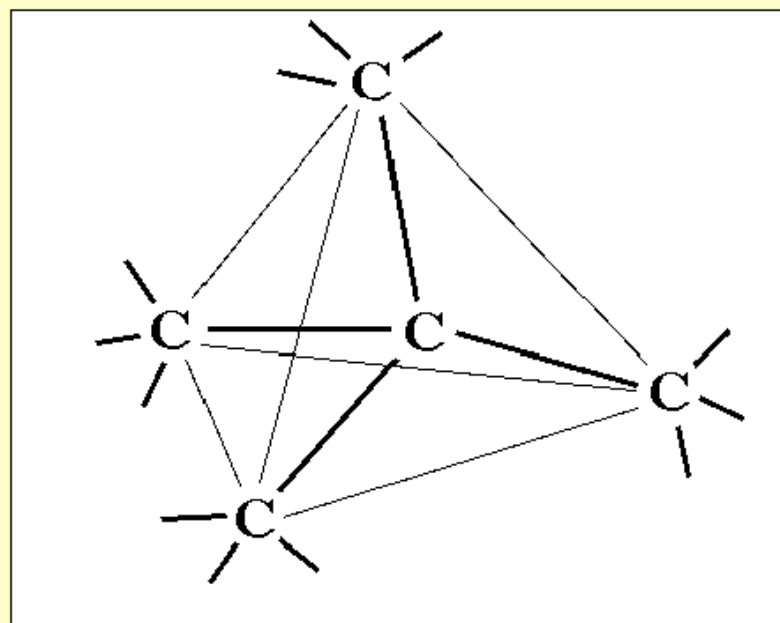


Be: $1s^2 2s^2$

Conduttori, isolanti e semiconduttori

Isolanti:

banda di valenza *saturo* e *separata* dalla banda di conduzione da un dislivello (GAP) energetico *molto elevato*

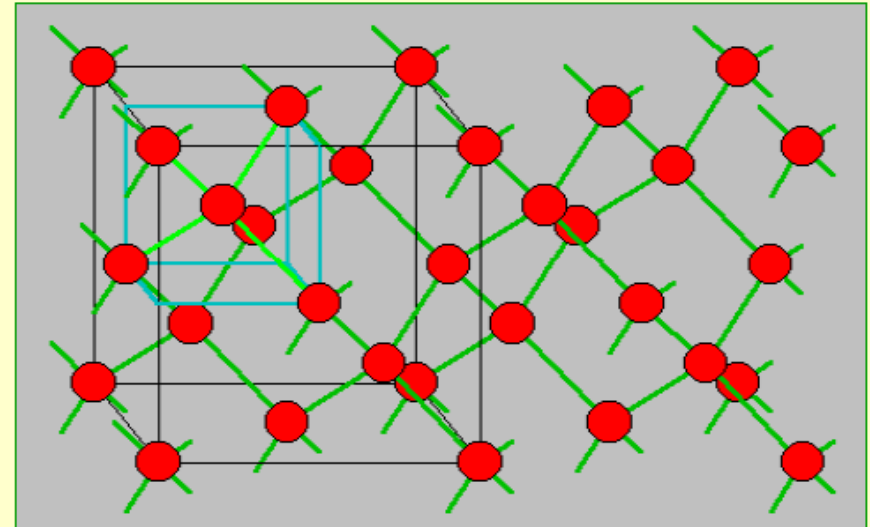


Il dislivello energetico fra le bande di valenza e di conduzione è tanto maggiore quanto più forte è il legame tra gli atomi

Conduttori, isolanti e semiconduttori

Si e Ge hanno la struttura cubica del diamante, con coordinazione tetraedrica.

Il legame è covalente e l'ampiezza del gap fra banda di valenza e banda di conduzione diminuisce con il diminuire della forza di legame.



Isolante a T amb.,
semiconduttore
intrinseco a 1000°C

Se puro è semic.
intrinseco a T amb.
Poiché necessita di un
livello di impurezze
molto basso, è molto
usato come semic.
estrinseco.

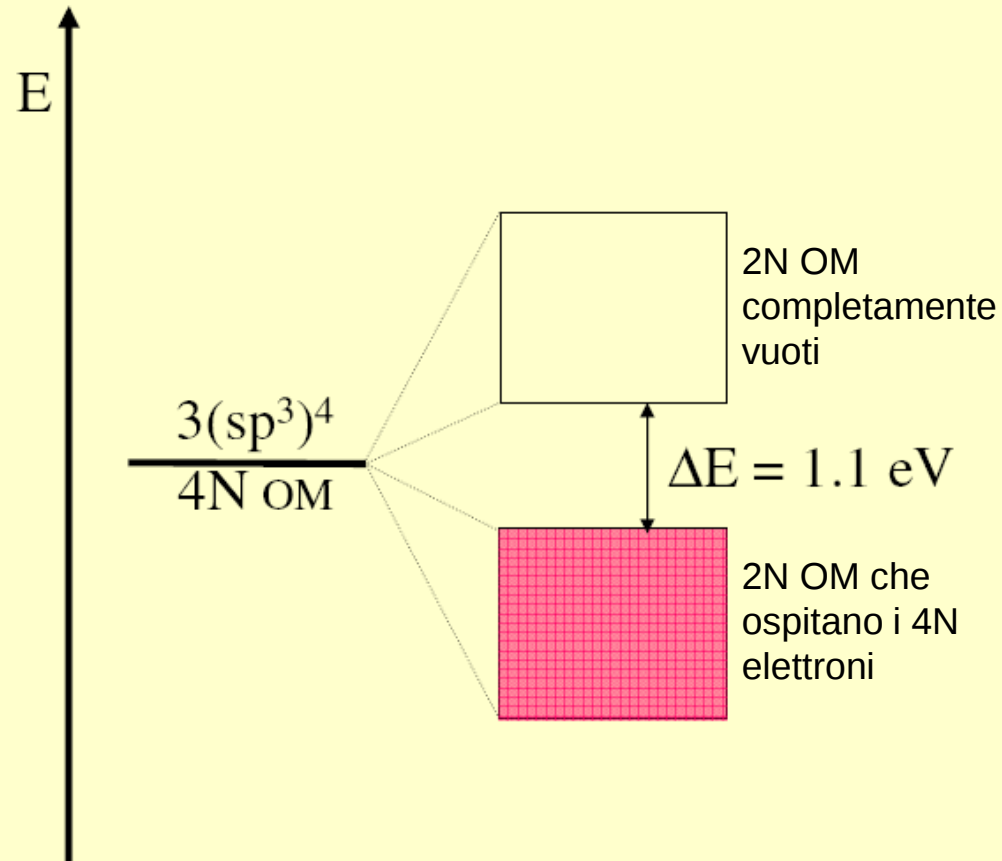
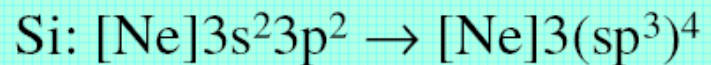
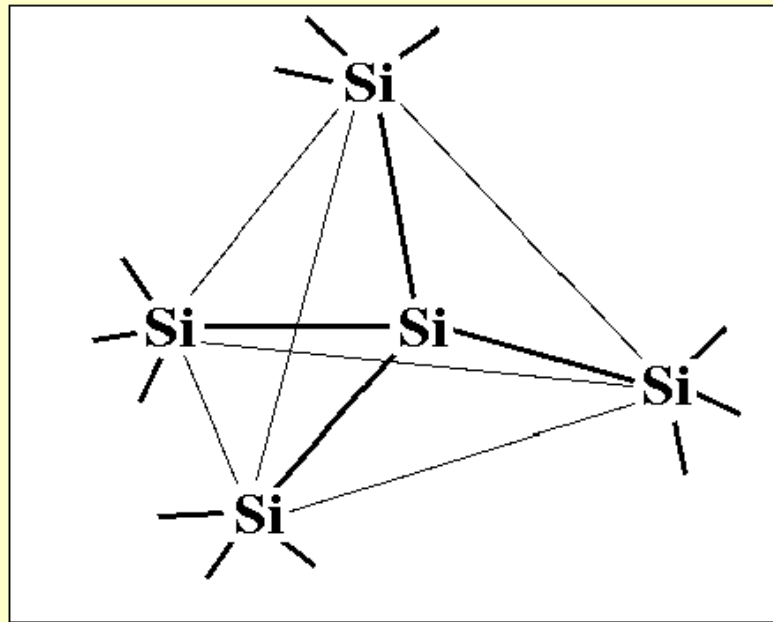
Elemento IV gruppo	E GAP (eV)	Conducibilità (S m ⁻¹)
Carbonio (diamante)	5,6	10 ⁻¹²
Silicio	1,1	5 · 10 ⁻⁴
Germanio	0,72	2.2
Stagno grigio	0,08	10 ⁶

Può essere facilmente purificato per
diventare semic. intrinseco a T amb.

Conduttori, isolanti e semiconduttori

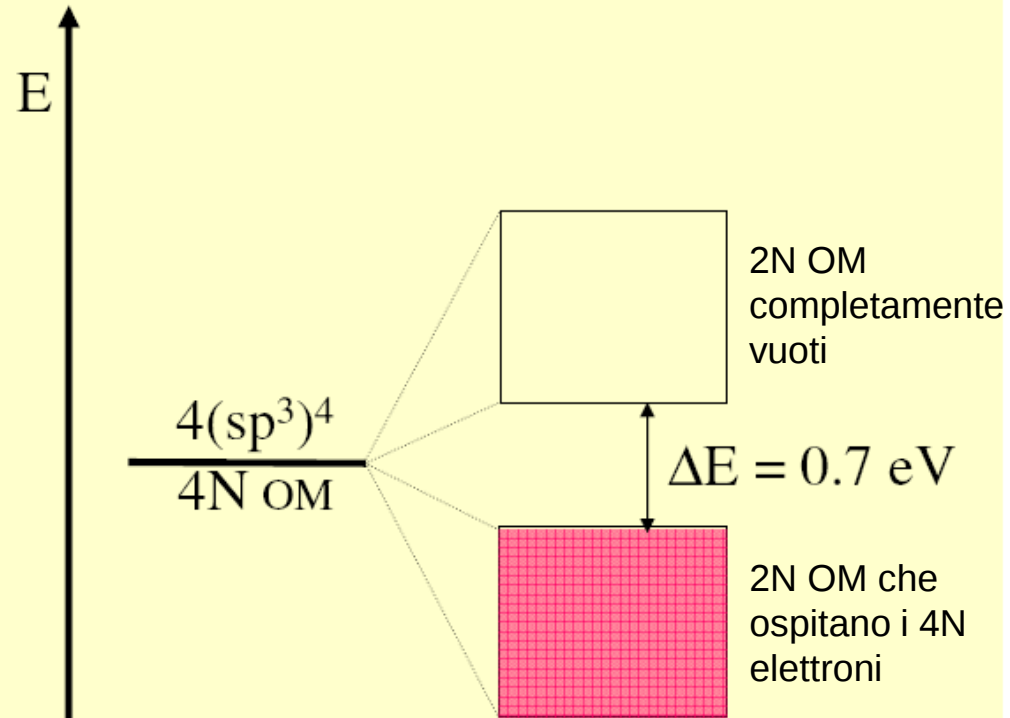
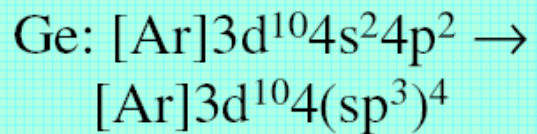
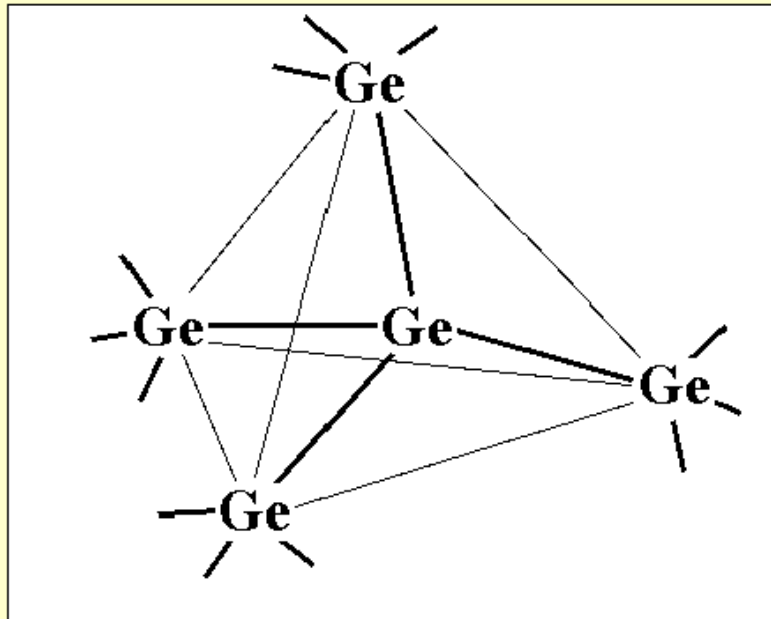
Semiconduttori:

banda di valenza *satura* e *separata* dalla banda di conduzione da un dislivello (GAP) energetico *piccolo*



Conduttori, isolanti e semiconduttori

Semiconduttore



SEMICONDUTTORI

I semiconduttori si distinguono in *intrinseci* ed *estrinseci*.

Nei **semiconduttori intrinseci**, il trasferimento di un elettrone dalla banda di valenza (piena) a quella di conduzione (vuota) crea una buca positiva. Sotto l'effetto di un campo elettrico, gli elettroni nella banda di conduzione di muovono in un senso e le buche positive nella banda di valenza si muovono in direzione opposta, permettendo il trasporto di carica.

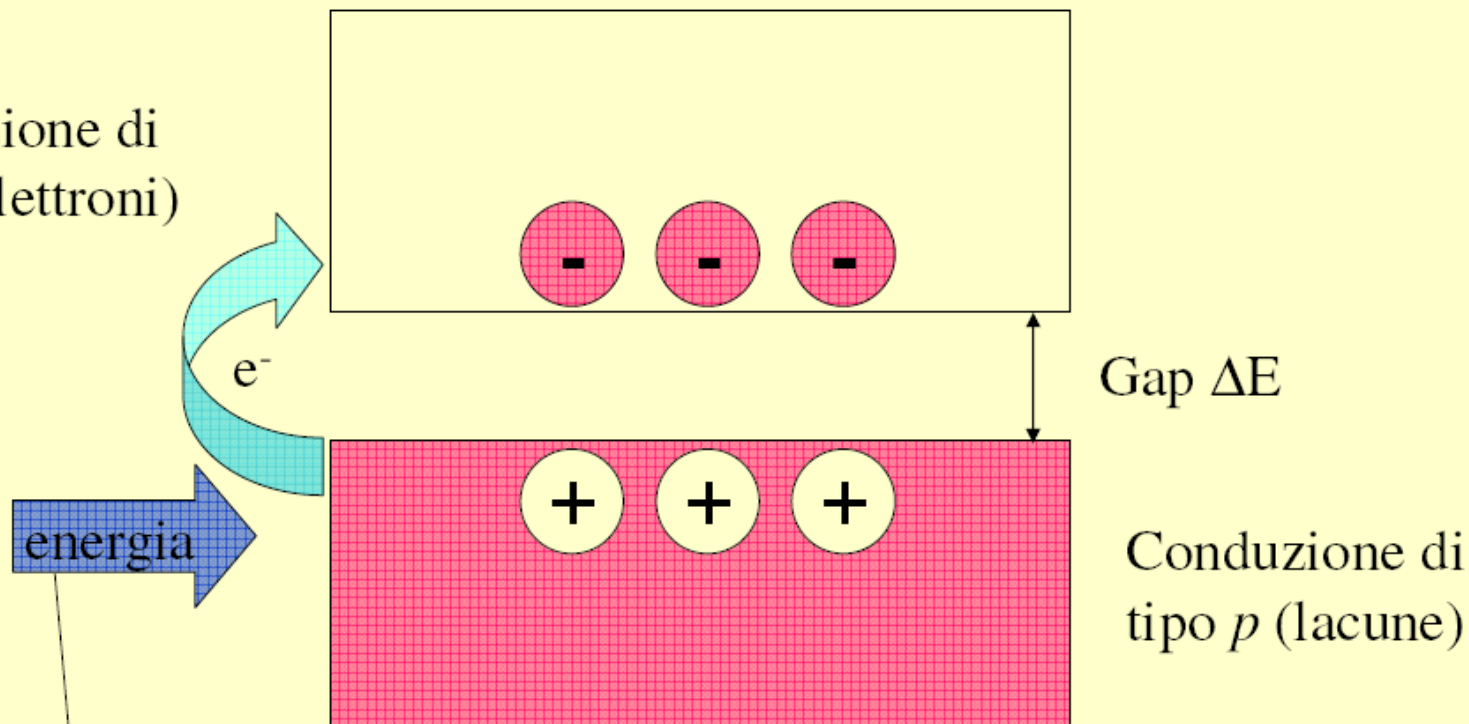
I **semiconduttori estrinseci** sono materiali la cui conducibilità viene controllata mediante l'aggiunta di piccole quantità di atomi diversi, chiamati **droganti**. A seconda che i portatori di carica siano gli elettroni (negativi) o le lacune (positive) i semiconduttori estrinseci si differenziano in **semiconduttori di tipo p** o di tipo n.

Conduttori, isolanti e semiconduttori

Meccanismo di conduzione elettrica nei semiconduttori puri (INTRINSECI)

$$\text{Conducibilità} \propto T$$

Conduzione di tipo n (elettroni)



Irraggiamento ($h\nu = \Delta E$) (fotoconduzione)
Eccitazione termica (termoconduzione)

La conducibilità elettrica di un semiconduttore può essere aumentata attraverso il **DROGAGGIO** con impurezze.

ES. Si GRUPPO 4A + P GRUPPO 5A

Si GRUPPO 4A + B GRUPPO 3A



Gli orbitali della banda di valenza del Si sono sufficienti ad ospitare 4 e^- del P. Un atomo di P possiede 5 e^- e 5 p^+ . Il 5° elettrone occupa un orbitale a più alta energia vicino all'atomo di P. Questo orbitale detto **livello donatore** ha un'energia appena inferiore a quella della banda di conduzione e si trova all'interno della banda proibita. Un e^- che si trova in questo orbitale può essere spostato nella banda di conduzione con poca energia termica.

Un semiconduttore a base di Si drogato con P è detto di **tipo n** perché i portatori di carica sono gli e^- che hanno carica negativa.

Si GRUPPO 4A + B GRUPPO 3°

Ciascun atomo di boro contribuisce con soli 3 elettroni di valenza agli orbitali di legami della banda di valenza, quindi vicino a ciascun atomo di boro si crea una *lacuna*.

L'energia termica è sufficiente per separare l'atomo di boro carico negativamente dalla lacuna, delocalizzandola.

In questo caso i portatori di carica sono le lacune, positive, ed il semiconduttore è di *tipo p*.

