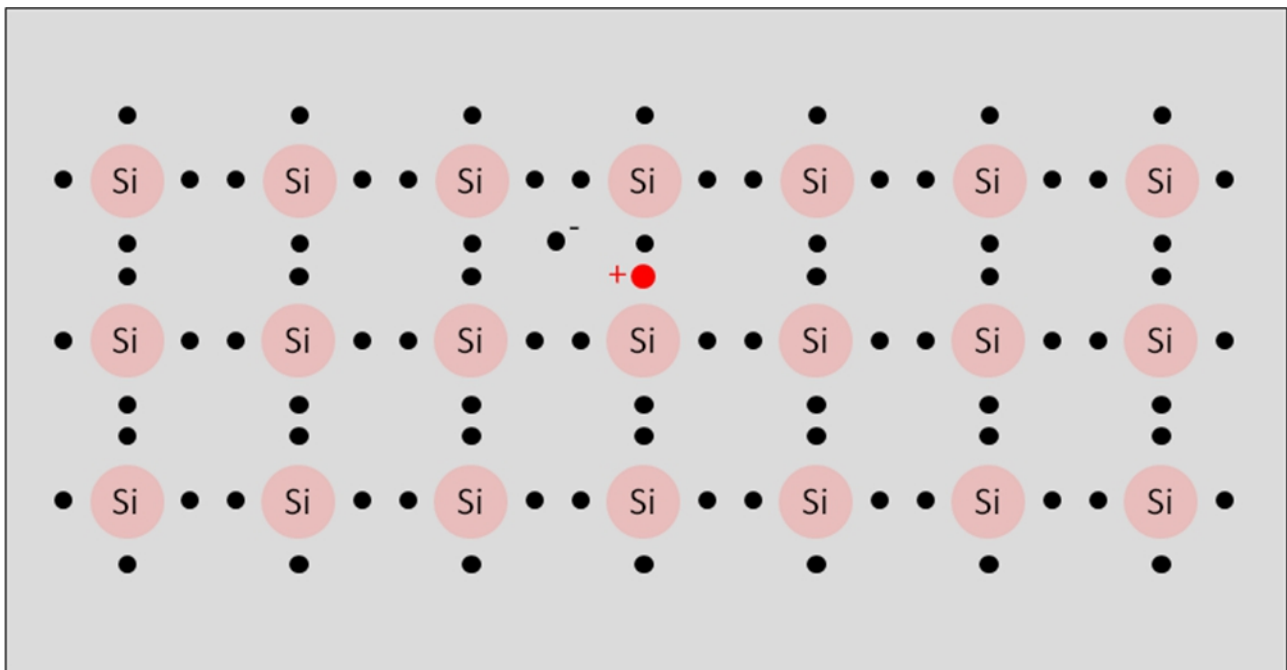


FUNZIONAMENTO DI UNA CELLA FOTOVOLTAICA

SEMICONDUTTORE INTRINSECO

Il materiale più diffuso per la costruzione di celle fotovoltaiche commerciali è il silicio. Questo è un elemento tetravalente per cui, nella forma cristallina, i quattro elettroni di valenza vengono condivisi con altrettanti quattro atomi realizzando l'ottetto elettronico. A temperatura ambiente, a causa dell'agitazione termica, alcuni elettroni si liberano rompendo i legami covalenti e, se sottoposti all'azione di un campo elettrico, partecipano alla conduzione. All'aumentare della temperatura aumenta il numero degli elettroni liberi aumentando, di conseguenza, la conducibilità del cristallo.

Quando un elettrone si stacca da un atomo lascia un "buco" vuoto chiamato lacuna. Questo "buco", che presenta una carica positiva, può essere occupato da un altro elettrone il quale, a sua volta, libera un altro "buco". In questo modo, possiamo assimilare il comportamento di una lacuna a quello di una particella con carica positiva che si sposta in senso inverso a quello degli elettroni (fig. 1). Con questo modello, la conduzione nel silicio avviene non solo a causa degli elettroni ma anche delle lacune considerate anch'esse portatori di carica.



•⁻ Elettrone

•⁺ Lacuna

Figura 1. Semiconduttore intrinseco (Silicio)

Struttura a bande

Da un punto di vista energetico gli elettroni in un cristallo sono costretti a stare in bande: banda di valenza e banda di conduzione. Negli isolanti e nei semiconduttori esiste anche una terza banda chiamata banda proibita dove gli elettroni non possono sostare; possono però attraversarla.

Negli isolanti gli elettroni della banda di valenza non possono muoversi e partecipare alla conduzione poiché questa banda è completamente piena, inoltre, la banda di conduzione è vuota, e la banda proibita è molto ampia per cui è necessario fornire molta energia agli elettroni per permettergli di “saltare” dalla banda di valenza a quella di conduzione.

Nei semiconduttori la struttura a bande (fig. 2) è simile a quella degli isolanti ma la banda proibita è meno “alta” per cui basta fornire una piccola quantità di energia agli elettroni per permettergli di passare dalla banda di valenza a quella di conduzione. A temperatura ambiente l’energia posseduta da alcuni elettroni è sufficiente per farli giungere in banda di conduzione. Quando un elettrone passa in banda di conduzione lascia in banda di valenza una lacuna che partecipa anch’essa alla conduzione.

Nei conduttori la banda di valenza è sovrapposta a quella di conduzione (manca la banda proibita) per cui gli elettroni possono passare liberamente dalla banda di valenza a quella di conduzione.

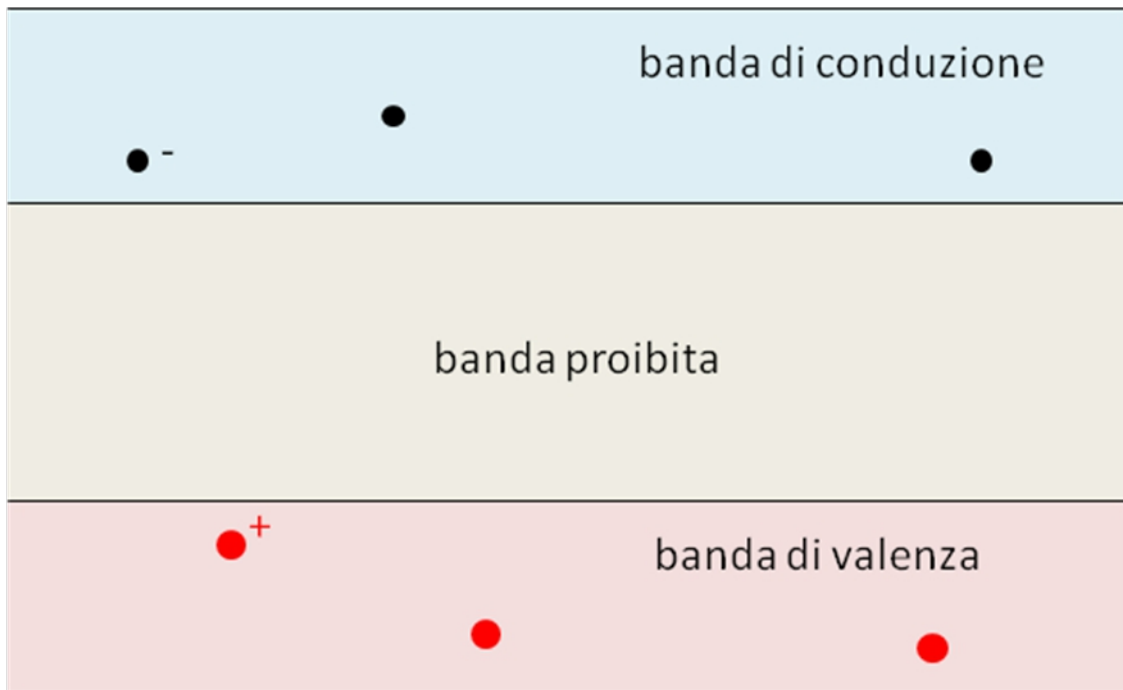


Figura 2. Struttura a bande di un semiconduttore

SILICIO CRSTALLINO, POLICRISTALLINO E AMORFO

Il silicio si può presentare in varie forme allotropiche quali: silicio monocristallino, policristallino e amorfo. Il più pregiato, ed anche il più costoso tra questi, è il monocristallo. Il meno costoso è l’amorfo. Non essendo lo scopo di questo lavoro quello di descrivere le caratteristiche di tali materiali per eventuali approfondimenti si rimanda a testi specifici. In ogni modo si ricorda che la presenza delle bande su esposte è dovuta alla forma cristallina. Le bande, infatti, sono conseguenza della diffrazione degli elettroni da parte del reticolo cristallino. Per ottenere una struttura cristallina è necessario sottoporre il silicio, peraltro molto diffuso in natura, a complessi quanto costosi trattamenti. Il silicio policristallino, diversamente dal monocristallo, è costituito da un insieme di macrocristalli, tra loro disallineati, riuniti in un unico blocco. Le celle fotovoltaiche formate da materiale di questo tipo, hanno, comunque, caratteristiche di efficienza non

molto diverse da quelle costruite con silicio monocristallino e comunque risultano meno costose. E' per tale motivo che ormai molti costruttori utilizzano questo materiale per la produzione di celle fotovoltaiche.

Il silicio amorfo (a-Si), come il nome stesso richiama, è formato da materiale amorfo in cui a lungo raggio non è rispettata né la struttura tetraedrica né l'orientamento degli atomi. A corto raggio, comunque, continua a presentare una struttura simile a quella dei cristalli garantendo la presenza di bande energetiche anche se distorte. Per migliorare le caratteristiche dell' a-Si questo deve essere idrogenato al fine di saturare quei legami che sono rimasti liberi, "pendenti" (dangling bond), a causa della distorsione della struttura.

SEMICONDUTTORE DROGATO DI TIPO N

Se all'interno di un reticolo cristallino di silicio (elemento tetravalente) si sostituisce un atomo di questo elemento con uno di fosforo (fig. 3), che è un elemento pentavalente, quattro elettroni del fosforo si legano con altrettanti quattro atomi di silicio mentre il quinto resta libero e va in banda di conduzione aumentando la conducibilità del silicio. Nel reticolo cristallino resta uno ione fisso positivo. Il semiconduttore si dice drogato di tipo N perché i portatori di carica maggioritari (fig. 4) sono gli elettroni negativi mentre le lacune sono i portatori minoritari. Gli atomi di fosforo si chiamano donatori.

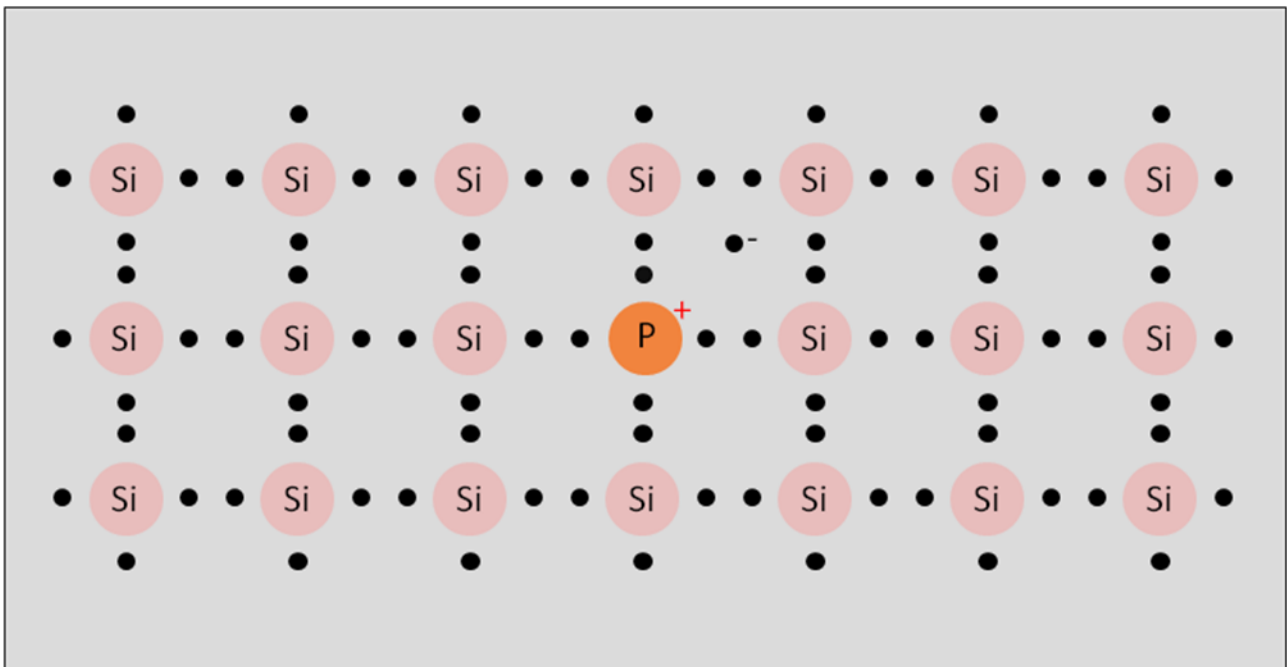


Figura 3. Semiconduttore drogato di tipo N

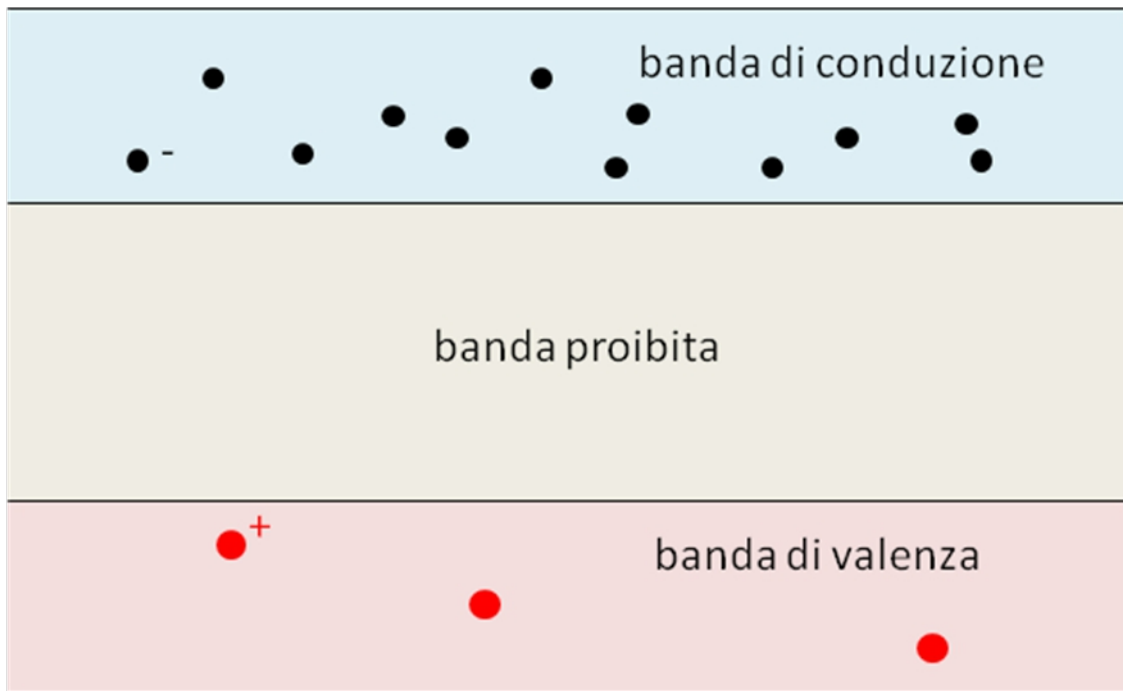


Figura 4. Bande di un semiconduttore di tipo N

SEMICONDUTTORE DROGATO DI TIPO P

Se all'interno di un reticolo cristallino di silicio si sostituisce un atomo di questo elemento con uno di boro (fig. 5), che è un elemento trivalente, questo non è in grado di saturare tutti e quattro i legami degli atomi vicini. Si forma, quindi, nel cristallo un posto libero che può essere occupato da un elettrone proveniente da un altro atomo generando così una lacuna. Questa va in banda di valenza aumentando la conducibilità del silicio. Nel reticolo cristallino resta uno ione negativo fisso. Il semiconduttore si dice drogato di tipo P perché le lacune positive sono i portatori di carica maggioritari (fig. 6) mentre gli elettroni sono i portatori di carica minoritari. Gli atomi di boro si chiamano accettori.

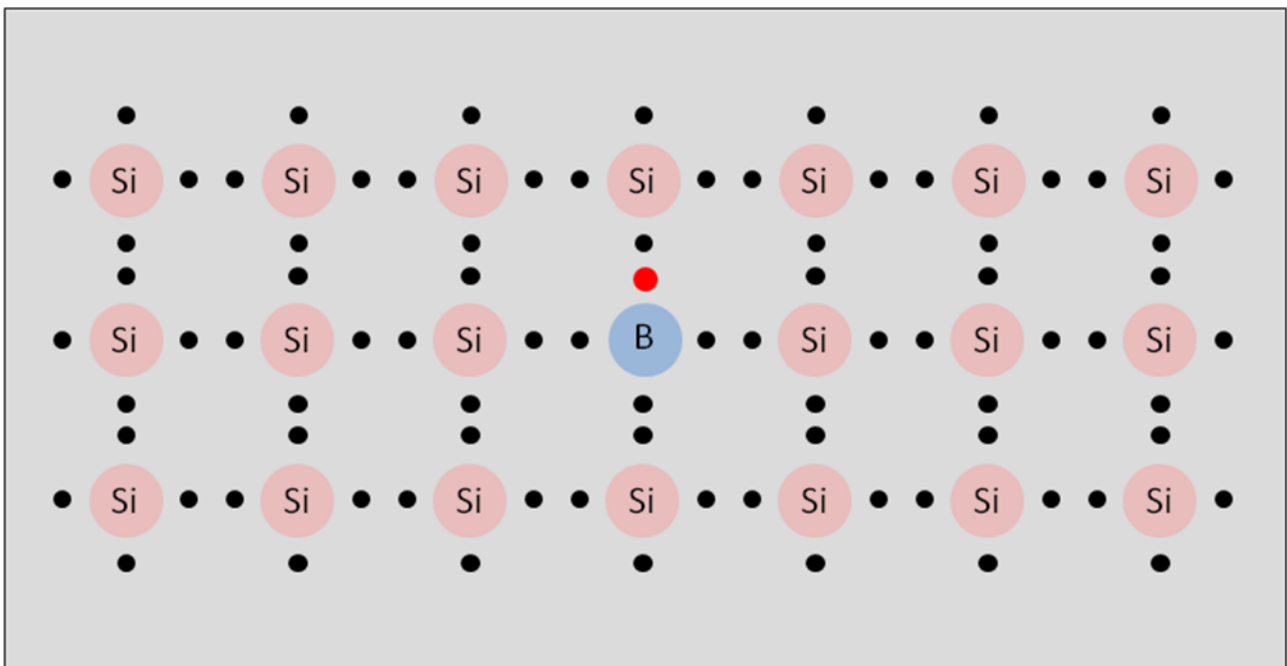


Figura 5. Semiconduttore drogato di tipo P

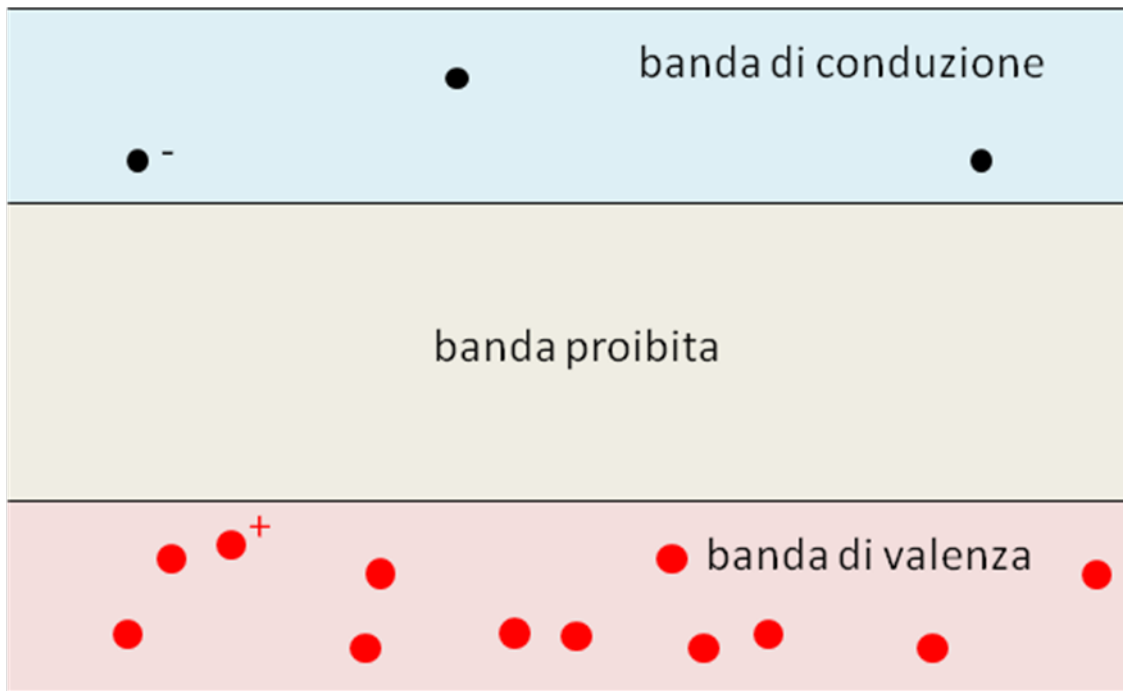


Figura 6. Bande di un semiconduttore di tipo P

GIUNZIONE P-N

Sia il semiconduttore drogato di tipo N che quello di tipo P sono elettricamente neutri (fig. 7), in quanto, le cariche degli elettroni e delle lacune in eccesso presenti rispettivamente nei due semiconduttori sono neutralizzate da quelle degli ioni fissi. Quando si mettono a contatto (fig. 8) i due blocchi (l'uno N, l'altro P) gli elettroni in eccesso, rispetto alle lacune libere, da N vanno in P neutralizzando le lacune in eccesso ivi presenti: le cariche fisse rimaste nei due semiconduttori formano una barriera di potenziale. In questo modo si è costruita una giunzione P-N.

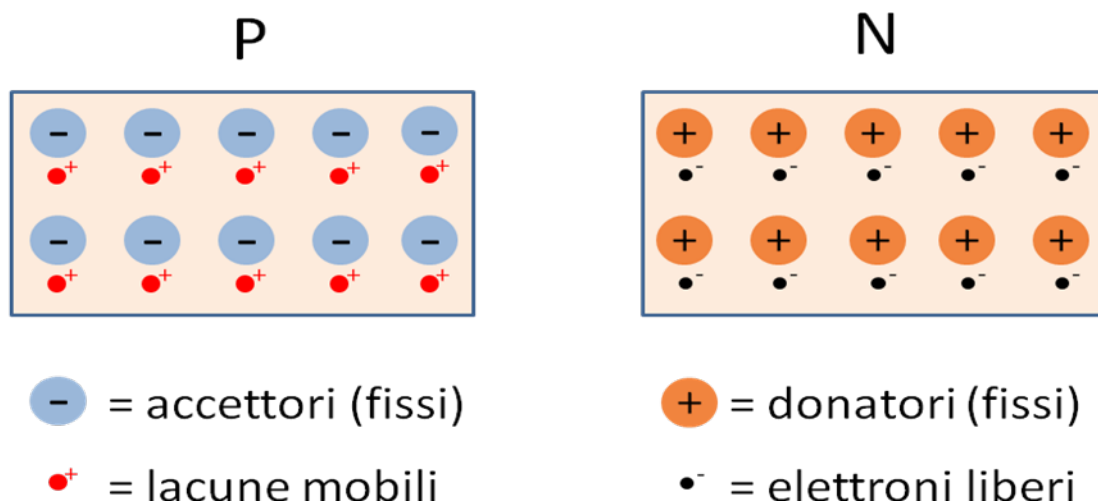


Figura 7

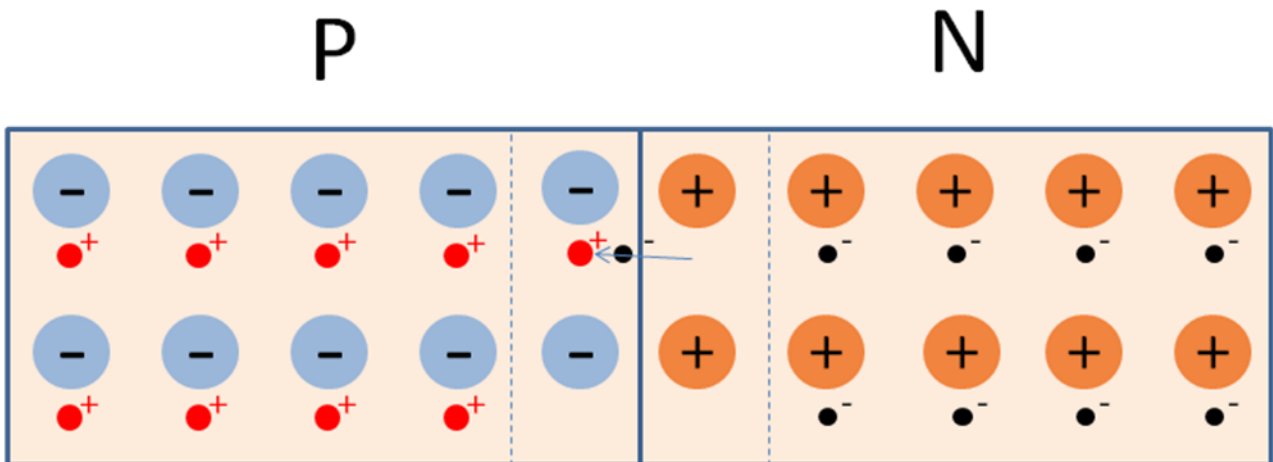


Figura 8. Giunzione P-N

CELLA FOTOVOLTAICA

Se, in prossimità della giunzione, un fotone colpisce un elettrone e la sua energia è sufficiente a far passare l'elettrone dalla banda di valenza a quella di conduzione, si crea una coppia elettrone-lacuna (fig. 9). Sotto l'azione del campo elettrico, presente in prossimità della giunzione, l'elettrone viene spinto verso il lato N mentre la lacuna va verso il lato P. Si genera, quindi, una forza elettromotrice e, se alla cella è collegato un carico, si osserva passaggio di corrente: la cella diventa elemento attivo che trasforma l'energia elettromagnetica in energia elettrica.

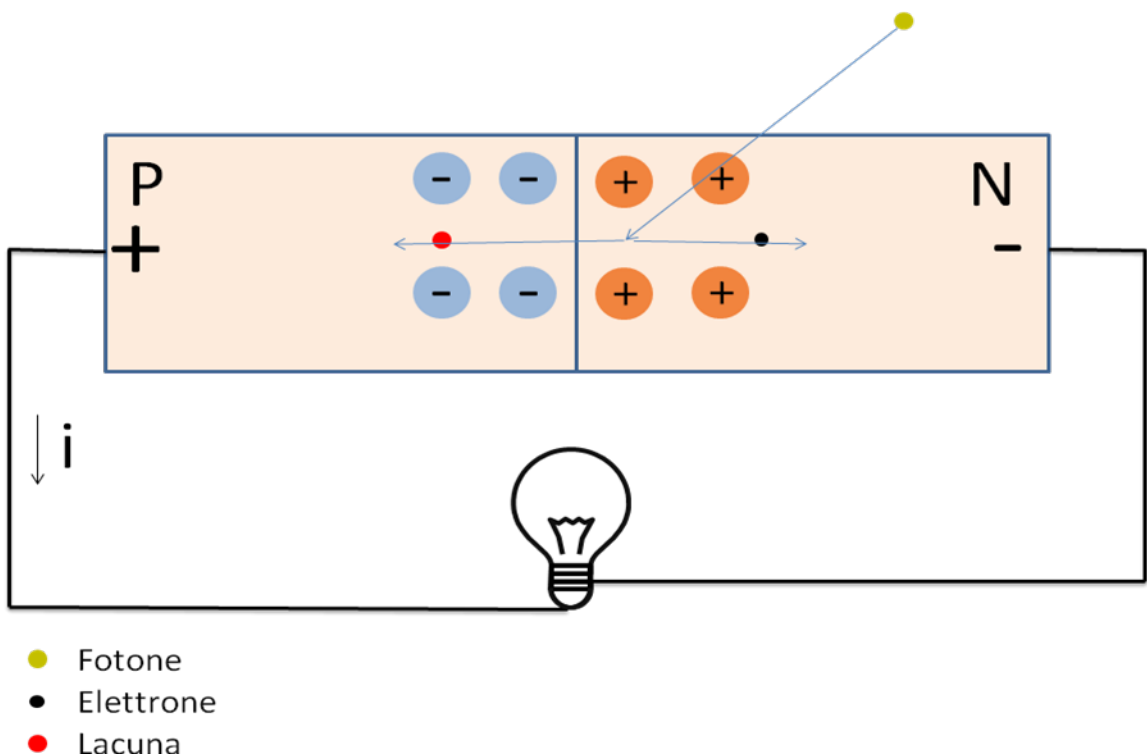


Figura 9. Cella fotovoltaica