

IL DIODO

INTRODUZIONE

In un cristallo i livelli energetici dell'atomo vengono sostituiti da bande di energia, e la distribuzione delle bande di energia distingue i materiali in isolanti, semiconduttori e metalli.

La corrente in un metallo è dovuta al flusso di cariche negative, gli elettroni, mentre in un semiconduttore vi sono sia elettroni che cariche positive, lacune.

E' possibile 'drogare' un semiconduttore con atomi di impurità in modo da fare prevalere un solo tipo di portatori di carica. Sotto l'influenza di un campo elettrico esterno nasce la corrente di deriva, ed a causa della diversa concentrazione dei due tipi di portatori di carica nasce la corrente di diffusione.

Se si forma una giunzione tra un campione di semiconduttore di tipo p, ed uno di tipo n, si ottiene una struttura che ha delle proprietà raddrizzanti. Il diodo a giunzione è quindi un dispositivo a due terminali la cui caratteristica tensione-corrente non è di tipo ohmico. Il diodo a giunzione p-n trova largo impiego come elemento circuitale.

Cap. 1 STRUTTURA A BANDE DEI SEMICONDUTTORI

1- Teoria delle bande di energia nei cristalli.

I metalli ed i semiconduttori presentano una struttura cristallina, cioè una disposizione spaziale ordinata di atomi o molecole ottenuta mediante ripetizione regolare nelle tre dimensioni di una determinata unità strutturale di base. I livelli energetici di ogni singolo atomo si alterano quando esso si trova in un cristallo poiché il potenziale che caratterizza la struttura cristallina è una funzione periodica dello spazio, ed il suo valore in ogni punto è la somma dei contributi di ogni atomo che costituisce il cristallo.

In un cristallo i livelli energetici degli elettroni degli strati più interni non vengono apprezzabilmente alterati, mentre i livelli degli elettroni degli strati più esterni cambiano considerevolmente, poiché questi elettroni sono condivisi da più di un atomo.

L'accoppiamento tra gli elettroni dello strato esterno degli atomi nel cristallo porta ad una banda di livelli energetici molto vicini tra di loro.

Nella tabella 1 è mostrata la configurazione elettronica degli atomi isolati del IV gruppo.

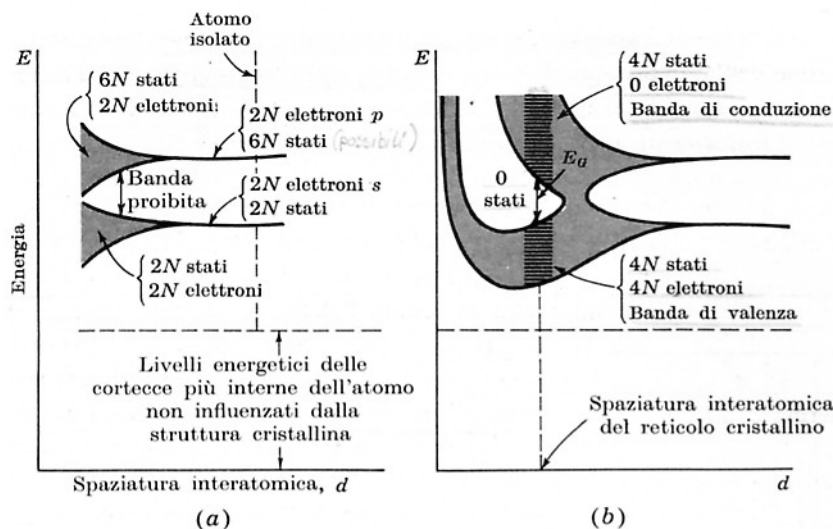
Tabella 1 – Configurazione elettronica del IV gruppo

Elemento	Numero atomico	Configurazione
C	6	$1s^2 2s^2 2p^2$
Si	14	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
Ge	32	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$
Sn	50	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$

Quando gli atomi isolati si avvicinano per formare un cristallo, i livelli energetici degli elettroni più esterni si modificano fino a costituire una **banda energetica**, cioè un numero elevato di livelli energetici discreti ma molto ravvicinati.

La situazione è schematicamente mostrata nella figura 1.

Figura 1- Illustra come i livelli energetici degli atomi isolati si sparpagliano in bande di energia quando questi atomi sono portati in stretto contatto per formare un cristallo

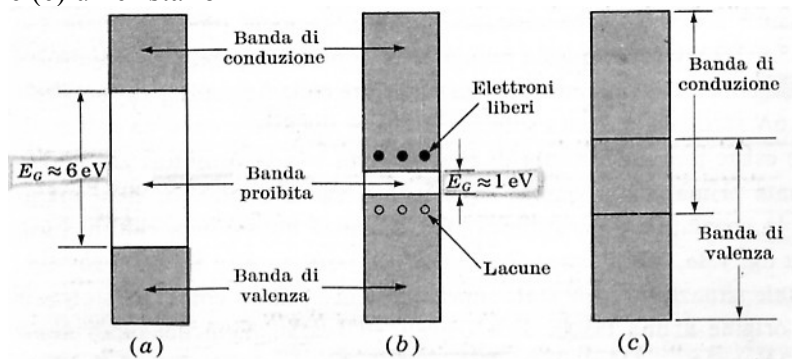


Nel cristallo si formano quindi delle bande energetiche completamente occupate da elettroni, dette bande di valenza; delle bande proibite di ampiezza E_G in cui non si hanno livelli di energia consentiti; e delle bande di energia permesse ma completamente vuote, dette bande di conduzione.

2- Isolanti, semiconduttori e metalli.

Il diverso riempimento elettronico della struttura a bande distingue gli isolanti, scarsamente conduttori di elettricità; i metalli, buoni conduttori di elettricità; i semiconduttori, con conducibilità intermedia tra i due.

Figura 2 – Distribuzione delle bande di energia di (a) un isolante, (b) un semiconduttore e (c) un metallo



Come è possibile vedere nella figura 2, in un isolante cristallino la banda proibita è di parecchi elettronvolt (nel carbonio cristallino $E_G = 6 \text{ eV}$), e gli elettroni della banda di valenza totalmente occupata non possono ricevere da un campo esterno l'energia sufficiente per saltare nella banda di conduzione totalmente vuota.

In un metallo la struttura presenta un'unica banda occupata solo in parte. Tale banda è dovuta alla sovrapposizione della banda di valenza e di quella di conduzione. Un campo elettrico esterno fornisce agli elettroni energia per spostarsi verso livelli più elevati, costituendo una corrente.

Nei semiconduttori la regione proibita è relativamente piccola, di circa 1 eV. I materiali semiconduttori di maggiore importanza sono il germanio (Ge) ed il silicio (Si) ed alla temperatura di 0K presentano per E_G rispettivamente i valori di 0,785 e di 1,21. Queste energie non possono essere fornite da un campo esterno, ed a bassa temperatura questi materiali rimangono isolanti.

Al crescere della temperatura alcuni elettroni di valenza acquistano energia termica superiore ad E_G e saltano nella banda di conduzione. In questa banda si hanno così degli elettroni di conduzione che si possono muovere liberamente sotto l'azione di un campo elettrico esterno.

L'assenza di un elettrone nella banda di valenza è chiamato 'lacuna' o 'buca'. Una lacuna è quindi un livello energetico vuoto nella banda di valenza. Le lacune rappresentano un portatore di carica (positiva) confrontabile con un elettrone libero.

Se si introducono nel cristallo certi atomi di impurità, nella regione delle energie proibite compaiono nuovi livelli energetici permessi. Ciò comporta un contributo alla conduzione. Un semiconduttore con impurità si chiama **estrinseco**.

L'ampiezza della zona proibita dipende dalla distanza interatomica, ne consegue che E_G è funzione della temperatura. In particolare E_G diminuisce all'aumentare della temperatura.

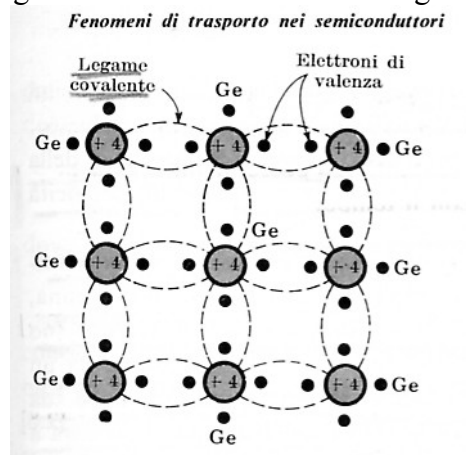
Cap 2 – LA CORRENTE NEI SEMICONDUTTORI

1- Elettroni e lacune in un semiconduttore intrinseco.

In un semiconduttore vi sono due tipi di portatori di carica mobili : le lacune positive; gli elettroni negativi.

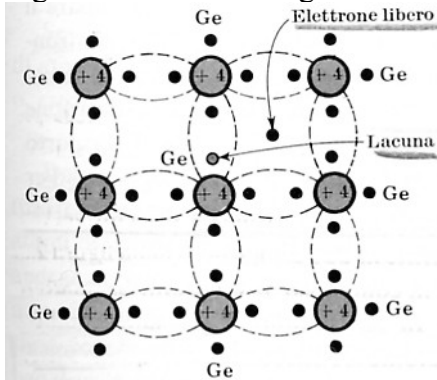
Il germanio ed il silicio sono i semiconduttori più impiegati nell'elettronica. Essi hanno una struttura cristallina la cui celle unitaria ha la struttura di un tetraedro con un atomo a ciascun vertice. Nella figura 3 tale struttura viene schematicamente rappresentata in due dimensioni.

Figura 3- Struttura cristallina del germanio illustrata simbolicamente in due dimensioni.



In un cristallo di germanio gli atomi sono tetravalenti, cioè contribuiscono con quattro elettroni alla valenza. Il nucleo ionico inerte dell'atomo ha quindi una carica $+4 e$ (dove $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$). Le forze di legame sono dovute alla condivisione degli elettroni di valenza con quattro atomi vicini. Questi elettroni in coppia o legami covalenti sono rappresentati in figura 3 con linee tratteggiate. Gli elettroni di valenza sono quindi strettamente legati al nucleo. Il cristallo mostra quindi una bassa conduttività e si comporta come un isolante, non essendoci portatori di carica liberi di muoversi. Tale situazione è vera a temperatura molto bassa, circa 0 K. Alla temperatura ambiente alcuni dei legami covalenti si rompono per opera dell'energia termica fornita al cristallo, e la conduzione diventa possibile. Nella figura 4 un elettrone viene rappresentato distaccato dal legame e libero di vagare in modo casuale attraverso il cristallo.

Figura 4 - Cristallo di germanio con legame covalente spezzato.



A temperatura ambiente, l'energia necessaria per spezzare tale legame è di 0,72 eV per il germanio e 1,1 eV per il silicio. L'assenza dell'elettrone nel legame covalente origina una lacuna, che si comporta come un portatore di elettricità positiva. Infatti quando in un legame covalente incompleto esiste una lacuna, facilmente un elettrone di valenza di un atomo vicino lascia il suo legame covalente per occupare questo buco. Questo elettrone lascia una lacuna nella sua posizione iniziale, quindi la lacuna si muove in direzione opposta a quella dell'elettrone. Questo meccanismo di conduzione dell'elettricità non coinvolge elettroni liberi. In conclusione per il flusso di corrente elettrica la lacuna si comporta come una carica positiva di valore eguale alla carica dell'elettrone.

In un semiconduttore puro, cioè intrinseco, il numero delle lacune è uguale al numero di elettroni liberi, e l'agitazione termica continua a produrre nuove coppie buco-elettrone, mentre altre coppie buco-elettrone scompaiono a causa della ricombinazione. La concentrazione p delle lacune è uguale alla concentrazione n degli elettroni:

$$n = p = n_i \quad (1)$$

dove n_i è detta concentrazione intrinseca.

2- Impurità: donatori ed accettori.

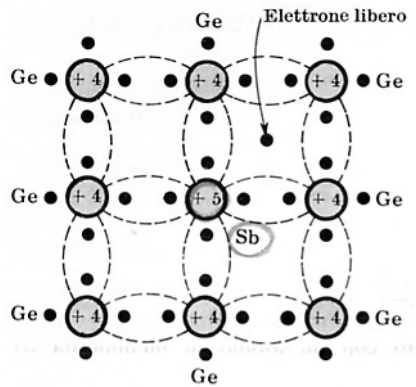
Se al germanio ed al silicio, atomi tetravalenti, si aggiunge una piccola percentuale di atomi trivalenti o pentavalenti si ottiene un semiconduttore drogato, o impuro, o estrinseco.

Un semiconduttore può essere drogato con impurità di tipo donatore, od accettore. In questa situazione esso contiene cariche mobili che sono soprattutto elettroni oppure lacune.

Se il drogante ha cinque elettroni di valenza si chiama **donatore**.

Sono impurità pentavalenti l'antimonio (Sb), il fosforo (P) e l'arsenico (As). Tali impurità donano elettroni in eccesso, portatori negativi, e sono chiamate impurità di tipo n . La struttura cristallina che si ottiene è mostrata nella figura 5.

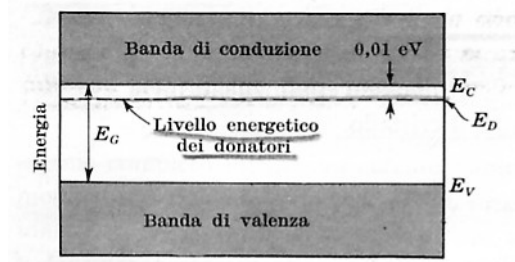
Figura 5 – Reticolo cristallino in cui un atomo di germanio è sostituito da un atomo di un'impurità pentavalente



Quattro dei cinque elettroni di valenza andranno ad occupare dei legami covalenti, mentre il quinto sarà non vincolato e disponibile come portatore di corrente. L'energia necessaria per staccare questo quinto elettrone dall'atomo è circa 0,01 eV per il germanio e 0,05 eV per il silicio.

Quando si aggiungono impurità donatrici in un semiconduttore vengono introdotti nuovi livelli energetici consentiti al di sotto della banda di conduzione ed a pochissima distanza da essa. Ciò è mostrato nella figura 6.

Figura 6 – Diagramma delle bande di energia di un semiconduttore di tipo *n*

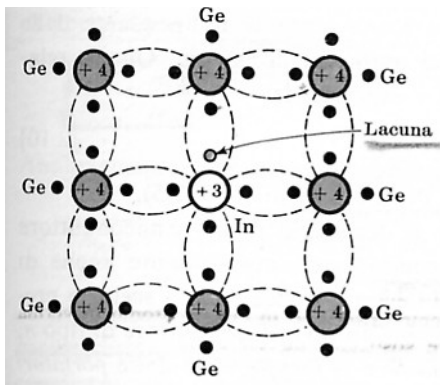


Questi nuovi livelli introdotti sono dei livelli discreti, poiché gli atomi di impurità sono lontani nel reticolo cristallino, e molto vicini alla banda di conduzione (0,01 eV per il germanio e 0,05 eV per il silicio). Alla temperatura ambiente quasi tutti i 'quinti' elettroni del materiale donatore hanno energia sufficiente per raggiungere la banda di conduzione.

In un materiale di tipo *n* aumenta il numero di elettroni liberi, e diminuisce il numero delle buche perché il maggiore numero di elettroni aumenta la velocità di ricombinazione elettrone-buca.

Una impurità trivalente come il boro (B), il gallio (Ga) e l'indio (In) è chiamata **accettore**. Questi atomi possono saturare solo tre dei legami covalenti, e nel quarto legame si crea una buca. La situazione del reticolo è mostrata in figura 7.

Figura 7 – Reticolo cristallino con un atomo di germanio sostituito con un atomo di impurità trivalente.



Le impurità trivalenti rendono disponibili portatori positivi (buche), che sono in grado di accettare elettroni. Vengono chiamati **accettori** od impurità di tipo *p*.

Le quantità di impurità che devono essere introdotte in un semiconduttore per aumentarne la conducibilità è molto piccola, ad esempio una percentuale di $1/10^{18}$ aumenta la conducibilità del germanio di 12 volte a 30°C .

I donatori introducono un livello energetico discreto appena sopra la banda di valenza, quindi le lacune generate nella banda di valenza costituiscono i portatori maggioritari in un materiale di tipo *p*. La figura 8 mostra il livello energetico introdotto dall'accettore.

Figura 8 – Diagramma delle bande di energia di un semiconduttore di tipo *p*.



In un semiconduttore di tipo *p* la concentrazione degli elettroni liberi diminuisce al di sotto del valore che si ha nel semiconduttore intrinseco. Si è visto che, in condizioni di equilibrio termico, il prodotto della concentrazione dei portatori liberi positivi *p*, e negativi *n*, è una costante che non dipende dalla quantità delle impurità usate nel drogaggio (legge dell'azione di massa).

$$np = n_i^2 \quad (2)$$

3- La corrente di conduzione e la corrente di diffusione.

Un semiconduttore è 'bipolare' nel senso che esistono due diversi portatori di carica: gli elettroni negativi e le buche positive.

Sotto l'azione di un campo elettrico esterno E le due particelle si muovono in verso opposto, ma essendo di carica opposta contribuiscono alla corrente con due contributi dello stesso verso.

Indichiamo con μ_n la mobilità degli elettroni, e con μ_p la mobilità delle buche, la densità di corrente è:

$$J = (n\mu_n + p\mu_p)qE = \sigma E \quad (3)$$

e la conducibilità σ vale:

$$\sigma = (n\mu_n + p\mu_p)q \quad (4)$$

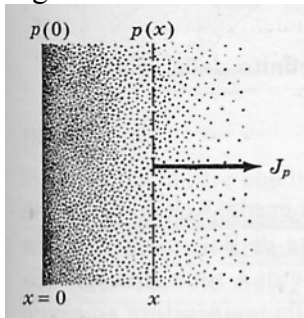
Questa densità di corrente origina la corrente di conduzione, analoga a quella presente nei metalli.

Oltre alla corrente di conduzione, nei semiconduttori esiste il meccanismo della diffusione, assente nei metalli.

Il fenomeno della diffusione è un fenomeno statistico ed avviene per esempio con i gas. Se in una certa regione di spazio c'è una maggiore concentrazione di molecole di gas, col tempo le molecole tendono a diffondersi verso le regioni a concentrazione minore, fino a raggiungere una concentrazione uniforme.

In un semiconduttore è possibile che si abbia una concentrazione di particelle non uniforme. Ciò è illustrato nella figura 9.

Figura 9 – Concentrazione non uniforme $p(x)$ prodotta da una corrente di diffusione J_p



La concentrazione p delle lacune varia con la distanza x nel semiconduttore e quindi esiste una differenza di concentrazione dei portatori: $\frac{dp}{dx}$. Se si

traccia la superficie immaginaria in figura, la densità delle lacune da un lato è maggiore che nell'altro. Le lacune sono sottoposte ad un moto casuale a causa della loro agitazione termica, quindi attraversano la superficie nei due versi continuamente. Ma, in un certo intervallo di tempo, il numero di lacune che passa dal lato a concentrazione maggiore a quello a concentrazione minore è più elevato di quelle che compiono il cammino opposto. In totale si ha un trasporto di lacune attraverso la superficie che costituisce una corrente nella direzione positiva dell'asse x in figura.

La densità della corrente di diffusione delle lacune J_p è proporzionale alla differenza di concentrazione, e vale:

$$J_p = -qD_p \frac{dp}{dx} \quad (5)$$

dove D_p è la costante di diffusione delle lacune.

Una equazione simile si ottiene per la densità di corrente di diffusione degli elettroni.

4 – La corrente totale

In un semiconduttore è possibile che esistano contemporaneamente sia una differenza di energia potenziale, sia una differenza di concentrazione dei portatori di carica. In questo caso la corrente totale delle lacune è somma di una corrente di deriva e di una corrente di diffusione:

$$J_p = q\mu_p pE - qD_p \frac{dp}{dx} \quad (6)$$

Analogamente la corrente totale di elettroni vale:

$$J_n = q\mu_n nE + qD_n \frac{dn}{dx} \quad (7).$$

Quindi la corrente è dovuta a due fenomeni distinti:

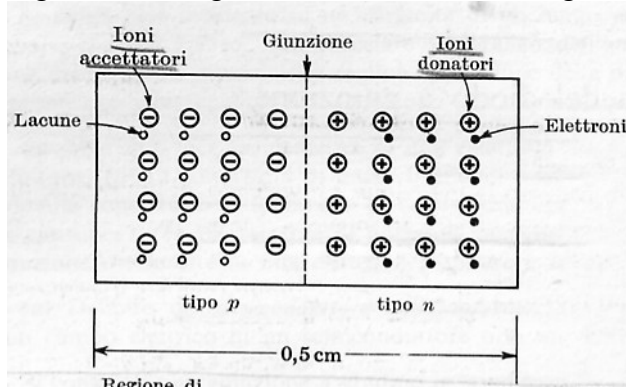
- deriva di portatori in presenza di campo elettrico. Questa è la corrente presente anche nei metalli.
- diffusione dei portatori di carica quando esiste una diversa concentrazione spaziale di essi. Questo fenomeno non esiste nei metalli.

Cap 3 – IL DIODO A GIUNZIONE

1 - Giunzione *p-n* a circuito aperto

Se in un singolo cristallo di semiconduttore si introducono da un lato impurità di tipo donatore e dall'altra di tipo accettore, si forma una giunzione *p-n*. La situazione è illustrata in figura 10.

Figura 10 – Diagramma schematico di una giunzione *p-n*



Attraverso la giunzione c'è una differente concentrazione di portatori di carica, quindi le lacune diffondono verso destra, e gli elettroni verso sinistra. Le lacune e gli ioni accettori si neutralizzano, così gli elettroni e gli ioni donatori. In prossimità della giunzione rimane però un doppio strato di ioni non neutralizzati, detto regione di svuotamento. Lo spessore di questa regione è dell'ordine di 0,5 micron. In prossimità della giunzione si ha quindi un doppio strato di cariche elettriche che origina un campo elettrico. Un esempio della densità di carica e del campo elettrico presente in questa regione è illustrato nelle figure 11 e 12.

Figura 11 – Densità di carica in prossimità di una giunzione *p-n*.

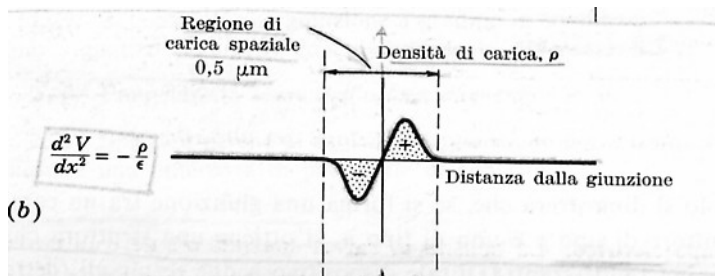
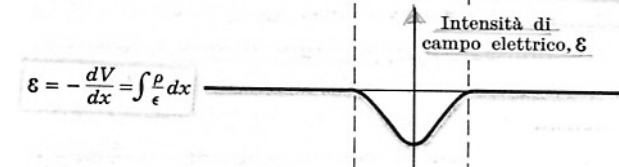
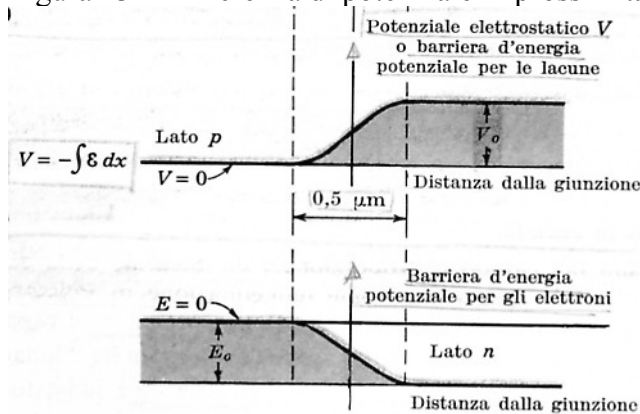


Figura 12- Campo elettrico in prossimità di una giunzione $p-n$.



La differenza di potenziale in questa regione è mostrata nella figura 13.

Figura 13 – Differenza di potenziale in prossimità di una giunzione $p-n$.



Si forma quindi una barriera di potenziale che si oppone all'ulteriore diffusione delle lacune attraverso la giunzione.

La corrente di diffusione è annullata da una corrente di deriva originata da tale d.d.p. In altre parole una *giunzione p-n* è un cristallo di materiale semiconduttore in cui siano a contatto diretto due zone drogate rispettivamente con impurità di tipo p e con impurità di tipo n . In entrambe le zone esistono tanto cariche libere positive quanto cariche libere negative, ma, mentre nella *zona n* prevalgono gli elettroni liberi, nella *zona p* sono invece in maggioranza le lacune. Le notazioni p ed n , corrispondenti a *positive* e *negative* rispettivamente, si riferiscono esclusivamente alle cariche libere contenute nei semiconduttori drogati, cioè alle cariche in grado di scorrere nel materiale, dando origine ad una corrente elettrica, e non già alla carica totale. Così ad esempio in un semiconduttore di *tipo n* sono negative le cariche libere di maggioranza, pur essendo elettricamente neutro il materiale, dato che ad ogni elettrone di conduzione corrisponde un ione positivo nel reticolo cristallino. Trovandosi le due zone a contatto, gli elettroni liberi della *zona n* tendono a *diffondere* attraverso la giunzione nella *zona p*, dove vengono catturati dalle lacune ivi presenti come cariche di maggioranza.

Questo fenomeno non può però proseguire indefinitamente: infatti in prossimità della giunzione la *zona p* si carica negativamente, a causa

dell'acquisto degli elettroni liberi provenienti dalla zona n , mentre quest'ultima a sua volta, perdendo elettroni di conduzione, si carica positivamente. In corrispondenza della giunzione si genera allora un campo elettrico, diretto dalla zona n alla zona p , che impedisce un'ulteriore diffusione attraverso la giunzione degli elettroni liberi.

Si giunge quindi ad una situazione di equilibrio, in corrispondenza alla quale intorno alla giunzione (*zona di svuotamento*) si ha una notevole riduzione nel numero delle lacune libere nella zona p e degli elettroni liberi nella zona n , con conseguente formazione di cariche spaziali rispettivamente negative e positive. Il campo elettrico che si determina fra tali cariche, diretto dalla zona n alla zona p , provoca l'insorgere di una *barriera di potenziale* che blocca ogni ulteriore passaggio di elettroni liberi provenienti dalla zona n . Proprio alla presenza di questa barriera è legato il funzionamento fortemente asimmetrico della giunzione. Uno schema di ciò è mostrato nella figura 14.

Figura 14 – Nella zona di giunzione $p-n$ di un diodo si costituisce una barriera di potenziale.

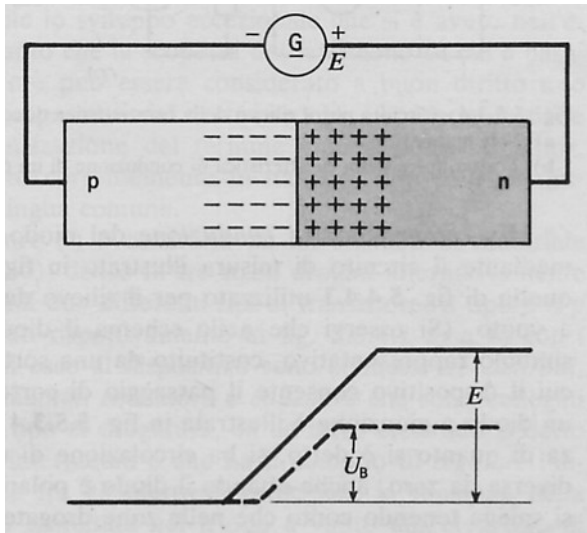


2 - La giunzione p-n come raddrizzatore

Una giunzione $p-n$ ha proprietà raddrizzanti, cioè consente un facile passaggio delle cariche in una sola direzione.

Si supponga di applicare alla giunzione un generatore di f. e. m., come è mostrato in figura 15, con il morsetto positivo collegato alla zona n e il morsetto negativo collegato alla zona p (*polarizzazione inversa*).

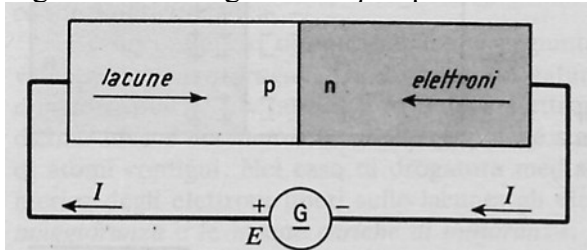
Figura 15 – Una giunzione $p-n$ polarizzata inversamente e barriera di potenziale in corrispondenza della giunzione



Gli elettroni liberi della zona n vengono allora attratti dal polo positivo del generatore, mentre le lacune della zona p vengono attratte dal polo negativo. Come conseguenza si ha un allargamento della *zona di svuotamento*, un aumento delle cariche spaziali in prossimità della giunzione ed infine un aumento della barriera di potenziale che finisce con l'eguagliare la f.e.m. applicata dall'esterno. E' evidente quindi che, quando si è raggiunta questa condizione, nel circuito agiscono due tensioni eguali ed opposte, di modo che non vi è alcun passaggio di corrente attraverso la giunzione.

Si supponga invece di applicare alla giunzione un generatore di f.e.m. come in figura 16, con il morsetto positivo collegato alla zona p e il morsetto negativo collegato alla zona n (*polarizzazione diretta*).

Figura 16 – Una giunzione $p-n$ polarizzata direttamente



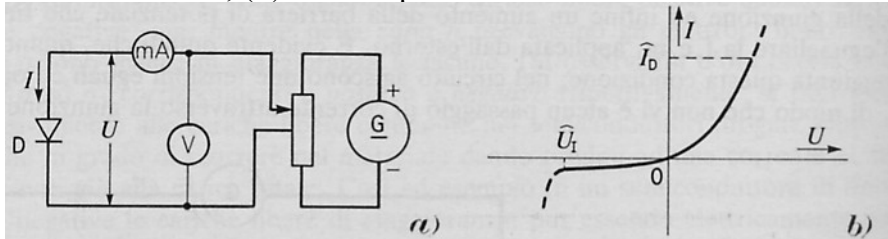
In questo caso gli elettroni liberi della zona n , attratti dal polo positivo del generatore, tendono a passare nella zona p , mentre le lacune di quest'ultima tendono ad attraversare la giunzione in verso opposto. In prossimità della giunzione si ha allora una ricombinazione delle cariche libere provenienti dalle due zone drogate contigue e, contemporaneamente, circola nel cristallo una corrente costituita, nella zona p , da uno scorrimento delle lacune verso il polo negativo del generatore e, nella zona n , da uno scorrimento degli elettroni verso il polo positivo, secondo i versi indicati in figura 16.

E' evidente da quanto si è detto, che la giunzione $p-n$ presenta un comportamento asimmetrico analogo a quello del diodo a vuoto: essa si comporta cioè come una valvola che permetta la circolazione di una corrente elettrica in un verso e la interdice invece nel verso opposto. Di qui deriva il nome di *diodo a giunzione* dato a questo dispositivo.

3 – La caratteristica tensione-corrente.

La *caratteristica di conduzione* del diodo a giunzione può essere ricavata mediante il circuito di misura illustrato in figura 17 (a).

Figura 17 – Circuito per il rilievo della caratteristica del diodo a giunzione; (a) schema elettrico; (b) forma tipica della caratteristica di conduzione di un diodo.



Nello schema il diodo D è indicato mediante il suo simbolo rappresentativo, costituito da una sorta di freccia che indica il verso in cui il dispositivo consente il passaggio di corrente. Una tipica caratteristica di un diodo a giunzione è illustrata in figura 17 (b). Si può notare che, a differenza di quanto si è detto, si ha circolazione di una corrente, piccola ma tuttavia diversa da zero, anche quando il diodo è polarizzato inversamente. Questo fatto si spiega tenendo conto che nelle zone drogate, oltre alle cariche libere di maggioranza, vi sono anche delle cariche di minoranza; nel caso in cui il diodo sia polarizzato inversamente, mentre le cariche di maggioranza vengono allontanate dalla giunzione, le cariche di minoranza vengono sospinte verso la giunzione, dove si ricombinano. Si genera quindi una *corrente inversa*, che tuttavia, dato l'esiguo numero di cariche di minoranza, è molto minore della *corrente diretta* che si ottiene con lo stesso generatore di f.e.m. applicato nel verso della polarizzazione diretta.

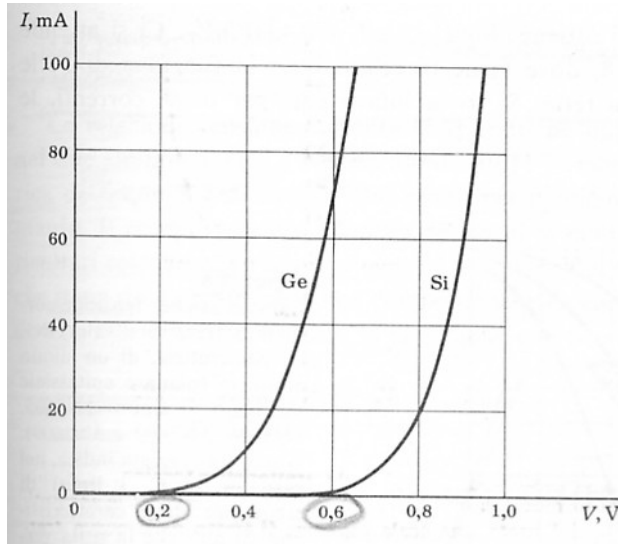
I costruttori forniscono assieme alla curva caratteristica del diodo a giunzione la *corrente massima in retta* I_D e la *tensione massima inversa* V_D . La prima costituisce un limite che non deve essere superato, perchè, in caso contrario, vi è il pericolo che l'eccessiva potenza dissipata nel diodo ne innalzi la temperatura al di sopra dei limiti consentiti dalla natura del materiale semiconduttore, con conseguente distruzione del dispositivo. La seconda invece non deve essere superata quando il diodo è polarizzato inversamente, per evitare che esso venga danneggiato dalla cosiddetta *scarica a valanga*: infatti, se la tensione di polarizzazione inversa è troppo elevata, gli elettroni di minoranza che si trovano liberi nella zona p possono acquistare, sotto l'azione del campo accelerante, una velocità eccessiva, sufficiente a liberare altri elettroni urtando contro gli atomi del reticolo cristallino. Il rapidissimo ripetersi di tale fenomeno può allora provocare un aumento brusco ed incontrollato nel numero degli elettroni liberi della zona p : la corrente inversa, dovuta al flusso delle cariche di minoranza, subisce allora un fortissimo aumento ed assume il carattere di una vera e propria scarica disruptiva.

E' immediato pensare che la corrente diretta massima che può circolare in un diodo a giunzione dipenda essenzialmente dalla sezione della

giunzione stessa. Per quanto riguarda i semiconduttori utilizzati, si possono ottenere densità di corrente dell'ordine di $0,5 \text{ A/mm}^2$ nei diodi al germanio e di 1 A/mm^2 nei diodi al silicio. Le tensioni inverse ammesse possono raggiungere alcune centinaia di volt nei primi e alcune migliaia di volt nei secondi.

La figura 18 mostra la caratteristica diretta, alla temperatura ambiente, di un diodo al germanio ed uno al silicio.

Figura 18 – Caratteristica tensione-corrente diretta di un diodo al germanio e di un diodo al silicio a 25° C .



Si evidenzia l'esistenza di una tensione di soglia V_γ al di sotto della quale la corrente è assai piccola. Tale V_γ vale circa $0,2 \text{ V}$ per il germanio e $0,6 \text{ V}$ per il silicio.

CONCLUSIONI

Si è illustrato il funzionamento del diodo a giunzione, partendo dalla struttura a bande di energia che distingue i materiali cristallini in isolanti, semiconduttori e metalli.

Si è evidenziato che in un semiconduttore la corrente è dovuta ad una densità di carica di diffusione ed una di deriva, dovute a due diversi portatori di carica.

Il diodo a giunzione è un dispositivo bipolare che ha proprietà raddrizzanti, la cui caratteristica tensione-corrente è caratterizzata in polarizzazione diretta da una tensione di soglia che vale $0,2 \text{ V}$ per il germanio e $0,6 \text{ V}$ per il silicio. In polarizzazione inversa la corrente inversa è dell'ordine di $1,0 \mu \text{ A}$.

Bibliografia

- 1) J. Millman, C.C. Halkias – Microelettronica – Boringhieri - Torino, 1987

2) Olivieri e Ravelli – Elettrotecnica – vol. 1 – Cedam – Padova, 1983

A cura di : Prof.^{ssa} Anna Taccone – ITIS ‘G. Vallauri’ Reggio Calabria a.s. 2002/2003