

Fondamenti

Giorgio Ghisotti

Contenuti

Indice

1	Dispositivi	2
1.1	Semiconduttori?	2
1.2	Accenni di chimica	2
1.3	DEFINIZIONE di semiconduttore	2
1.3.1	Come si formano questi materiali?	3
1.3.2	Come si comporta la corrente in un semiconduttore?	3
1.3.3	Doping	3
1.3.4	Ionizzazione completa	3

1 Dispositivi

Durante il corso si tratterà di dispositivi a semiconduttore, quindi diodi, transistor BJT, MOSFET.

1.1 Semiconduttori?

In un dispositivo le relazioni fra tensione e corrente possono essere lineari (che quindi seguono una legge esprimibile con un polinomio di primo grado come quella di Ohm) oppure non lineari.

Inoltre dalla fisica si conosce la legge di Ohm in forma locale data da $J = \sigma E$ e che un valore alto di σ (conducibilità elettrica) corrisponde a un conduttore mentre un valore vicino a 0 a un isolante; la via di mezzo rappresenta un materiale semiconduttore che possiede proprietà particolari. Il suo funzionamento può dipendere non solo da questo parametro ma anche da altri fattori come la temperatura ambientale.

1.2 Accenni di chimica

Questo è particolarmente evidente quando si studiano gli elettroni. Dato che gli elettroni si comportano sia come particella che come onda gli si può assegnare un range di valori possibili piuttosto che un valore costante.

Un'altra informazione essenziale è che non solo questi valori sono infiniti, **sono anche discontinui tra loro** e ogni livello di energia può "contenere" un numero **finito** (e determinabile, generalmente 1, 2 o 4) di elettroni ad un dato istante.

Quando più di un elettrone coesistono nello stesso livello di energia quest'ultimo si divide in più sottolivelli molto vicini a quello originale. Questo succede per via dell'interazione tra gli elettroni. A questo punto invece di livelli si parla di *bande permesse* e di *bande proibite*.

Gli elettroni (nel vuoto) tendono a occupare le bande di energia più bassa possibile. In questa situazione è possibile determinare esattamente fino a che livello arrivano gli elettroni - questi si chiamano *valori di Fermi*.

Per spostare un elettrone è necessaria una quantità minima di energia (**Energy Gap**, E_G) che è la differenza energetica tra il suo livello e il primo disponibile.

I conduttori hanno un livello di Fermi vicino ad un altro livello libero (ha una banda parzialmente occupata), quindi spostare un elettrone richiede poca energia. Al contrario, un isolante ha il livello di Fermi subito prima di una banda proibita (ha quindi bande completamente piene), quindi l'energia necessaria a spostare un elettrone è molto più alta.

1.3 DEFINIZIONE di semiconduttore

Un semiconduttore è un materiale con bande completamente piene **che però** ha comunque un energy gap relativamente basso, quindi il loro livello di Fermi non è molto distante dalla banda permessa successiva. Dato che, quando un elettrone si posiziona nella banda libera, il materiale si comporta come un conduttore quella banda viene chiamata **banda di conduzione**.

A questo punto però la banda che era piena ora é parzialmente occupata e anch'essa conduce - questa é la **differenza fondamentale** tra un semiconduttore, un conduttore e un isolante.

1.3.1 Come si formano questi materiali?

In un legame covalente due atomi condividono alcuni elettroni, presi da quelli con energia piú alta. I semiconduttori tipicamente sono quelli con piú elettroni disponibili per questi legami, quindi nella 4ª colonna della tavola periodica.

Il piú usato di gran lunga é il silicio (Si) ma si possono usare anche altri materiali come il germanio.

1.3.2 Come si comporta la corrente in un semiconduttore?

Generalmente sono cristallini, quindi gli elettroni non si muovono lungo un'unica direzione come farebbero in un metallo ma si muovono a zig zag. Anche se tutto sommato questo movimento segue la legge di Ohm, é seguito da quello che appare un movimento di una carica positiva (i protoni non piú bilanciati dagli elettroni che si sono spostati). Questo movimento fittizio ha una cosiddetta massa di lacuna, ovvero la massa del nuovo elettrone di livello piú alto negli atomi che perdono un elettrone.

Ha poco senso parlare di numero di queste lacune, é meglio parlare di densità che nei nostri calcoli é ammissibile sostituire al numero ($p = n = n_i(T)$) e dire che $pn = n_i^2$.

Questo fenomeno si chiama **Ricombinazione**.

1.3.3 Doping

Il doping (o drogaggio) di un semiconduttore consiste nell'introdurre un materiale diverso che chiamiamo "donatore". Questo altera le proprietà del semiconduttore. Il doping non deve modificare la struttura cristallina.

Si usano donatori con atomi di valenza in numero inferiore rispetto al semiconduttore (ioni). In questo modo i legami "liberi" aumentano, facilitando il passaggio di corrente.

Nel materiale drogato $p \neq n$ ma vale comunque che $pn = n_i^2$.

1.3.4 Ionizzazione completa

In un blocco di materiale con N_A accettori e N_D donatori la carica totale Q e la carica uniforme ρ sono 0, quindi:

$$\rho = -qn + qp + qN_D - qN_A = q(p - n + N_D - N_A) = 0 \quad (1.1)$$