



Bruno Orsini (orsinibruno)

I DIODI LED, LA LUCE DEL FUTURO E NON SOLO

30 September 2013

I led, diodi ad emissione luminosa (Light Emitting Diode), sono sorgenti luminose composte da un particolare tipo di semiconduttore in grado di emettere luce quando è percorso da una corrente elettrica, risultano sempre più utilizzati in campo illuminotecnico e sono destinati nel tempo, a sostituire tutti gli altri tipi di sorgenti luminose convenzionali, questa tecnologia infatti ancora in pieno sviluppo, offre la possibilità di realizzare un ottimo comfort visivo a livelli fino ad oggi irraggiungibili. La tecnologia led rappresenta l'evoluzione dell'illuminazione allo stato solido, dove la generazione della luce è ottenuta mediante semiconduttori anziché utilizzando un filamento o un gas. Per comprendere il funzionamento dei led, è necessario chiarire brevemente alcuni concetti legati alla struttura atomica, e di conseguenza alla capacità di condurre elettricità, dei materiali.

Le proprietà elettriche di un materiale dipendono dalla sua struttura atomica, gli elettroni ruotano intorno al nucleo in una serie di bande di energia che risultano in ordine energetico crescente man mano che ci si allontana dal nucleo, ogni banda contiene un numero definito di elettroni; la prima ne può contenere massimo due, la seconda massimo otto, l'ultima banda che contiene elettroni in un atomo viene chiamata "banda di valenza" mentre il primo livello vuoto al di sopra della banda di valenza è chiamato "banda di conduzione".

La "banda di valenza" è l'insieme di elettroni che non hanno un livello energetico sufficientemente elevato per poter lasciare l'atomo di appartenenza, per cui rimangono ad orbitare stabilmente attorno ad esso, mentre la "banda di conduzione" è l'insieme di elettroni che hanno un livello energetico sufficientemente elevato da lasciare l'atomo di appartenenza dando luogo ad una conduzione di tipo elettrico. Tra queste due bande è situata la "banda proibita" o "gap energetico" cioè l'insieme dei livelli energetici che gli elettroni di un determinato materiale non possono avere perché non corrispondono a nessuna delle due bande precedenti.

Negli isolanti il "gap energetico" è molto grande e sono quindi pochi gli elettroni che raggiungono un'energia sufficiente per passare nella banda di conduzione, per cui la corrente non circola attraverso di essi, al contrario, nei materiali conduttori, la banda di valenza e quella di conduzione si sovrappongono, per cui vi è assenza di "gap energetico" e un notevole numero di elettroni è in grado di muoversi e quindi di far circolare corrente elettrica.

Nei materiali semiconduttori il “gap energetico” è relativamente piccolo, per cui è sufficiente un innalzamento della temperatura per portare un certo numero di elettroni dalla banda di valenza a quella di conduzione, i semiconduttori quindi, sono materiali allo “stato solido” dotati di proprietà elettriche intermedie tra quelle dei conduttori e quelle degli isolanti, i materiali semiconduttori più importanti nel settore elettronico sono il Germanio, il Carbonio, il Silicio e il Gallio.

Normalmente tutti gli elettroni dei semiconduttori si trovano nella banda di valenza, restano cioè legati all’atomo di appartenenza e si comportano da isolanti, per far condurre i materiali semiconduttori è necessario ricorrere ad una operazione denominata “drogaggio” che consiste nell’inserire all’interno di una determinata quantità di materiale, piccole percentuali di atomi non facenti parte del semiconduttore stesso, allo scopo di modificarne le proprietà elettriche, in pratica si inseriscono atomi pentavalenti cioè aventi valenza cinque, oppure atomi trivalenti cioè aventi valenza tre. Tra le sostanze pentavalenti figurano il Fosforo, l’Antimonio e l’Arsenico, mentre tra quelle trivalenti figurano il Bario, l’Alluminio, il Gallio e l’Indio. Inserendo una sostanza pentavalente all’interno di un semiconduttore, quattro dei suoi cinque elettroni vengono utilizzati per il legame covalente, mentre il quinto resta libero; questo tipo di drogaggio si definisce di tipo N perché il materiale acquisisce carica negativa. Se invece vengono inserite nel semiconduttore sostanze trivalenti, i tre elettroni dell’atomo trivalente vengono utilizzati per il legame covalente mentre manca un elettrone nella banda di valenza; questo vuoto prende il nome di lacuna e il drogaggio viene definito di tipo P, il materiale acquisisce una carica positiva.

Al momento della formazione della giunzione di una quantità di materiale di tipo P con una di tipo N, gli elettroni e le lacune situati nella parte centrale della giunzione si neutralizzano essendo cariche di segno opposto dando origine ad una zona priva di cariche denominata “zona di svuotamento”. Non appena un certo numero di elettroni e di lacune si sono neutralizzati, le cariche fisse determinano una differenza di potenziale detta “barriera di potenziale” indicata con V_s , che respinge le altre cariche facendole restare nella zona di appartenenza e fa sì che anche se la giunzione viene polarizzata direttamente, vi è conduzione di corrente solo quando la tensione supera il valore del potenziale V_s .

La massima luminosità di un led si ottiene con l’alimentazione in corrente continua, la tensione diretta necessaria dipende dal colore della luce emessa e va da 2 a 4V con una corrente diretta che può arrivare fino a 80mA e poiché hanno una tensione diretta di alimentazione molto bassa a fronte di una determinata corrente, è spesso necessario inserire una resistenza in serie per limitare la corrente diretta al valore di lavoro, calcolata mediante la legge di Ohm. Oltre all’uso di una resistenza in serie, è possibile utilizzare un driver a controllo dinamico tramite il quale si può variare la corrente, compensare gli effetti di variazione dell’intensità luminosa causati dalla temperatura, far pulsare il led. Da alcuni anni, a seguito dei continui progressi tecnologici, vengono commercializzate anche sorgenti led alimentate direttamente

in corrente alternata come i led “Acriche” formati da una stringa di led collegati in serie in modo tale da avere un voltaggio di alimentazione alto simile a quello diretto, oppure i led “XYlite” che possono essere alimentati sia in corrente continua che in alternata e la loro caratteristica principale è quella di essere assemblati in numero pari all’interno di un circuito parallelo in configurazioni opposte; in questo modo vengono utilizzate entrambe le semionde della corrente alternata, una semionda alimenta un circuito, la semionda opposta l’altro circuito.

L’emissione di luce nei diodi led è dovuta al fenomeno dell’elettroluminescenza, dove i fotoni sono prodotti nella giunzione P-N dalla ricombinazione degli elettroni e delle lacune e viene classificata come SSL (Solid State Lighting) illuminazione allo stato solido, proprio perché è un corpo solido che emette luce. Attualmente il mercato offre diversi tipi di diodi led che, per le loro caratteristiche, possono essere classificati in quattro categorie:

- THT (Through Hole Technology) tecnologia da foro, sono protetti da capsule tonde di materiale plastico del diametro di 3 o 5 mm, la luce viene emessa attraverso una lente integrata nel package, e variando la distanza tra lente e semiconduttore o cambiando la forma della lente, si possono ottenere diversi angoli di emissione della luce. Il loro uso principale è quello di spie luminose in vari dispositivi elettronici o quello di diodo emettitore infrarosso utilizzato come telecomando a distanza o nei più complessi sistemi di trasmissione dati.

- SMD (Surface Mounted Device) o SMT (SurfaceMounted Technology) sono realizzati in materiale plastico che funziona anche da riflettore e si distinguono per la forma piatta e i collegamenti laterali, sono prevalentemente utilizzati in circuiti elettronici in miniatura come ad esempio quelli dei cellulari e dei computer portatili. Questa categoria di led presenta una efficienza luminosa molto elevata per cui cominciano ad essere impiegati anche nel settore dell’illuminazione generale.

- HB (High Brightness) o Power LED sono contraddistinti da una gamma di potenze di funzionamento notevolmente superiori rispetto alle altre categorie, le caratteristiche fisiche sono simili a quelle dei led SMD con la differenza che hanno più contatti di anodo e catodo in modo tale da poter realizzare strutture multiple senza l’ausilio di fili di collegamento. La forma più utilizzata è quella esagonale o ottagonale in modo tale da rendere semplice la costruzione di apparecchi illuminanti di grande potenza come lampioni o fari semplicemente accostando i led e saldandoli fino a realizzare strutture a nido d’ape. L’assemblaggio si realizza accostando per ciascun led i lati con gli elettrodi di uguale polarità nel caso si intende realizzare una connessione in parallelo, o di polarità opposta nel caso si intende realizzare un collegamento in serie o serie-parallelo. I tipi di maggior potenza sono realizzati su un substrato di alluminio per permettere di smaltire il calore prodotto in maniera più efficace, sia da solo che tramite l’ausilio di apposito dissipatore (cooler).

- OLED (Organic Light Emitting Diode) diodi organici ad emissione di luce, rappresentano il futuro della tecnologia led; sono dispositivi elettroluminescenti costruiti mettendo in serie diversi strati organici ultra sottili fra due conduttori, inoltre essendo di natura organica, posseggono le proprietà della plastica; sono cioè leggeri, flessibili e adattabili a qualsiasi forma. I composti organici hanno una struttura ottenuta prevalentemente da Carbonio e, attraverso opportune lavorazioni, è possibile combinare questi composti per ottenere tutte le gradazioni dello spettro visibile della luce. Attualmente sono impiegati per la realizzazione di display a colori dello spessore di circa tre millimetri soprattutto in cellulari e cornici digitali, con queste caratteristiche è facile immaginare future possibilità di impiego in numerose applicazioni illuminotecniche per la realizzazione di apparecchiature illuminanti di particolare effetto decorativo e architettonico sia per interni che per arredo urbano. Ad esempio fra qualche anno sarà possibile avere: soffitti, pareti o scale di abitazioni, totalmente illuminati con possibilità di innumerevoli effetti decorativi; possibilità di destinare intere pareti alla funzione di schermi televisivi; fari e luci di segnalazione per automobili ultra sottili e senza lampadina; gallerie totalmente illuminate.

I diodi led emettono luce monocromatica di colore dipendente dal materiale e dalle impurità di drogaggio utilizzate; i colori più diffusi sono il rosso, il giallo, l'ambra, il verde, il blu, mescolando però più led monocromatici si può produrre luce bianca o creare infinite tonalità di colore, caratteristica questa particolarmente impiegata per l'illuminazione nel settore dello spettacolo e del patrimonio artistico pubblico con l'illuminazione di fontane, monumenti, piazze, reperti archeologici, ecc. A tale scopo si utilizzano anche i led "multichip" che contengono 2, 3, o 4 led monocromatici i quali tramite opportuni software possono produrre luce di colore variabile oppure bianca.

I composti chimici utilizzati più frequentemente sono l'Arseniuro di Gallio (GaAs), il Fosforo di Gallio (GaP), l'Arseniuro di Alluminio e Gallio (AlGaAs), il Carburo di Silicio (SiC), il Nitruro di Gallio e Indio (GaInN), il Fosforo Arseniuro di Gallio (GaAsP).

Anche nei led, così come avviene nelle sorgenti luminose convenzionali, si verifica nel tempo un graduale decadimento del flusso luminoso e quando un led emette il 50% del flusso luminoso iniziale, per definizione si dice che ha raggiunto la fine della sua vita utile che in normali condizioni operative può arrivare fino a 100.000 ore a seconda del colore della luce. Confrontato con le fonti di illuminazione tradizionali, il risparmio ottenuto utilizzando l'illuminazione a led è di circa il 95% rispetto alle ormai abbandonate lampade ad incandescenza, di circa il 90% rispetto alle lampade alogene, di circa il 70% rispetto alle lampade a ioduri metallici e di circa il 65% rispetto alle lampade fluorescenti. Nel confronto con le lampade a scarica il rapporto è di 1 a 3, cioè a parità di illuminazione, se una lampada a scarica consuma 30 W il led consumerà solo 10 W. E' evidente che il vantaggio risulta elevato specialmente in quegli ambienti dove è necessaria la continuità di illuminazione come gallerie,

ospedali, sottopassi e in genere in tutti i casi di illuminazione pubblica.

L'utilizzo dei led consente notevoli vantaggi anche se si confronta la sua vita media rispetto alle lampade tradizionali; un diodo led può avere una vita media di circa 100.000 ore, una lampada ad incandescenza di circa 1000 ore, una lampada a scarica di circa 4000 ore, una lampada fluorescente di circa 6000 ore.

La temperatura media di funzionamento dei led, in genere, non supera i 50 °C per cui possono essere installati a contatto con legno, plastica e tutti quei materiali che temono l'eccessivo calore, per questo motivo i vantaggi rispetto alle lampade tradizionali si possono rilevare anche nella climatizzazione di un ambiente molto illuminato; una lampada alogena produce una notevole quantità di calore che si disperde nell'ambiente e quando si eseguono dei calcoli per la progettazione di un impianto di climatizzazione si deve considerare una fonte di calore da abbattere di circa 75 W, nel caso di illuminazione a led invece, l'equivalente fonte di luce, viene considerata come una sorgente di calore di circa 15 W. I led sono dimmerabili e commutabili, e possono essere impiegati nella modulazione ottica a frequenze fino a 150 MHz, per questi motivi, insieme al diodo laser, è la sorgente di luce utilizzata nei moderni sistemi di trasmissione dati basati su fibra ottica.

Nessun altro tipo di lampada è regolabile in modo altrettanto flessibile ed efficiente come i led, questa caratteristica li rende particolarmente adatti per l'utilizzo con i protocolli standard DALI (Digital Addressable Lighting Interface) e KNX (Konnex), con i quali attraverso una serie di comandi codificati per mezzo di un collegamento di tipo bus è possibile adattare automaticamente l'illuminazione alle mutevoli situazioni ambientali. Attraverso l'uso di specifici software e apposite sonde di misurazione, compatibili con i protocolli DALI e KNX, è possibile adattare l'illuminazione alle esigenze personali, regolare l'illuminazione in funzione della luminosità tenendo conto dei livelli dell'illuminazione naturale e di quella artificiale, dimmerare o accendere e spegnere l'illuminazione in funzione della rilevazione di presenza o movimento, ridurre l'illuminazione in funzione del controllo dei carichi, regolare l'illuminazione per ridurre le immissioni termiche a vantaggio della climatizzazione.

Per queste caratteristiche tecniche, i led sono una delle fonti luminose più indicate per gli edifici a energia zero (Zero Energy Building), previste dalla Direttiva UE n°31 del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia, tutto questo, ovviamente, si riflette anche sui costi di manutenzione dei led che sono stimati nell'ordine di uno a cento rispetto alle lampade fluorescenti attuali.

Per concludere i led sono sicuramente destinati a rappresentare il futuro dell'illuminazione sia in campo residenziale che industriale con particolare riguardo all'illuminazione pubblica dove possono garantire notevoli risparmi economici e ambientali in quanto si distinguono per robustezza, lunga durata utile, scarsa manutenzione ed elevata efficienza luminosa, quest'ultima peraltro, ancora con un notevole margine di miglioramento.

Per.Ind. Bruno Orsini sabato 1 giugno 2013

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Orsinibruno:i-diodi-led-la-luce-del-futuro-e-non-solo>"