

COME OTTIMIZZARE LA DURATA DEGLI HIGH BRIGHTNESS LED

La protezione dalle scariche elettrostatiche (ESD) può rivelarsi un fattore critico che influenza notevolmente la durata della vita operativa dei LED e la qualità potenziale dei sistemi illuminanti

La commercializzazione dei LED verdi e blu, insieme alla rapida e costante crescita della luminosità per dispositivo ottenuta negli ultimi anni, ha aperto nuove e ampie opportunità commerciali per i sistemi di illuminazione allo stato solido. Il prezzo e le prestazioni degli HBLED (High Brightness LED) stanno già superando le rosee previsioni formulate dalla legge di Haitz, un'osservazione empirica simile alla legge di Moore sulla densità dei transistor, che stima un raddoppio del livello di luminosità ogni due anni e una riduzione di dieci volte del costo per lumen ogni decennio.

In realtà, la luminosità sta attualmente raddoppiando all'incirca ogni 18 mesi. Dispositivi da 120 lm/W sono attualmente sul mercato, mentre i principali laboratori di ricerca stanno dimostrando la fattibilità di dispositivi da 200 lm/W. Oltre a ottenere miglioramenti incredibili in termini di capacità e costo, gli HBLED hanno un'altra cosa in comune con i più moderni circuiti integrati: la **vulnerabilità alle scariche elettrostatiche**, che possono danneggiare seriamente i dispositivi.

I produttori di circuiti integrati hanno da tempo identificato i guasti dovuti alle scariche elettrostatiche come una delle minacce principali all'affidabilità sul campo dei dispositivi CMOS, che potenzialmente potrebbe danneggiare la loro immagine sul mercato e ostacolare l'accettazione da parte dei consumatori delle nuove tecnologie. Per combattere questo rischio, il settore della microelettronica investe notevolmente nella ricerca di strutture di protezione integrata dalle scariche elettrostatiche, utiliz-

zabili in ogni generazione tecnologica dei processi produttivi, sebbene tale attività balzi raramente alla ribalta nelle cronache. Allo stesso modo, i principali produttori di HBLED hanno anch'essi identificato nelle scariche elettrostatiche una minaccia significativa per la crescita delle opportunità di mercato dell'illuminazione allo stato solido e stanno lavorando insieme agli specialisti del settore per mettere a punto le misure di protezione più adeguate. Mentre la crescita della luminosità viene spesso citata come misura dell'innovazione tecnologica, diverse nuove tecniche di protezione dalle scariche elettrostatiche altrettanto innovative sono state integrate e utilizzate negli HBLED di ben noti costruttori.

VULNERABILITÀ ALLE SCARICHE ELETTROSTATICHE

La combinazione dei substrati di zaffiro e degli strati epitassiali utilizzati nella fabbricazione dei diodi emettitori di luce verde e blu produce dispositivi che risultano più vulnerabili al danneggiamento da scariche elettrostatiche rispetto, per esempio, ai LED rossi. Poiché il substrato di zaffiro è un isolante puro, si può accumulare una quantità di carica statica significativa durante la manipolazione dei dispositivi nelle linee di produzione. Inoltre, gli strati epitassiali tendono a essere più suscettibili alle scariche elettrostatiche rispetto a quelli utilizzati nella fabbricazione dei LED rossi, forse a causa di effetti dovuti all'inclusione di alcune imperfezioni nel processo produttivo.

In un dispositivo CMOS, il danno causato dalle scariche elettrostatiche durante la fase produttiva può rimanere nascosto finché il dispositivo viene attivato sul campo, dove una

sua rottura causa guasti inaspettati e costosi. Gli effetti delle scariche elettrostatiche sui LED possono comprendere l'insorgere di macchie scure sulla superficie, che a loro volta riducono la luminosità e rappresentano una potenziale fonte di guasto totale del dispositivo. L'elevato tasso di danneggiamenti dovuti alle scariche elettrostatiche durante la fabbricazione dei LED può influire negativamente sulla produttività, il che porta a una crescita dei costi unitari dei dispositivi sani. Poiché la lunga durata di vita degli HBLED rappresenta uno dei principali vantaggi offerti dalla tecnologia allo stato solido rispetto ad altre fonti luminose, la protezione efficace dalle scariche elettrostatiche è ovviamente una funzionalità cruciale.

Se una protezione adatta non viene inserita come parte integrante del modulo LED, spetta ai progettisti del sistema illuminante il compito di realizzare protezioni con componenti discreti montati sulla scheda. Ciò può rivelarsi costoso sia per l'aumento del prezzo dei componenti da inserire nella distinta base, sia per l'aumento dello spazio occupato sul circuito stampato, ma anche per il fatto che

un circuito di protezione delle scariche elettrostatiche montato sulla scheda è troppo lontano per garantire una protezione efficace alla piastrina (*die*) sulla quale è realizzato il LED. L'integrazione diretta all'interno del contenitore di un circuito di protezione costituisce un approccio molto più sensato, ed è la scelta oggi adottata da molti dei principali produttori di HBLED. Ciò può essere realizzato montando un altro die affiancato di quello del LED, oppure con un assemblaggio più compatto montando il die del dispositivo di protezione a lato o sotto quello del LED emettitore di luce.

PROTEZIONE INTEGRATA

Sono due le principali configurazioni di protezione integrata dalle scariche elettrostatiche che sono emerse nel settore:

1. La configurazione con montaggio laterale (*sidemount*) come quella illustrata in *Figura 1*, prevede l'inserimento di un diodo soppressore di tran-

Figura 1
Protezione del LED con diodo TVS montato lateralmente

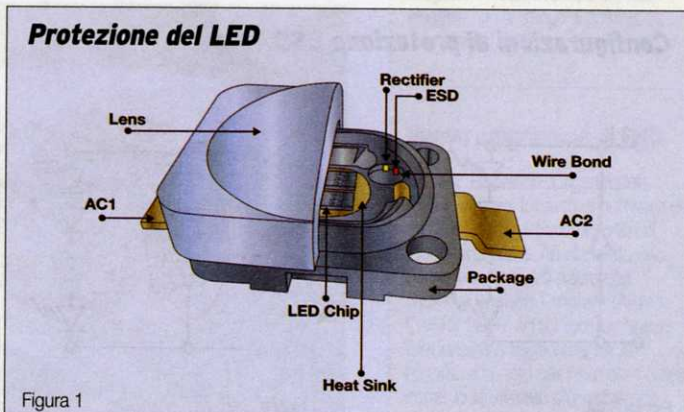


Figura 1

Sottomodulo di silicio tra LED e Leadframe

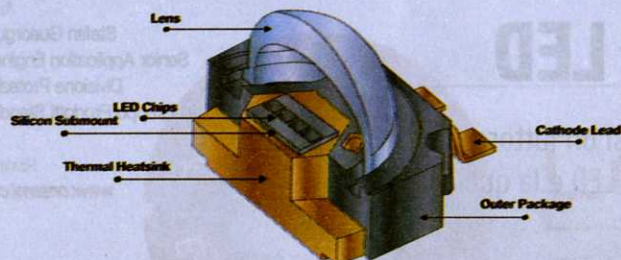


Figura 2

sitori di tensione (TVS) nello stesso contenitore che ospita il die dell'emettitore di luce. Il diodo può essere collegato mediante i fili di connessione (*bond wire*) o tramite la tecnologia *flip-chip*, in funzione delle specifiche esigenze applicative. Le tensioni nominali di protezione ESD variano in base alle dimensioni del die e sono tipicamente comprese tra 8 kV e 15 kV HBM (*Human Body Model*).

2. La Figura 2 mostra come la protezione dalle scariche elettrostatiche possa essere integrata in una forma ancora più compatta, assemblando un sottomodulo di silicio posto tra il LED e il telaio di supporto (*leadframe*). Questo tipo di assemblaggio consente di ottenere LED più compatti, il sottomodulo sostituisce il tradizionale substrato usato nei moduli LED con protezione montata lateralmente e offre tensioni di protezione ESD che superano i 15 kV HBM. L'elevata conducibilità termica del sottomodulo di silicio ha anche il vantaggio di attutire le differenze dei coefficienti di espansione termica tra

il LED e il telaio di supporto. Entrambi gli approcci illustrati sono compatibili con vari processi di metallizzazione delle superfici superiori e inferiori, adatti a soddisfare la maggior parte delle esigenze di produzione. Tra questi vi sono l'utilizzo di oro o rame con l'opzione di un rivestimento superiore in alluminio (AuAl, CuAl) che offre una migliore riflettività, oppure opzioni come oro o leghe oro-stagno (AuSn) per la metallizzazione sottostante.

PRESTAZIONI DELLA PROTEZIONE

Tra i parametri più critici che caratterizzano i diodi per la protezione integrata da cariche elettrostatiche vi sono la **bassa resistenza dinamica** (R_{dyn}) e la **capacità di ingresso** (C_{in}), affinché il protettore possa rispondere rapidamente a una scarica elettrostatica e anche dissipare la maggior parte della corrente, onde prevenire il danneggiamento del die del LED. I prodotti per la protezione elettrostatica di ON Semiconductor raggiun-
no una bassa resistenza dinamica, dell'ordine dei 0,2-0,4 ohm nei protettori per sottomoduli. I diodi protettori di ON Semiconductor offrono intrinsecamente una migliore resistenza dinamica rispetto a dispositivi concorrenti. Ciò si traduce in un migliore comportamento della protezione durante gli eventi transitori, come quelli dovuti alle scariche elettrostatiche, con una tensione limitata a un valore inferiore, che a sua volta implica un miglior livello di protezione per il singolo LED o la stringa di LED. Inoltre, i sottomoduli di protezione offrono anche la protezione da sovratensioni, una caratteristica importante in applicazioni in cui i LED sono esposti a picchi sulle tensioni di alimentazione o indotti dalla presenza di fulmini.

La maggior parte dei moduli per lampade contengono più HBLED collegati in serie all'interno dello stesso contenitore. Nelle sorgenti con LED bianchi (WLED) lo scopo è di ottenere un'elevata potenza luminosa in uscita. Nelle lampade per applicazioni di retroilluminazione o per effetti speciali, la schiera di LED può contenere die rossi, blu e verdi per consentire la variazione dei colori o per regolare la tonalità di luce emessa. Poiché ogni LED ha una caduta di tensione diretta finita di circa 3,5 V, i moduli che ospitano un gran numero di LED possono richiedere un'alimentazione con una tensione continua elevata. I processi produttivi di ON Semiconductor per la produzione di diodi di protezione elettrostatica per montaggio laterale o per sottomoduli possono essere tarati per garantire una tensione di breakdown compresa tra 6 V e 110 V, pertanto sono compatibili con stringhe di LED di praticamente qualunque lunghezza. Sono disponibili varie combinazioni e composizioni adatte alla metallizzazione superiore e inferiore, con vari tipi di contenitori adatti al montaggio laterale o sottostante, con attacco flip chip oppure sul lato superiore o inferiore.

Diverse opzioni e configurazioni circuitali sono utilizzabili con entrambi i tipi di montaggio: un singolo diodo soppressore di tensione attraverso la stringa di LED offre un livello speci-

co di protezione dalle scariche elettrostatiche (Figura 3a), mentre una coppia di diodi connessi in serie con polarità opposta attraverso la stringa di LED permette ai costruttori di lampade di applicare tensioni di polarizzazione inversa durante il collaudo di produzione, per identificare e isolare i moduli deboli evitando di consegnarli ai clienti. Una configurazione più complessa, con coppie di LED connessi in serie con polarità opposta per ciascun LED che compone una stringa multi-LED, permette ai costruttori di lampade di garantire la continuità di funzionamento anche in caso di guasti singoli per circuito aperto.

UNA SCELTA DEL COSTRUTTORE

Oltre che per la loro elevata efficienza e piccole dimensioni, gli HBLED sono apprezzati per la loro lunga durata, che contribuisce all'incredibile successo ottenuto dai sistemi di illuminazione allo stato solido. Gli HBLED, disponibili in vari colori, in particolare bianco, verde, blu e rosso, stanno aprendo nuove opportunità di utilizzo per i progettisti in applicazioni che comprendono la retroilluminazione ad alta efficienza, l'illuminazione stradale, l'illuminazione d'interni, i tabelloni pubblicitari elettronici, gli stop e i fanali anteriori delle automobili.

Poiché le specifiche tecniche degli HBLED possono essere molto diverse da un costruttore all'altro, una conoscenza approfondita dell'approccio scelto per la protezione dei dispositivi dalle scariche elettrostatiche può aiutare a garantire sul campo l'ottima durata di vita che ci si aspetta da questi prodotti. Ogni produttore di HBLED adotta un suo specifico insieme di criteri per la scelta di contenitore, tecnologia di processo e composizione dei materiali.

Quindi, per ottenere le caratteristiche ottimizzate che desidera raggiungere, i produttori dovrebbero collaborare con fornitori che non siano legati solamente ad alcune opzioni di protezione per le scariche elettrostatiche, ma che possano offrire una vasta gamma di soluzioni tecnologiche da abbinare al meglio in base alle scelte fatte.

Configurazioni di protezione ESD

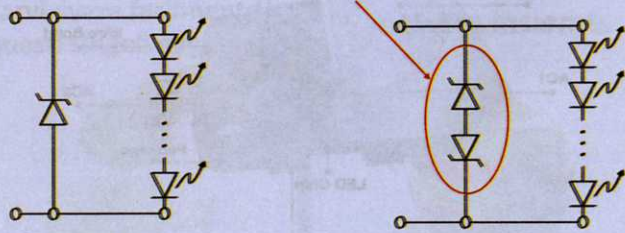


Figura 3 (a)

Figura 3 (2)