

État de l'art

La technologie des LEDs

Considérées comme les sources du futur, les LEDs ont dominé les titres des articles de la presse technique pendant des années. Les LEDs impressionnent par leur durée de vie, et, en comparaison avec les sources conventionnelles, contribuent largement à la protection de l'environnement, grâce à leur faible consommation énergétique. Cependant, leur luminance constituait jusque-là un point faible. Ce paramètre a fait l'objet d'intenses développements depuis des années. Les experts espèrent des avancées rapides. Tom Papanek, directeur de la recherche et du développement à Opto Technology, Inc, aux États-Unis, voit 2 principales raisons à cette future tendance : premièrement, les LEDs offrent une durée de vie de 5 à 50 fois supérieure à celle d'un tube à incandescence ou à fluorescence ; deuxièmement, comparées à un tube à incandescence, les LEDs sont 3 fois plus efficaces en terme de rendement lumineux et comparables à une source à fluorescence. Moins d'énergie est transformée en chaleur, et l'énergie utilisée l'est avec un meilleur rendement. Ces éléments incitent à poursuivre et à accentuer les développements déjà engagés.

Montage des LEDs

Le montage des LEDs sous forme de chips de hautes performances pour des produits spécifiques peut être réalisé sous différentes formes en fonction de l'application, des performances requises, des objectifs de coûts et des méthodes d'assemblage. Une configuration standard est le montage en boîtier TO, disponible sous différentes variétés de tailles, pour une puce LED unique et jusqu'à 80 puces en boîtier 8 broches. Les montages type IC offrent également des options de montage à faible coût pour le positionnement à fort volume. D'autres options sont également optimisées pour des applications spécifiques. Par exemple, les céramiques et autres porteurs peuvent être utilisés non seulement comme support, mais également comme une barrière autour de la matrice LED. Cette barrière montée au-dessus du matériau porteur sera alors remplie d'époxy, d'une résine d'encapsulation ou d'azote et scellée sous un verre de protection de l'environnement ambiant et pour éviter d'endommager les connexions. Ces approches se révèlent être de bonnes solutions pour des volumes infé-

rieurs à 100 kg pièces et pour des LEDs multicolores.

D'autres design uniques requièrent des espacements extrêmement fins sur la matrice, et l'addition de la "couleur blanche" implique l'utilisation de 2 circuits. L'un des circuits est utilisé pour les LEDs colorées, tandis que le second sera uniquement dédié au "blanc".

La combinaison de ces 2 cartes procure au client une source blanche de spectre plus étendu que celui généralement obtenu avec des LEDs blanches au phosphore. La carte à LED colorée remplit les zones spectrales où les LEDs blanches sont faibles.

Cela se révèle particulièrement important dans les applications de mesure de couleur, ou pour les instruments utilisés dans le biomédical.

Opto Technology propose en standard un produit (OTLA-0130) dédié aux applications de colorimétrie et aux instruments biomédicaux.

D'autres options sont également envisageables avec des boîtiers spécifiques

incluant optiques, filtres, guide de lumière, mélange de phosphore pour température de couleur spécifique, mélange de barreaux... Par exemple, ces derniers sont utilisés avec des optiques secondaires afin de mélanger les couleurs RGB des LEDs et de générer une source lumineuse médicale accordable. Des photodétecteurs sont optiquement appariés aux LEDs pour calibrer l'instrument. Tous ces montages et options permettent aux clients de créer un produit unique qui sera ainsi plus novateur et plus compétitif sur le marché.

Couleur des LEDs et contrôle de l'intensité lumineuse

Les exigences de performance, et en particulier pour les produits d'éclairage à base de LEDs, pour la mesure de température de couleur et pour l'instrumentation analytique, requièrent des contrôles extrêmement fins de la longueur d'onde (couleur) et de l'intensité. Cette exigence ne peut être respectée que grâce à un tri, à une sélection rigoureuse et à des tests exigeants des couleurs, de l'intensité, de l'asservissement en température et des filtres (verre, dichroïque). Le tri des LEDs ne peut se faire que de 3 façons : acheter les LEDs chez des fournisseurs de wafers prétriés, faire sous-traiter le tri ou le réaliser en interne. L'équipement permettant cette sélection est particulièrement onéreux (environ 500 k\$), et il est bien souvent plus avantageux de travailler en étroite collaboration avec le fabricant de wafers qui réalisera alors le tri et garantira un produit de qualité constante d'une livraison à l'autre.

Une fois que la couleur et l'intensité sont adéquates pour l'application du client, le contrôle de ces paramètres peut être critique. De nombreuses applications requièrent une tolérance de +/- 5 nm en longueur d'onde (couleur) et +/- 50 % de gamme d'intensité. Les couleurs et intensités des LEDs varient avec la

OPTIQUE
Avis d'experts

température, ainsi leur stabilisation est importante.

Elle peut être obtenue de différentes façons : radiateurs, Peltier (refroidissement électrique), contrôle actif de l'asservissement et chauffage du produit à une température constante où les fluctuations de la température ambiante n'affecteront pas les performances. Opto Technology propose des produits standard disposant de ces caractéristiques (OTLA-0100).

Le choix pour le client d'un fournisseur de LEDs possédant une solide expertise dans la sélection, le tri, le test et le contrôle des LEDs est un gage important de pérennité.

Possibilités de fabrication des matrices LED

Il y a 3 méthodes principales de placement des puces (manuelle, semi-automatisée, automatisée).

Aujourd'hui, la plupart des fabricants utilisent des systèmes automatisés et des équipements de bonding pour positionner la LED sur PCB, cartes à cœur métal, céramiques et autres supports, ce qui constitue la méthode la plus économique. Le positionnement manuel ou semi-automatique est utilisé lorsque le design implique plusieurs couleurs de LEDs différentes (5+), ou intègre d'autres semi-conducteurs (tels que des photodétecteurs) dans le même boîtier ou support, ou encore quand les volumes sont faibles ou moyens. L'investissement dans de coûteuses machines automatiques et leur mise en place dans ce type de configuration ne se justifie pas : les opérations de programmations, nombreuses et répétées, limitent le gain obtenu par ailleurs en rapidité.

L'utilisation de ces machines est davantage justifiée lors de la réalisation de volumes de moyens à forts.

Avantages des matrices LED de fortes densités

Un des paramètres les plus importants lors du design des LEDs à fortes performances est l'espacement sur la matrice. La réduction de cet espace apporte 3 avantages majeurs : augmentation du niveau de sortie optique, meilleur rende-

TITRE : A VENIR			
Radiométrique	Unités	Photométrique	Unités
Radiant puissance	Watts (W)	Flux lumineux	Lumens (lm)
Radiant intensité	Watts/Steradian	Intensité lumineuse	lm/steradian (Candella-cd)
Irradiance	W/m ²	Illuminance	lm/m ² ou lm/ft ² = Lux ou foot candles
Radiance	W/m ² sr	Luminance	Cd/m ²

ment optique, si des optiques secondaires sont utilisées, et réduction des coûts et de la dimension. Une intensité élevée est, et continuera à être, nécessaire pour remplacer les lampes à tubes et autres sources actuellement utilisées. Un bon exemple réside dans les applications de polymérisation aux UV pour lesquelles, traditionnellement, les lampes au mercure ont été largement utilisées. Elles produisent une quantité d'énergie de 5 à 10 fois supérieure à celle que les LEDs offrent typiquement. Avec des densités élevées sur les matrices et l'utilisation d'autres techniques, ce facteur descend à 1 à 5. Deuxièmement, une plus grande densité contribue à optimiser la collection de la lumière et facilite le design de la source. Plus la source est large, plus il est difficile de récupérer et d'acheminer la lumière vers la cible, ce qui implique alors plus d'intensité et de LEDs. À l'inverse, une source plus petite facilitera cette démarche et permettra de réaliser une source plus compacte. Tous ces avantages influencent également favorablement la réduction des coûts.

Tests optiques des LEDs lors du design et de la fabrication en volume

Les tests optiques requièrent des équipements spécialisés, calibrés selon des standards internationaux reconnus et vérifiés périodiquement. Les instruments que l'on rencontre fréquemment dans ces tests sont les spectromètres, sphères intégrantes, goniomètres...

Le design des LEDs et les tests en production font appel à ces équipements pour mesurer la couleur et l'intensité en termes radiométriques (puissance ou



UV LED.

énergie rayonnée) ou photométriques (rayonnement visible). L'ensemble de la puissance rayonnée ou du flux lumineux émis par la LED est mesuré en termes de watts ou de lumens. Les mesures peuvent également être réalisées selon l'intensité rayonnée et l'intensité lumineuse en watts par stéradian ou candela (lumens/stéradian).

Les LEDs sont caractérisées selon l'une de ces 2 méthodes.

D'autres mesures s'appliquent à la façon dont la lumière est distribuée selon une surface ou émise depuis une surface donnée. En éclairage, traditionnellement, on utilise le lux ou foot candles pour caractériser la façon dont la lumière est distribuée sur une surface. Dans l'industrie des arts graphiques, où on utilise de la lumière ultraviolette pour sécher


OPTIQUE
Avis d'experts

les encres, les mesures se font en W/cm^2 ou mw/cm^2 .

Durant le cycle de conception du produit, ce type d'instrument est requis afin de mesurer précisément les niveaux de sortie et/ou la couleur des LEDs ; durant les cycles de production en volume, d'autres méthodes telles que l'utilisation de photosenseurs calibrés permettent d'obtenir des rendements élevés à moindre coût.

L'utilisation d'étalons de référence permet une meilleure corrélation entre les instruments, d'autant que les mesures optiques requièrent fréquemment ce type d'ajustement.

Contrôle lumineux utilisant l'optique

Le contrôle de la lumière faisant appel à des techniques optiques est un autre paramètre important dans un système à LED. En particulier du fait que la lumière utilisable (lumens par euro) est plus coûteuse que dans un système classique par incandescence ou par tube fluorescent pour de la lumière blanche. Un système optiquement bien conçu favorisera la collection et l'acheminement de la lumière issue des LEDs tout en minimisant le nombre de celles-ci, les coûts, la puissance, l'encombrement et les aspects thermiques.

L'optique est également utilisée pour réaliser le mixage des couleurs de différentes LEDs, afin d'obtenir le mélange souhaité et uniforme.

Pour simuler les performances optiques, des logiciels optiques sont utilisés pour analyser les différents design et concepts retenus. Ils fonctionnent généralement sur le principe de modélisation 3D et requièrent de puissantes capacités de calcul.

Les sociétés pouvant proposer la conception du design optique et son analyse, ainsi que le montage prototype des LEDs et leur fabrication en volume, permettent aux clients de simplifier le circuit d'approvisionnement et d'améliorer considérablement les performances du produit fini.

Applications

Sur la base de plus de 30 ans de recherche et de développement dans le do-



La série Shark.

maine des technologies d'assemblage des LEDs, Opto Technology a développé des LEDs aux caractéristiques uniques. En fonction de leurs champs d'applications, ces LEDs sont optimisées pour un rendement optimum dans l'UV, le visible ou l'infrarouge. Les puissantes LEDs de la série Shark sont utilisées dans la signalisation, les technologies de mesure analytique, la mesure de couleur et les applications d'illumination dans le médical.

La version UV de cette série Shark est remarquable, avec un assemblage de 50 x LEDs dans un même boîtier, optimisée à une longueur d'onde de 365 nm, cette série restitue 244 mW de puissance optique à cette longueur d'onde. Un courant de seulement 300 mA est requis pour émettre cette puissance dans un faisceau de +/- 54°. Ces LEDs sont montées sur un substrat de Beo et forment ainsi un réseau qui est ensuite monté dans un boîtier TO66 qui permet d'assurer à l'ensemble une excellente fiabilité.

Les applications typiques de ces LEDs se rencontrent en tant que source d'excitation dans des mesures par fluorescence, applications de polymérisation, de séchage des encres...

LEDs multilongueurs d'ondes

Dans certaines applications d'excitation par fluorescence, colorimétrie, analyse

sanguine, ainsi que dans l'instrumentation dédiée aux analyses cliniques, chimiques ou d'ADN, plusieurs longueurs d'onde sont nécessaires. Récemment introduites sur le marché, ces LEDs multi-longueurs d'ondes sont idéales pour ces applications. Dans ce contexte, plusieurs chips sont assemblées sur un substrat céramique extrêmement compact. Le client peut sélectionner lui-même les longueurs d'onde, facilitant ainsi la spécialisation à l'application.

Dans le modèle OTLA-0100 d'Opto Technology, dans la bande spectrale, par exemple de l'UV à l'infrarouge (383 nm, 405 nm, 470 nm, 505 nm, 530 nm, 570 nm, 594 nm, 660 nm et 700 nm), chacune des longueurs d'ondes peut être adressée et contrôlée individuellement. De plus, l'ensemble est caractérisé par un design compact, en fait les zones d'illuminations sont de 2 à 3 mm de diamètre, et la surface totale d'émission est aisément injectable au travers d'une optique additionnelle. De récents développements tentent de combiner ces LEDs multilongueurs d'onde et des sources blanches à LED.

Le marché des LEDs demeure excitant. Les développements permanents des LEDs ont le potentiel d'ouvrir des marchés prospectifs encore sous-évalués à ce jour. Ne serait-ce que les LEDs disponibles pour les marchés du grand public, tels que celles rencontrées dans les applications d'éclairage dans l'automobile, le transport, la signalisation ou le contrôle du trafic au sens large.

Les innovations dans le domaine des fortes puissances peuvent être utilisées dans les technologies d'assemblages, tandis que les chips standard (provenant généralement des productions de masse) peuvent être affinées afin de pouvoir être intégrées en multiémetteurs sur un même substrat, enfin l'activation individuelle de ces éléments peut être réalisée avec le savoir-faire nécessaire.

**Mark Gaston⁽¹⁾,
Tom Papanek⁽¹⁾,
Christian Merry⁽²⁾**

(1) Opto Technology USA.

(2) Laser Components SAS,
c.merry@lasercomponents.fr.