

「21世紀綠色照明光源 —發光二極體(LED)介紹」

總管理處 總經理室

LED 概述

發光二極體(Light Emitting Diode, LED)是由半導體材料所製成之發光元件，元件具有兩個電極端子，在端子間施加電壓，通入極小的電流，經由電子電洞之結合可將剩餘能量以光的形式激發釋出。自從1960年代利用GaAsP液相外延技術生產出第一顆實用的紅光發光二

極體，直到1993年日本日亞化學公司發展出氮化鎵(GaN)發光二極體，突破藍光發光二極體相關技術瓶頸後，隨即在1996年開發出全球第一顆白光發光二極體，發光二極體就成為照明界所矚目的新興光源。

LED種類繁多，依發光波長大致分為可見光與不可見光兩類。可見光LED主要以顯示用途為主，依亮度又可區分為一般LED和高亮度LED兩類，一般亮度產品主要應用於

各種室內顯示用途，高亮度產品則適合於戶外顯示，如汽車之第三煞車燈、戶外資訊看板和交通號誌等；不可見光亦可依波長長短再作區分。

LED 應用市場

就應用市場分析，LED 應用領域相當的廣泛，舉凡電子產品、家電產品、汽車、交通號誌、看板等需要點光源或面光源的場合，都是LED 的應用市場。早期LED 由於發光亮度低，主要應用於家電、電子產品或玩具等點光源應用領域，但自2000 年後，隨著高亮度LED 產品亮度與效率的增進，可攜式產品(如手機、PDA、數位相機等)大量使用LED 作為產品螢幕或按鍵的光源，配合可攜式產品市場的成长，使得可攜式產品成爲LED 最大的應用市場。

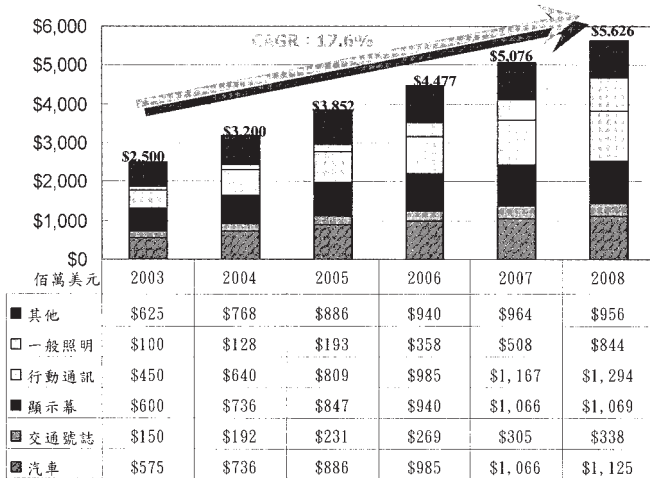
一、行動通訊手機、PDA 等)應用

1998 年手機開始使用高亮度LED 爲顯示器背光源，使高亮度LED 呈現第一波成長高峰。2002 年彩色手機風潮，配合韓系手機廠商大幅採用GaN系LED，使得高亮度LED 市場呈現第二波成長高峰。由過去發展歷程可以發現，由於手機市場規模龐大，其對LED 應用增加或改變產品型態時，對於高亮度LED 市場規模變化有絕對性影響。過去手

※LED 種類及應用

分類		應用波長	主要材質	主要應用
可見光	紅、橘、黃光	550-700nm	AlGaAs、GaAsP、GaP(一般亮度)	資訊、家電等指示燈
			AlGaInP(高亮度)	顯示看板、背光源、交通號誌燈、車燈
	藍、綠、紫光	400-550nm	InGaN	顯示看板、背光源、交通號誌燈、車燈、照明
不可見光	紫外光	<380nm	AlGaIn	照明(尚未商業化)、殺菌燈
	紅外光	850-950nm	GaAlAs、GaAs	遙控器、IrDA 模組

※高亮度 LED 主要應用市場規模



* 資料來源: 2004 communication industry researchers, Inc.

機在低成本考量下，多應用 GaP 系黃綠光 LED 作為手機螢幕及按鍵背光源，但自 2001 年起，由於彩色手機興起以及由韓國 Samsung 所帶領藍光手機風潮使得高亮度 LED 取代 GaP LED 成為主流。

近年來隨著彩色手機比重攀升，及 InGaN 系 LED 產品特性增進，InGaN 系 LED 自螢幕背光源起，逐漸取代 InGaAlP 系 LED，發展至今，除了在低階市場或手機指示光源尚可見 InGaAlP 系 LED 外，InGaN 系 LED 幾乎獨佔整個手機市場。不過由於高亮度 LED 在手機市場搭載率已相當高，除了照相手機用閃光燈外，也無明顯新興市場可持續帶動市場成長，再加上台系廠商自 2005 年進入手機螢幕用白光 LED 市場，帶起另一波價格競爭，估計未來手機用高亮度 LED 市場成長率將日趨減緩。

二、顯示幕應用

LED 單色顯示幕即LED 字幕機，其以單一顏色顯示文字或簡單圖形。大型彩色顯示幕包括彩色顯示幕及全彩顯示幕，彩色顯示幕係指以紅、綠、藍三色LED 搭配使用，可變化256色階，以顯示圖像及動畫。全彩顯示幕同樣以紅、綠、藍三色LED 搭配使用，可顯示萬種色階，顯像品質與電視影像輸出相近。主要可用於各式廣告牌、體育記分牌、金融資訊顯示、機場航班動態顯示、港口、車站旅客引導顯示等交通指示牌、郵政、電信、商場購物中心等資訊顯示。此種應用中國大陸需求量大，而2008年中國大陸將舉辦奧運，將加速此應用市場成長。

三、汽車(LED 車燈、車用照明等)應用

汽車用照明光源種類相當繁多，依光源應用區域可分為車內照明與車外照明。早在1997年左右，高亮度LED 便已應用車用光源中，

作為汽車儀表板指示燈，近年來高亮度LED 在汽車市場應用，除了車內光源外，其應用領域由儀表板背光源及電裝產品(如 Switch indicators、Car radio indicators、Climate control indicators) 指示燈用途，擴展到車內照明使用。同時也用在車外光源市場，應用產品有LED 第三煞車燈、LED 尾燈、LED 霧燈、LED 轉向照明燈等產品。LED 除了應用在儀表燈外，目前也有少部分應用於汽車車內閱讀燈及車內圓頂燈。不過由於白光LED 產品單價較高，目前僅有高價車種為襯托車款獨特性才會配備此種光源。

四、交通號誌應用

LED 交通號誌相較於傳統白熾燈交通號誌具有安全性佳，不會產生疑似亮燈情況及節能、低維護成本優勢，近年來隨著高亮度LED 價格下降，使得高亮度LED 交通號誌在各國應用比例大幅度成長，帶動高亮度LED 市場

成長。2004年美國新裝置高亮度LED交通號誌數1.4百萬座，較2003年成長約5%，為全球最大高亮度LED交通號誌市場。不過由於其裝置率已達50%以上，市場成長有限。反倒是日本及中國大陸等亞洲國家政府，加強對LED交通號誌基礎建設投資，為帶動2004年高亮度LED交通號誌市場成長主要動力。

五、LCD顯示器背光源應用

早期由於高亮度LED亮度不足，使其應用範圍侷限在7吋以下LCD顯示器中，無法在中大型顯示器應用。近年來隨著高亮度LED產品效率增進，以及環保概念在消費意識中逐漸抬頭，配合高亮度LED具備「高細膩度、高輝度」、「無水銀」、「高色再現性」等特點，所以能夠賦予液晶面板更高附加價值，相關廠商關注到高亮度LED在LCD顯示器背光源的應用可行性，已投入相關資源作產品研發。中大型顯示器對於高亮度LED單位需求

量相當高，以Sony於2004年11月發表的「QUALIA 005」9吋LCD TV為例，需要450顆高亮度白光LED，對於擴增白光LED市場有很大助益。不過目前LED應用於中大型LCD顯示器背光源尚有成本過高、散熱性不佳、發光效率低等問題，因此估計至2008年後才會較大幅應用。

六、照明應用

高亮度LED於照明市場的應用，是自1993年白光LED開發成功後，就開始得到世人的關注，各國政府及廠商都將其視為下一世代的光源。高亮度LED之所以能得到世人的關注，主要是因為其發光效率高及不含汞的特性，符合近代照明光源「省能」及「環保」的發展趨勢。除此之外，高亮度LED應用於照明光源相較於其他光源具有以下優點：

1. 壽命長／減少維修成本。
2. 電光轉換效率高，可大幅節省能源

3. 商品設計彈性高
 4. 配光特性自由度高
 5. 調光控制佳
 6. 無水銀
 7. 低電壓啓動
 8. 閃爍快、短殘光性
 9. 輝度及溫度安定性佳
 10. 指向光，燈具效率高
- 目前國科會科技大樓大廳的燈光就是使用白光LED，使用的高功率白光LED來自日本Nichia公司，燈具模組則來自國內的中國電器公司。

LED 照明應用概況

一般照明市場主要使用的光源型態有白熾燈泡、螢光燈、鹵素燈、HID燈等產品，白光LED與上述光源相較，具有省能、體積小與光指向性高等優點。

目前LED在產品特性上已具有與白熾燈泡競爭的條件，尤其在手電筒、探照燈、露營燈、閃光燈、水下攝

※LED與白熾燈泡、螢光燈特性比較

	白熾燈泡	螢光燈	白光LED
發光效率(lm/W)	8-17	60-100	25-35
驅動電壓	100V	數百 V	3.5V
色溫(°K)	2,100-3,000	2,500-7,500	5,000-8,500
演色性	100	40-90	70-75 以上
壽命(hours)	750-2,500	10,000-20,000	>10,000
光指向性	全面擴散	全面擴散	可選擇
機械 / 耐衝擊性	脆弱	脆弱	堅固
環保	不含汞	含汞	不含汞
流明成本 (US\$/klm)	0.4	1.5	130

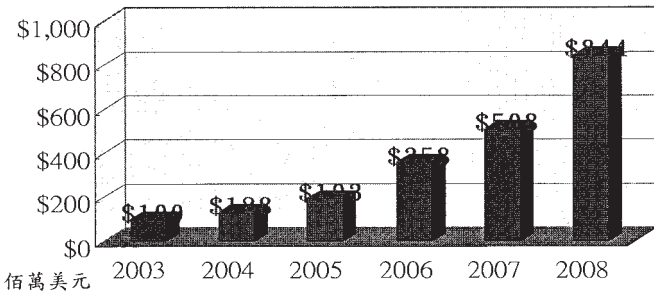
資料來源：工研院 IEK、光達雙月刊

影燈、醫療儀器照明燈、建築物等重点照明應用上，LED正迅速逐漸侵蝕1~2W小型電球市場。在此一市場應用，主要是利用Cluster生產技術，將單顆或多顆白光LED封裝成傳統燈泡或特定形狀之集合發光體，可直接應用在現有照明器具或特定之照明用途，搭配光學鏡面可以達到聚散光之需求。

不過受到LED產品效能與價格的限制，產品的發展仍停留於利基市場的發展階段，相較於每年約120億美元的一般光源市場，其市場的滲透率仍相當低，估計2003年市場佔有率約1%，但在LED效率持續提高及單價持續下跌的帶動下，預測至2006年市場佔有率將成長至3%。

目前白光LED在發光效率已超越白熾燈泡的水準，但其所發出的光通量仍相當有限。一般單顆5mm Lamp型白光LED僅能發出2~3lm的光通量，遠低於一般的白熾燈泡，雖然目前已有單顆發出120lm白光LED商品化，但相較於可發出1,000lm以上光通量的螢光燈，單顆LED所能發出的光仍顯不足。

※LED照明應用市場規模



* 資料來源:2004 communication industry researchers,Inc.

一、白光LED照明設備種類

1. 「LED 光源模組」：目前商品化的白光LED照明設備可分為兩類，首先是將數個LED加以組合，來提高白光LED光通量，藉此提高泛用性與實用性的「LED光源模組」，例如：LED手電筒。

2. 「LED 照明燈具」：另一種是以設計LED照明設備為前提，設計成「LED照明燈具」。目前此類燈具受限於產品單價偏高，目前市場上所推出的產品也相當有限，大體上目前所推出的產品，多屬於低照度而且無功能爭議的用途為主，或者是白光LED必需貼近照射物體表面的應用。產品型態大致可分為景觀、道路照明燈、室內投射燈、住宅及個人應用燈及建築物外觀照明燈四大類。

二、LED應用於照明之問題

目前多數研究機構對於白光LED在一般照明發展相當的樂觀，認為白光LED能藉由

能源議題成為未來的主流光源，但白光LED必須克服以下問題，才能廣泛應用於照明市場。

1. 單價過高

根據美國OIDA (光電產業發展協會) 及台灣PIDA (光電協進會) 的估計，2005年白光LED光源成本約為US\$130/km，相對的白熾燈泡僅需US\$0.4/km，而螢光燈也只需US\$1.5/km。若以實際商品的價格分析，近期購買120 lm 白光LED手電筒，其單價高達數千台幣，遠較於一般手電筒有數十倍的價格落差。

在一般消費者市場，由於價格的敏感度高，白光LED高單價，為阻礙其市場成長的關鍵要素，雖然廠商訴求以加計維修成本及能源成本後的總成本作為比較光源成本的依據，不過此種計算方式，很難得到一般消費者的認同。一般估計，若白光LED單價降至US\$10/km，發光效率達100 lm/W，則有望跨

越市場鴻溝，成爲主流光源產品。

2. 缺乏LED照明產品標準

「標準」對白光LED發展的重要性，已普遍得到業界的重視，國際照明協會 (International Commission on Lighting, CIE)、美國電機製造協會 (National Electrical Manufacturers Association, NEMA) 等國際性的組織亦積極催生白光LED照明標準，但由於白光LED產品的特性，及全球主要廠商對白光LED未來成長性的高度期待，白光LED至今都未有一致性的產品標準及量測標準。

在產品標準上的發展，由於關係到各廠商間的利益與競爭優勢，預期短期內仍不易見到全球性的標準產生，但日本日亞化學、豐田合成及松下電工等廠商也預計在日本成立一組織，計畫號召相關廠商制訂白光LED照明標準。預期未來在白光LED照明標準制訂的發展上，極有可能出現如汽車標準制訂的發展趨勢，先制訂出區域標準，再論及全球標準的調

和，如此發展將有助於白光LED照明標準的產生。

3. 產品設計的創新

白光LED特性與一般光源有明顯的差異，例如白光LED爲點光源、體積小、發出的光具有指向性等，因此在產品設計時，必須有獨特的考量。但目前多數商品化的LED燈具外型設計，在廠商取代現有光源的考量下，多沿襲現有的光源外型設計，例如想取代白熾燈泡，則設計球狀白光LED模組，想取代螢光燈，就設計線狀白光LED模組，由於產品外型相似，更加深消費者價格偏高的印象。

短期內白光LED不易突破其價格的劣勢，因此如何應用本身光源的特性，創造出與眾不同的產品，給予消費者在照明以外的價值，成爲設計上的重點。

雖然白光LED發展有許多的障礙橫阻，但目前產業的發展大致往正確的方向在進行，預期在2010年白光LED可望在一般照明市場

與白熾燈間有明顯的替代。

三、LED照明市場未來發展

1. 短期內以特殊照明為主，長期將以一般照明為目標

雖然LED與一般常用的白熾燈泡或螢光燈相較，具有環保及省能的優勢，但產品價格過高在短期內難以突破，因此近期LED在照明的應用會朝向特殊及重點照明發展，利用LED光源所具備的低耗電量與太陽能系統結合，成為綠色照明系統。或者是利用LED體積小、調光容易等優點，應用於現有光源所無法裝置的場合，創造出被裝置產品的獨特性，例如：商業展示、景觀、舞台裝飾燈、道路輔助燈等。預計至2010年後，LED將可逐漸取代白熾燈泡或螢光燈，應用於一般照明。

2.LED照明技術的突破

LED應用於照明市場目前受限於發光效率不足、成本過高等因素，因此無法廣泛使

用。目前日本Nichia、日本Toyota Gosei、美國Lumileds、德國Osram等LED國際大廠皆積極投入照明光源的研發，除了LED本身的發光效率提昇外，還須配合良好的封裝技術及合適的螢光粉，另外組成照明模組的光、電學模組系統設計也須相互配合，才能生產出高品質的LED照明模組，因此LED照明應用需要上中下游廠商及應用模組廠商共同開發，了解終端產品的需求，才能發展出實用的商業化產品。目前國內投入LED照明應用的廠商不多，在技術上的發展也不若國際大廠充足，因此除了上中下游廠商合作外，應可爭取與國外廠商合作機會或引進國外先進技術，以加速國內LED照明技術的發展。

參考資料

工研院經資中心、拓璞產業研究所、金鼎證券、光連雙月刊