

白光 LED 發展概論

Overview of White Light LED Development

許榮宗 J. T. Hsu

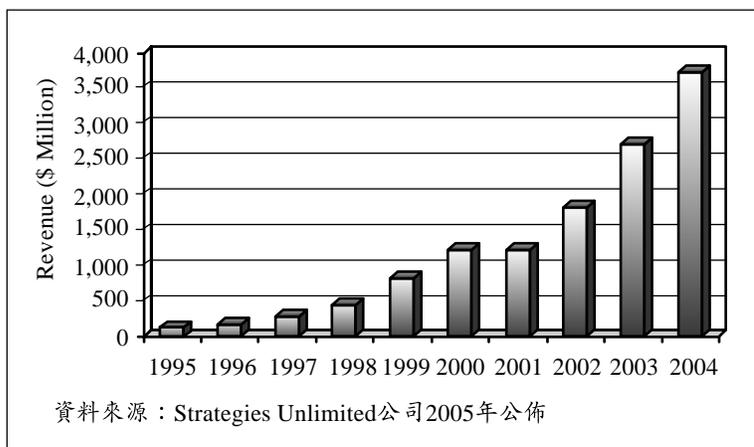
工研院光電所(OES/ITRI)正工程師

經過數十年的努力，單色 LED 已被證實具有體積小、發熱量低、耗電量小、壽命長、耐震等優點，而被廣泛使用在日常生活上各種顯示應用方面。近來，高亮度及白光 LED 也承襲該優勢，於新應用市場中快速竄起，根據美國 Strategies Unlimited 公司 2005 年的調查結果，自 1995 至 2004 年間，其產值成長數十倍，年複合成長率超過 40%，2005 年之總產值達 37 億美金，如圖一所示。其應用範圍也從傳統的顯示應用擴大至手機上各種背光、交通號誌、汽車用燈以及特殊照明等新用途，尤其手機上之應用佔 58%，如圖二所示，成長最為快速。若以顏色區分，白光 LED 佔 50% 左右，顯然已經成為市場之主流產品。

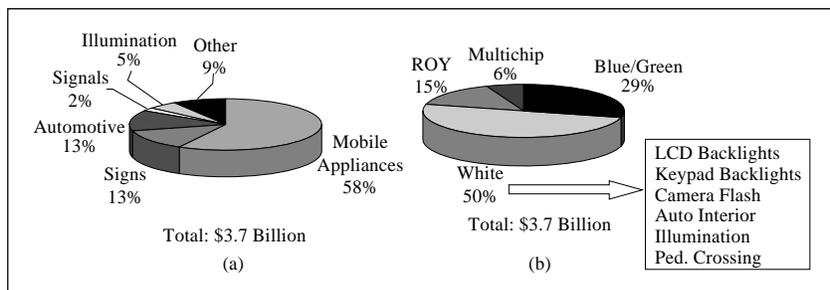
一般人所指的白光，是指白天所看到的太陽光，即蘊含波長自 400nm 至 700nm 範圍內的連續光譜，若以顏色而言，可分解成紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等七色。根據 LED 的發光原理，一般的 LED 只能發出波長極窄的單色光，為了

讓它發白光，必須組合兩種以上互補的光色而成，通常視其應用之不同，組合方式也不一樣。於顯示應用時，為了增加色彩飽和度，使用的光源儘量靠近 CIE 圖之三個角落，如圖三所示，雖然大都使用三顏色組成三角形，近來更有使用四角者，以涵蓋更大之面積；但於照明應用時，最好多使用螢光粉，因為 LED 色域很窄，而大部分螢光粉之色域都很寬，因而可提高白光之演色性，使被照物可顯示出最豐富之色彩。

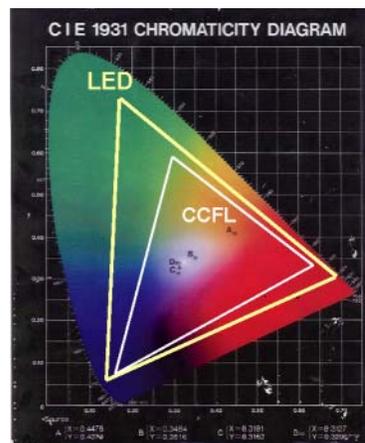
常用來形成白光 LED 的組合方式有三種，包括：①藍光 LED 與 YAG 黃色螢



▲圖一 高亮度及白光 LED 市場過去十年之成長情形



▲圖二 2005 年高亮度及白光 LED 產值分布情形：(a)依應用分類，(b)依顏色分類



▲圖三 CIE 圖中三角形的面積大小代表色彩飽和度之高低，其中顯示 LED 背光源較 CCFL 者為高（彩色圖片請見目錄頁）

▼表一 各種白光 LED 之比較

白光產生方式	發光效率 (流明/瓦)	演色性 (Ra)	優劣勢	機會
藍光 LED 與黃色螢光粉組合	~80	~83	優勢：成本相對較低，效率優 劣勢：演色性稍低，顏色均勻性稍微不足	小型 LCD 背光源，紅色螢光粉效率及均勻性技術有提昇空間
紅/綠/藍 LED 組合	藍光 LED~30 綠光 LED~43 紅光 LED~100 平均>80	>90	優勢：顏色可隨意調整 劣勢：電源供應複雜，顏色不均勻，成本較高	大型 LCD TV 背光源必須使用，均勻性提昇之技術空間大
UV LED 與多色螢光粉組合	~40	85~92	優勢：成本相對較低，演色性優 劣勢：效率低	效率提昇之空間大

光粉之組合；②紅/綠/藍三色 LED 之組合，以及③ UV LED 與多色螢光粉之組合，其特性及優缺點如表一所示。第一種主要應用於小型 LCD 之背光，第二種則應用於顯示幕和大尺寸的 LCD TV 背光，而①和③則具有照明應用之潛力。

由白光 LED 之各種特性分析，可發現其具有未來人類對環保節能及優值照明之潛力。因此，自 1997 年起至今，陸續有日本、歐洲、美國、台灣、韓國和大陸成立大型國家型研發計畫，大舉投入研

發，促使白光 LED 效率逐年提昇，其中以藍光 LED 和 YAG 螢光粉組合而成之白光 LED 之效率提昇最多。於 2000 年時，藍光 LED 內部量子效率為 50~60%，而光萃取效率接近 20%，因此，整體之外部量子效率只有 10% 左右；近年大量研發集中於光萃取效率之改善，提出諸如 TIP、Flip Chip、Pattern Substrate、Thin GaN、Textured Surface 以及 Photonic Crystal 等多項 LED 晶粒之新製程方法，大幅提昇藍光 LED 之光萃取效率，展示高達 75% 以上之樣品，結果也將藍光 LED 整體外部量子效率推到 35~40% 左右，配合 YAG 螢光粉後，白光 LED 效率可達 80 流明/瓦以上，與螢光燈達相同水準，而一般商業產品也達 40~50

流明/瓦左右，與省電燈泡相同水準，而為傳統燈泡的 3~4 倍，已經為 LED 照明應用展露曙光（請參考工業材料，第 220 期，p.143-154, 2005）。

國內 LED 產業自 1998 年以來即積極投入各種高亮度 LED 之生產，其市佔率年年升高，根據 IEK/ITRI 的調查，近年全球 LED 每年總產值約 1800 億台幣左右，國內產值佔 21%，為全球第二位；然而，全世界於 2004 年之 GaN 晶粒總生產容量為每個月 1,690 kk 左右，而國內近年來生產容量急速擴充，已達全球之 43%，超越日本成為第一，如圖四所示。由兩個數據相比，可見國內 LED 業大多生產量多而值低的產品，一方面係因投資過剩，導致惡性競爭；另一方面，則因缺乏研發，產品無法差異化，或建立自主專利，導致利潤偏低。

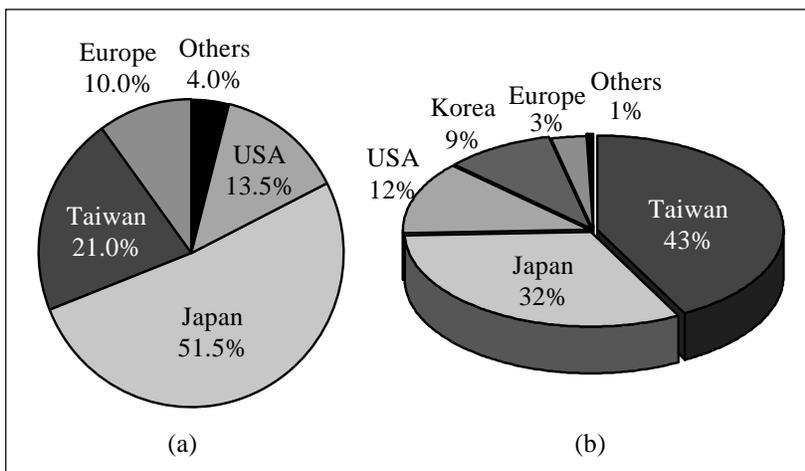
有鑑於此，經濟部於 2003 年推動大

型業界科專計畫，鼓勵產學研合作投入近紫外光和白光 LED 之研發，已獲得部分成效。然而，以藍光 LED 為基礎之白光 LED 有很多重大基本專利早已掌握在日本、美國和德國等先進廠商手中，雖然國內有數十家廠商投入其上中下游之相關產品開發，或因無法得到授權，或因授權費極高，以致國內產品常常僅能銷往無專利問題之國家，但又因彼此削價競爭，利潤依然十分有限。

反觀美日等先進國家，正積極投入研發更短波長的深紫外光 LED，除了期望突破其效率之瓶頸，於照明應用搶奪一席之地外，還希望可以於生醫、防恐等多方面擴大其使用範圍。然而，國內產業界則因規模較小，無法照顧 370nm 以下之深紫外光 LED 產品研發。

因此，工研院近來開始規劃前瞻性計畫，發展以深紫外光 LED 為基礎之高效率

白光 LED，以 365nm UV LED 為中心，配合高效率紅、橘、綠、藍等多色螢光材料，期能開發新一代白光 LED，以擺脫舊有專利之問題，並同時發展各種關鍵技術，包括低缺陷密度之 GaN 基板、高品質的 AlN 緩衝層薄膜材料等，以加速高效能的 UV LED 之開發，並於該領域做完整之專利佈局，以達成專利自主之目標。☞



▲圖四 (a)全球各種LED主要生產地區對LED產值之貢獻情形，(b)世界各國 GaN LED 晶粒設備生產容量分布圖