

LED 用於背光模組之發展及散熱問題

The Development and Thermal Issues of LED TV Backlight Module

張志豪 C. H. Chang

工研院材化所(MCL/ITRI)副研究員

摘要

由於LED/WLED具備效率高、耗電少及壽命長的特性，於市場的應用上非常受到重視，若應用在液晶電視的背光源，則可獲得優越的色彩表現。但因LCD TV輝度最低約為 $450\text{cd}/\text{m}^2$ ，需要LED/WLED的使用數量相當多，可達數百、上千之餘，加上必須密集排列及配置，而使得需要高輝度所產生的散熱問題更加嚴重，而且LED/WLED特性易受到高熱影響，也因此LED/WLED背光模組的散熱設計與散熱管理，將是一個重要的議題。本文將介紹台、日、韓等LCD大廠在LED背光模組的發展及解決其散熱問題的對策。

Abstract

LED/WLED has properties of high efficiency, low power consumption and long life. If it can apply to backlight unit of LCD TV, it can obtain gorgeous color. However, the luminance of each LED is too small to achieve the luminance of LCD TV which should be above $450\text{cd}/\text{m}^2$. Therefore, it needs thousands of LED/WLED to align in highly concentrated substrate. The thermal design and thermal management will be become more important topic in LED/WLED backlight module because the rapid heating problem. This topic will review the development history of LED TV backlight and its thermal solution.

關鍵詞/Key Words：發光二極體(Light Emitting Diode; LED)、背光模組(Backlight Unit)、散熱(Thermal Solution)

前言

由於液晶電視成長快速、需求量增加，至今仍使用冷陰極燈管(Cold Cathode Fluorescent Lamp; CCFL)作為主要的背光源，其成本與技術較目前發光二極體的背光源產品差異甚大，但是冷陰極燈

管演色性偏低及含汞，不利於環保，而且在亮度及色彩表現上尚未滿足消費者的需求。近年來，全球各大 TFT LCD 面板廠及背光模組廠積極研發，以發光二極體(LED/WLED)當作背光模組。由於發光二極體色彩飽和度高及無汞污染問題，使其有充分的理由取代現有冷陰極燈管，但在

電路控制、背光機構、散熱問題及高耗電量等技術尚待解決，也期許未來技術成熟與量產降低成本，符合大眾期待的價格，才是 LED TV 競爭力所在。**表一**為冷陰極燈管(CCFL)與發光二極體(LED)特性比較，由表中可看出 LED 背光源在色域、驅

動電壓、壽命、省電性及環保議題上均優於 CCFL 背光源，唯成本過高及散熱問題是其目前最大的致命傷，因此 LED 背光源亟待解決的兩大問題，就是降低成本及解決散熱問題。

LED TV 背光模組之發展

對於白光 LED 作為背光模組，可分為兩種：① LED 搭配螢光粉，以互補的作用產生白光，如藍光 LED 搭配黃色螢光粉，但對紅色的表現明顯不佳，若使用紫外光 LED 搭配螢光粉，則會使封裝樹脂與螢光體發生劣化；② R、G、B 三原色混合，色彩飽和度佳，對於 R、G、B 三原色混合在於封裝方式的不同，可分為單晶封裝(1 in 1)及三晶封裝(3 in 1)等。

早於 2004 年 8 月 SONY 首先推出型號 QUALIA 005 的 40 吋及 46 吋 LCD TV，如**圖一**所示，此兩款皆使用三色 LED 背光模組，當時 40 吋耗電量為 470W、46 吋耗電量為 550W，利用風扇、導熱管(Heat Pipe)及散熱片(Heat Sink)散熱，把導熱管

做橫向排列，並且將大型散熱片放在模組背面兩側，利用此設計，可以將導熱管傳送出來的熱，分散到兩側裝有風扇的散熱片進行散熱，使得背光模組總厚度高達 10 公分。雖然色彩飽和度高達 105%，但因價格昂貴、LED 發展技術與背光模組設計仍不成熟，故銷售量不高。

而後 PHILIPS、SAMSUNG

▼表一 冷陰極燈管(CCFL)與發光二極體(LED)特性比較

	CCFL	LED
色域	NTSC 70~80%	NTSC >100%
色溫	固定	可變
驅動電壓	300V以上，需Inverter	40V左右
輝度	70~100 cd/m ²	20~40 cd/m ²
壽命	6萬小時以上	10萬小時以上
耗電性	耗電	省電
環保問題	含汞	無汞
成本	低	高
問題點	含汞問題： 目前為因應環保需求於燈管內以氙氣(Xe)取代汞蒸氣。但由於氙氣的波形為方形波，需開發新的Inverter，製作不易且成本提高。	散熱問題： 在液晶面板設計時，若散熱問題沒有處理好，將會影響到整個液晶模組的穩定性，而且目前因多加風扇所多消耗的能源，也遠超過CCFL所需的消耗電力。

資料來源：http://www.pida.org.tw/optolink/optolink_pdf/94035604.pdf



資料來源：<http://www.1.21hifi.com/revhifi/20041025/01.htm>

▲圖一 SONY 於 2004 年 8 月推出以 LED 為背光源的 QUALIA 005 40 吋及 46 吋 LCD TV

及三菱等業者相繼推出以 LED 為背光模組的液晶電視，因模組耗電量及所產生的散熱問題，再加上電路基板與其他組件的配置，佔去模組絕大的空間，而顯得散熱問題更加複雜。若使用風扇，利用強制對流作用，雖可達到均勻散熱效果，但是面板尺寸增大，使得風扇數量也隨之增加，如此數量龐大的風扇所產生的噪音及振動，亦不可忽視；也因此部份設計者提出利用導熱管的設計，但是導熱管會因排列與設計不當，而產生熱傳導效率不良，失去原有的目標。

近年來，由於 LED 廠商在技術上有大幅改善，主要作法為提高 LED 發光效率，使 LED 數量得以減少，進而達到低成本及低耗電量的目標，主要以側邊型背光模組為設計；另一作法則使用低功率 LED，因低功率 LED 電流密度穩定，光源均一性佳，目前較多背光模組均採用此類作法，主要以直下型背光模組為設計。但由於 LED 本身特性的關係，在長時間發光狀態下，溫度及長時間使用下所產生白平衡變化，也是很難預期的。例如：在低溫點燈時畫面可能會稍微偏紅色，經過一段時間後，才會轉回白色等，所以在點亮至達到熱平衡的期間，調整後白平衡會有所變化，因此需要再次控制白平衡調校。而為了對 LED 的顏色進行監控，必須使用 Color Sensor 進行監控其輝度及白平衡，若 LED 背光源發生異常現象，只需透過 Algorithm 對背光做補償控

制。**圖二**為南韓三星電子於 2005 年 CES 展上展示之 46 吋及 40 吋液晶電視，係採用中功率(0.3~0.5W)的 LED 及直下型背光模組設計，無需額外的散熱設計。

電路控制技術導入背光模組應用

在 LED 背光模組技術不斷進步下，降低背光模組的耗電量，可以避免產生 LED 因熱效應所造成輝度、亮度及白平衡的變化，減少使用或不使用散熱模組，僅靠背板(Back Frame)做熱傳導，即可達散熱效果，使得背光模組重量減輕、厚度變薄，同時也可以降低成本。目前各家廠商皆使用直下型 LED 背光技術，並且搭配色序法(Color Sequential)及區域控制(Area Control)的技術，使亮度及對比能有效地提升，有效降低模組耗電量，但須對電路的控制及面板特性的優化等進行設計。**圖三**為中華映管在 2006 年台北平面顯示器展，展示其利用色序法搭配 Color Filterless LCD TV 的技術，即不使用彩色濾光片，直接利用 R、G、B 三色在空間上快速切



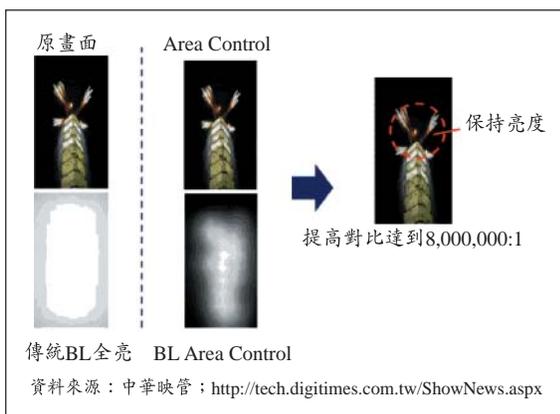
資料來源：<http://china5.nikkeibp.co.jp/china/news/elec/200501/elec200501120129.html>

▲圖二 南韓三星電子於 2005 年 CES 展上展示 46 吋及 40 吋 LED 背光液晶電視



圖片來源：DigiTimes Research，林芬卉攝影

▲圖三 華映於2006年台北平面顯示器展展示使用色序法並搭配 Color Filterless LCD TV 的技術



傳統BL全亮 BL Area Control

資料來源：中華映管；http://tech.digitimes.com.tw/ShowNews.aspx

▲圖四 動態區域控制(Dynamic Area Control) (彩色照片請見目錄頁)

換，在轉換時間短於人類視覺所能分辨的時間內產生混色的效果。由於其使用的LED總功率約85W左右，因此只靠LED背板散熱，不需額外加散熱片。

使用動態背光技術(Dynamic Backlight Control)是現在液晶面板廠普遍投入開發的技術，主要也是能夠動態判讀影像，讓畫面整片變得更亮或更暗，以提高對比。圖四為中華映管應用動態區域控制技術，在



資料來源：奇美電子；http://tech.digitimes.com.tw/ShowNews.aspx

▲圖五 奇美LED背光導入區域控制技術。左圖為傳統技術，右圖為採用新技術成果(彩色照片請見目錄頁)

畫面呈現到人眼之前，先判讀出背景為全黑不需要點亮LED光源，並隨著影像作動態光源點滅，最高可達8,000,000:1的對比值。這種方式可降低同時間LED的耗電量及發熱量，但仍靠散熱片進行散熱。圖五為奇美電子使用區域控制與傳統的技術比較，右圖為採用區域控制技術的成果，其耗電量由205W降低至117W，比傳統技術節省了約40%的耗電量。

結語

隨著液晶面板尺寸的增加，所需的LED數量也隨之增加，使得LED背光模組成本提高，對於散熱技術的挑戰也因而更為艱鉅。如果僅靠改變模組機構的設計，就望能一舉解決熱效應的問題，仍舊是不夠的，還需要LED業者的一起努力，包括晶粒與PCB材料都必須進行改善，以達到低溫且高亮度的LED，如何有效運用LED特性、電路控制及散熱模組技術，未來將是一個重大的課題。