

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫二：高效率整合型面板光源(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2215-E-009-073-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學光電工程學系(所)

計畫主持人：謝漢萍

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 5 月 24 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

高效率智慧型面板之研究—子計畫二

高效率整合型面板光源(1/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC93 — 2215 — E — 009 — 073 —

執行期間： 93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

計畫主持人：謝漢萍

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學 光電工程學系 顯示科技研究所

中 華 民 國 九 十 四 年 五 月 十 八 日

摘要：

關鍵詞：LED 背光源、色序控制法、無彩色濾光片

傳統的彩色液晶顯示器結合液晶, 彩色濾光片與 CCFL 背光源。此種傳統液晶顯示器的缺點為光效率低與功率損耗高。色序控制法以 LED 為背光源於液晶層後方, 以不同的時序來表現顏色故不需要彩色濾光片。因此, 我們提出高效率整合型背光模組來增進光效率與降低功率損耗。

高效率整合型面板光源具有亮度高, 功率低, 厚度薄, 重量輕, 整合度高和高光效率等特點, 為了實現這樣的先進系統, 需要整合顯示與電路設計的技術, 始能完成。本計畫包含光學、電路二個領域來提昇平面顯示器效能及整合度。這個新穎整合型面板光源結合高效率 LED 背光源與色序法電路技術, 新穎的背光板結合 LED 光源於高反射率光學腔 (Optical cavity) 中。LED 光源具有優異的色彩表現能力與低功率之優點, 配合色序法 (color sequential) 技術, 不需使用彩色濾光片 (Color filter) 便能提升兩倍的光效率更有更大的色域範圍, 以提升 TFT-LCD 彩色的表現能力。本計畫研究新穎高效能面板光源, 配合驅動技術, 以符合高亮度低功率的需求, 而達成高整合功能於平面顯示器的目標。

Abstract:

Keywords : : LED backlight、Color sequential、Color filter less

Color representation in a conventional color liquid crystal display (LCD) is combination of liquid crystal cells, micro color filters on each pixel, and a white backlight. The disadvantage of conventional LCD is low optical efficiency and high power consumption. A color sequential LCD reproduces each primary color component in a time sequence using LED backlights and a fast response liquid crystal cell without color filters. Therefore we purpose a high efficiency integrated backlight system to increase optical efficiency and reduce power consumption.

High efficiency integrated backlight has advantages of high brightness, low power consumption, thin thickness, light weight, high integration, and high optical efficiency. To realize such an advanced system, the integrated effort of the progressive techniques in displays and circuit design are essential. This project contains the optical and electronic domains to enhance the performance of flat displays and to increase integration level. This novel integrated backlight concept incorporates a high efficiency LED backlight and color sequential circuit technology for impulse-type display. LED light sources are integrated into a high reflectivity optical cavity. We can expect that using LED as the light sources gives advantages in terms of color performance and low power requirements. Without color filters, color sequential technology can more than double optical efficiency. The novel high efficient light source with the corresponding color sequential driving scheme is investigated for high brightness and low power consumption. This High efficiency integrated backlight will be pursued for being greatly integrated functions of the flat panel display.

前言：

平面顯示器產業不斷蓬勃發展。台灣加入 TFT-LCD 量產行列以來，由於具有接近 IT 市場、可降低生產成本，並具有彈性化經營管理等優勢。但在關鍵技術的研發上仍需進一步提升才能維持市場競爭的優勢。現今 TFT-LCD 僅有不到 10% 的光效率，提升光效率並降低功率損耗便成現階段 TFT-LCD 研究的重要課題。本子計畫便是以提升顯示器光效能、降低功率損耗達成降低成本為目標，開發新穎的高效能整合型面板光源。

現行背光模組的技術，仍以 CCFL 光源為主，其缺點為厚度大、工作溫度高、操作電壓達數百伏特、光譜分布範圍受限制等。厚度是造成螢幕輕量化的阻礙，工作溫度高會影響顯示品質與使用壽命，光譜分布範圍不夠廣，將使得螢幕的色再現能力受到限制。操作電壓高增加功率消耗並降低螢幕壽命。在此提出以 LED 作為替代光源，LED 的優點具有使用壽命長，低功率，3-15V 的低操作電壓，此外，LED 具有高色純度優點和較寬的彩色反差係數(color gamut)特性，以及較高的色階顯示能力和可調白點(tunable white point)等優點。若將 LED 光源與 optical cavity 結合成面板光源，這種整合型面板光源具有 TFT 製程相容特性，可將背光模組整合在顯示器製程當中，更能突顯其輕、薄的優點。

彩色濾光片為 TFT-LCD 最大光功率損耗元件，彩色濾光片會損耗至少 66% 的光能量，加上偏光板後使得整體光效率僅有不到 10%。因此，彩色濾光片是 TFT-LCD 低光效率的最大因素，同時還影響面板的色彩顯示品質，現今 LCD 在顏色表現能力上較 CRT 弱，是受限於彩色濾光片結合 CCFL 光源後光譜線較窄的原因。若將光源以 LED 取代 CCFL 便可以達到較佳的色純度與彩色反差係數。增加彩色濾光片透光率的最佳方法是不使用彩色濾光片，搭配色序法驅動技術不需使用彩色濾光片能達成高光效率及更大的色域範圍(>125% NTSC 色域)目的。

本計畫中，提出“高效率整合型面板光源”的前瞻觀念性構想，為了在改善現行顯示器面板光源效率偏低的問題而提出高效率整合型面板光源，目的在提升發光效率，達成無需使用彩色濾光片的背光模組。結合顯示技術與電子元件系統的研究專家，共同開發所需之具有具有優異光電特性的前瞻技術。研發的重點除了強調高光效率及背光模組系統整合外，並著眼於建立完整橢圓錐光量測系統包含光學特性分析、光學模組軟體、製程整合及驅動電路技術，以期能在研發完成後，藉由適當的擴散機制，順利移轉產業界，提昇我國技術水準，衍生更具附加價值的新型顯示系統。

研究目的：

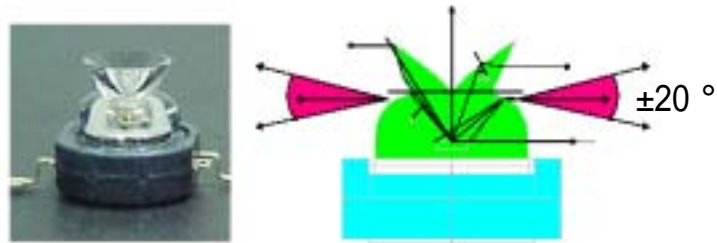
本篇研究的目的是在提升 TFT-LCD 整體光效能與降低功率損耗，由前面背光模組與彩色濾光片的特性簡介了解對效能損耗後，針對兩這種元件提出新高效能整合型面板光源，其架構以 LED 為光源結合高反射率的 optical cavity 形成高

效率的直射型背光模組。利用控制電路搭配色序法(color sequential)技術，依序發出 R、G、B 光，便可達成混光的作用，不需使用極低光效率的彩色濾光片(Color filter)，便可提高光效率與降低操作電壓即具優異色彩表現之特性。結合 TFT 製程相容的特性，將 LED 背光模組與高反射率的 optical cavity 整合在顯示器製程中，使得背光模組能夠在顯示器製程上同時完成具有積體化、輕量化之優點。成為一種兼具高光效能與低電功率消耗的顯示元件，進一步改善平面顯示器的既有特性，加強發揮平面顯示面板的優勢。同時，也提升產品整合度，擴張其應用範圍，提高顯示器產品的競爭力和附加價值。以下先就本計畫的主要重心加以說明。

首先利用光學軟體建立一個背光源模型，將 LED 光源結合於背光源模型當中，此處需仔細考量 LED 光源的光譜特性與電器特性，由於 LED 的封裝型態對於 optical cavity 具有重大的影響，將分析以 LED 光源經過高反射率的 optical cavity 來計算光場分布。藉由此模擬分析來計算 LED 的出光角度與 optical cavity 中的反射光柵的均勻擴散光場分佈情形，計算光柵的大小、形狀與反射光的分佈角來獲得最佳化反射光柵。所以，此背光源模型對於整個背光均勻性與效率有著重大的影響。色序法(color sequential)驅動電路的優點在於取代彩色濾光片(color filter) 及提升開口率或增加解析度，由於彩色濾光片視 LCD 降低光效率的最主要因素。因此，利用色序法驅動 LED 背光源來達成不需使用彩色濾光片的目的。同時，比較此種背光模組與傳統的需要的 CCFL 背光模組的光學效能進行光電特性量測。搭配液晶的多穩態記憶特性結合智慧型電路降低驅動電路的耗電量。結合 TFT 製程相容的特性，利用光罩在顯示器製程製作反射光柵，將 LED 背光模組與高反射率的 optical cavity 結合在顯示器製程中，使得背光模組能夠在顯示器製程上同時完成具有積體化、輕量化之優點。

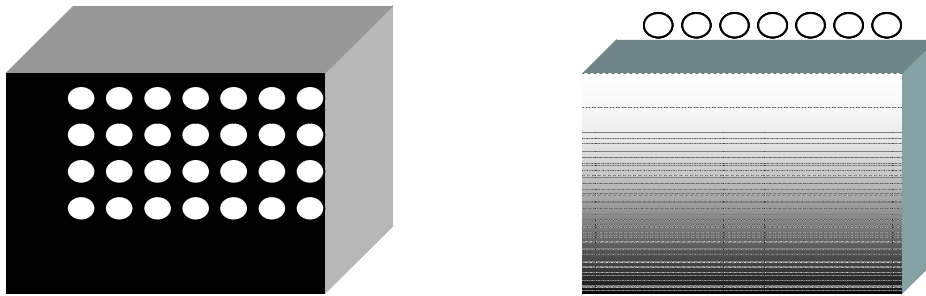
文獻討論：

隨著 LED 製程的不斷開發，新式的 LED 其光效率(1m/W)已大幅提升，其中紅光 LED 在文獻上更是到達接近 CCFL 的水準，如此一來，以 LED 光源來取代 CCFL 的時程已指日可待。在改進 LED 封裝的型態，有數種結構被發展，如直射型、兩峰值型和邊射型 LED，其光場分佈各有其特色。目前討論以邊射型 LED 為光源來設計 optical cavity 的文獻為最多，封裝如[圖一](a)所示。原因是邊射型 LED 其光場分佈具有高度集中性，其發散角為 ± 20 度，如[圖一](b)，容易與搭配的 optical cavity 進行結合設計，指向性的光源發展能更有效利用光，提升光使用效率。此外，LED 的封裝也有單色與三色之分，單色是單一個封裝內只有一種顏色的 LED 晶片；三色的封裝內有三個不同顏色的晶片。以混成白光的效果而言，以三色的封裝為佳，然而價格較高與整體封裝較大，是其缺點，較不利於 optical cavity 整合。



[圖一] (a) 邊射型 LED (b) 其光場示意圖

在 optical cavity 的發展，主要有直下陣列排列 LED 和側邊陣列排列 LED 兩種。直下型排列 LED，如[圖二](a)，將 LED 排列於出光面之下，優點是無須額外的導光板的設計，可減輕整體背光模組的重量，缺點是需要較厚的模組厚度來達到均勻混光的效果。側邊陣列排列 LED，如[圖二](b)，與傳統 CCFL 背光模組非常類似，光源在面板側邊，光進入導光板並由擴散點導出光，優點是可在較薄的模組厚度就達到可接受的均勻度，缺點是導光板增加了模組的重量。

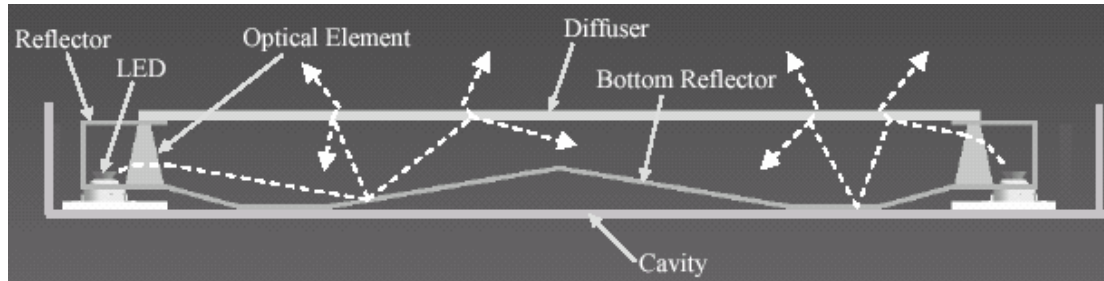


[圖二] (a) 直下陣列排列 LED (b) 側邊陣列排列 LED

在尺寸上的朝向大型化面板發展，在亮度與均勻度的考慮下，百顆以上的 LED 被放在同一個面板中，以目前的技術而言，其散熱與功率消耗問題相當嚴重。因此，如何有效提高光效率是極為重要的，提升光效率的優點可減少 LED 使用量，同時減少功率消耗。色序法控制技術不需低效率的彩色濾光片，可有效提升光效率。其技術是控制 LED 光源依照 RGBRGB... 的順序快速的重複作開關動作，當需紅色像素時紅色 LED 發光而綠色、藍色 LED 則關閉。控制遮光、通過的時間比例便可實現全彩化。其優點包括降低光損耗，減少製程降低成本。可維持相同解析度但簡少驅動線路 2/3 面積，可增加開口率，有助於亮度提升。

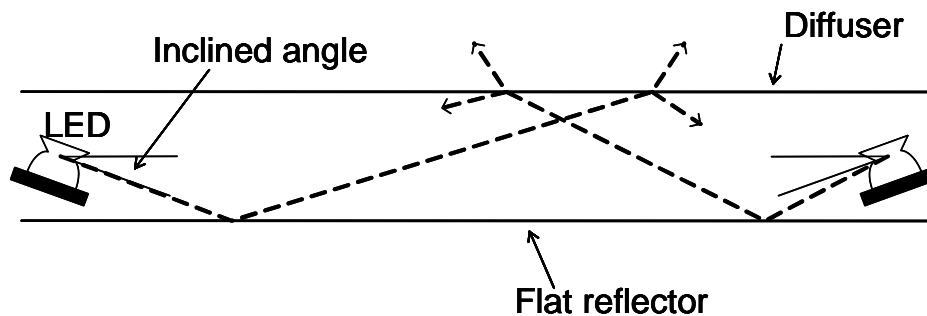
研究方法：

在改善背光模組中 optical cavity 的厚度與重量的問題方面，SID' 04 有文獻提到大尺寸且輕薄輕量化 optical cavity 的結構，如[圖三]



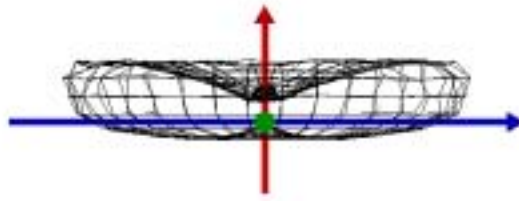
[圖三]Sakai 等人於 SID' 04 提出的背光模組

增加的光學元件和高突的反射板是用來控制光在 cavity 行進方向來達到高均勻度。我們為了減少系統的複雜度與製作上精確度的要求，在同一個面板尺寸的例子中，適當的旋轉 LED 擺放角度，期望達到不加光學元件和平坦化反射板的目標。示意圖如[圖四]

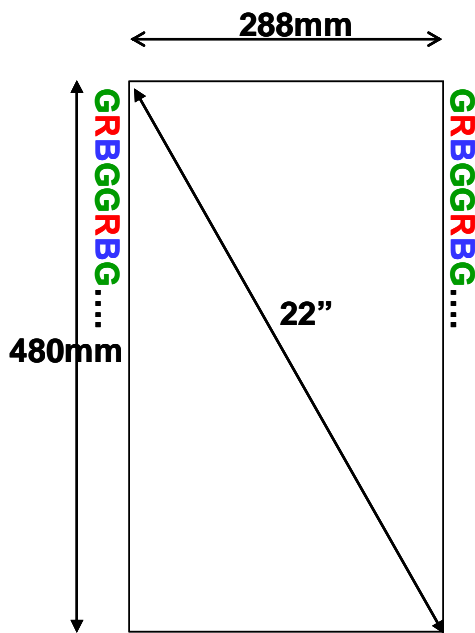


[圖四]本計畫設計的背光模組

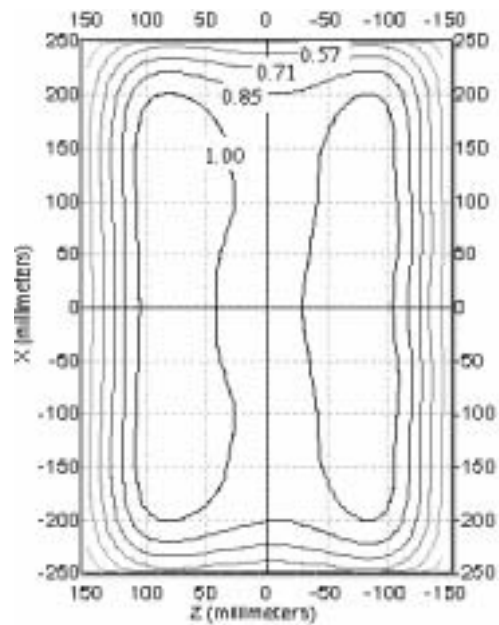
進行步驟首先以光學模擬軟體建立 LED 光場分佈，如[圖五]。然後建立 optical cavity 的模型，以 22" 面板為例子，兩側邊為 LED 陣列，如[圖六](a) 在出光面放置吸收面，之後實行光追跡模擬程式，看其亮度二維分佈圖，如[圖六](b)，可判斷其均勻度好壞。在最佳化過程中，調整光源高度、傾斜角度、LED 數目、反射面特性等參數，來找尋最佳參數。除了用光學軟體模擬之外，也用數學模型來定義光通量密度，推導出傾斜角度的通式，可將此傾斜 LED 光場的技术推廣到一般情況。



[圖五]LED 光場分佈模型



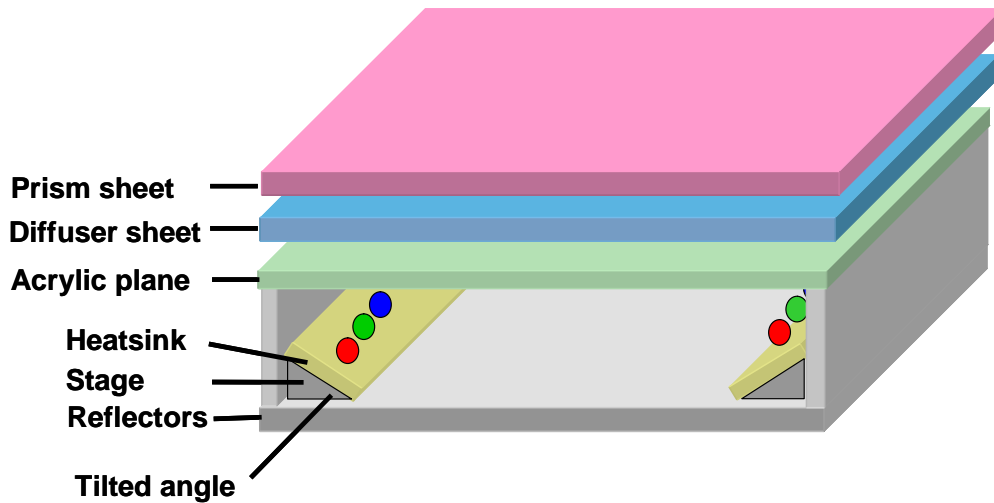
[圖六](a)22” 面板尺寸示意圖



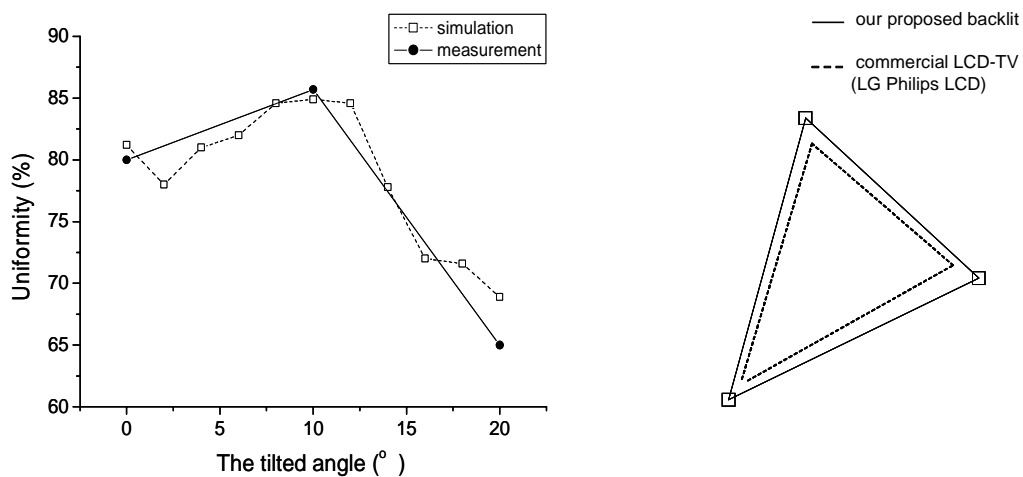
(b)亮度二維分佈圖

結果與討論：

模擬結果顯示，在大尺寸 22” 的例子中，LED 傾斜角度 10° 是最佳值，可達到均勻度 85%。在實際製作方面，以機械加工作出 optical cavity，在其反射面貼上高反射率薄膜，如[圖七]所示。此外三個不同傾斜角度 0° 、 10° 與 20° 的平台用來支撐 LED 陣列。每個角度的實驗中，用橢圓錐光量測系統量測亮度。根據 ANSI-92 標準量測出光面上九點，取最小值和最大值的比值來表示均勻度。量測結果顯示與模擬結果接近，如[圖八](a)。此外在傾斜角度 $8^\circ \sim 12^\circ$ ，可得到穩定的均勻度表現。在色彩表現方面可得到 1.3 倍於傳統色彩反差係數(color gamut) 如[圖八](b)。



[圖七]optical cavity 示意圖



[圖八](a) LED 傾斜角度對均勻度的模擬與量測結果

(b)LED 背光與傳統色彩反差係數比較圖

計畫成果自評：

本年度計畫目前完成 LED 光學模型的建立，並完成以光學追跡法計算 optical cavity 之均勻性與背光源出射角之最佳化，並推導出 optical cavity 與 LED 光場分佈與均勻度之間的一般式，也驗證有較佳的色彩表現。

第一年度的研究，提出一種新的 optical cavity 結構，除了完成電腦光學軟體模型建立，同時製作出原型並量測驗證結果，其推導的一般式可推廣到其他尺寸的設計。在設計過程中，累積了電腦光學軟體使用經驗，對往後設計光學模型有顯著的幫助。在實作過程中，所遇到 LED 散熱與 optical cavity 因應力扭

曲的情況也是於接下來的設計所需要進一步考慮的。

由以上具體成果，認為本年度計畫已為後續研究建立了良好的基礎。

已發表之研討會論文

- (1) C.-H. Chen and H.-P. Shieh, "High Uniformity of Large Size Backlight System with Inclined LED Array," International Display Manufacturing Conference (IDMC), pp. 407-409 (2005).
- (2) C.-H. Chen and H.-P. Shieh, "Inclined LED Array for Large-sized Backlight System," Society for Information Display (SID), (2005).