

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

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(3/3) 研究成果報告(完整版)

計 畫 類 別：整合型
計 畫 編 號：NSC 95-2221-E-009-227-
執 行 期 間：95 年 08 月 01 日至 97 年 10 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

計畫參與人員：此計畫無其他參與人員：

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 98 年 01 月 22 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

高效率整合型面板光源

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： 95 年 8 月 1 日至 97 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 顯示科技研究所

中 華 民 國 九 十 七 年 十 月 三 十 一 日

摘要：

關鍵詞：LED 背光源、色序控制法、無彩色濾光片、色分離

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 breakup

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.

目錄

1. 前言	1
2. 研究目的	2
3. 文獻討論	3
4. 研究方法	5
5. 結果與討論	16
6. 計畫成果自評	20
7. 已發表之研討會及期刊論文.....	21

1. 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。

色序法液晶顯示器(Field Sequential Color Liquid Crystal Display, FSC-LCD)技術，利用人眼視覺暫留，使用時間混色的方法，獨立連續開關 R、G、B 之三個單色的光源，得到全彩的影像，不僅能改善傳統液晶顯示技術的發展瓶頸，進而提升系統色域及飽和度、降低材料成本等，甚至更能大幅提高顯示面板的電光轉換效能。然而在 FSC-LCD 中有個潛存的影像缺陷—色分離(Color Breakup, CBU)現象。若人眼與影像有相對的移動，由於同一畫面的 R、G、B 子畫面投射在人眼視網膜的位置不同，會產生邊緣原色錯開的現象。色分離現象將影響此顯示器成像品質的優劣，若能有效抑制色分離現象，將是決定 FSC-LCD 是否能取代傳統型液晶顯示器的重要關鍵。

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優異光電特性的前瞻技術。此外，研究抑制色序法在液晶顯示器螢幕之色分離現象成因，並提出受限於液晶反應時間下，

可有效抑制色分離現象之方法。其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。

2. 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。目前 LCD 的發展著重於節省能源消耗、提高光電效率、獲得高解析度及高色彩飽和度畫面。以色序法彩色顯示器(Field-Sequential Color Display, FSC Display)的成像而言，該顯示技術具有高解析度、小面積、超薄、高效率、可彩色顯示與單色顯示的自由切換、高速動畫及低功率消耗等優點，為下世代彩色顯示器的重要技術。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。此外，搭配快速反應的液晶模組來實現 FSC-LCD 系統，並研究有效抑制色分離現象的方法。

3. 文獻討論

隨著 LED 製程的不斷開發，新式的 LED 其光效率(lm/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 1(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 $\pm 20^\circ$ ，如圖 1 (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。

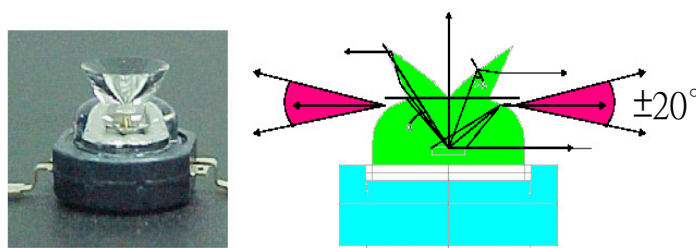


圖 1 (a) 邊射型 LED (b)其光場示意圖

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 2 (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 2 (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。

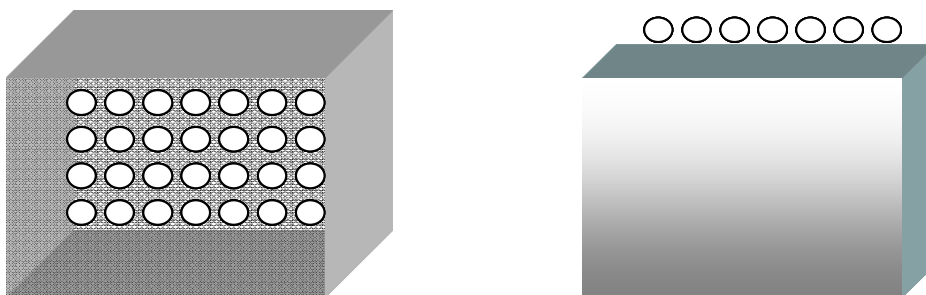


圖 2 (a) 直下陣列排列 LED

(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。

色序法液晶顯示器(Field Sequential Color Liquid Crystal Display, FSC-LCD)技術原理是利用三原色在人眼視覺暫留的時間內，將所提供的光刺激累加而得到彩色的圖像。雖然相較於目前其它的顯示技術具有更好的顯色特性，但色分離現象(Color Breakup, CBU)，此缺陷會降低顯示器的影像品質，在長時間觀看下，亦可能造成眼睛疲勞，是一個不可忽視的現象。此色分離(CBU)現象發生於影像與人眼有相對運動時，人眼移動速度不同於顯示器的響應速度，將會使影像各原色在視網膜上造成錯位，如圖 3 所示。



圖 3 (a)原始影像

(b)有相對運動時產生的 CBU 影像

文獻上解決色序法液晶顯示器其色分離現象的改善方法有增加顯示器的畫面更新頻率、利用多色混色場插入補償及動態畫面補償的方法，以下將針對先前技術作簡單整理。

增加顯示器的畫面更新頻率

提昇色場頻率、減少色場時間、等效去減少相對運動的量值。以目前的單微鏡片元件(Digital Micro-Mirror Device, DMD)晶片的簡報投影機為例，其色輪(Color Wheel)的最高轉速已達到六倍的視訊頻率(60Hz)，即單一圖像時間內含有 24 個色場 (紅／綠／白／藍)，在一定觀賞距離之外，極難察覺色分離條紋。然而，對於現有液晶材料及模態而言，尚無法具備如此快速之響應速率，這是 FSC 技術一直無法落實在 LCD 的主因。

插入其他色場畫面

在原先的三原色場(RGB fields)中，插入其他的顏色場，如青色(Cyan, C)或黃色(Yellow, Y)場，使得色分離條紋與所插入之色場混合，減少顏色條紋的對比，以減少被人眼視覺系統察知的機會。

動態畫面補償

分析畫面的移動物體，作為預期眼球跟隨移動影像的移動速度；接著依據畫面內容及眼球速度，調整各色場影像內容，如圖 4，以期在觀察者觀看時，得以減少眼球與畫面各色場之間的相對運動，以減少色分離條紋寬度。此法的缺點是需要較複雜的演算法及執行演算法所需之硬體。

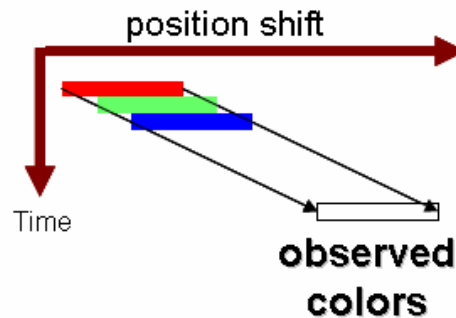


圖 4 動態畫面補償示意圖

色分離現象在 FSC-LCD 中，在顯示應答速率有限的情況下，只能設法令色分離效應盡量不被觀察者所感知。目前最多採用解決色分離現象的技術大多為提高顯示器的更新頻率，如上述之前二種方法，但受限於液晶的反應時間，提高更新頻率有一定之極限。此外動態補償方法，若眼睛與移動物體產生反向的運動，則會導致更嚴重的色分離現象發生。

4. 研究方法

本計畫將由背光模組建立，進而搭配液晶模組，來驗證提出之色序法顯示器優勢和有效抑制其色分離現象的方法。在傳統液晶顯示器的結構圖如圖 5。設由背光源出來的光通量為 100%，由圖 5 可看出光效率損失最多之處為偏光片（損失>50%）以及彩色濾光片（損失 67%）。因此吾人針對此二損耗提出解決方案：以色序法取代濾光片，及以次波長光柵取代偏光片。此外，以 LED 做為光源還具備較大色域之優點；於背光模組之導光板上，吾人將再加上微光學元件的設計，還可達到高均勻度的效果。簡言之，吾人提出的**高效率背光模組**(如圖 6 所示)係以彩色 LED (RGB-LED) 做為背光源，搭配色序法、微光學元件、次波長光柵元件，以取代濾光片及偏光片，並具備高均勻度及大色域等優點。

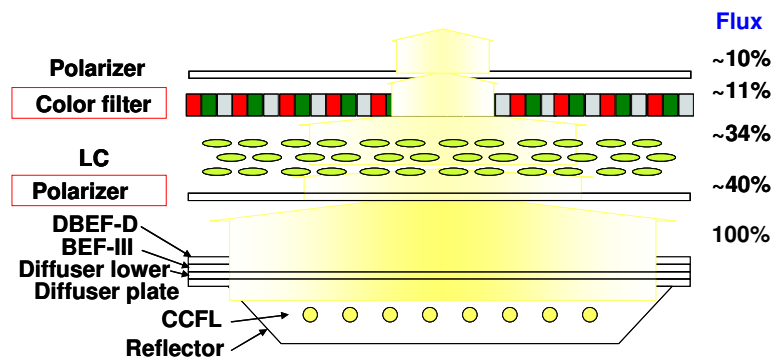


圖 5 傳統液晶顯示器架構圖

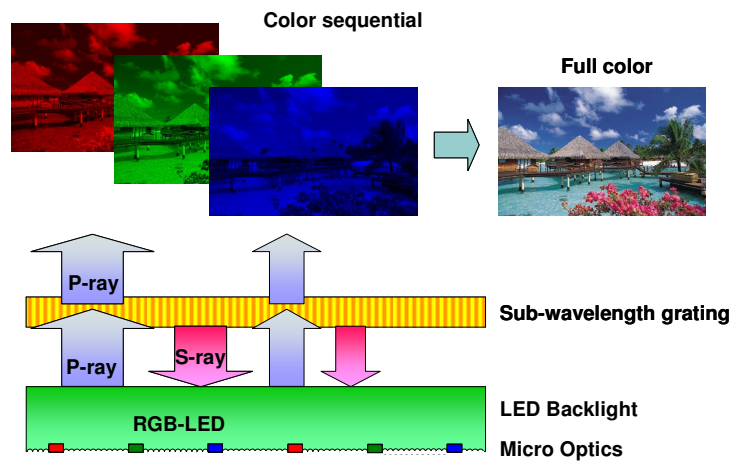


圖 6 高效率背光模組示意圖

分析傳統以 CCFL 做為背光源之液晶顯示器，可知當背光源提供 8500 nits 的亮度時，經過各元件的損耗，實際出光亮度約為 800 nits。同樣是 800 nits 的出光亮度，對吾人高效率背光模組而言，只需提供 1650 nits 即可，如圖 7 所示。換言之，以此高效率背光模組架構成的顯示器，其背光源只需提供 1650 nits 即可等效傳統背光源提供 8500 nits 時的出光亮度。此外，由於此設計最大優勢是去除濾光片以使光效率提升三倍，因此即便仍採用傳統的偏光片(光效率約 40%)，RGB-LED 背光源亦只需提供 2650 nits 即可等效傳統背光源提供 8500 nits 時的出光亮度。故此，吾人之高效率背光模組，可大幅提升光效率。

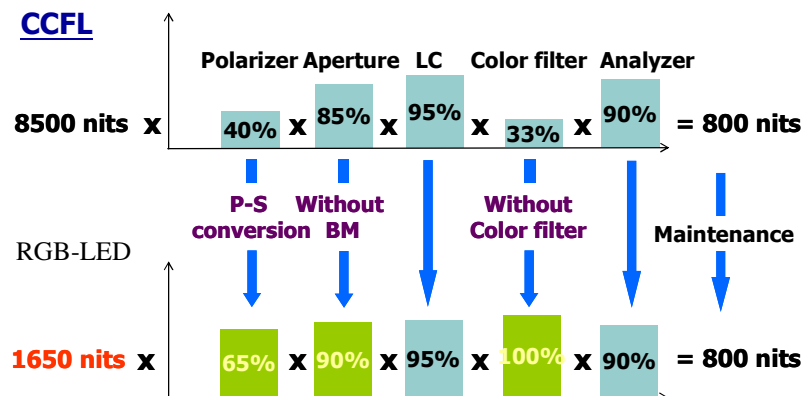


圖 7 高效率背光模組與傳統背光模組之亮度比較

針對 LED 背光源所設計的導光板如圖 8。由於研發階段不便以 37 吋之大尺寸背光模組驗證想法，因此吾人先以 5.6 吋之導光板實作樣品，首先設計 LED 的擺設，使用的 R、G、B LED 顆數分別為 12、24、12。接著以光學模擬軟體設計微光學元件以優化光分佈均勻度。模擬結果顯示：未加微光學元件時的光均勻度如圖 8 右上圖，加上微光學元件後則如圖 8 右下圖。由此二圖之比較可看出均勻度明顯提升。

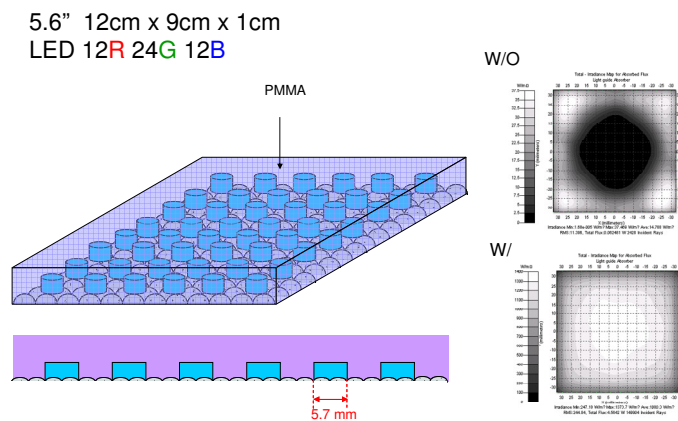


圖 8 導光板搭配 LED 及微光學元件之設計與模擬結果

在次波長光柵取代偏光片的研究上，本實驗室已有將次波長光柵整合入背光模組之構想（如圖 9 所示）；藉由電子束直寫的技術定義奈米光柵圖案，並以半導體製程製作出樣品。實驗結果顯示偏光轉換效率為傳統 LCD 偏光片 1.7 倍。

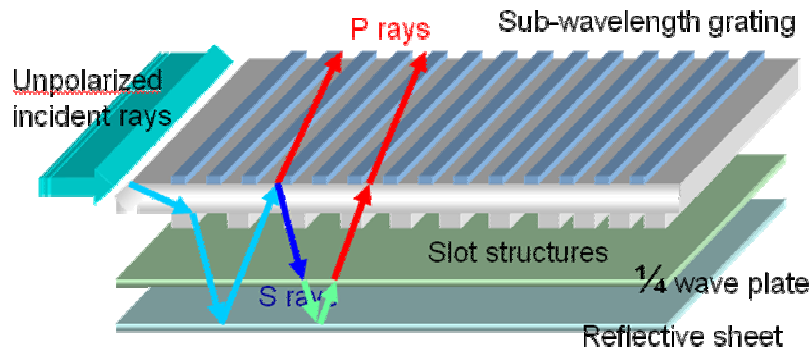


圖 9 具備次波長光柵的背光模組

此法採電子束直寫的技術定義光柵，在製作大尺寸時將會費時且高成本，故我們再提出以奈米轉印（Nano-imprint technology）技術製作大尺寸次波長光柵偏光片之方法。

奈米轉印技術可達之線寬約為 10 nm 左右之等級，除可滿足次波長光柵之需求外，還有：轉印速度快、量產成本低等優勢。其技術關鍵在於「模仁結構的精密製作」。傳統上是以電子束微影直寫、X 光微影或離子束微影技術等方式製作模仁，但以這些方法製作大尺寸模仁將十分耗時且昂貴。針對此關鍵的奈米模仁製作，我們改以目前成熟之濺鍍技術(Sputtering)來定義奈米線寬，方式如下：採用濺鍍法交錯鍍上百層奈米厚度的鋁膜及氧化層膜，再以疊合或其他方式增厚層數，並以蝕刻使模仁成型（如圖 10 所示）。

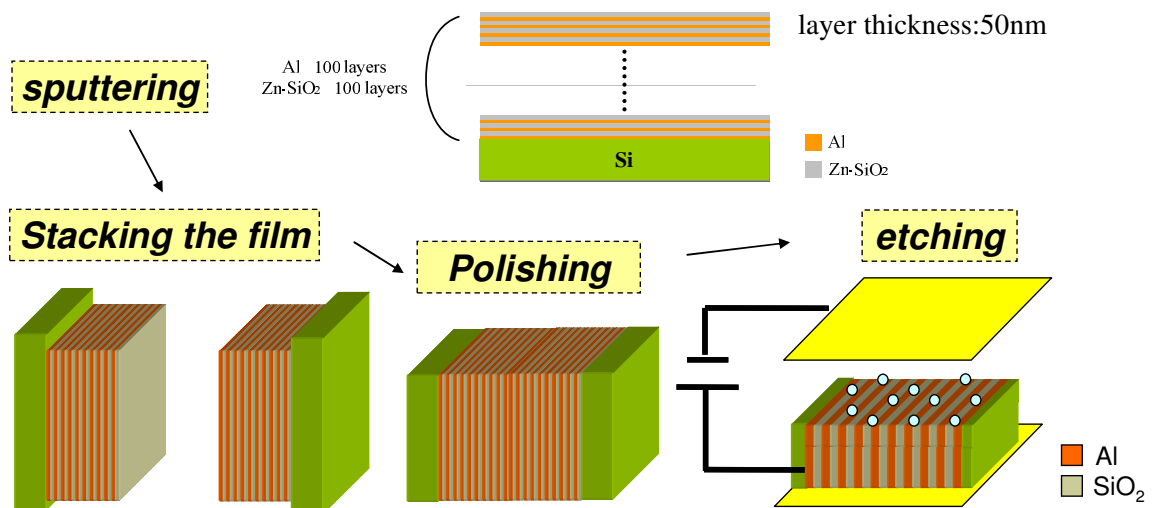


圖 10 奈米模仁製程一:濺鍍疊合法

此外，雷射刻板技術之提升也可望成為新的模仁製作方式。其方法如下：以雷射刻板技術定義出母模，再以射出成型法做出 PC 材質的模仁，如圖 11 所示。對於大尺寸模仁而言，雷射刻板速度遠比電子束直寫快且價廉，故此法可望快速製作奈米光柵母模。因此吾人亦採用雷射刻板法，試驗週期為 400 nm 之奈米模仁。此技術之關鍵在於雷射刻寫的線寬；目前奈米雷射讀寫頭技術已可達到小於 100 nm 之線寬(工研院光電所)，若可將之應用於雷射刻板技術，則不僅可快速製作奈米光柵母模，亦可望滿足高分光效率之光柵條件(光柵週期 ≤ 200 nm)。

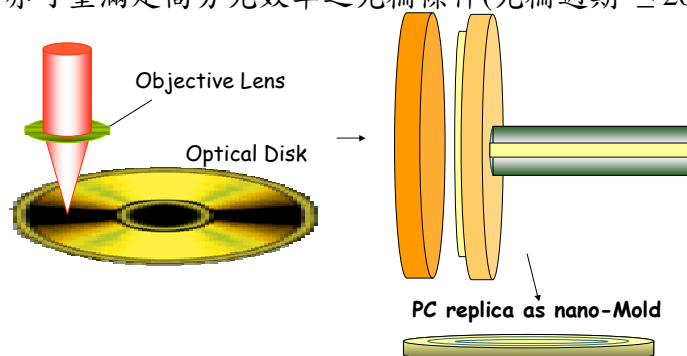


圖 11 奈米模仁製程二:雷射刻板法

由上述二法製作光柵模仁後，須先翻印成矽膠(PDMS)模仁，再進行奈米壓印及蝕刻等步驟，以完成次波長光柵偏光片的製作。由奈米壓印法製作偏光片的製程可如圖 12 所示。首先在透明基板上澱鍍適當厚度的 Al 膜與 SiO₂ 膜，再旋佈上感光阻劑 PMMA，接著以 PDMS 壓印，經過 UV 光照射後，阻劑硬化成型出奈米結構，將 PDMS 脫膜後，先蝕刻 PMMA 殘留層，再蝕刻 Al 並去除 PMMA，完成次波長光柵偏光片製作。

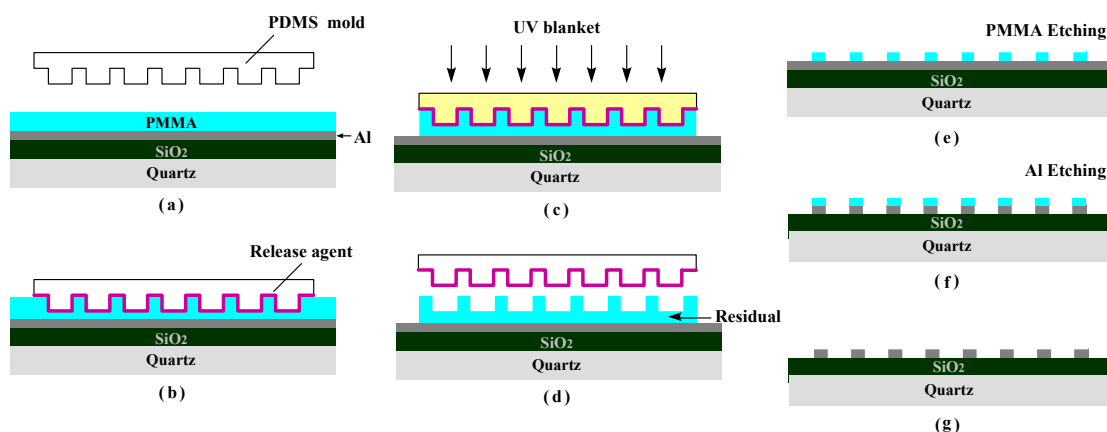
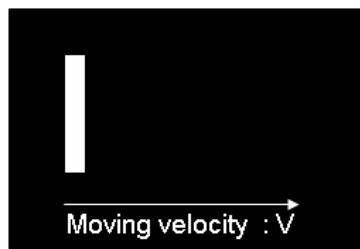
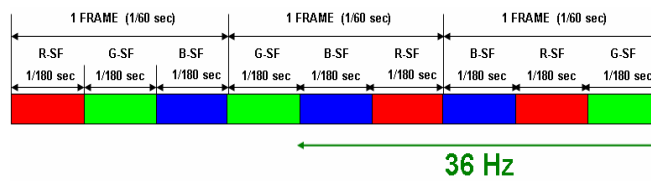


圖 12 以奈米壓印及蝕刻技術製作次波長光柵偏光片之流程圖

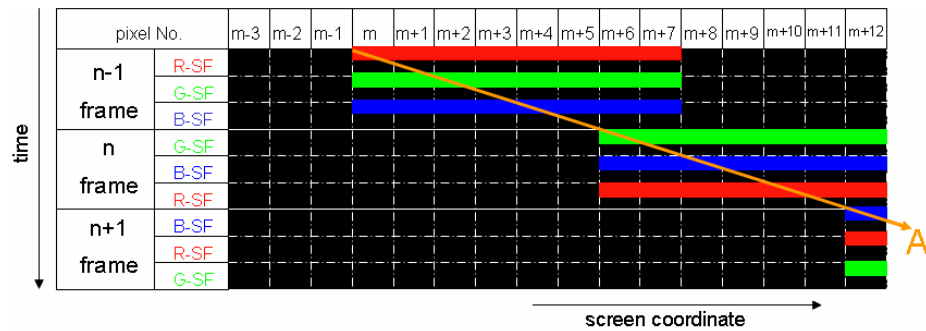
在抑制色分離現象研究方面，吾人使用色場安排補償方式 Color Field Arrangement method(以下簡稱 CFA method)，有規律變換補償連續三個 frame 的子色場，使用 RGB GBR BRG 的色場排序方式，色場方式如圖 13，當人眼以相同速度追跡運動物體時，連續三個 frame 影像的積分結果在人眼視網膜上將無色分離現象，圖 14 說明連續三個 frame 人眼視網膜之成像過程。可以看到運動物體邊緣的色分離現象已經消除，取而代之的只是亮度灰階的不同。



(a) 人眼追跡移動的白 bar



(b) CFA 法示意圖



(c) 使用 CFA 法時，人眼追跡物體的積分路徑

圖 13 CFA 法的分析

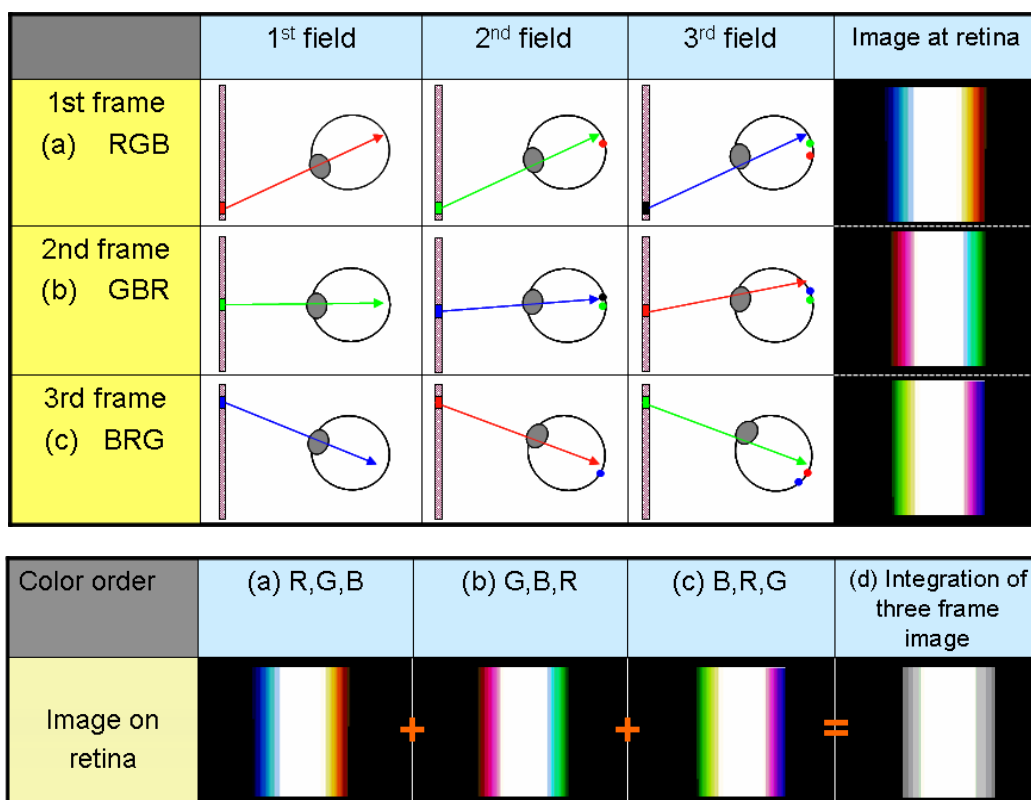


圖 14 連續三個 frame 人眼追跡白 bar 之視網膜成像說明

然而此種方法有一缺點，當綠色子場頻率低於 50Hz 時，由圖 13 (b)可知，此法的綠色子色場出現頻率約為 36Hz (小於 50Hz)，人眼將會察覺到畫面有閃爍 (flicker) 的現象存在，於是吾人提出四個子色場的排序方式，利用三個連續的 frame，分別為 RGBR，GBRG，BRGB。此法綠色子色場出現頻率為 80Hz，如圖 15。此新方式能避免閃爍現象發生，同時消除色分離現象。

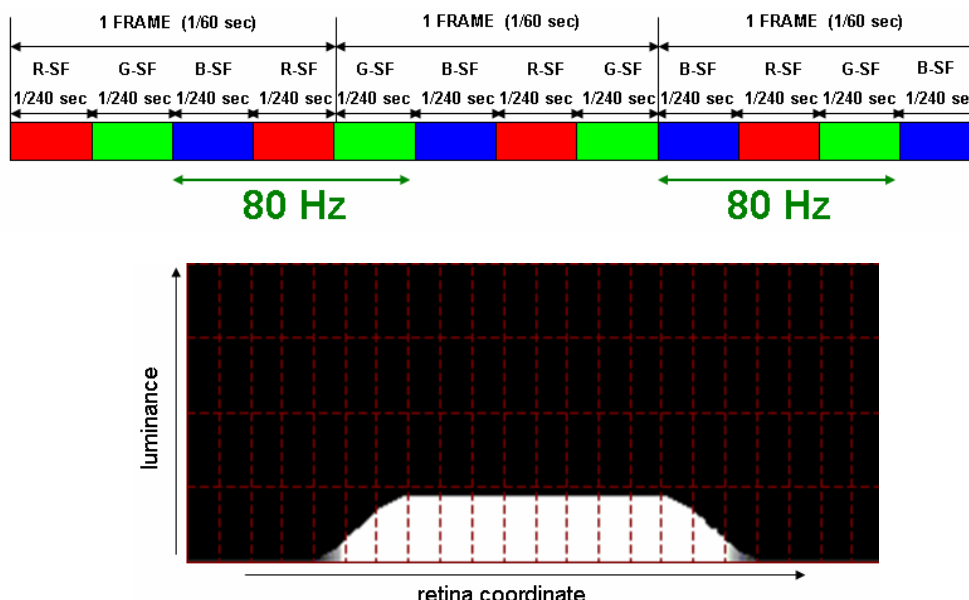


圖 15 模擬 RGBR，GBRG，BRGB 色場方式及模擬積分結果

在模擬動態色分離現象研究方面，一般顯示器的影像頻率要達到 60Hz 才可使眼感知連續的影像，因此即使最簡單的三色色序(RGB)FSC-LCD 的每個子畫面必須達到 180Hz，但一般常使用的顯示器最高頻率約只能達到 60Hz，因此我們無法直接模擬 FSC-LCD 的影像，然而我們提出一方法可以近似模擬出 FSC-LCD 之具 CBU 現象的動態物體影像。

首先我們經由上述模擬系統，模擬出各色序完成一個畫面之動態色分離影像，再將這個影像，根據物體移動速度、影像頻率，推算出各個時間物體在螢幕的位置，如圖 16 所示，再將這些畫面利用一般顯示器以 60Hz 播放出來，即可模擬 FSC-LCD 動態物體之影像。

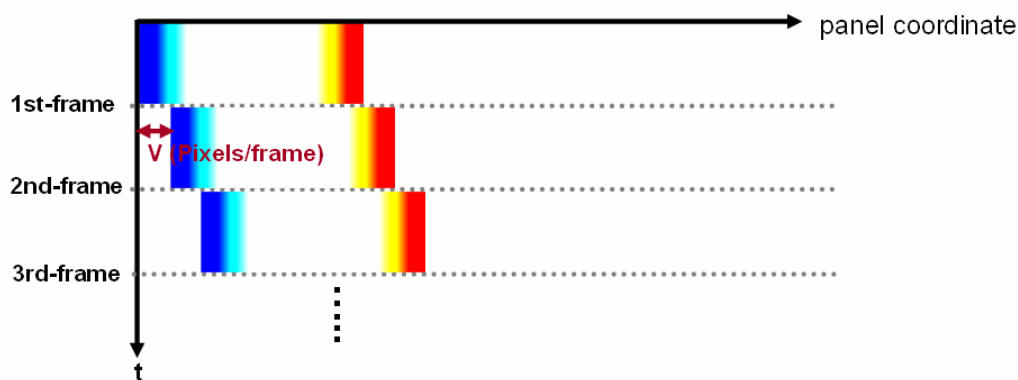


圖 16 模擬 FSC-LCD 動態物體影像之示意圖

利用相機拍攝，曝光時間為 1/10 秒（6 個 frames）以模擬人眼視覺暫留的積分情形。結果如圖 17 所示，而實際影像經由六位觀察者觀察得到以下結論：

有補償方式(compensate)的色序，其動態物體色分離現象與單純 RGB 色序(子畫面 180Hz 和 360Hz)相比較下，色分離的現象有明顯的改善，但 RGBG, GRGB, BGRG, GBGR 色序的效果較差，因為其無法完全補償而達灰階影像。相反的 RGBW, GBRW, BRGW 色序達到最佳的效果，因為其可將物體一側色分離現象“漂白”，而使動態色分離現象更不明顯。

因此我們預測如果可利用 WRGBW, WGBRW, WBRGW 色序法，將可把物體兩側色分離現象同時“漂白”，因此對於解動態色分離現象將更有幫助；此預測可經由模擬得證。然而欲實現此色序法將需要 300Hz 之子畫面頻率，對 FSC-LCD 相對來說會較難達到。

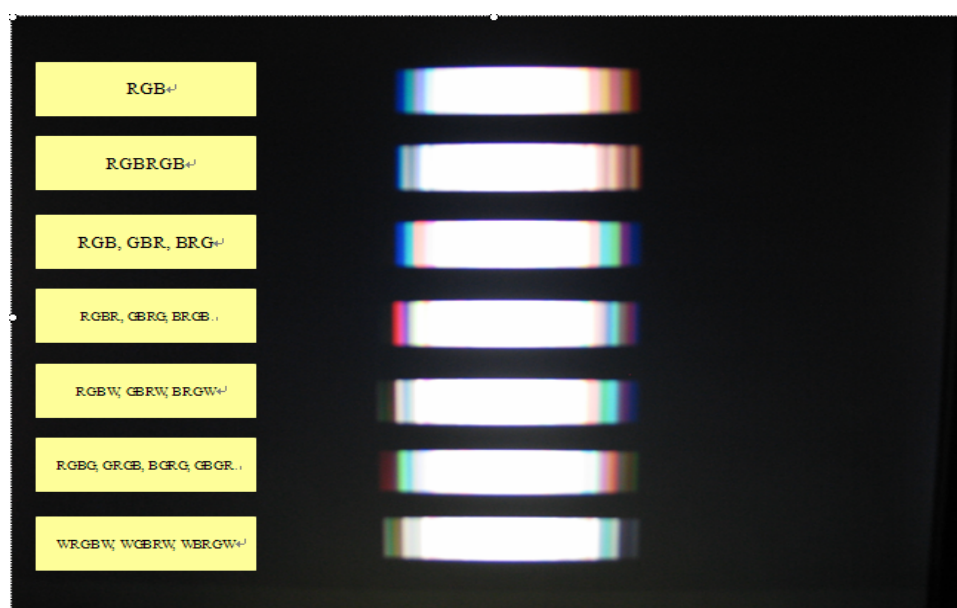


圖 17 以相機拍攝模擬各補償方式在 FSC-LCD 動態物體影像所產生的 CBU 結果

在搭配液晶模組方面，此 5.6 吋 FSC-LCD 為開發的平台，LCD 影像解析度為 QVGA (320x240) 色彩為 24 bits，表 1 說明 5.6 吋 FSC LCD 的硬體構造與需求。影像訊號源送出資料的解析度為 VGA (640x480)，而 LCD 的解析度為 QVGA (320x240)，因此需作解析度的處理換算。液晶材料使用光學補償彎曲(optically compensated bend，以下簡稱 OCB) 模式液晶，因其具有快速反應時間的特性。

表 1 液晶面板硬體

Source	DVI 640 x 480 @60Hz max
Display	Resolutions : 320 x 240 Size:5.6 inch
Cell	TFT,OCB mode
LC Inversion	Frame Inversion
Data Interface	Digital Video: 8channels by 8 bits for RGB each Source Driver:3 pixels loading at one clock
SDRAM	64M x1
Clock	50MHz(20ns)
Gate Line Charging Time	5us

系統控制由撰寫 Verilog 程式，下載至 Xilinx 公司的 2 塊 FPGA，分別為 Timing controller 及 LED driver controller，並使兩者同步化。影像資料經由時序控制版與 LCD driver 呈現在 LCD 上；背光資料經由 LED driver 的控制單元，傳送到 LED driver。圖 18 為架構設計流程圖。

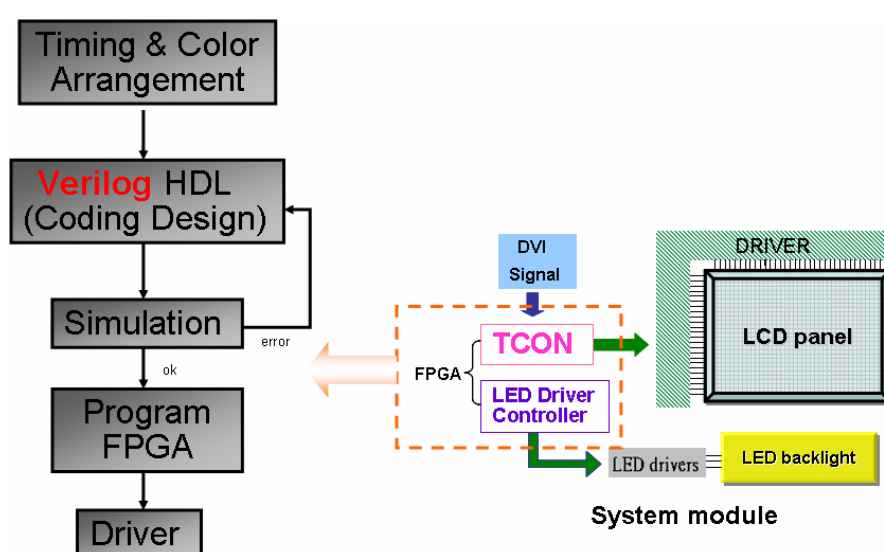


圖 18 架構設計流程圖

OCB 模式已經被視為一種快速的液晶顯示模式，這是因為 OCB 的操作區是介於 Bend 態與接近垂直(homeotropic)的狀態之間，如圖 19，而這兩種狀態的結構差異不大，所以能夠快速地切換，還有 OCB 本身在電壓取消後，並不會產生所謂反向流動(backflow)的現象，所以反應時間相當快。如果所加的電壓超過臨界電壓(critical voltage, V_c 約 2~3V)，逐漸從 Splay 態轉變到 Bend 態。

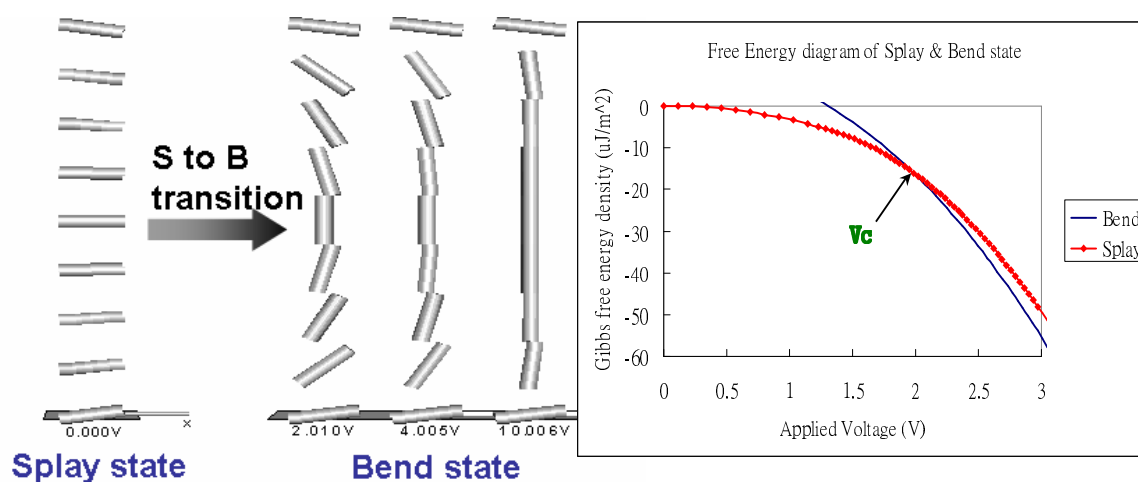


圖 19 OCB LC cell 狀態轉移圖

色序法液晶顯示器的硬體實現部份，主要是將每個全彩的影像，畫面頻率為 60Hz，經由控制電路依序送出紅、綠、藍三色子畫面，子色場畫面頻率為 180Hz，如圖 20 所示。此為基本型色序法實現。

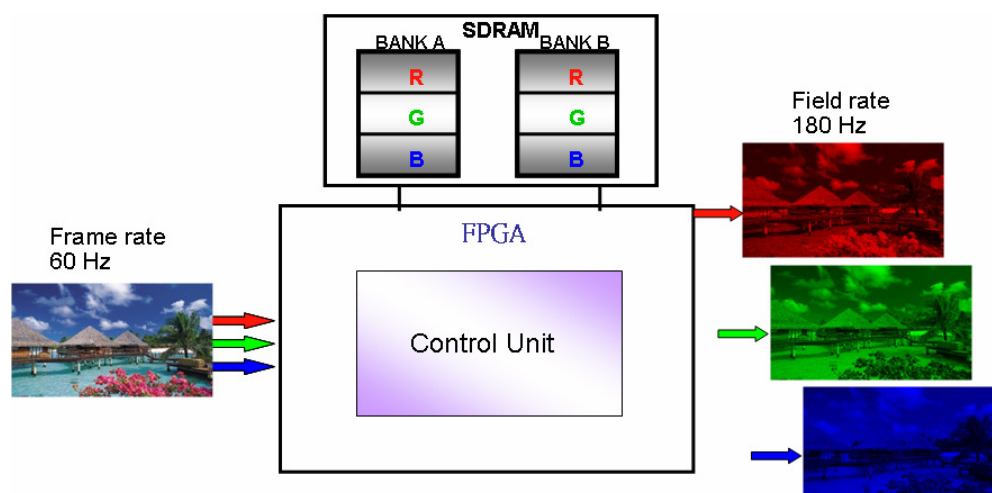


圖 20 色序資料時序控制器

在此硬體設計架構基礎，我們進而實現具有效抑制閃爍及色差的色序法顯示器。如圖 21，增加一個色場安排控制單元(CFA control unit)，去控制安排我們想要的色場方式。以連續三個 frame 的色場方式為 RGBR, GBRG, BRGB 為例，此控制單元的架構如圖 22。

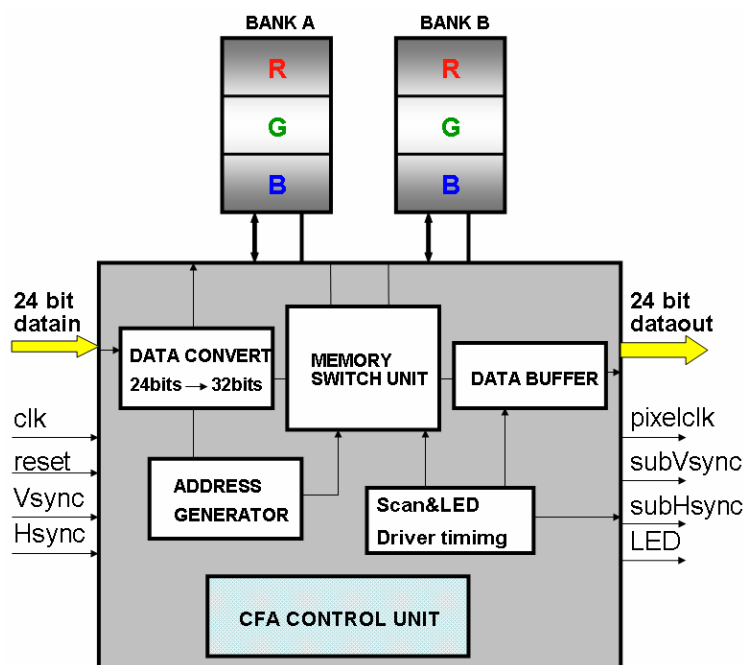


圖 21 含色場安排控制單元的控制模組方塊圖

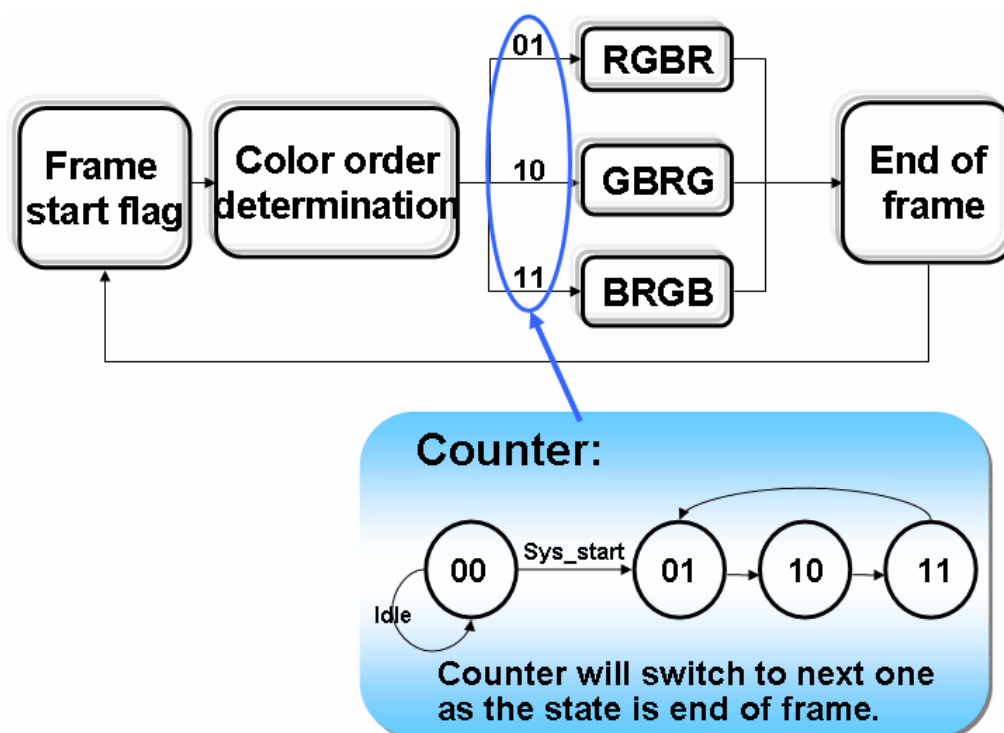
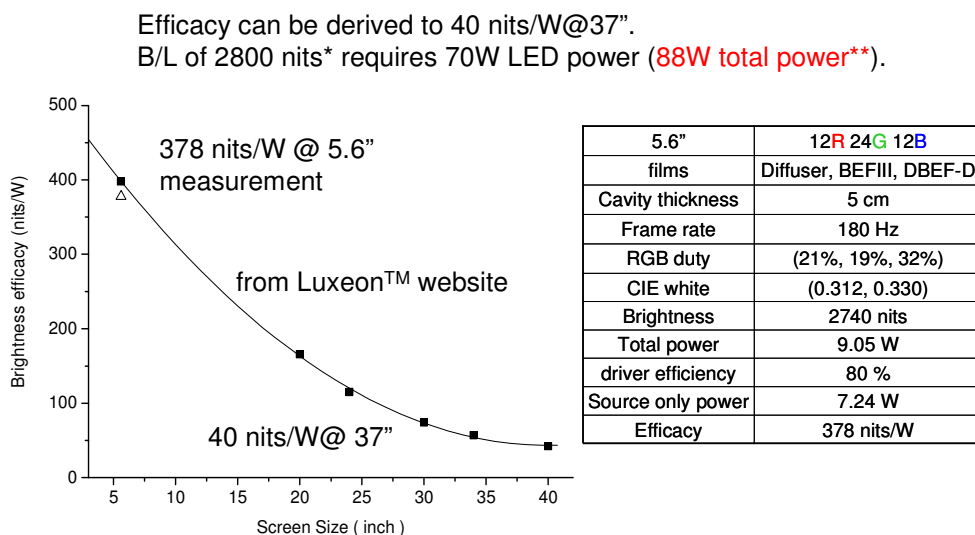


圖 22 色場安排控制單元設計

5. 結果與討論

將所設計的 5.6 吋平台進行驗證，結果如圖 23 之表列。使用色序法時的 RGB duty cycle 分別為 21%、19%、32%，可提供亮度為 2740 nits，LED 所耗光率為 7.24W，加上電路上的能量損耗，總功率為 9.05W。因此，LED 之電能與亮度轉換能力為 378 nits/W。比較我們所設計之 5.6 吋背光模組的實驗結果(三角點) 和 Luxeon™ 網站提供的分析圖(圖 23 之方點)，兩者的轉換能力相近；據此預測：當我們的設計延伸至 37 吋背光模組時，其轉換能力約為 40 nits/W。換言之，應用所設計之背光模組於 37 吋時，若要提供 2800 nits 之光亮度(大於前述之 2650 nits，以確保優於傳統 CCFL 背光模組提供 8500 nits 時之效能)，所需 LED 功率為 70W，再加上電路耗功，總需功率為 88W，小於 90W。



* spec. 1/3 of 8500 nits **Driver efficiency 80%

圖 23 實驗結果之數據、規格及 Luxeon™ 之電能與亮度轉換能力分析圖

其他的量測與分析如圖 24。最上圖分別為 RGB 單獨點亮及混成白光的光分佈均勻度量測；中間的四張是 RGB 分別點亮以及混成白光時的照片。由量測結果及照片可看出均勻度良好。我們亦進行穩定度量測(圖 24 左下圖)，由結果可看出點亮 20 分鐘後亮度已十分穩定，雖因熱造成亮度下降，但下降幅度也僅 4%，在人眼未能感知之範圍。所量測到的視角為 35 度，廣於規格要求之 30 度；色域分佈亦近於 NTSC(圖 24 右下圖)。至此，已達成目標之功率消耗小於 90W，並大幅提高背光模組之效率達三倍以上(8500 nits / 2800 nits >3)，其他效能之驗證結果亦優於一般規格。

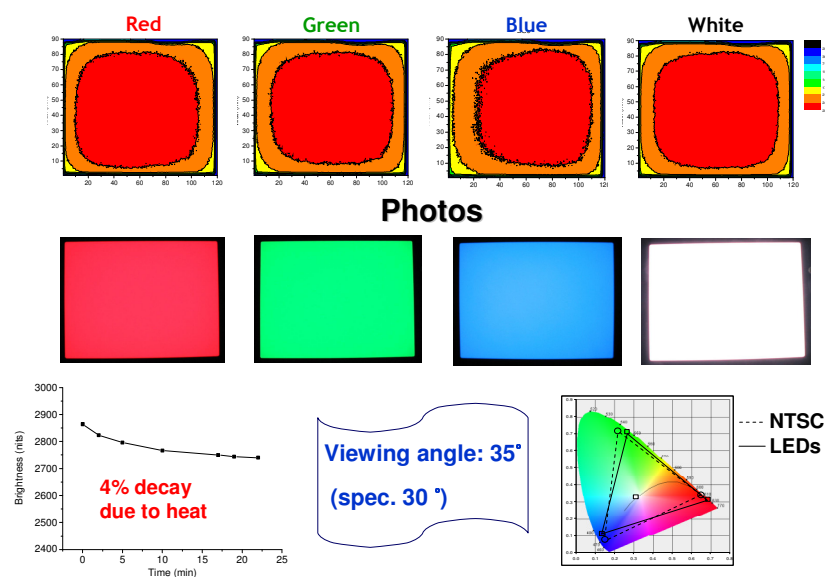


圖 24 光學量測結果與分析圖

在次波長光柵之奈米模仁實驗方面，以濺鍍疊合法成功製作線寬為 50 nm (週期為 100 nm)之奈米模仁，其 SEM 照片如圖 25。而以雷射刻板法製作週期 400 nm 之 PC 模仁亦已完成，其 AFM 圖如圖 26。在此已驗證了關鍵的模仁製作技術，達成研究目標。

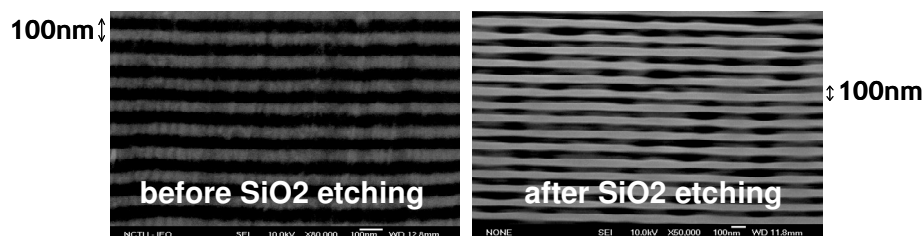


圖 25 濺鍍疊合法製作之模仁 SEM 圖

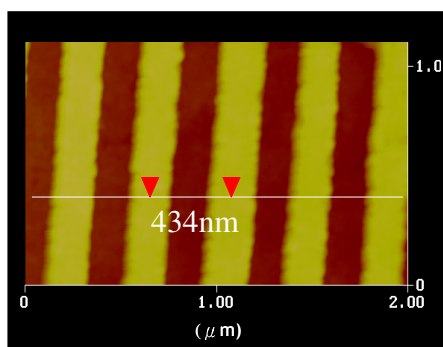


圖 26 雷射刻板法製作之模仁 SEM 圖

在搭配背光模組與液晶面板方面，電路上實現的時序圖如圖 27。寫入畫面資料時間(t_{TFT})為 1.2 ms，液晶反應時間(t_{LC})為 1.0 ms，背光點亮時間(t_{LED})為 1.9 ms，此為一個子色場出現的時間(1/240 s)。一個完整的 frame 包含此四個子色場故畫面更新頻率為 60 Hz。效率比較如圖 28 所示，在 1m/W 提升近三倍的水準，主因為無彩色濾光片，面版穿透率可提升至 20%。比較表下方為系統設置、背光系統與點亮色塊測試的照片。

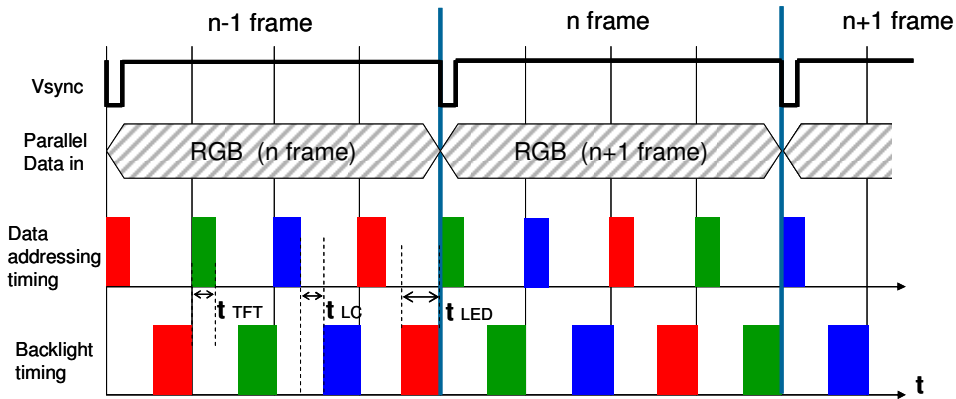


圖 27 4-CFA 的電路時序圖

	Backlight Coupling eff.	LC panel transmittance	Display Power Eff.	Response time (OCB)	Field Frequency
Conventional Color Filter LCD	60%	7%	2.36 lm/W	>4ms	60Hz
Demonstrated 5.6" FSC-LCD	70%	20%	7.8 lm/W	~1ms	240Hz

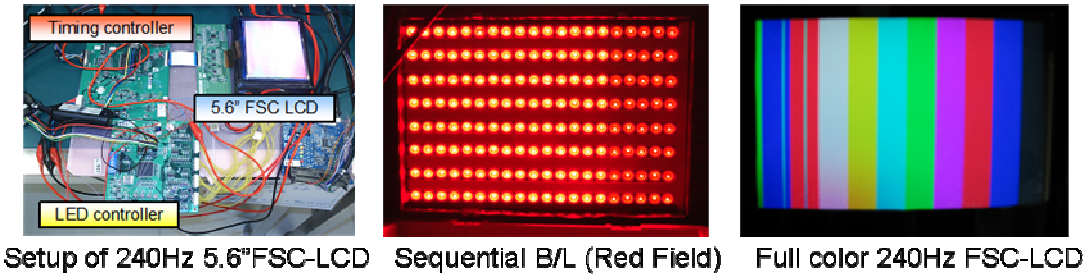


圖 28 液晶與背光系統實際點亮與效率比較

在人眼感知測試方面，使用圖 13 (a)之移動白 bar 做色分離測試，發現當人眼追跡著移動中的白 bar，感知的成像將如圖 29 (a)所示，影像邊緣將無色分離現象，取代的是輝度不同的結果。另外我們以同樣的畫面點亮了基本型 RGB 色序法液晶顯示器作比較，以人眼追跡著移動中的白 bar，感知的成像將如圖 29 (b)所示，感知的影像邊緣色差程度明顯。此實驗結果皆與先前的預測情況相同。表 2 為使用 CFA 法及傳統驅動法比較人眼感知移動物體色差寬度的比較結果，使用 CFA 補償方法皆無色差現象，而移動物體速度愈快，其 blur 的寬度會越大。

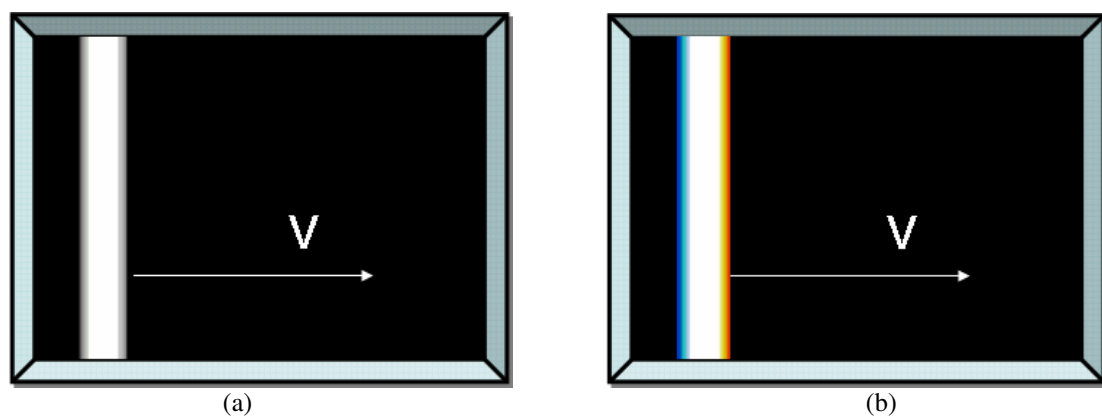


圖 29 (a) 使用色場補償方式之影像結果(b)傳統驅動色序法之影像結果

表 2 使用 CFA 法及傳統驅動法比較人眼感知移動物體色差寬度

Velocity			1	2	3	4	5
image color			pixel/frame	pixel/frame	pixel/frame	pixel/frame	pixel/frame
White bar W=15 pixels	CFA	blur	x	1 pixel	2 pixels	2 pixels	3 pixels
		CBU	x	x	x	x	x
	RGB	CBU	1 pixel	2 pixels	2 pixels	2 pixels	4 pixels
Cyan bar W=15 pixels	CFA	blur	x		1 pixel		
		CBU	x		x		x
	RGB	CBU	1 pixel		1 pixel		2 pixels
Red bar W=15 pixels	CFA	blur	x		x		x
		CBU	x		x		x
	RGB	CBU	x		x		x

討論比較傳統色序法圖 30 (a)及 CFA 驅動法圖 30 (b)的靜態色差結果，傳統色序法的色場頻率為 180Hz，CFA 驅動法的色場頻率為 240Hz。由圖中說明的色差機制可知 RGBR，GBRG，BRGB 的色場方式，人眼感知其靜態色差的寬度會較傳統型色序法的色差寬度窄。

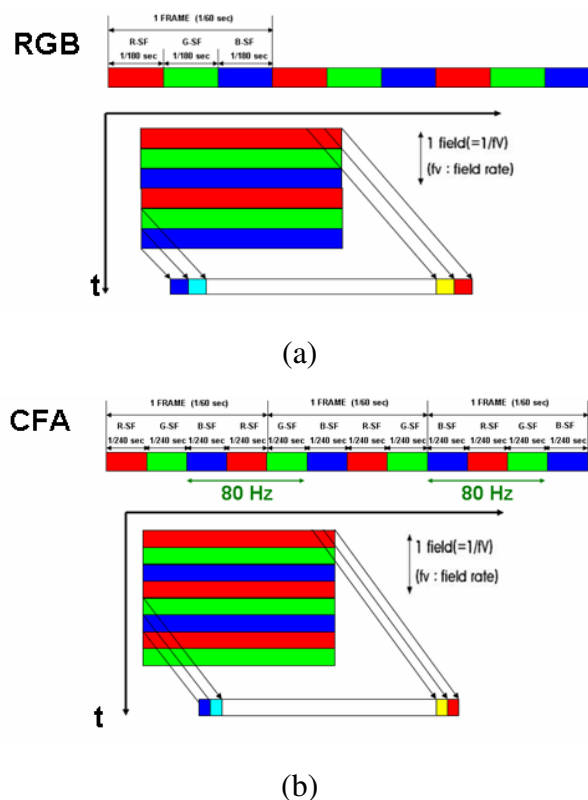


圖 30 人眼感知靜態影像之色差機制

6. 計畫成果自評

本計畫完成以”色序法取代彩色濾光片”及”次波長光柵偏光片取代傳統偏光板”之高效率背光模組架構。RGB-LED 色序法之實驗驗證與分析顯示，大幅提高背光模組之效率達三倍以上($8500\text{nits} / 2800\text{nits} > 3$)，其他效能之驗證結果如整體顯示電光轉換效率亦優。而次波長光柵偏光片取代傳統偏光板之實驗，除了已驗證可提高偏光轉換效率 1.7 倍外，我們亦提出奈米壓印製作大尺寸次波長光柵偏光片之構想，並研發關鍵的奈米模仁技術，所研發的”濺鍍疊合法”已成功製作週期 100nm 之奈米模仁，而雷射刻板法也已達成週期 400nm 之奈米 PC 模仁。

整體而言，吾人之色序法效果乘以次波長光柵偏光片效果可提升背光模組之光效率達五倍以上($3 \times 1.7 = 5.1$)。在此同時，吾人也實現了色序法搭配的快速反應液晶及其電路，並考量其色分離(Color breakup)問題，提出有效抑制色分離的色彩安排補償方法。在模擬與實際點亮觀看的實驗，皆印證了此方法能在有限的液晶反應速度下，消除色分離現象。此三年計畫從背光模組、電路實現與人眼感知等以上具體成果，為此智慧型高效率顯示器後續的研究建立了良好的基礎。

7. 已發表之研討會及期刊論文

- (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), pp. 558-561, (2005).
- (3) W.-L. Yang, A.-C. Wei, and H.-P. Shieh, "Combing Interferometry and Nanoimprint Technology in Sub-wavelength Grating Fabrication," Taiwan Display Conference (TDC), pp. 352-354, (2006).
- (4) S.P. Yan, Y.K. Cheng, F.C. Lin, C.M. Wei, Y.P. Huang, H.P.D. Shieh. "A Visual Model of Color Break-Up for Design Field-Sequential LCDs", Society for Information Display (SID), pp 338~341, (2007).
- (5) Y.T. Hsu, F.C. Lin, C.H. Chen, Y.P. Huang, and H.P.D. Shieh, "Drive and Control Circuitry of OCB Field-Sequential Color LCD with High Data Rate", International Display Manufacturing Conference (IDMC), pp.435-438, (2007).
- (6) Y.T. Hsu, F.C. Lin, C.H. Chen, Y.P. Huang, and H.P.D. Shieh, "A Field Sequential Color LCD Based on Color Field Arrangement for Color Breakup and Flicker Reduction", International Display Workshop (IDW), LCT3-3, (2007).
- (7) C.-L. Wu, C.-H. Chen, F.-C. Lin, Y.-P. Huang, and H.-P. D. Shieh, "A 5.6-inch Field Sequential Color LCD with Less Color Break-up," Optics and Photonics Taiwan'07 (OPT '07), GO-004, (2007).
- (8) F.-C. Lin, Y.-P. Huang, C.-M. Wei, and H.-P. D. Shieh, "Stencil-FSC Method for Color Break-Up Suppression and Low Power Consumption in Field-Sequential LCDs," Society for Information Display (SID), pp. 1108-1111, (2008).
- (9) C.-H. Chen, K.-H. Chen, Y.-P. Huang, H.-P. D. Shieh, and M.-T. Ho, "Gray Level Redistribution in Field Sequential Color LCD Technique for Color Breakup Reduction," Society for Information Display (SID), pp. 1096-1099 (2008).
- (10) Y.-P. Huang, K.-H. Chen, C.-H. Chen, F.-C. Lin, and H.-P. D. Shieh, "Adaptive LC/BL Feedback Control in Field Sequential Color LCD Technique for Color Breakup Minimization," IEEE/OSA Journal of Display Technology, vol. 4(3), pp. 290-295 (2008).
- (11) C.-H. Chen, F.-C. Lin, Y.-T. Hsu, Y.-P. Huang, and H.-P. D. Shieh, "A Field Sequential Color LCD Based on Color Fields Arrangement for Color

Breakup and Flicker Reduction,” accepted by IEEE/OSA Journal of Display Technology (JDT)

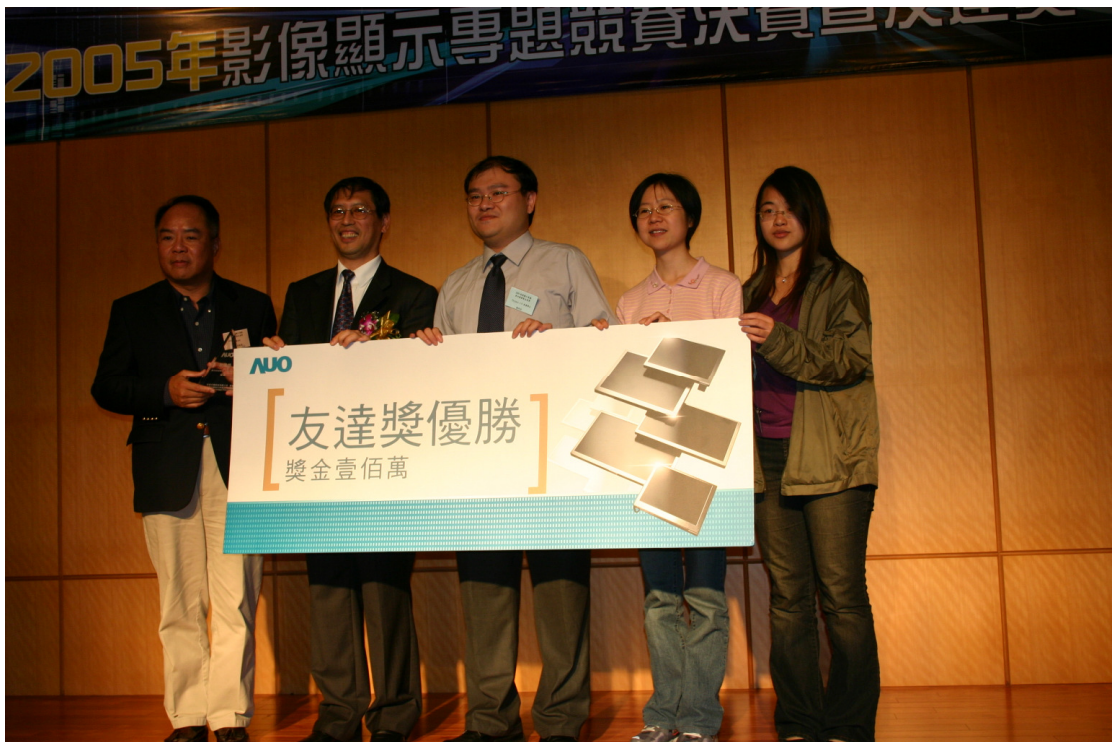
已申請之專利

以色彩安排補償(4-CFA)來抑制色分離的方式已申請專利中

應用於色序法顯示器之新色場決定法已申請專利中

已獲得之獎項

由交大顯示所謝漢萍教授指導之研究團隊，2005 年以“高效率色序驅動法搭配次波長光柵偏光片之 LED 背光模組”的研究成果，獲得第一屆友達獎，為產學合作實作競賽的首獎。



行政院國家科學委員會補助參與國際學術學會會議報告

2007 年 8 月 9 日

報告人姓名	謝漢萍	服務機構	交大光電	職稱	教授
會議正式名稱	中文：2007 Int' l Conf. Semiconductor Technology				
	英文：2007 國際半導體技術研討會				
會議時間	自 96 年 7 月 26 日 至 96 年 7 月 28 日	地點(國、州、城市)		義大利	

一、參加會議經過

26-Jul						
10:00-12:00	Meeting with Executive Committees					
27-Jul						
08:00-09:00	Registration					
08:45-09:00	Conference Opening Welcome Address					
09:00-09:45	Plenary Speaker-Dr. J Georg Bednorz, IBM (Nobel Laureate)					
09:45-10:00	Coffee Break					
10:00-10:30	Keynote Speech: DFM – Looking back, looking forward: Lessons from 65nm, Solutions for 45nm, and Challenges for 32nm					
	Mr. Srinivas Raghvendra, Synopsis					
10:30-11:00	Keynote Speech: Materials Challenges in sub-45nm Devices					
	Dr. Cynthia Hoover, Praxair					
11:00-11:30	Keynote Speech: Today's Semiconductor Industrial Structure and Insights of the Future Development Form					
	Mr. Sadao Tsuji,Nissin					
11:30-12:00	Best Student Paper Award Ceremony					
	Room Yuan	Room Ming	Room Tang	Room Han	Room Song	
27-Jul	Symposium A. Device and Reliability	Symposium E. CMP and Post-CMP Cleaning	Symposium C. Photolithography	Symposium D.FEOL & BEOL Advanced Processing	Symposium G. Emerging Technology	
28-Jul	Symposium A. Device and Reliability	Symposium E. CMP and Post-CMP Cleaning	Symposium C. Photolithography	Symposium D.FEOL & BEOL Advanced Processing	Symposium G. Emerging Technology	
28-Jul	Symposium B. Design for Manufacturing (DFM)	Symposium E. CMP and Post-CMP Cleaning	Symposium F. Packaging, Assembly and Test	Symposium D.FEOL & BEOL Advanced Processing	Symposium G. Emerging Technology	

Chairman:	Dr. Qinghuang Lin, IBM, USA
Co-Chairmen:	Dr. Ebrahim Andideh, Intel, USA
Committee Members:	Dr. Jiezhong, Motorola, USA
	Dr. Jinn P. Chu, National Taiwan University of Science and Technology
28-Jul	
13:00-13:10	Chairman address
	Qinghuang Lin, IBM, USA
13:10-13:40	Invited: Environmental Challenges and Opportunities in Nanoelectronics Manufacturing
	Farhang Shadman, The University of Arizona
13:40-14:10	Invited: Porosity Characteristics of Ultralow Dielectric Insulator Films Directly Patterned by Nanoimprint Lithography
	Chris Soles, NIST
14:10-14:40	Invited: The atomic layer deposition of oxides and metals for next generation semiconductor devices
	H. Kim , POSTECH, Korea
14:40-15:10	Invited: Plasma Etching of Self-Assembled Nanostructures
	Ying Zhang, IBM
15:10-15:40	Coffee Break
15:40-16:10	Cobalt Atomic Layer Deposition for Contact Applications of Nanoscale Device
	Han-Bo-Ram Lee, POSTECH, Korea
16:10-16:30	GST Thin Film Metrology with XRR and XRF
	Mengqi Ye, Applied Materials
29-Jul	
08:00-08:30	Invited: iNEMI Emerging Technology Roadmap Activities
	Marc Chason, iNEMI
08:30-09:00	Carbon Nanotube for High-Performance Flexible Electronics
	Qing Cao , University of Illinois at Urbana-Champaign
09:00-09:20	Pentacene Thin Film Transistors with Chemically Modified SiO ₂ Surface by Phenyl-Radical
	Hirofumi Fukai, Nihon University
09:20-09:40	Nanostructure Fabrication via Hybrid Process Using Self-Assembled Nanotemplates, AAO and Diblock Copolymer
	Sang-Joon Park, POSTECH, Korea
09:40-10:00	Coffee Break
10:00-10:30	Invited: Printed Electronics – a Disruptive Technology
	Jie Zhang , Motorola
10:30-11:00	Invited: Solution Processed Printable Organic Memory Devices
	Keryn Lian, University of Toronto
11:00-11:20	Electrical Resistive Switching in Organic Molecules and High-k Dielectric Bi-layer Films
	Deyu Tu, Chinese Academy of Sciences
11:20-11:40	Porous Silicon-Based Surface Modifications of Polymers
	Jingmei Lu, Xiamen University
12:00-13:00	Luncheon
13:00-13:30	Invited: Novel Cu Alloy Seed Layers for Barrierless Metallization
	Jinn P. Chu, National Taiwan University of Science and Technology
13:30-13:50	Ruthenium film growth from Ru(CO) ₃ (C ₆ H ₈) at low temperatures in sequentially pulsed deposition mode
	Vladislav Vasilyev, Korea Polytechnic University
13:50-14:10	Deep Si via etching through SiO ₂ layer for 3-D LSI
	Jun Liang, Tohoku University
14:10-14:30	Novel Silicon MEMS fabrication processes including anodic bonding of extremely thin (60 nm-thick) silicon film on glass substrate
	Yasushiro Nishioka, Nihon University
14:30-14:50	Resistive switching characteristics of hafnium oxide with Cu doping for nonvolatile memory application
	Weihua Guan, Chinese Academy of Sciences
14:50-15:20	Coffee Break
15:20-15:40	The Induced Effect in the Pt/BFO/BNdT/Pt Capacitors for the Application in FeRAM
	Yongyuan Zang, Tsinghua University
15:40-16:00	Removal of Organic Contaminants on Si Wafer Surfaces by Electrochemical Cleaning Technique
	Jianxin Zhang , Hebei University of Technology
16:00-16:20	Characteristics and mechanism of TiN/ZnO/Pt-based Resistive Random Access Memory devices
	Nuo Xu, Peking University

全球化「行動多媒體」發展潮流，將具有豐富內容的行動數位電視，從在家庭上的應用轉移到個人化的手持式隨身產品，更為相關的電信服務業者與數位內容供應業者帶來新商機。根據 Gartner 的數據顯示，2006～2010 年行動電視的年平均複合成長率達到 109.6%，將有機會成為下一個手機明星級應用。未來行動電視的起飛，不僅為手機廠商與營運商帶來商機，包括行動電視 Tuner 業者及軟體業者都將連帶受惠。

2007 年行動電視商機開始發酵，除了義大利、芬蘭等少數國家始正式上路外，其他全球各地都已經陸續進入商用化（測試）的階段，然四大規格當中，DVB-H 為全球接受度最廣，T-DMB 是最早進入商用化時程的規格，而日本所推出的 ISDB-T 則因訂閱行動電視內容免費，而快速在日本崛起，第四規格 MediaFLO 雖起步較晚，但在美商 Qualcomm 大力推行之下，形成一股不容小覷的力量。

由 Qualcomm 主導的 MediaFLO 晶片，係於 2004 年 12 月推出，初期以美國為主要市場，並取得美國 700MHz 頻譜。相較於主要的行動電視規格 DVB-H，Omar Javaid 認為，頻寬的限制和不良的網路覆蓋率，將影響行動電視網路串流的訊號品質，而無法達到用戶對收視品質的期望；無論行動電視的潛在市場多大，如果用戶經驗和行動電視品質不佳的話，即使是量身打造的特別內容最終也將失敗。Omar Javaid 相信 MediaFLO 是最好的行動電視標準，不僅可以在同頻段中容納兩倍頻道，所需耗電量較低，其高速移動下的表現也相當優良，不僅如此，MediaFLO 切換頻道僅約需 2 秒，而 DVB-H 則需 7 秒。

當行動終端被定位要有行動電視的服務時，其系統設計上也得有相應的配置才行。螢幕的尺寸必然不能太小、顯示的影像品質也不能太差，還得有足夠的記憶體來做為緩衝或儲存之用。這些條件比較容易達成，尤其是在儲存技術方面，Flash 記憶體的容量提升的相當快，目前 8 到 16GB 的最大容量，足以儲存不少的短片；預估到了 2010 年時，手機的記憶體儲存容量可能會達到 100GB，屆時將足以錄製一個月的電視節目。

然而，目前還是有不少技術難題有待克服，例如天線的設計與射頻段的干

擾問題。在天線的設計上必須採小型化的設計，甚至是內建的隱藏式天線，這對於原先採半波長（600MHz）就要 25 公分的電視天線來說，至今仍是很大的挑戰；不僅如此，小型化的天線通常為窄頻天線，但今日得設計出適合大範圍接收的寬頻天線。

在射頻方面，除了透過改善 C/N 值、解決衰弱性議題、對噪訊的容忍度、解決迴音等方式來提升接收器的靈敏度外，也得保證高速移動中的收訊品質，以及解決多頻干擾的問題。目前手機中除了既有的 GSM/GPRS/WCDMA 系統外，還可能有 Bluetooth、Wi-Fi，甚至是 GPS，如今要在比手掌更小的空間中再加入行動電視功能，挑戰絕對不會太小。值得關注的是，除了上述的行動電視標準外，仍然可能有其他的技術或應用異軍突起，成為這個市場上的另類解決方案。目前 3G 陣營還在發展建構於 WCDMA/HSDPA 架構上的 MBMS（cdma2000 架構則為 BCMCS），優勢是不需建置全新的網路及搭配新的手機硬體，即能收看電視。此外，WiMAX 的發展也相當受到矚目，例如行動業者 Sprint Nextel 正測試利用 WiMAX 的無線寬頻技術來發送視訊節目。未來的行動電視市場還會有很大變數，值得期待。