

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

計畫名稱：具高畫質、低功率與人因優化之 LCD 面板及光源系

統研究-總計畫

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2628-E-009 -020 -MY3

執行期間： 96 年 8 月 1 日至 99 年 7 月 31 日

計畫主持人：謝漢萍教授

共同主持人：黃乙白助理教授、田仲豪助理教授、金星吾助理教授

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：交通大學光電工程學系

中 華 民 國 97 年 5 月 27 日

摘要

次世代面板整合型計畫，在第一年度已完成下列各項計畫進度。視覺效應模型建構子計畫已完成影像色貌模型(iCAM)的研究及評估，以及應用至高對比液晶顯示器的適用性探討。研究結果顯示，以 iCAM 為基礎而延伸之次代影像色貌模型—iCAM06，更契合於本計畫之需求，故目前已決定由 iCAM06 取代 iCAM，並已完成其程式之修訂。其次，為實現 iCAM06 演算結果在高對比液晶顯示器的色彩重現，已建立高對比液晶顯示器的色彩特性化模型。整合式驅動架構研發子計畫已發展 Inverse of Mapping Function (IMF)技術，完成背光訊號灰階控制及調整，獲得更合適的背光控制信號，與相對應之液晶補償訊號，可維持影像亮度並使影像細節清楚呈現。此外更提出一種用於模擬背光分布的方法—模糊遮罩法(Blur Mask Method)，可簡化運算複雜度的摺積法(Convolution Method)，且優於摺積法的影像呈現。全彩式 LED 背光顯示系統開發子計畫已完成背光單元化之設計流程，並完成驗證平台的架設。藉由該流程與平台可優化在各種面板尺寸與背光源解析度下，最適合的局部光場分布。並依據設定出的光場參數，以光學軟體設計—結合 LED 之光學元件單元，建構具黑白灰階且能獨立控制光場分布之低解析度背光面板。高解析微放電型背光顯示系統開發子計畫，已成功利用氙氣作為放電氣體，在十四吋的玻璃基板上實現無汞尖端電極場增強型平面電漿光源。尖端電極之局部電場的增強，場發射的電子可達到較低的電漿點亮電壓，達到 7650cd/m^2 的發光亮度和 44lm/W 的發光效率。

Abstract

The integrated project, next generation flat panel, has carried out the following achievements in the first year. **First**, a new image appearance model, iCAM06, has been studied and evaluated the applicability of the high-dynamic-range liquid crystal display (HDR LCD). Due to various advantages, iCAM06 is suggested to substitute the original iCAM. The colorimetric characterization of the HDR LCD, the key procedure to implement iCAM06, has also been accomplished. **Second**, inverse of mapping function (IMF) method has been developed to get the appropriate backlight signals, which then are used to deduce compensated LC driving signals for keeping the brightness and the details of an image. Besides, blur mask method (BMM) is also developed to replace the convolution method, which is a time-consuming process. The algorithm can simplify the computation and provide the better image quality than that by the convolution method. **Third**, a design flow, based on specified light spread function (LSF), is proposed; a testing platform, a pseudo HDR LCD, is constructed to evaluate the design. Finally, a local dimming control backlight module (BLM) composed of the optical unit is constructed, which can be applicable to a novel local dimming control LED BLM with Field-Sequential-Color scanning operation. **Fourth**, another feasible BLM solution, conical-electrode-enhanced plasma lamp (CPL), has been successfully fabricated and characterized on the 14 inch diagonal size glass panel with 50torr of pure xenon. The CPL has achieved electro-luminous efficiency of 44lm/W and luminance up to 7650cd/m^2 .

一. 前言及研究目的

對於真實影像的再呈現，在人類生活中淵源已久，在畫家彩筆下，可發現許多繪畫手法，均與呈現高亮度、高對比、及廣色域的景物有關，這是因為人類視覺系統所具有之明暗度與顏色調適能力，使得人類可以同時捕捉視場中極大的亮暗細節與極富色彩的影像，呈現整體細緻的明暗與色彩細節。

現今液晶顯示器為最為廣泛使用的顯示系統，但由於液晶的暗態漏光，因此限制了液晶顯示器的對比(亮暗)範圍(～1500:1)與有效的灰階解析度(8bits per color)。所以自然環境中的真實亮度與色彩資訊，由於顯示器顯像能力限制，僅能透過映對(Mapping)的技巧，利用數位影像處理(Digital Image Processing, DIP)技術呈現出“近似於”人類視覺系統所感知的亮度變化影像，稱之為高亮度動態範圍影像(High Dynamic Range Image, HDRI)。目前針對 HDRI 亦有研究機構在開發其所對應的人眼模型—iCAM (Fairchild & Johnson, 2002)，然而 HDRI 畢竟只是數位處理的結果，而非真正可真實呈現接近自然畫質的影像

Sunnybrook Technologies, Inc. (現併入 Dolby) 因此提出疊加的顯示系統，利用亮暗加成的效果直接達成表現高亮度及高位元深度的需求，稱之為高(亮度)動態範圍顯示系統(High Dynamic Range Display, HDRD)。然而目前 HDRD 只是應用於搭配低解析度的單色灰階背光系統來調整亮度的顯示範圍，且仍未有人針對 HDRD 人眼模型進行探討。因此本計劃的顯示技術將不單只是增加亮度動態範圍，而更進一步的提升色彩顯示能力、影像解析度、與動態影像畫質；此外亦加入免彩色濾光片的色序法技術來大幅降低功率消耗。因此本計劃所開發的顯示技術並不僅停留於 HDRD 技術，而是次世代(Next Generation)的顯示面板技術；當然除了提昇規格的同時，也將同步建立可相對應的人眼視覺模型與驅動架構演算法最佳化模型，用以將次世代的影像調整成最自然且最適合人眼觀賞的影像品質。

本計畫提出的“次世代顯示面板”並不單只是一味的就數字(規格)上的提升，更是結合了人因工程、顯示光學與發光元件等方面的研究專家，共同開發高品質且最適合人眼觀賞與接近自然的高畫質影像；此外，在現今全球資源耗損嚴重的情況下，本計劃開發出的次世代面板平均消耗功率預計僅為目前量產面板的約 30%，可大幅的節省能源的消耗以達到環保的需求。研發的重點除了強調次世代面板技術的整合外，並著眼於建立完整的顯示人因工程技術，以及次世代驅動架構與顯示系統的最佳化理論模型，以期能在研發完成後，藉由適當的技轉機制，順利移轉產業界，提昇我國顯示技術水準，衍生更具附加價值的新世代顯示系統。

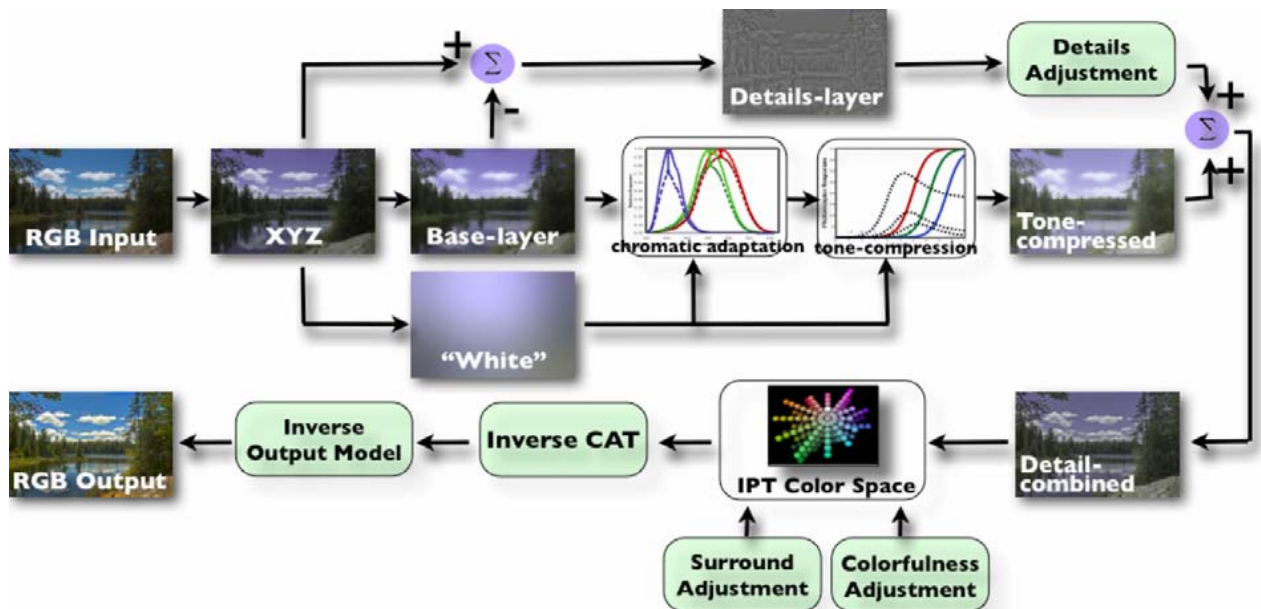
本計劃所提出的次世代顯示面板應用了雙顯示面板(液晶面板+背光面板)的概念，將原先只用於液晶光源之背光模組進化成另一不同特性之顯示面板，利用背光面板的優點結合原先的液晶面板的長處來達到次世代面板的需求。此項技術對產業界的衝擊將不僅是提升 LCD 面板的價值，更可增加平面顯示器對 LED 與驅動 IC 的需求，以加速顯示相關產業發展。在國際競爭力方面，由於此次世代的顯示面板將使液晶顯示器的整體影像品質大幅提升，超越 CRT 與 PDP 等自發光元件，並且預計將成為最符合人眼觀賞需求的顯示技術，因此將使國內原先就居於領先集團的 LCD 技術更向前推進，

並且有機會帶動 LED 與驅動 IC 以同時提升其技術與性能，便可增加整體的國際競爭優勢。

二. 文獻探討

子計畫一：次世代面板之視覺效應模型建構

繼 iCAM 提出後(Fairchild and Johnson, 2002, 2003, 2004)，孟賽爾色彩科學實驗室 (Munsell Color Science Laboratory) 以 iCAM 的架構為基礎，於 2007 年又提出了特別針對高亮度動態範圍影像處理的模型—iCAM06 (Kuang, Johnson and Fairchild, 2007)。基於本計畫之適用性，研究初期先針對兩模型之特性進行比較，結果發現，iCAM06 與 iCAM 的差異，在於加入了 Fast Bilateral Filtering 技術 (Durand and Dorsey, 2002)，以及後續對處理後的細節 (detail-layer) 進行調變的彈性。iCAM06 的流程如[圖一]所示。Fast Bilateral Filtering 技術的特點在於可分離影像中亮度或色度劇烈變化的邊界，或稱為細節 (detail-layer)，此特性避免一般影像亮度壓縮技術常見的影像邊緣模糊化，或是邊緣暈圈效應 (Halo Effect)；此外，iCAM06 的細節調整 (Details Adjustment) 保留客製化 (user-defined) 的自由變數，得以依據觀察者的喜好性，或系統特性 (面板尺寸、白點、動態亮度範圍等) 而改變，以適應不同影像細節銳利度的偏好需求。因此，本子計畫底定以 iCAM06 取代 iCAM，作為視覺模的核心及爾後成作品質評估的基礎。



[圖一] iCAM06 流程圖 (Kuang, Johnson and Fairchild, 2007)

無論 iCAM、iCAM06，或何視覺模型，經由這些模型處理後的影像資訊，若欲在 HDR LCD 上真實重現，其關鍵在於該 HDR LCD 的色彩特性化模型。經查閱，目前尚未有文獻或技術報告，探討 HDR LCD 的色彩模型。目前關於 HDR LCD 的影像處理計算，普遍是以亮度重現為主，並假設 HDR LCD 的光電轉換函數 (Optoelectronic transfer

function, OETF) 滿足伽瑪函數 (Gamma function)，其信號轉換可以方程式(1)表示如下：

$$I = BL_{Full} \left(\frac{GL_{Target}}{2^N - 1} \right)^\gamma = BL_{HDR} \left(\frac{GL_{HDR}}{2^N - 1} \right)^\gamma \quad (1)$$

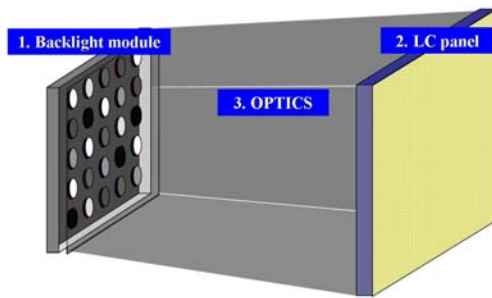
$$\Rightarrow GL_{HDR} = \left(\frac{BL_{Full}}{BL_{HDR}} \right)^{\frac{1}{\gamma}} GL_{Target}$$

然而，過去的文獻即證明了液晶顯示器的 OETF 若以簡單的 GOG (gain-offset-gamma) 或 GOGO (gain-offset-gamma-offset) 模型表示，則無法正確地預測色彩的三刺激值，即無法達到正確的色彩重現 (Fairchild and Wyble, 1998; Day, Taplin and Berns, 2004)。因此，在進行後續的實驗之前，必須先得到的 HDR LCD 色彩特性化模型。

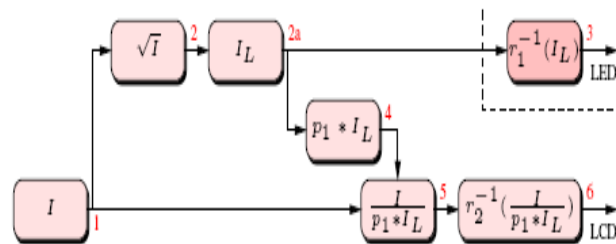
子計畫二：次世代面板之整合式驅動架構研發

[圖二]的 Backlight module 即為 LED 背光源陣列，此背光源陣列可依照畫面資訊作局部的背光調變，由於背光源陣列本身為一低解析度顯示器，其所產生之光強度分布尚需搭配液晶面板之高解析度訊號，才可展現細緻而具有高對比度的影像。

BrightSide(現併入 Dolby)公司所提出之完整演算流程如[圖三]所示，一開始由一輸入影像(步驟 1)，進行影像增強動作(步驟 2)，根據背光決定演算法決定出背光訊號(步驟 2a)並將之送至 LED 驅動(步驟 3)，把背光訊號 I_L 與光分布函數 p_l 進行摺積運算模擬光分布情形(步驟 4)，以此做為液晶補償依據算出液晶補償訊號(步驟 5)，在將之送至 LCD(步驟 6)。透過此完整的演算過程，我們可由一原輸入影像推得相對應之背光訊號及液晶補償訊號。



[圖二] LED 背光 HDR-LCD 系統



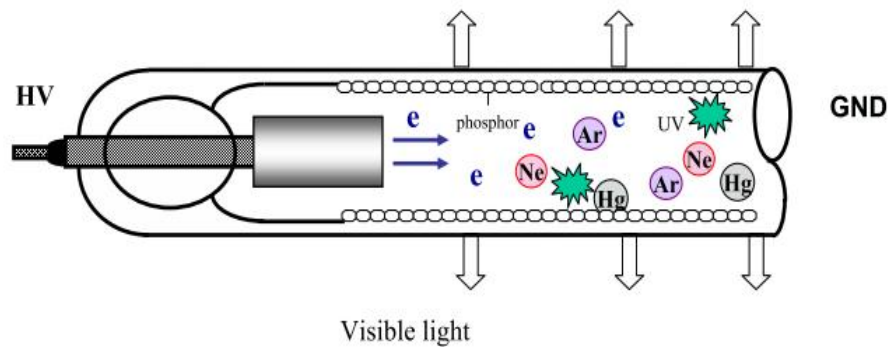
[圖三] BrightSide 公司所提出之演算流程

子計畫三：次世代面板之全彩式 LED 背光顯示系統開發

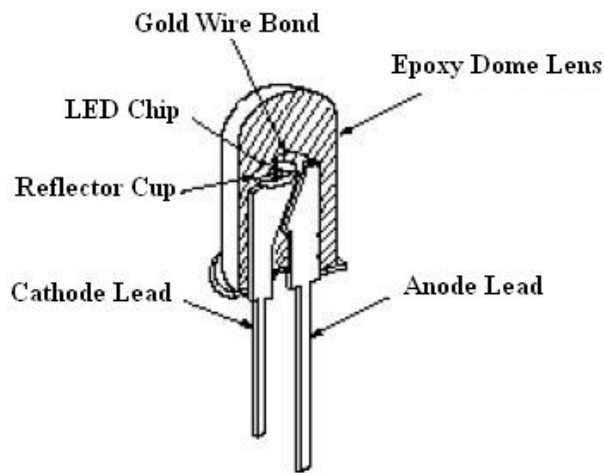
LED 背光模組技術可以發現兩個特點：一是分區控制，從提供 Full-on 的均勻光場，到掃描式的一維分區，最後進入 HDR 顯示器的二維獨立分區光場，背光模組已經不僅是扮演一單純提供光源的角色，轉而演變根據液晶控制訊號提供一低解析度的光場分布，能有效減少功率消耗與提昇顯示器的對比度，亦可視為一種 smart panel 技術；二是配合驅動時間從灰階光源到全彩色序式光源，讓背光源不單純提供光源的強度亦能對於色彩的表現上面有所改進。此外，也可有效的提升光源使用效率，進而達到節省成本與省能的效果。

子計畫四：次世代面板之高解析微放電型背光顯示系統開發

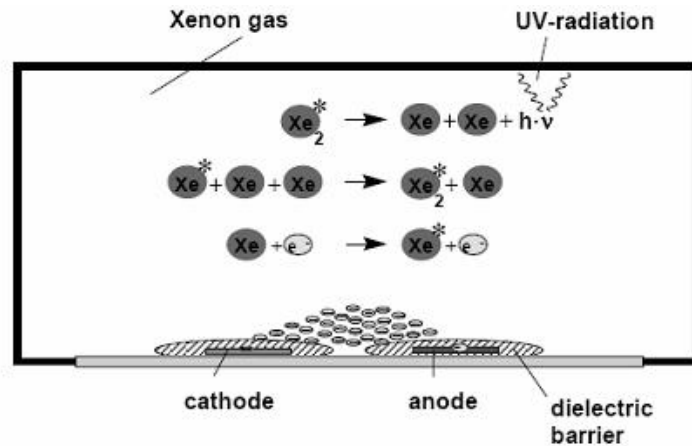
由於液晶顯示器的非自發光性，發光的背光模組必須安裝在液晶板的後方提供光源。作為現今最流行的平面顯示科技，當進入大尺寸的應用時，功率消耗和製造成本的降低是目前最主要被研究的課題，特別是佔整個液晶顯示器最主要功率消耗的背光源。[圖四]呈現冷陰極燈管的結構圖，為目前液晶面板最廣泛使用的線光源，經過背光模組中不同結構層的導光和擴散而達成背光源作為面板的發光體。此外，[圖五]中的發光二極體和[圖六]中的平面光源分別也同時具有相當的潛力成為下一代的替代性光源。以下我們就來簡單介紹不同背光光源：



[圖四] 冷陰極燈管的結構剖面圖



[圖五] 發光二極體的結構剖面圖



[圖六] 平面光源的結構剖面圖[2]

由於利用汞蒸氣作為主要的放電氣體，冷陰極燈管有著相當傑出的高發光亮度的光學特性，故廣泛的應用在液晶顯示器背光源當中。然而除了壽命問題和低溫啟動的限制，汞蒸氣的使用也在各國環保意識抬頭下，也被嚴格的限制其使用。為了取代汞蒸氣的使用，氬氣是目前最主要取代的放電氣體。因此，利用氬氣作為放電氣體和一些惰性氣體像是氬氣和氖氣作為緩衝氣體的無汞平面光源被提出和研究。不僅僅是取代有毒汞的消耗，此種無汞平面光源相比於普遍的冷陰極燈管也提供了較長的點亮壽命、較好的色域和均勻性。然而，此種背光源的缺點就在於其驅動電壓相當的高，都高於1-2千伏特。故此平面光源在發光效率、成本上，還需要相當多的研究和改善。另外，新興的發光二極體也同樣致力於高發光效率、低功率消耗和低成本的製作。儘管發光二極體的發光亮度已經相當的傑出，發光二極體背光源在大尺寸上還是提供了較高的製作成本。同樣地，微電漿裝置也在不同的領域下被提出和研究。此可發光微電漿裝置也被介紹非常適合實用於新穎的背光發光源技術開發上。

三. 研究方法

子計畫一：次世代面板之視覺效應模型建構

- A. 從現階段iCAM06著手，完成優、缺點分析，並依據本計劃所需之特性，進行應用分析及訂定所需之參數。
- B. 依循iCAM06演算法則，進行初版程式編寫，完成模型基本運算架構。
- C. 依循二階段法（Two-stage Approach），完成HDR LCD的色彩特性化模型。
- D. 依據先前對於HDR液晶顯示器之研究成果，配合建構完成之初版iCAM06程式，推演HDR系統可行之評估指標，作為該類顯示器評估之標準。

用於傳統均勻背光 LCD 的色彩特性化模型可以方程式(2)、(3)表示如下：

$$\begin{aligned}
\mathbf{R} &= \text{LUT}(d_r) \\
\mathbf{G} &= \text{LUT}(d_g) \\
\mathbf{B} &= \text{LUT}(d_b) \\
0 &\leq \mathbf{R}, \mathbf{G}, \mathbf{B} \leq 1
\end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ \mathbf{Y} \\ \mathbf{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{r,\max} - X_k & X_{g,\max} - X_k & X_{b,\max} - X_k \\ Y_{r,\max} - Y_k & Y_{g,\max} - Y_k & Y_{b,\max} - Y_k \\ Z_{r,\max} - Z_k & Z_{g,\max} - Z_k & Z_{b,\max} - Z_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{R} \\ \mathbf{G} \\ \mathbf{B} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix} \tag{3}$$

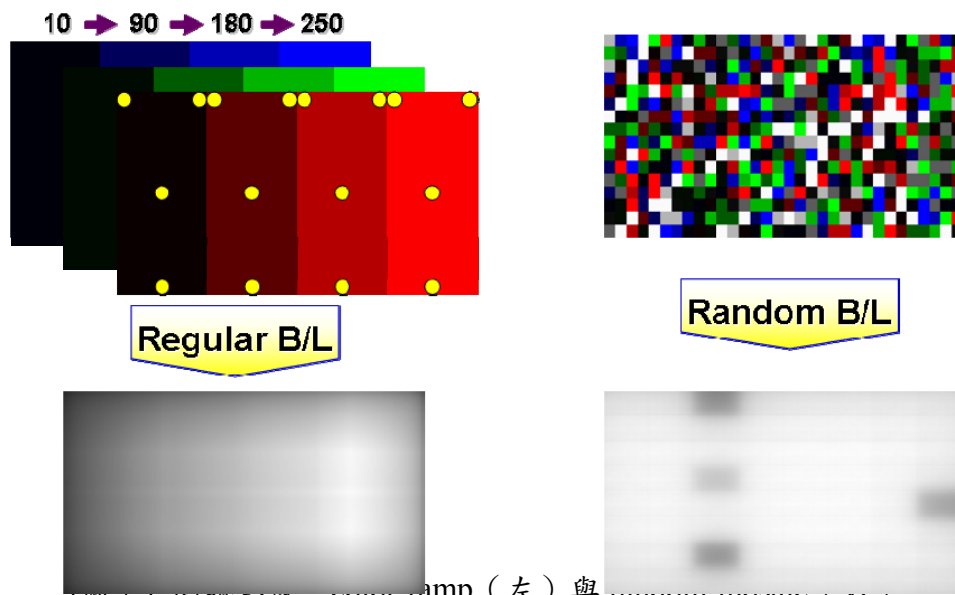
其中 \mathbf{R} 、 \mathbf{G} 、 \mathbf{B} 為三個一維的對照表 (Look-up Table, LUT)，用以描述 LCD 三個原色的 OETF， d_r 、 d_g 、 d_b 為輸入數位信號； $X_{i,\max}$ 、 $Y_{i,\max}$ 、 $Z_{i,\max}$ 表示三刺激值在原色 i 的最大值， i 代表 r 、 g 、 b 。 $[X_k \ Y_k \ Z_k]^T$ 代表著 LCD 在驅動信號為零時的三刺激值，稱為 flare。然而，在過去量測的經驗中，發現適用於傳統均勻背光 LCD 的方程式(2)、(3)，並無法描述 HDR LCD 的一對多對映 (one-to-many mapping) 結果，即同一組輸入信號，得到不同的三刺激值。經過深入研究，發現此一現象與入射至 LC 面板的背光強度有關，因此，我們提出了修訂方程式(2)、(3)的修訂方程式(4)(5)作為白光發光二極體區域可控式背光的 HDR LCD 的色彩特性模型，如下：

$$\begin{aligned}
\mathbf{R} &= \text{LUT}(d_r') \\
\mathbf{G} &= \text{LUT}(d_g') \\
\mathbf{B} &= \text{LUT}(d_b') \\
0 &\leq \mathbf{R}, \mathbf{G}, \mathbf{B} \leq 1 \\
0 &\leq L \leq 1
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ \mathbf{Y} \\ \mathbf{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{r,\max} - X_k & X_{g,\max} - X_k & X_{b,\max} - X_k \\ Y_{r,\max} - Y_k & Y_{g,\max} - Y_k & Y_{b,\max} - Y_k \\ Z_{r,\max} - Z_k & Z_{g,\max} - Z_k & Z_{b,\max} - Z_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{R} \\ \mathbf{G} \\ \mathbf{B} \end{bmatrix} L + \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix} L \tag{5}$$

d_r' 、 d_g' 、 d_b' 為經過 HDR LCD 演算法處理過的二次信號， L 則為歸一化的背光強度。

實驗平台為 37" HDR LCD，面板解析度為 1080x1920，背光分區為 8x8 區，最大亮度 517cd/m²，對比度大於 10,000:1。以下面兩組影像—color-ramp 與 random-mosaic—作為測試信號[圖七]，前者呈現規律背光強度變化，而後者呈現無序背光強度變化。



[圖七] 測試影像 color ramp (左) 與 random mosaic (右)

子計畫二：次世代面板之整合式驅動架構研發

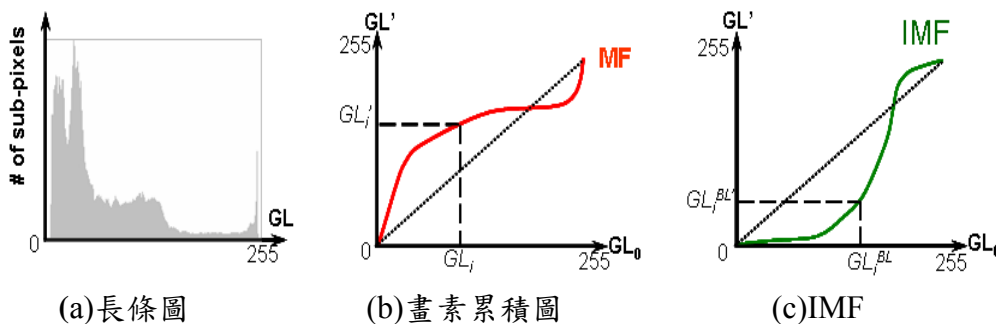
A. 背光訊號的決定：

我們提出一種背光決定方法：Inverse of Mapping Function (IMF)，其能在不同畫面輸入時，依其影像訊息而調整背光的映象函數(Mapping Function)，使得在高對比影像輸入時，背光便能拉開其對比度，並藉由液晶的補償使影像細節清楚呈現。背光信號的調變分為兩個步驟，第一步驟是由畫面資訊初步決定一組背光值，第二步驟是利用背光調整曲線，進一步調整此背光值。IMF 的作法為取一區之中每個畫素中子畫素最大值後，用 IMF 曲線調整背光，此作法根據每一畫面灰階分布資訊對 Max 法進一步調整背光訊號，已證實可獲得較高的對比度及較低的功耗表現，並可維持大部分的影像細節。

B. IMF 背光決定法：

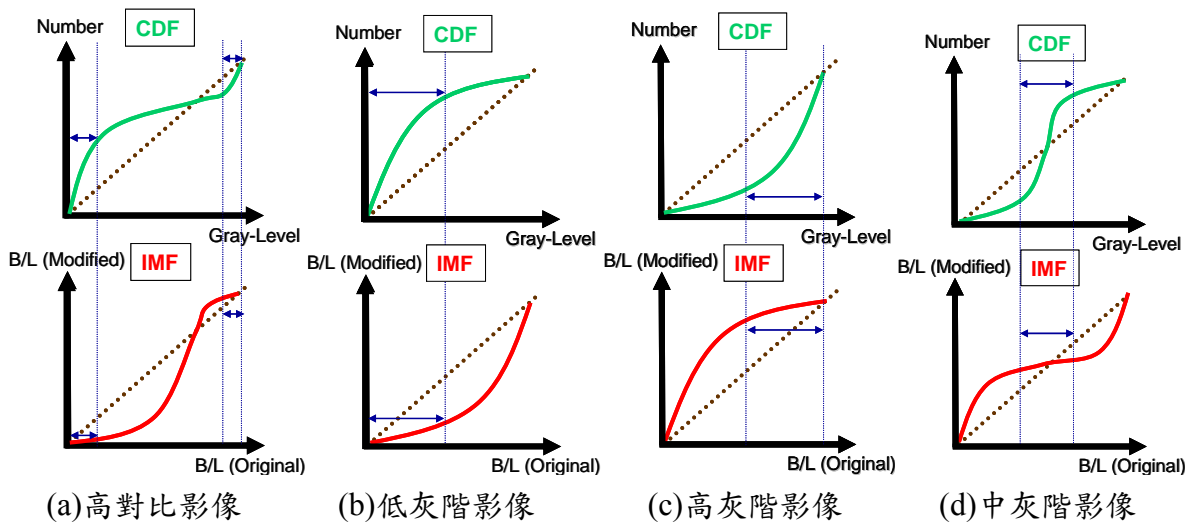
由於雙調變顯示器的概念是利用背光當作另一個調變器，使顯示器對畫面的控制性更好。我們提出一種叫做 Inverse of Mapping Function(以下簡稱 IMF)的方式當作第二步驟的背光調整曲線，有別於傳統背光決定方式只用單一曲線來調整背光信號，更能針對不同畫面特性改善影像品質，此曲線的獲得方式如[圖八]所示：

首先統計整張畫面的長條圖(Histogram)，將長條圖由低灰階累積至高灰階後，對 $y=x$ 直線作鏡射得 IMF 曲線。



[圖八] IMF 曲線獲得過程

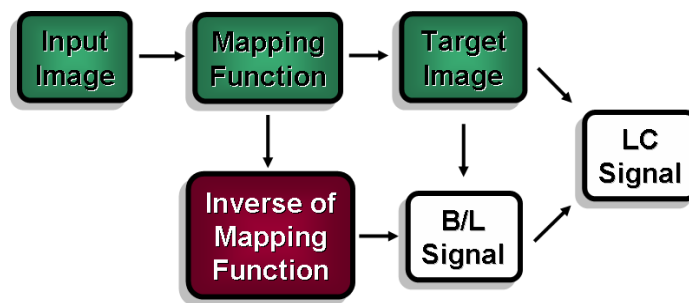
IMF 法將可適用於不同的影像資訊，來調整出更適合的背光訊號，例如對於高對比畫面資訊而言，如[圖九] (a)所示，由於高低灰階偏多，根據此一 IMF 曲線調整背光訊號，可將背光亮暗更進一步拉開而使整體對比度提高；對一低對比畫面資訊來說，如圖 4(b)所示，由於畫面中間灰階偏多，對其 IMF 做調整可以使背光亮度分佈均勻，不會有背光亮暗差距過大的情形。



[圖九] IMF 優點說明圖

使用 IMF 決定背光信號的流程圖如[圖十]所示，IMF 之優點如下：

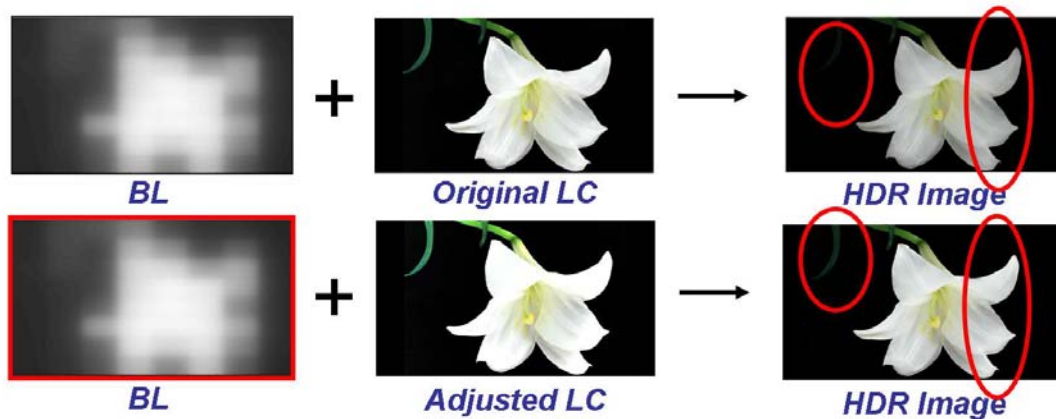
1. 能依不同畫面資訊決定出不同的背光調整方式。
2. 改善畫面品質，提高高對比影像的對比度或提高低對比影像的畫面均勻度。
3. 未來可依影像處理端對液晶訊號的映射函數做鏡射的動作，即可決定出不同的 IMF 曲線，以達更好的背光調整效果，且不需要太多額外的運算量。



[圖十] IMF 流程圖

C. 液晶補償：

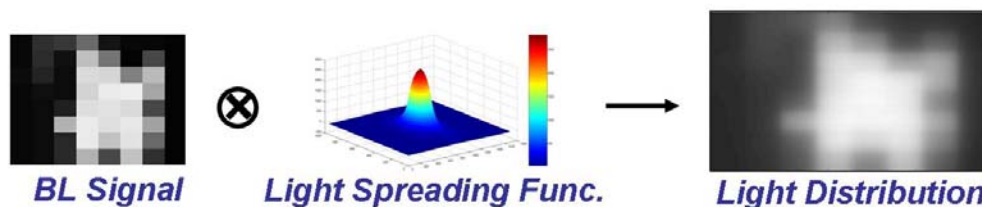
單純的背光源陣列調變並無法展現目標影像之內容，如果液晶訊號沒有做相對應的調整補償，會造成影像細節及畫面亮度的失真，如[圖十一]所示。



[圖十一](上)無液晶補償及(下)有液晶補償之效果

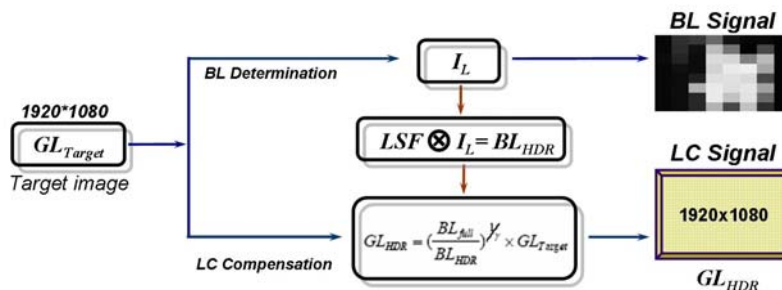
由[圖十一]可發現，單純只作背光調變之系統所產生之 HDR 影像會有明顯偏暗之現象。而考慮液晶訊號補償之系統不但可保有高對比度之效果，並可保持大部分的影像細節，所以液晶訊號補償在 HDR 顯示系統中有其執行的必要性。

在液晶訊號補償中，背光源陣列之光強度分布是作為液晶訊號的補償依據，首先，在背光訊號決定後，將單一區背光訊號與光分布函數(Light Spread Function, LSF)，進行摺積運算(Convolution)，如[圖十二]，以模擬真實背光強度分布情形，以此作為進入液晶層前之光強度分佈，接著根據公式(6)推算液晶之補償訊號。



[圖十二] 摺積運算過程

在考慮顯示器 γ 調整的條件下，將目標影像除以背光分布，其中 BL_{full} 及 BL_{HDR} 分別表示傳統全亮以及HDR 顯示器動態調整背光的背光強度，根據公式(1)可由原本的液晶訊號 GL_{Target} 推得補償後的液晶訊號 GL_{HDR} 。完整的演算流程如[圖十三]所示：



[圖十三] HDR 顯示器系統獲得背光訊號及液晶訊號之演算流程

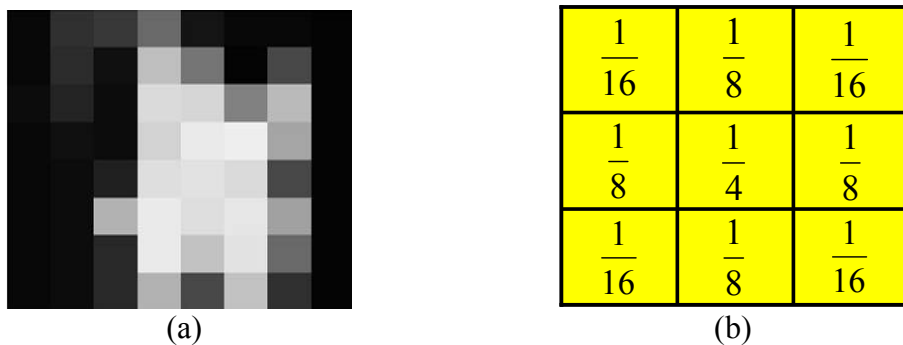
雖然液晶補償可進一步的利用液晶訊號來補償畫面亮度不足的部份，但並非所有情況皆可靠液晶訊號將亮度補足，若背光本身強度過低，縱使液晶轉至 255 灰階值(8bit)的全亮狀態，仍無法將其亮度補足，所以液晶訊號補償的優劣與否，實決定於最初背光訊號之決定。

D. 模糊遮罩法：

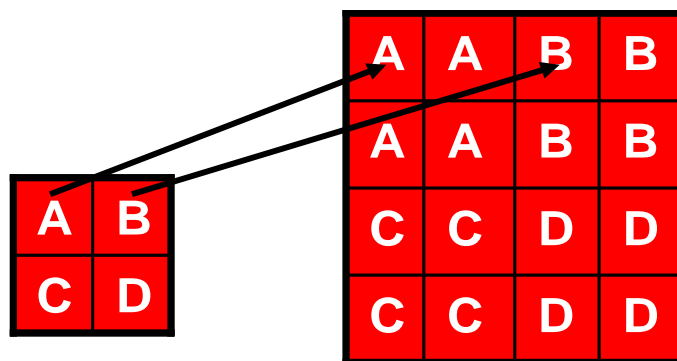
摺積法計算量龐大，在硬體實現上是一大困難，另外一項窒礙難行的因素在於 LSF，由於單一區背光發光時，其影響範圍擴及整張影像，這意味著 LSF 的考慮範圍必須等於或甚至大於一張影像之大小(1920×1080)，因此我們無法提供如此的記憶體容量來存取此大小之 LSF。事實上，在我們的實驗中，2430×1215 大小的 LSF 亦無法解決邊界效應的問題，所以摺積法的演算過程必須被簡化。

我們提出另一種用於模擬背光分布的方法—模糊遮罩法(Blur Mask Method)，其演算的過程可以省去儲存 LSF 的麻煩並簡化摺積的運算，我們也在硬體上證實了模糊遮罩法的可行性以及可提供優於摺積法的影像表現。

模糊遮罩法是使用一模糊遮罩對原始的背光灰階值影像(如[圖十四](a)所示)進行模糊，接著反覆執行擴張及模糊的動作，其結果可以模擬出近似真實背光的光分布，最後液晶補償訊號的決定與摺積法相同，其中模糊遮罩的權重如[圖十四](b)所示，為求便於硬體計算，因此將其權重值設為 2 的次幂。



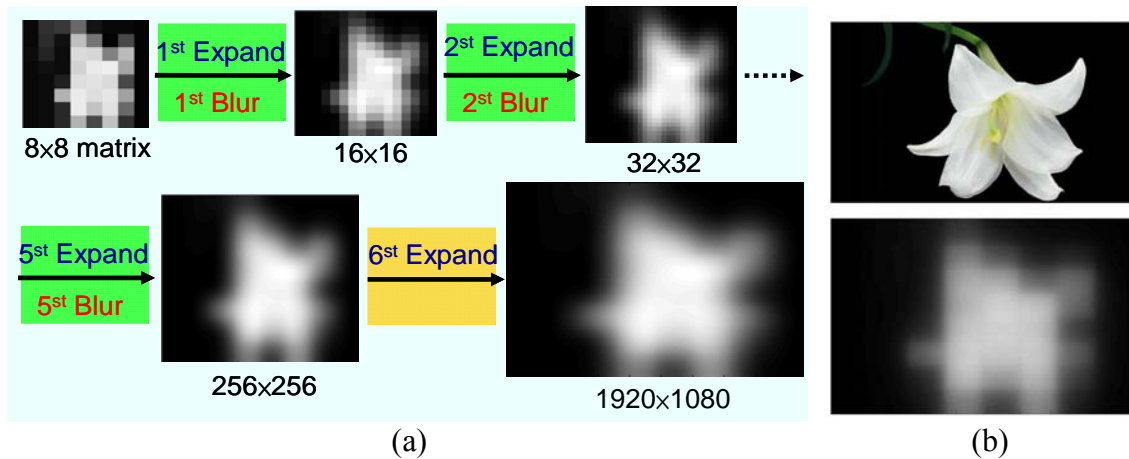
[圖十四] (a) 8×8 區的背光灰階值影像及 (b)模糊遮罩



[圖十五] 影像擴大方式圖，其中的 A、B、C 和 D 表示該畫素之灰階值

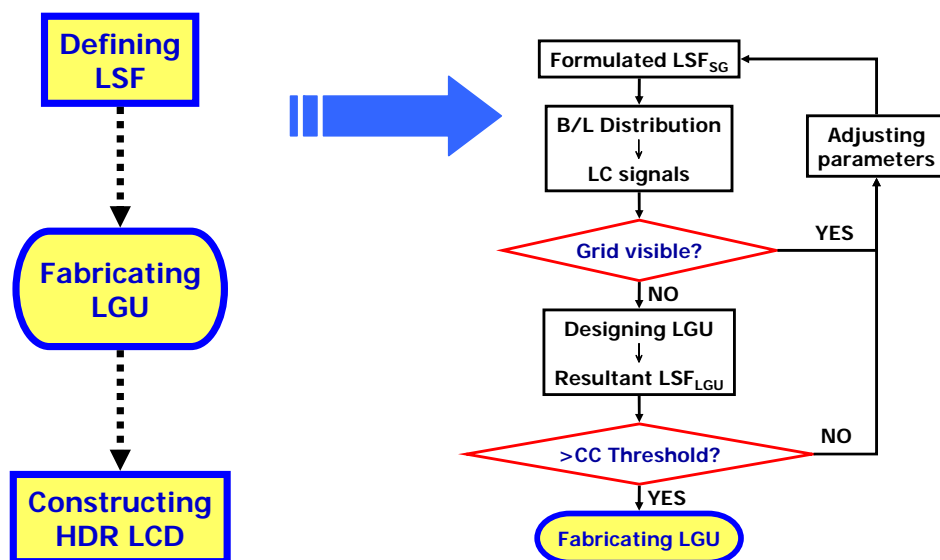
模糊遮罩法的主要步驟如下，首先，將原始 8×8 區的背光灰階值影像之長寬各放大兩倍成為一 16×16 之影像，其放大的方式示於[圖十五]，接著將此 16×16 之影像與模糊遮罩進行摺積以達到模糊的目的，之後再進行同樣放大及模糊的動作，直到模糊影

像被放大模糊至 256×256 後，為求運算簡化，直接將此 256×256 之模糊影像放大到 1920×1080 ，此 1920×1080 所表現之灰階值即做為背光分佈之模擬結果，演算過程及模擬結果如[圖十六](a)所示；[圖十六](b)為原始影像及摺積法所模擬之背光分布，比較可發現，模糊遮罩法的模擬結果與摺積法之結果有相似的分佈。



[圖十六] (a)模糊遮罩法之演算過程及(b)原始影像(上)、摺積法之背光模擬結果(下)

子計畫三：次世代面板之全彩式 LED 背光顯示系統開發



[圖十七] 設計流程

如[圖十七]所示：

A. 首先以數學公式定義出一廣義的超高斯(super-Gaussian)光場分布函數，並訂出與背光面板解析度相關之各參數。

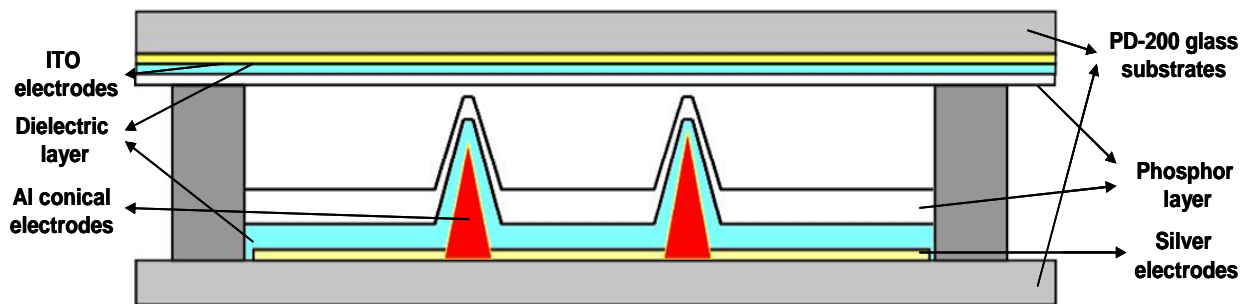
B.接著將各參數變動組合出的超高斯光場定義為 LED 的光場分布函數，並透過雙液晶面板系統驗證該超高斯光場分布函數是否適合，同時量測其相對應的均勻度。

C.通過驗證系統測試之光場分布函數將當成光學設計的目標，利用光學模擬軟體設計出能產生該目標光場之光學元件。

D.根據由光學軟體優化後得到的參數值實際製作出該光學元件，並利用該光學元件組裝一完整的 HDR BLM。

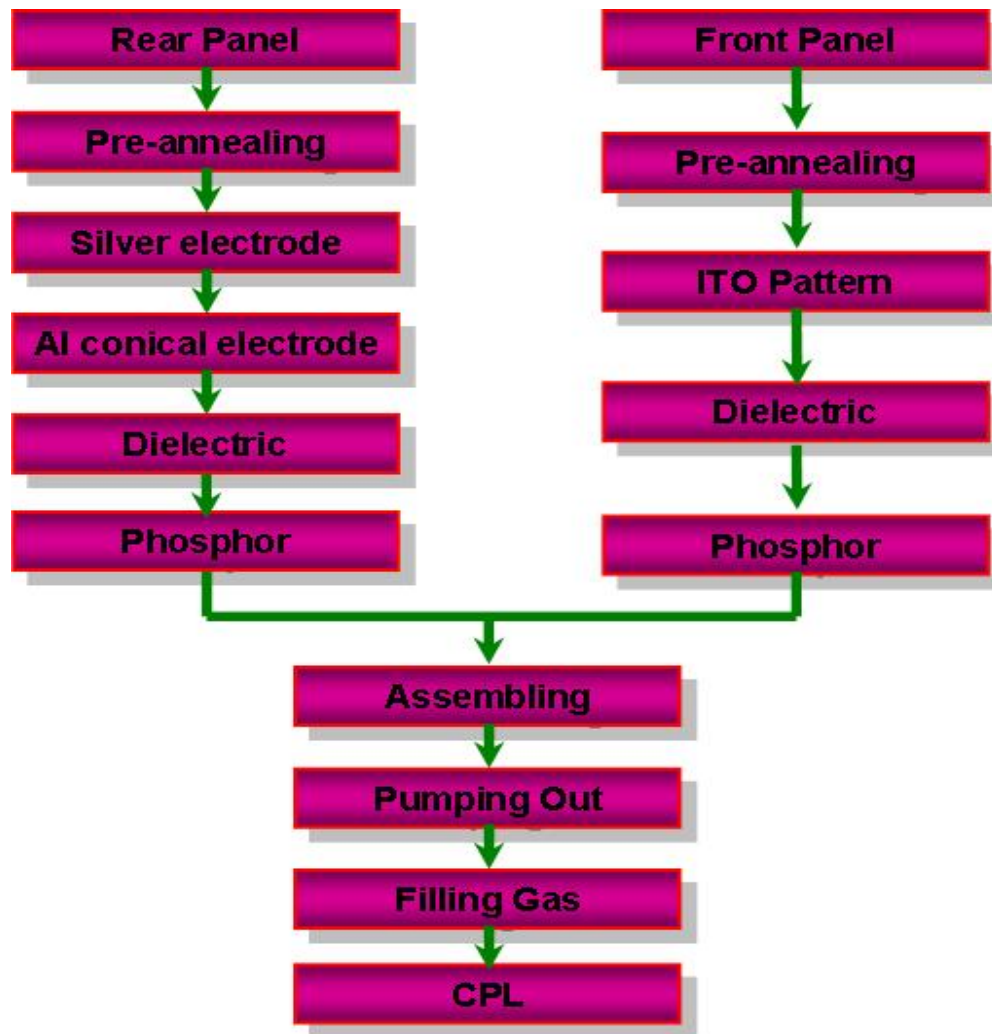
子計畫四：次世代面板之高解析微放電型背光顯示系統開發

✚ 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的製程



[圖十八] 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的剖面結構示意圖

[圖十八]圖示此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的剖面結構示意圖。由圖可以明顯的得知此汞尖端電極場增強型平面電漿光源有兩個部份所組成：一是前板另一個為背板。前板和背板的製程都操作在大小為 320×300 毫米上的玻璃基板上。在背板製程中，利用銀膠(PBP019, 杜邦電子材料)作為此背板平面電極的材料，利用平面印刷技術，將其印刷在背板玻璃上。鋁製的尖端電極是利用簡易的機械加工，其尖端處的半徑小於 40 μm，不僅可以有較低成本考量，也有著可大量生產的能力。在前板製程中，由於為了讓產生的可以白光可以順利的照射出，選擇了 ITO 透明電極作為上板平面電極。此 ITO 透明電極利用微影技術和蝕刻技術定義出我們所要的樣式。再來，介電層(PDL-026, Nippon Electric Glass Co., Ltd.)同樣利用平面印刷技術分別被用來沉積在背板的銀電極和鋁錠尖端電極之上，和前板上的 ITO 透明電極上。燈管螢光體(NP-411-03, Nichia) 是由成份 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{FCl:Sb,Mn}$ 所組成，利用噴圖技術，分別在此背板介電層和前板介電層上沉積 100μm 和 20μm 的厚度。所有無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的製程明細都被仔細地列在表一，相對的其製程流程圖也被提供在[圖十九]。



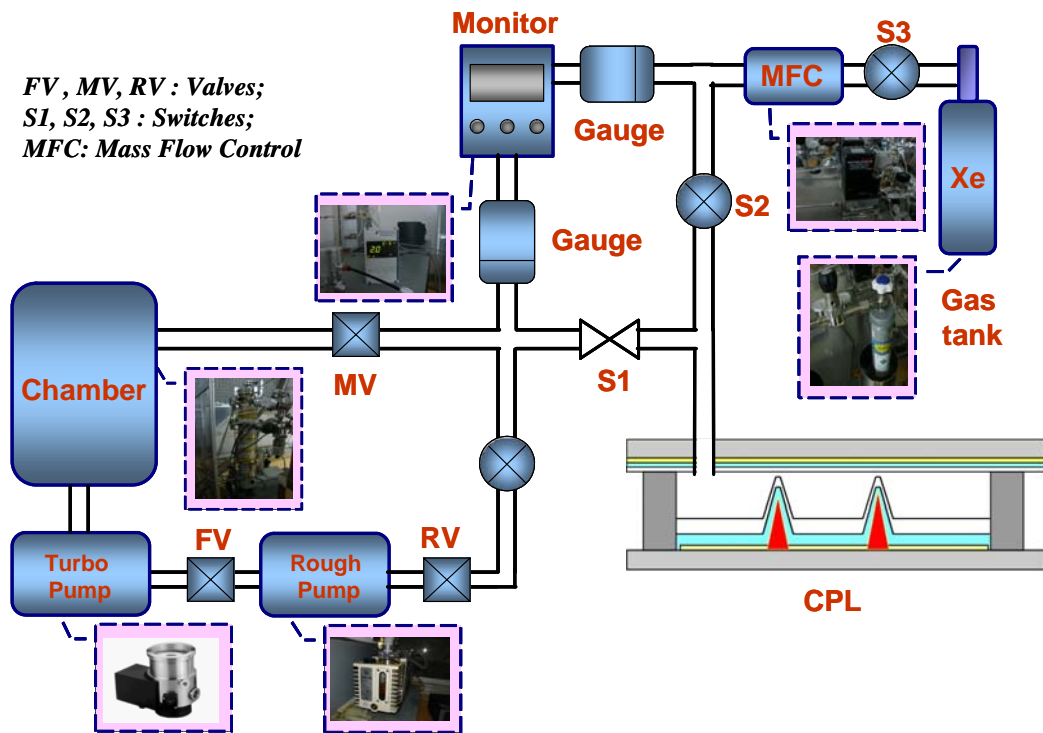
[圖十九] 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的製程流程圖

表一 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的製程明細

Rear Panel	Material	Specification	Front Panel	Material	Specification
Glass	PD-200	320x300 mm	Glass	PD-200	320x300 mm
Electrode	Silver	10 μm	Electrode	ITO	$\sim 1300 \text{ \AA}$
Al rod	Aluminum	2.6 mm	Dielectric	PbO, B ₂ O ₃ and SnO ₂	40 μm
Dielectric	PbO, B ₂ O ₃ and SnO ₂	20 μm	Phosphor	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ FCI:Sb,Mn	20 μm
Phosphor	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ FCI:Sb,Mn	100 μm	Frame	PD-200	5 mm x 2.8 mm
Nano-Tip	Aluminum	25 nm	Spacer	PD-200	5 mm x 2.8 mm

✚ 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的實驗裝置

在所有仔細小心的製程後，兩板利用玻璃膠和玻璃的阻隔層封合，維持了2.8 mm 的放電空間。此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源被利用連接管所聯結，連到由一個粗抽真空系統和高抽系統的真空系統。在達到十的負六次方托耳的氣體壓力下，再回灌我們所需的氙氣作為主要的放電氣體。其提供了高發光亮度的特性。[圖二十]秀出了真空系統和灌氣系統。直流雙極電壓產生器(SPIK 2000A, 伸昌電機)的電壓值最高可以達到1000伏特且頻率可以達到5萬赫茲。在測量儀器方面，利用BM-7量測其發光亮度(cd/m^2)，進而得到發光效率。



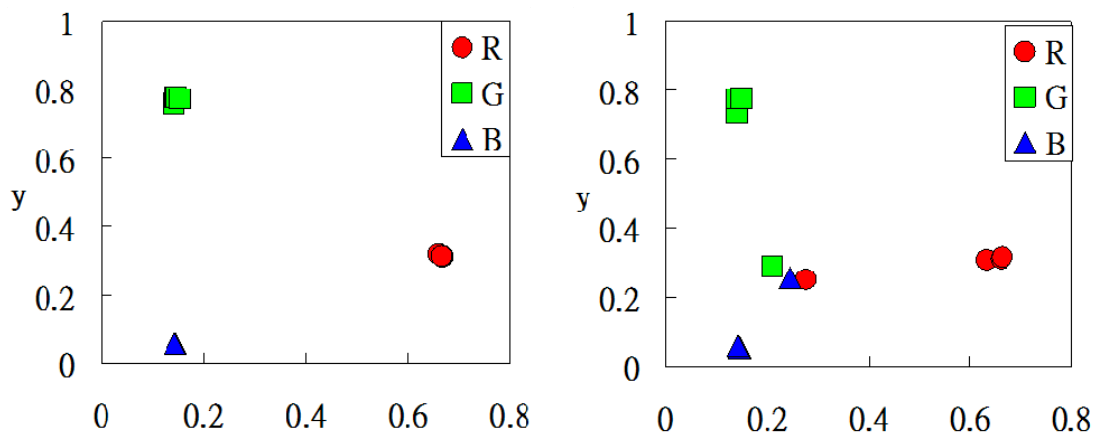
[圖二十] 真空系統和灌氣系統

四. 結論與建議

子計畫一：次世代面板之視覺效應模型建構

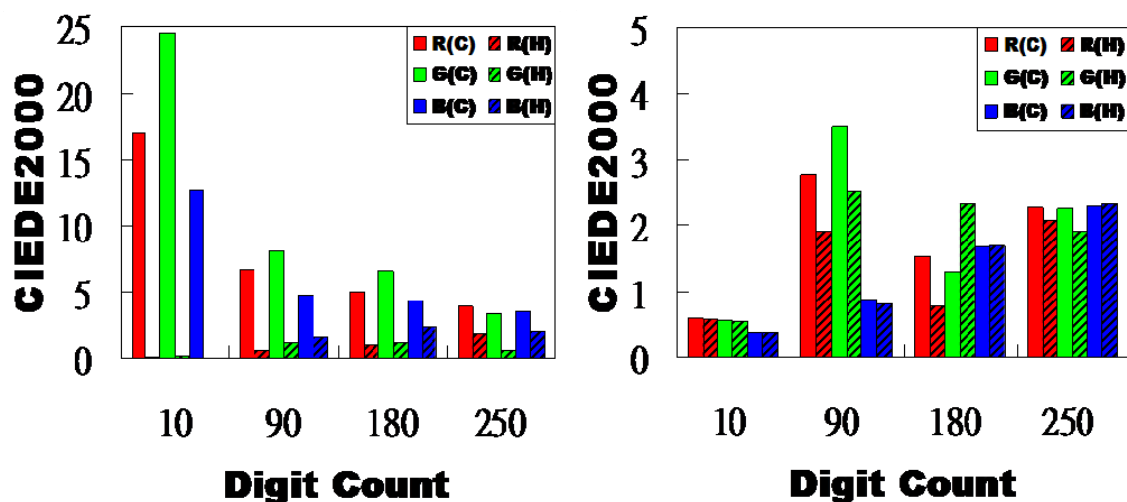
iCAM06 已完成程式撰寫，其中對於後續研究的關鍵步驟在於：一、兩個低通空間濾波器的決定。首先是原本 iCAM 中用以計算空間白點分佈，與系統規格及觀看條件相關，其次是 Fast Bilateral Filtering 技術中用以分離基層與細節層。二、細節調節步驟中，自由參數的設定，必需透過後續人因實驗，以得到基於觀察者喜好與系統特性的優化值。三、iCAM06 流程中的 Inverse Output Model 步驟，即正常的色彩特性模型，此模型將詳述如下。

觀察色度模型量測的 CIE1931 xy diagram [圖二十一]，[圖二十一]中的右圖是在 random-mosaic 影像中任選與 color-ramp 影像中，具有相同數位信號的十二個區塊所得到的色度值。[圖二十一]的結果即表示 HDR LCD 的一對多特性。



[圖二十一] 量測之巴氏貝特，color-ramp (左) 與 random-mosaic (右)

接著計算量測值分別與傳統 LCD 及 HDR LCD 的色彩特性化模型所預測的三刺激值之誤差，以 CIEDE2000 的色差值表示，如[圖二十二]所示。如圖中所示，傳統 LCD 所使用之模型，無法計入背光隨影像信號的同步變化，方程式(3)中的 flare 項為常數，使得色差在信號值愈小的處愈大，而 HDR LCD 的模型則可充分計入背光變化，故得到較小的誤差。在 random-mosaic 圖中的量測結果，雖然 HDR LCD 的色度模型仍相對準確，然其與傳統 LCD 模型的色差已相差不大，其原因在於背光分佈的正確性。



[圖二十二] 色彩特性化模型驗證，以 CIEDE2000 色差表示；color-ramp image (左) 與 random-mosaic image (右)

背光分佈的正確性影響所提之 HDR LCD 模型在預測三刺激值的可靠度。受限於目前背光的單顆發光二極體的光分佈函數 (Light spread function, LSF) 在背光中各處不同，使得目前普遍使用的 convolution 計算原則上無法得到正確背光分佈估算。因此，如何獲得正確的背光分佈值，乃為下一個關鍵課題。我們提出一個解決方案，關於設計背光單元以限制背光分佈在極集中的範圍內，有別於過去的自由擴散 (free-spreading) 光分佈函數，有助於提高背光分佈預測的準確度。此方案將由另分項子計畫執行驗證。

至於適用於多原色區域可控式背光 HDR LCD 的色彩特性化模型，可以方程式(6)、(7)表示（目前以紅、綠、藍三原色為例）：

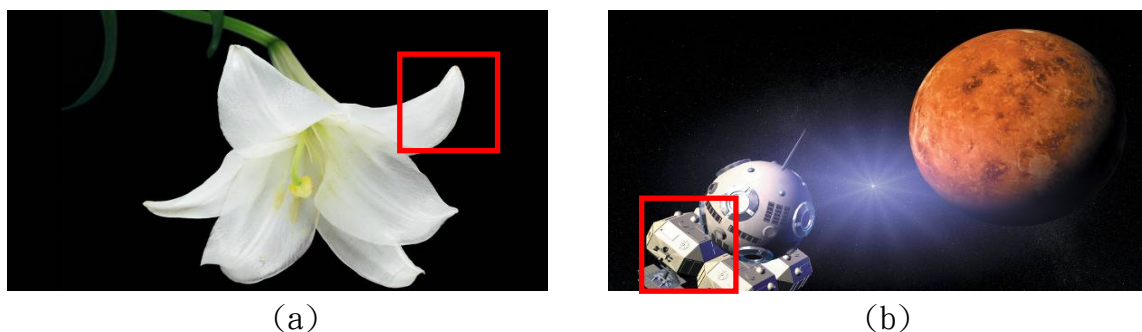
$$\begin{aligned} 0 \leq f(d_r), f(d_g), f(d_b) \leq 1 \\ 0 \leq L_R, L_G, L_B \leq 1 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \sum_{I=R,G,B} \left\{ \sum_{i=r,g,b} \left\{ \begin{bmatrix} X_{il,di=\max} - X_{il,di=0} \\ Y_{il,di=\max} - Y_{il,di=0} \\ Z_{il,di=\max} - Z_{il,di=0} \end{bmatrix} f(d_i) L_I + \begin{bmatrix} X_{il,di=0} \\ Y_{il,di=0} \\ Z_{il,di=0} \end{bmatrix} L_I \right\} \right\} \quad (7)$$

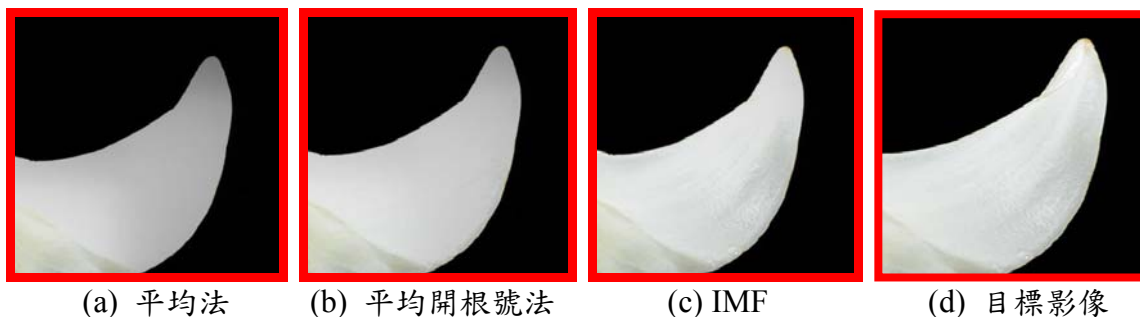
其中， $f()$ 表示 LUT，大寫 R/G/B 用以表示三原色發光二極體，小寫 r/g/b 則表示紅、綠、藍三個次畫素（sub-pixel）。

子計畫二：次世代面板之整合式驅動架構研發

IMF (Inverse Mapping Function)動態調整背光方式有別於傳統背光決定方式只用單一曲線來調整背光信號，可以依照輸入影像不同做適當的調整。例如對於高對比畫面資訊而言，由於高低灰階偏多，根據此一 IMF 曲線調整背光訊號可將背光亮暗更進一步拉開而使整體對比度提高；對一低對比畫面資訊來說，由於畫面中間灰階偏多，對其 IMF 做調整可以使背光亮度分佈均勻，不會有背光亮暗差距過大的情形。可參考下[圖二十三]—[圖二十五]之結果。



[圖二十三] (a)Lily (b)Space Robot



[圖二十四] 局部放大目標影像 Lily 的模擬結果，(a)~(c)分別為平均法、平均開根號法及 IMF 之背光決定方式，液晶則使用摺積法補償；(d)為目標影像



(a) 平均法 (b) 平均開根號法 (c) IMF (d) 目標影像

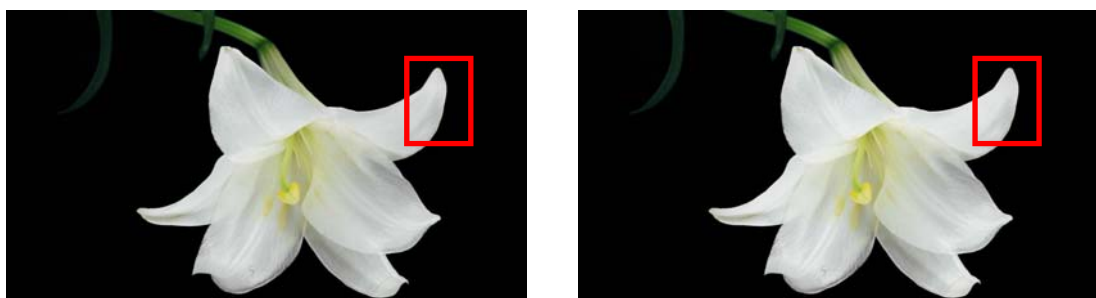
[圖二十五] 局部放大目標影像 Space Robot 的模擬結果，(a)~(c)分別為平均法、平均開根號法及 IMF 之背光決定方式，液晶則使用摺積法補償；(d)為目標影像

綜合以上結果證實，IMF 的確適用於背光訊號的決定，在對比度的表現上，不但將原本的 CR 值提升突破 20,000:1，畫面最大亮度也直逼傳統液晶顯示器，比較各方法，IMF 皆提供了雙贏的結果。在畫面細節的表現上，IMF 更有驚人的表現，不但維持了原本的亮度，畫面細節更直逼目標影像。所以 IMF 之優點如下：

1. 能依不同畫面資訊決定出不同的背光調整方式。
2. 改善畫面品質，提高高對比影像的對比度或提高低對比影像的畫面均勻度。
(~20000:1)。
3. 未來可依影像處理端對液晶訊號的映射函數做鏡射的動作，即可決定出不同的 IMF 曲線，以達更好的背光調整效果，且不需要太多額外的運算量。

而單純只做背光調變之系統所產生之 HDR 影像會有明顯偏暗之現象。考慮液晶訊號補償之系統不但可保有高對比度之效果，並可保持大部分的影像細節，所以液晶訊號補償在 HDR 顯示系統中有其執行的必要性。

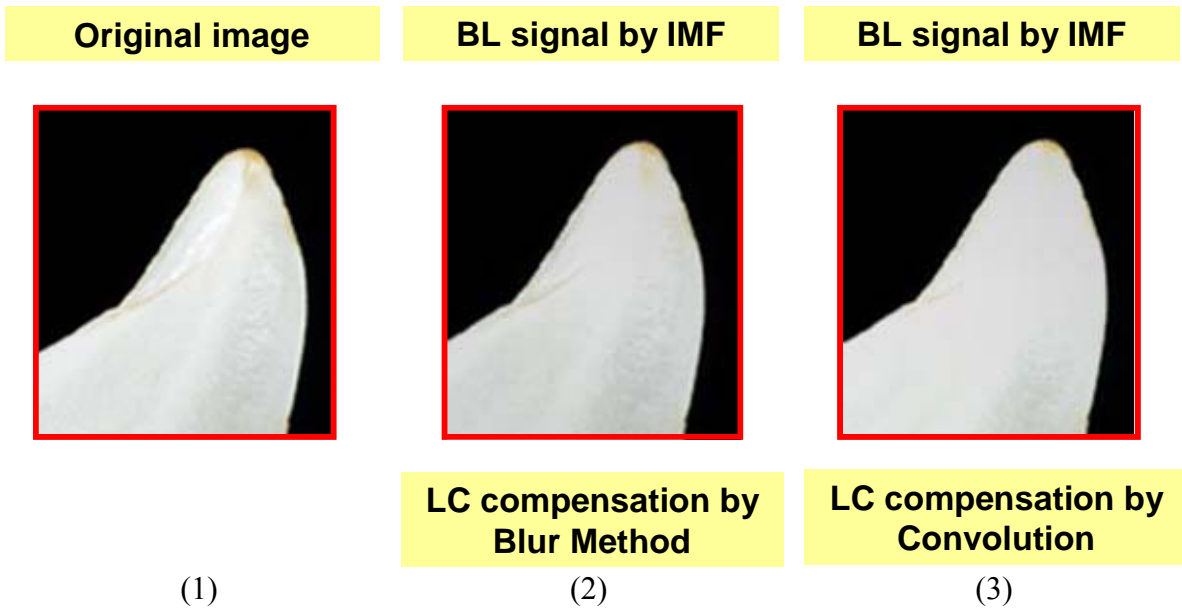
在硬體運算量方面，由於摺積法的運算量龐大，其演算法的簡化有其必要性，而模糊遮罩法的提出簡化了背光模擬的複雜度，不必像摺積法需以龐大的記憶體空間來儲存 LSF，模糊遮罩法需要的僅僅是原始的背光灰階影像以及一 3×3 大小的模糊遮罩，如此大大地簡化了模擬背光分布的需求。在影像表現上，雖然摺積法提供了最正確的補償方式，但由於此法容易遭遇液晶補償失敗的情況，造成影像失真。相較於模糊遮罩法，其本身背光模擬是由原本 8×8 的背光灰階影像模糊而來，可以保留原始影像的亮度特性，在相對於影像之亮處，背光模擬會提供相對高亮度的背光值，這在液晶補償上可以降低補償失敗的情況，所以在[圖二十六]及[圖二十七]中可以發現，模糊遮罩法比摺積法能展現更多的畫面細節。



(1)

(2)

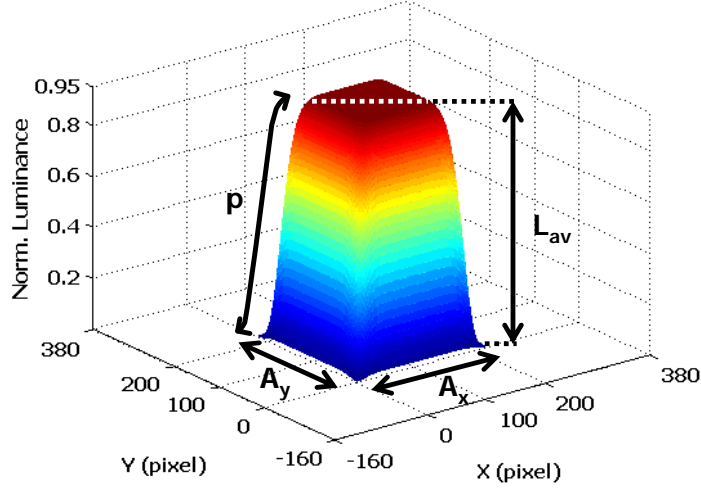
[圖二十六] 目標影像 Lily 分別採 (1)模糊遮罩法及 (2)摺積法之 HDR 影像模擬結果



[圖二十七] (1)為原目標影像之局部放大，(2)~(3)分別為模糊遮罩法及摺積法之局部放大，由圖可發現，模糊遮罩法所能表現之影像細節超越摺積法

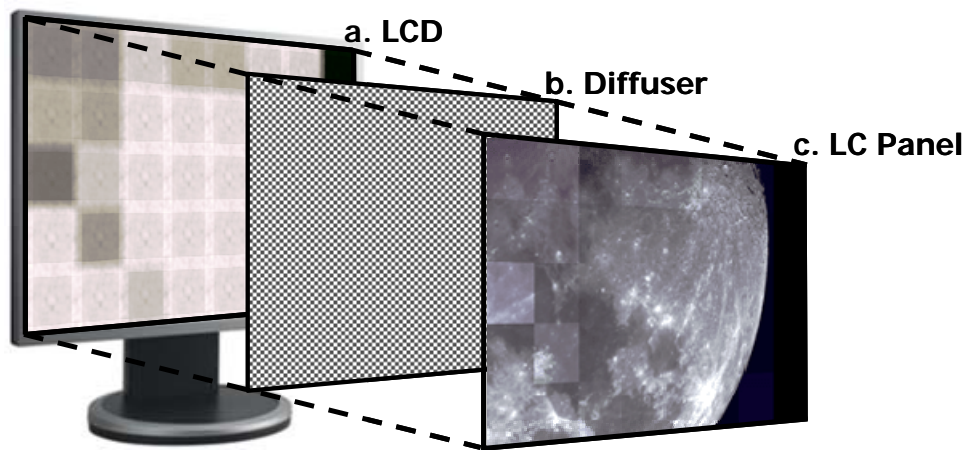
子計畫三：次世代面板之全彩式 LED 背光顯示系統開發

$$LSF_{SG}(x, y) = L_{av} \exp\left(-2\left(x/A_x\right)^{p_x}\right) \exp\left(-2\left(y/A_y\right)^{p_y}\right) \quad (8)$$



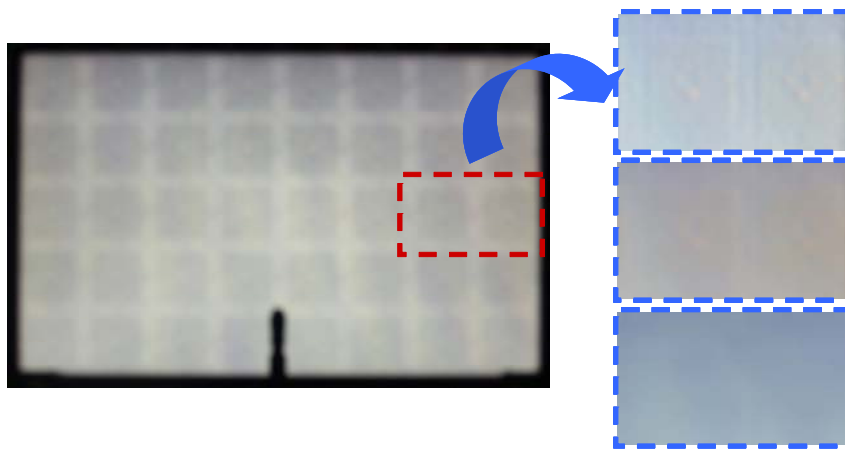
[圖二十八] 二維超高斯公式與分佈

在考量 1.HDR 背光分佈的計算；2.點光源分佈函數(高斯光場分佈函數)的適合性；3.光場分佈實現的可能性下，二維超高斯光場分佈函數(super-Gaussian light spread function, s-G LSF)為一適合局部區域光場控制之 LSF，如[圖三]所示。藉由改變此公式的參數 L_{av} , A_x , A_y , p_x , 和 p_y 我們可以定義出各種 s-G LSF 做為 HDR 背光源之主要局部光場分佈。但並非所有的 LSF 均適合，因此在實際設計光學元件之前，我們可以透過一測試平台，雙液晶面板系統(dual-liquid-crystal-panel system, DLCP system)，以此當做模擬的 HDR 顯示器，將[圖二十八]中用數學式定義出的 LSF 評估，如[圖二十九]。

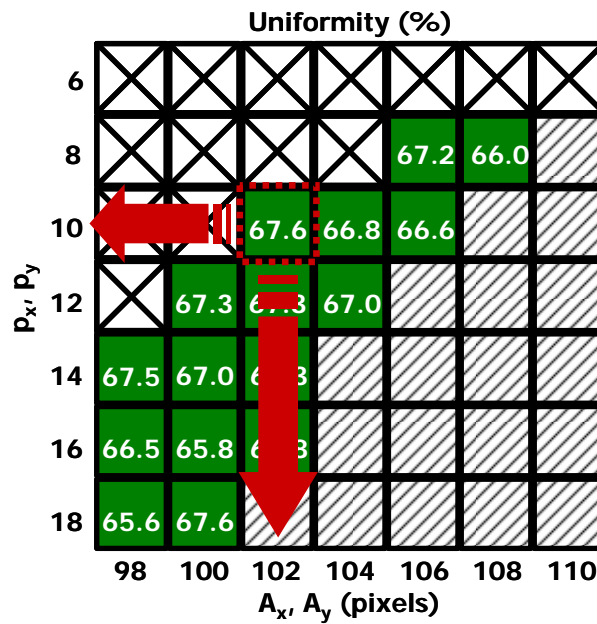


[圖二十九] DLCP 系統示意圖

驗證的過程當中，不適合的 LSF 彼此疊加後會有無法經由液晶補償訊號消去的週期亮線，因此可不斷的透過改變超高斯函數中的參數，找尋出不會有週期亮線的光場分佈函數，如[圖三十]。以面板大小 19 吋，背光解析度 8x5 為例，最後我們可以在各個通過驗證的光場分佈中找到相對應擁有最大均勻度的參數設定： $Lav=0.95$, $Ax=Ay=102$, $px=py=10$ ，如[圖三十一]。

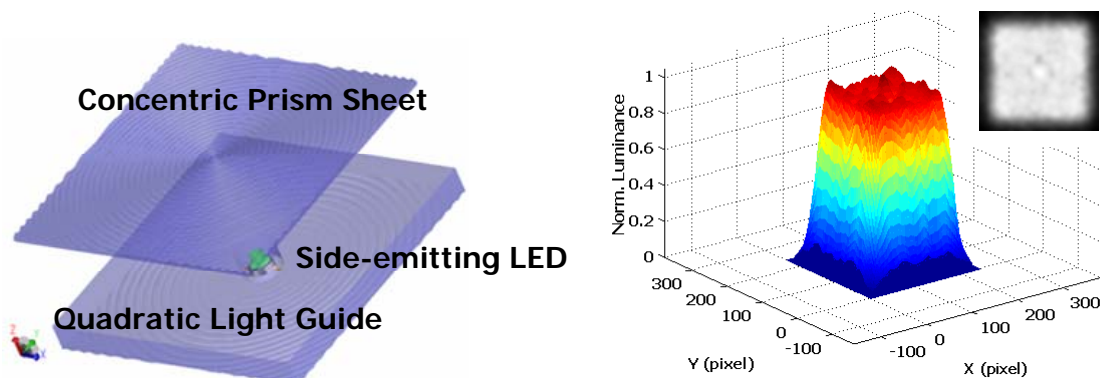


[圖三十] 不適合的 LSF 會在 DLCP 系統中出現週期亮線，最後可經由調整 LSF 參數找到合適的二維超高斯光場分佈函數



[圖三十一] 不同的參數於 DLCP 上的測試結果，只有綠色區域通過測試沒期亮線。

該經過驗證的 s-G LSF 將做為光學元件設計的目標。為了實現此特殊之光場，我們利用一側發光式 LED 結合一方型底部具微結構之導光板以及一方型集光膜，創造出能近似該目標光場之二維超高斯分佈函數，如[圖三十二]所示。在這邊我們引用了一統計學上的評估指標，correlation coefficient，來評估該光學元件所產生之局部光場與目標 s-G LSF 的相似程度。根據經驗上的規則，該評估指標大於 95% 可視為兩者無差別。經過優化後，以上述 case 所找到的最佳參數為例，最後光學元件優化後可得到一 correlation coefficient 為 97% 的光場分佈。而將依據所得到的光學參數進行實際的光學元件製作。目前光學元件正進行製作當中，整體的組裝與測試亦將會再近期完成。



[圖三十二] 光學元件單元與優化後之光場分佈

子計畫四：次世代面板之高解析微放電型背光顯示系統開發

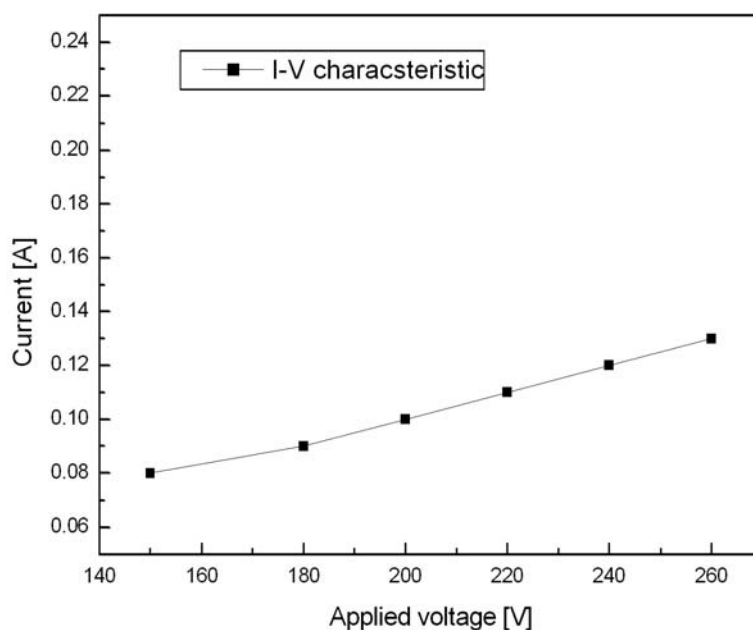
在氙氣的氣體環境下，藉由直流雙極電壓的驅動下，電子和氣體原子之間的撞擊反應，包括離子化、激發、三體碰撞和自發性的光線放射，會發生而產生出電漿狀態。[圖三十四]展示了此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源在 50 托耳的純氙氣氣體環境

下，利用 5 萬赫茲且 260 伏特的直流雙極電壓驅動下產生的面板點亮圖。由於電漿態屬於高能狀態，和電極有較大的電位能差，故在電漿在上板 ITO 透明電極和下板尖端電極之間的微小放電間隙間點亮後，此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的電漿分布將可以藉由電位能差距擴散到整個電極平面。



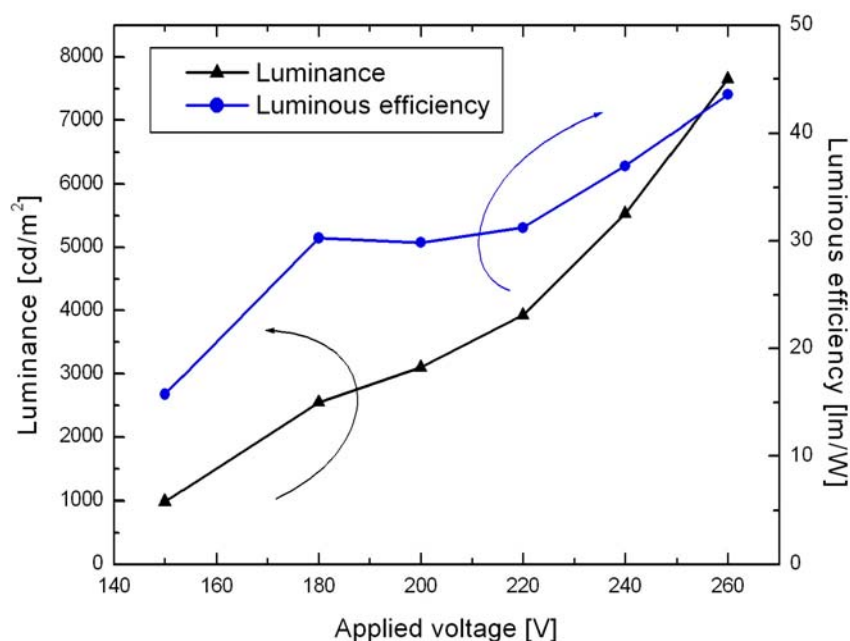
[圖三十四] 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源在 50 托耳的純氬氣氣體環境下，利用 5 萬赫茲且 260 伏特的直流雙極電壓驅動下產生的面板點亮圖。

[圖三十五] 了 50 托耳的純氬氣氣體環境下，利用 5 萬赫茲且 260 伏特的直流雙極電壓驅動下此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源電流和電壓的關係圖。放電電流隨著驅動電壓的上升而隨之增加。此關係圖顯示了此電漿態的阻值是正的。



[圖三十五] 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源電流和電壓的關係圖(50 托耳的純氬氣氣體環境下，且利用 5 萬赫茲的直流雙極電壓驅動下)。

發光亮度和發光效率隨著驅動電壓的關係被表示在[圖三十六]。此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的發光亮度隨著電壓的增加而增加。增加的電流提供更多的電子參與氣體撞擊反應。導致氣體反應增加更多的真空紫外光的輻射。值得令人注意的，此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的發光效率同樣的隨著驅動電壓的上升而增加，比起我們上面提到的先前技術和相關文獻有著顯著的不同。先前平面光源的技術由於電流亦隨著電壓上升而上升，而導致發光效率的降低。此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源卻隨著驅動電壓的增加提供了更高的發光效率。這是大大地不同於傳統普遍的平面光源。因此我們提出了尖端電極在微小的放電間隙下作為場增強型裝置，在較低的電壓驅動下，可以感應出較大的局部電場，並且隨著驅動電壓的上升達到更亮的發光效率和更廣更均勻的光源分布。在 150 伏特的驅動下，50 托耳的純氬氣氣體環境下的無汞尖端電極場增強型平面電漿光源就可以開始進行點亮，且在 260 伏特下，達到 7650 cd/m^2 的發光亮度和 44 lm/W 的發光效率。然而，如何達到更好的發光效率，是非常值得研究的課題，也是本計畫之後研究的重點之一。



[圖三十六] 無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的發光亮度和發光效率隨著驅動電壓的關係(50 托耳的純氬氣氣體環境下，且利用 5 萬赫茲的直流雙極電壓驅動下)。

五. 計畫成果自評

子計畫一：次世代面板之視覺效應模型建構

目前已完成 iCAM06 的程式撰寫，修正了原始報告中的色彩矩陣錯誤，並依據本計畫系統特性，掌握調變參數，目前僅等待改良之 HDR LCD 系統的建立，進行後續的心理物實驗，以獲得品質評估指標。

已完成 HDR LCD 系統的色度模型，包含了白光背光模組，及紅、綠、藍三原色背光模組，並在初始平台上完成驗證。後續將持續發展適用於色序操作的多原色背光之 HDR LCD 的色彩特性化模型，以達到真實色彩重現的需求。

基於上述具體成果，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

- a) Yu-Kuo Cheng, and Han-Ping D. Shieh, "Colorimetric Characterization of High-Dynamic-Range LCDs," SID Symposium Digest Tech Paper (2008)

投稿審查中期刊論文

- a) Yu-Kuo Cheng, and Han-Ping D. Shieh, "Colorimetric Characterization of High Dynamic Range Liquid Crystal Displays and Its Application," Submitted to IEEE/OSA Journal of Display Technology.

子計畫二：次世代顯示面板之整合式驅動架構開發

目前已完成以 Inverse of Mapping Function (IMF) 的方法將背光訊號再做調整，以獲取更合適的背光灰階，搭配液晶訊號之補償，依據背光訊號之變化，補償出相應之液晶訊號，完成目標影像的展現。再加上模糊遮罩法，不僅可以大幅減少運算量及硬體負荷，同時也可以解決摺積法之 LSF 邊界效應問題。

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

- b) Fang-Cheng Lin, et al., "Dynamic Backlight Gamma on High Dynamic Range LCD TVs," accepted by *IEEE/OSA JDT*, 2008/01.
- c) Fang-Cheng Lin ,et al., "Inverse of mapping Function (IMF) Method for Image Quality Enhancement of High Dynamic Range LCD TVs", SID07 Digest, pp. 1343-1346, 2007.
- d) Lin-Yao Liao ,et al., "A Real-Time Liquid Crystal Signal Compensation Method for High Dynamic Range LCD," *2007IDW*, pp. 1433-1434
- e) Cheng-Yu Liao ,et al., "Inverse of Mapping Function Method for Image Quality Enhancement of Dual-Panel Displays," *IDMC 2007*, pp.431-434

子計畫三：次世代面板之全彩式 LED 背光顯示系統開發

本計畫目前完成設計流程的建立與驗證平台的架設^{b, c)}，此外並根據該流程與平台所找到之最適合 LSF 進行光學元件的設計與優化^{a, c)}。

第一年度的研究，已提出新的局部區域光場控制設計技術^{a, b, c)}，繼續開發具全彩色序驅動之局部光場控制設計，是非常值得研究的課題，也是本計畫之後研究的重點之一。

本年度研究相關的內容已於 2007 及 2008 SID Conference^{a, b)} 中發表。

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。

已發表之期刊論文

- f) Chung-Hao Tien, Yen-Hsing Lu, and Yuan-Jung Yao, "Tandem Light-Guides With Micro-Line-Prism Arrays for Field-Sequential-Color Scanning Backlight Module," *IEEE/OSA J. Display Technology*, in press (2008).

已發表之研討會論文

- g) Y.-H. Lu, Y.-K. Cheng, and C.-H. Tien, "A Localized Pattern Approach for High-Dynamic-Range Display," *SID Symposium Digest Tech Paper*, **38**, 449-452 (2007)
- h) Y.-K. Cheng, Y.-H. Lu, P.-I. Lu, C.-H. Tien, and H.-P. D. Shieh, "Super-Gaussian Light Spread Function for High-Dynamic-Range Display," *SID Symposium Digest Tech Paper*, **39** (2008)

投稿審查中期刊論文

- i) Y.-K. Cheng, Y.-H. Lu, C.-H. Tien, and H.-P. D. Shieh, "Design and Evaluation of Light Spread Function for Area-adaptive LCD System," Submitted to *IEEE/OSA J. Display Technology*.

子計劃四：次世代面板之高解析微放電型背光顯示系統開發

本計劃目前完成的是此無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的製程，並完成實驗需求設備的建立，和所得結果討論。由數據可得到發光效率隨著驅動電壓的增加而增強，將來希望藉由實驗的方式驗證出尖端電極產生電子場發射效應。並且，利用其結果再優化達到更好的發光效率。

第一年度的研究，已經成功的作在十四吋的無汞尖端電極場增強型平面電漿光源上，將來搭配保護層的沉積，繼續朝高效能和低功率、低成本的目標邁進。然而，如何達到更好的發光效率，是非常值得研究的課題，也是本計畫之後研究的重點之一。

由以上無汞尖端電極場增強型平面電漿光源的具體成果，認為本年度計畫已為後續的開發研究建立了良好的基礎。

發表之期刊和參加之研討會

期刊：

- 1) Po-Chuan Tsai, Sung-O Kim, "14 Inch Diagonal Size Nano-tips Enhanced Plasma Lamp in Liquid Crystal Display," accepted at *IEEE Trans. Plasma Sci.*, June 2008.

研討會：

- 1) Sung-O Kim, "Micro-Plasma Devices", *4th International Workshop on Microplasmas*, Tainan, Taiwan, Oct. 28-31, 2007. (Invited talk)
- 2) Po-Chuan Tsai, Sung-O Kim, "Nano-tip Enhanced Plasma Flat Lamps for Liquid Crystal Display," *5th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology 07*, Kaohsiung, Taiwan, Dec. 10-12, 2007.
- 3) Po-Chuan Tsai, Sung-O Kim, "High Luminous efficiency Conical Electrode Enhanced Plasma Flat Lamp," under reviewed by *12th Joint Vacuum Conference (JVC-12)*, Lake Balaton, Hungary, Sep. 22-26, 2008.

參考文獻

子計畫一

1. J. DiCarlo, and B. Wandell, "Rendering High Dynamic Range Images," *Proc. SPIE*, vol. 3965, 392-401 (2000).
2. B.M. Oh, M. Chen, J. Dorsey, and F. Durand, "Image-Based Modeling and Photo Editing," *ACM SIGGRAPH*, ACM Press, 433-442 (2001).
3. F. Durand and J. Dorsey, "Fast Bilateral Filtering for the Display of High-Dynamic-Range Images," *ACM Trans. on Graphics (Proc. of SIGGRAPH)*, 21(3): 257-266 (2002).
4. Helge Seetzen, Lorne Whitehead, Greg Ward, "A high dynamic range display using low and high resolution modulators," *SID Symposium Digest of Tech Paper*, May 2003, Volume 34, Issue 1, pp. 1450-1453
5. Helge Seetzen, Wolfgang Heidrich, Wolfgang Stuerzlinger, Greg Ward, Lorne Whitehead, Matthew Trentacoste, Abhijeet Ghosh, and Andrejs Vorozcovs, "High dynamic range display system," *SIGGRAPH*, 23(3), ACM TOG, pp. 760-768, 2004.
6. M.D. Fairchild and G.M. Johnson, "The iCAM framework for image appearance, image differences, and image quality," *J. of Electronic Imaging*, in press (2004).
7. G.M. Johnson and M.D. Fairchild, "Rendering HDR images," *IS&T/SID 11th Color Imaging Conf.*, Scottsdale, 36-41 (2003).
8. M.D. Fairchild and G.M. Johnson, "Image appearance modeling," *SPIE/IS&T Electronic Imaging Conf.*, SPIE Vol. 5007, Santa Clara, 149-160 (2003).
9. M.D. Fairchild and G.M. Johnson, "Meet iCAM: An Image Color Appearance Model" *IS&T/SID 10th Color Imaging Conf.*, Scottsdale, (2002).
10. J. Kuang, G.M. Johnson, M.D. Fairchild, "iCAM06: A refined image appearance model for HDR image rendering," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 18, Iss. 5, pp. 406-414, (2007)
11. J. Kuang, H. Yamaguchi, C. Liu, G.M. Johnson, M.D. Fairchild, "Evaluating HDR Rendering Algorithms," *ACM Transactions on Applied Perception* 4, Article 9 (2007)

12. R.G.W. Hunt, *The Reproduction of Colour: Sixth Edition*, Voyageur Press (MN); 6th edition (March 2004)
13. Naoya Katoh, Tatsuya Deguchi, and Roy S. Berns, "An Accurate Characterization of CRT monitor (I) Verification of Past Studies and Clarifications of Gamma," *Opt Rev* 2001;8:305-314
14. Naoya Katoh, Tatsuya Deguchi, and Roy S. Berns, "An Accurate Characterization of CRT monitor (II) Proposal for an Extension to CIE Method and Its Verification," *Opt Rev* 2001;8:397-408
15. Mark D. Fairchild, and David R. Wyble, "Color Characterization of the Apple Studio Display (Flat Panel LCD)," Munsell Color science Laboratory Technical Report 1998, <http://www.cis.rit.edu/mcsl/research/PDFs/LCD.pdf>
16. Ellen A. Day, Lawrence Taplin, and Roy S. Berns, "Colorimetric Characterization of a Computer-Controlled Liquid Crystal Display," *Color Research & Application*, Volume 29, Number 5, pp. 365-373, 2004
17. David R. Wyble, and Mitchell R. Rosen, "Color Management of DLP Projectors," *Twelfth Color Imaging Conference*, Volume 12, pp. 228-232, 2004.
18. Feng Li, Xiaofan Feng, Ibrahim Sezan, and Scott Daly, "Deriving LED Driving Signal for Area-Adaptive LED Backlight in High Dynamic Range LCD Displays," *SID Symposium Digest Tech Paper*, May 2007, Volume 38, Issue 1, p 1794-1797
19. G Marcu, and K Cheng, "Gray tracking correction for TFT-LCDs," *Proceedings of the IS&T/SID Tenth Color Imaging Conference*; Society of Imaging Science and Technology, Springfield, VA 2002. p 272-276.
20. Y Yoshida, and Y Yamamoto, "Color Calibration of LCDs," *Proceedings of the IS&T/SID Tenth Color Imaging Conference*; Society of Imaging Science and Technology, Springfield, VA 2002. p 305-311.
21. N Tamura, N Tsumura, and Y Miyake, "Masking Model for Accurate Colorimetric Characterization of LCD," *Proceedings of the IS&T/SID Tenth Color Imaging Conference*; Society of Imaging Science and Technology, Springfield, VA 2002. p 312-316
22. Roy S. Berns, "A Generic Approach to Color Modeling," *Color Research & Application*, 1997;22:318-325
23. Y. H. Lu, Y. K. Cheng, and C. H. Tien, "A Localized Pattern Approach for High-Dynamic-Range Display," *SID Symposium Digest Tech Paper*, 38, 449-452 (2007)

子計劃二

- [1] H. Seetzen, et al., "A High Dynamic Range Display Using Low and High Resolution Modulators", *SID03 Digest*, pp.1450-1453, 2003.
- [2] H. Seetzen, et al., "High Dynamic Range Display Systems", *SIGGRAPH 2004*, *ACM Transactions on Graphics*,23(3), pp. 760-768, 2004.
- [3] E.Y. Oh, et al., "IPS-mode dynamic LCD-TV realization with low black luminance and high contrast by adaptive

dynamic image control technology”, JSID05, pp. 215-219, 2005.

- [4] Louis Kerofsky, Scott Daly, “Distinguished Paper: Brightness Preservation for LCD Backlight Reduction”, SID 26.2, pp. 1242-1245, 2006.
- [5] Raanan Fattal, et al., “ Gradient Domain High Dynamic Range Compression”, SID p.249~256, 2004.
- [6] BrightSide ,“JPEG-HDR High Dynamic Range Image Encoding Technique White Paper”, BrightSide Whitepaper, 2006.
- [7] J.H. Stessener, et al., “Algorithm for Contrast Reserve, Backlight Dimming, and Backlight Boosting on LCD”,SID 26.4, 2006.
- [8] Louis Kerofsky, et al., “Brightness Preservation for LCD Backlight Reduction”, SID 26.2, 2006.
- [9] T. Shirai, et al., “RGB-LED Backlights for LCD-TVs with 0D,1D,and 2D Adaptive Dimming”, SID 44.4, 2006.
- [10] Inseok Choi, et al., “DLS-Dynamic Backlight Luminance Scaling of Liquid Crystal Display”, IEEE Vol.12 p.837~846,2004.
- [12] Fang-Cheng Lin ,et al., “Inverse of mapping Function (IMF) Method for Image Quality Enhancement of High Dynamic Range LCD TVs”, SID07 Digest, pp. 1343-1346, 2007.

子計畫三

1. Perduijn, et al., “Light Output Feedback Solution for RGB LED Backlight Applications,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, pp. 1-3, (2000).
2. G. Harbers, et al., “High Performance LCD Backlighting using High Intensity Red, Green and Blue Light Emitting Diodes,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, pp. 702-705, (2001).
3. Hoelen, et al., “LCD Backlighting with High Luminescent Colored Light Emitting Diodes,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, LS-9, (2001).
4. G. Harbers, et al., “LED Backlighting for LCD-HDTV,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, I-13.2, (2002).
5. R. S. West, et al., “High Brightness Direct LED Backlight for LCD-TV,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, pp. 1262-1265, (2003).
6. Seiji Sakai, et al., “A Thin LED Backlight System with High Efficiency for Backlighting 22-in. TFT-LCDs,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, pp. 1218-1221, (2004).
7. K. Kälántär, et al., “Functional Light-Guide Plate Characterized by Direct Light-Extraction Microstructures for Luminance Enhancement of the Transmissive and Transflective LCD Backlight Units,” IDW’02 Technical Digest, pp. 509-512, (2002).
8. H. Ohtsuki., et al., “TFT-LCD with more than 100%-NTSC color reproduction using LED-Backlighting and well tuned TFT-LCD panel,” IDW’04 Technical Digest, pp. 687-690, (2004).
9. A. Funamoto, et al., “Prism-sheetless High Bright Backlight System for Mobile Phone,” IDW’04 Technical Digest, pp. 497-500, (2004).
10. K. Kälántär, et al., “RGB-LED Backlighting MonitorTV for Reproduction of Images in

- Standard and Extended Color Spaces,” IDW’04 Technical Digest, pp. 683-686, (2004).
11. http://news.sel.sony.com/en/press_room/consumer/computer_peripheral/notebooks/release/9029.html
 12. Yoichi Taira, et al., “Color Filterless Liquid Crystal Display Illuminated with LEDs,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, pp. 1250-1253, (2003).
 13. F. Yamada, et al., “Sequential-color LCD based on OCB with an LED backlight,” Journal of the Society for Information Display, Volume 10, Issue 1, pp. 81-85, 2004.
 14. Toni Jarvenpaa, “Measuring Color Breakup of Stationary Images in Field-Sequential-Color Displays,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, 7.2, (2004).
 15. K. Kälantär, et al., “Spatio-Temporal Scanning Backlight for Color-Field Sequential Optically Compensated Bend Liquid-Crystal Display,” SID International Symposium. Digest Tech Papers, pp. 1316-1319, (2005).
 16. K. Sekiya, et al., “Spatio-Temporal Scanning LED Backlight for Large Size Field Sequential Color LCD,” IDW’05 Technical Digest, pp. 1261-1264, (2005).
 17. H. Seetzen, et al., “High Dynamic Range Display Systems,” ACM Trans. on Graphics (Proc. of SIGGRAPH), 23(3): 760-768 (2004)

子計畫四

- [1] Shigeo, Mikoshiba, “Xe Discharge Backlights for LCDs.” *SID DIGEST*, pp.286, (2001).
- [2] M. Ilmer, R. Lecheler, H. Schweizer, M. Seibold, “Hg-Free Flat Panel Light Source Planon® - a Promising Candidate for Future LCD Backlights,” *SID 00 DIGEST*, pp. 931, 2000.
- [3] www.planon.de
- [4] T. Shiga, S. Mikoshiba, S. Shinda, “No-Mercury Flat Discharge Lamp for LCD Backlighting,” *IDW ’99*, pp. 347, 1999.
- [5] Y. Ikeda, T. Shiga, S. Mikoshiba, “Mercury-Free, Simple-Structured Flat Discharge LCD Backlights ranging from 0.5 to 5.2-in. Diagonals,” *SID 00 DIGEST*, pp.938, 2000.
- [6] Shigeo Mikoshiba, “Xe Discharge Backlights for LCDs,” *SID 01 DIGEST*, pp.286, 2001.
- [7] Tomokazu SHIGA, Yutaka IKEDA, S.MIKOSHIBA, “Mercury-Free Xe Flat Discharge Lamps for Lighting,” *J.Light & Vis. Env.*, Vol.25, No.2, 2001.
- [8] T.Shiga, L.C. Pitchford, J-P Boeuf, and S.Mikoshiba, “Study of efficacy in a mercury-free flat discharge fluorescent lamp using a zero-dimensional positive column model,” *J. Phys. D: Appl. Phys.*, Vol.36, pp. 512-521, 2003.
- [9] Ju Kwang Lee, Tae Jun Kim, Hae Yoon Jung, and Ki-Woong Whang, “High Efficiency

- Mercury-Free Flat Light Source for LCD Backlighting,” *SID 05 DUGEST*, pp.1309, 2005.
- [10] JuKwang Lee, Byung Joo Oh, Jae Chul Jung, and Ki-Woong Whang, “High Efficiency Mercury-Free Flat Light Source for LCD BLU,” *IDMD ‘05 DUGEST*, pp.1161, 2005.
- [11] M. G. Kwak, J. I. Han, W. K. Kim, S. K. Park, S. J. Hong, and Y. H. Kim *et al*, “Mercury-Free 18” Class Flat Fluorescent Lamp with Good Uniformity,” *SID 01 DIGEST*, pp. 391, 2001.
- [12] Chun-Hui Tsai, “Mercury-free FFL Backlight for LCD Image Quality Improvement,” *IDMC 2007*, pp.469, 2007.
- [13] Seong-Eui Lee, Ho-Nyeon Lee, Hyoung-Bin Park, Kyo Sung Lee, and Kyung Cheol Choi, “Effect of helium addition on discharge characteristics in a flat fluorescent lamp,” *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, Vol.98, 093306, 2005.
- [14] H. B. Park, S. E. Lee, G. Y. Kim, Y. D. Lee and K. C. Choi, ”Effect of Dual coplanar Electrode on Mercury-Free Flat Fluorescent Lamps for Liquid Crystal Display,” *Journal of Display Technology*, vol.2,no.1, pp.60-67, March 2006.
- [15] J.Gary Eden, et al., “Large Arrays of Microcavity Plasma Devices for active Display and Backlighting,” *IEEE/OSA J. Display Tech.*, Volume 1, pp. 112-116, (2005).
- [16] Sung-O Kim, J. Gary Eden, “Arrays of Microplasma Devices Fabricated in Photodefinable Glass and Excited AC or DC by Interdigitated Electrodes,” *IEEE Photon. Tech. Lett.*, Volume 17, pp 1543-1545, (2005).
- [17] Sung-O Kim, J.Gary Eden, “Micro-discharge Arrays for High Resolution Plasma Display Panel,” *SID DIGEST*, pp.1029-1031, (2005).
- [18] Zheng-Yu Wu, Sung-O Kim, “Nano-tip Enhanced Nanoplasma Devices for Plasma-Display application,” *SID ’06*, San Francisco, USA, June 6-9, (2006).
- [19] Zheng-Yu Wu, Sung-O Kim, “Microplasma Devices with Nano-tip Enhanced Electrodes operated in Ar and Ne gases for plasma light source application,” *IDW ’06* , Otsu, Japan, Dec. 6-9, (2006).
- [20] R. H. Fowler and L. W. Nordheim, “Electron emission in intense fields,” *Proc. Roy. Soc. A*, Vol. 119, pp. 173, 1928.