

3D 立體顯示技術之發展與研究

Development and Researches of Real 3D Display Technologies

【許精益、黃乙白】

Ching-Yi Hsu, Yi-Pai Huang

中文摘要...

3D立體顯示器是利用人類的兩眼視差，分別提供給兩眼不同影像而產生立體感。本文中簡介了各種不同的立體影像產生的方式。無論是須配戴眼鏡的或裸眼式。並也再將裸眼式又細分為全像式、多平面式及立體影像對的方式。也分別分析了目前各種技術所面臨的問題及缺點。

- 關鍵字：3D立體顯示器、兩眼視差；移動視差、紅藍式眼鏡、快門式眼鏡、偏極式眼鏡、頭戴式顯示器、全像式、多平面式、立體影像對、柱狀透鏡、視差遮屏

Abstract...

3D display produces three-dimensional sense for human by using of binocular parallax which gives two different images to different eyes. In this article, several different ways to generated 3D images whether with or without glasses are introduced. The detail of glasses-less 3D displays, such as holographic, volumetric and multiplexed type, are described.

- Keywords：3D display, Binocular parallax, Motion parallax, Anaglyph, Shutter glasses, Polarizing glasses, Head mounted display, Holography, Volumetric, Parallax images, Lenticular lens, Parallax barrie

前言

顯示器一直以來是和人們接觸最頻繁的電子用品，而顯示器的進步也代表著人類在追求更真實的視覺享受。從早期的黑

白電視到彩色電視，到現在的高畫質電視，無一不是追求著更自然、逼真的影像品質。而 3D 立體顯示器的發展也提供了人們更進一步的視覺感官，除了一般的影

像與色彩外，更提供了立體空間的感受。人類的大腦可以利用兩眼視差(Binocular parallax)，來判斷物體的距離感。而這些立體感覺可提供人類在判讀影像資訊時更高的可靠性，因此，隨著顯示技術的蓬勃發展，立體影像顯示器的應用也越來越多元化。

一、立體視覺的原理

一般而言，立體顯示器必須具有兩眼視差(Binocular parallax)及移動視差(Motion

parallax)的特性[1]，如圖一所示。所謂的兩眼視差是指觀賞者的左眼及右眼有在水平方向約 6.5 公分的位移(歐美人士的統計結果)，故在觀看物體時，由於觀看角度略有不同，因此，所接收的影像內容也略有差異。而移動視差則是指觀賞者的眼睛位置移動時，由於觀賞角度也隨之改變，眼睛所接收的內容也有所不同。所以若我們要接受到立體的影像，也就是我們要如何讓左眼與右眼分別只接受到有些微差異的個別影像。

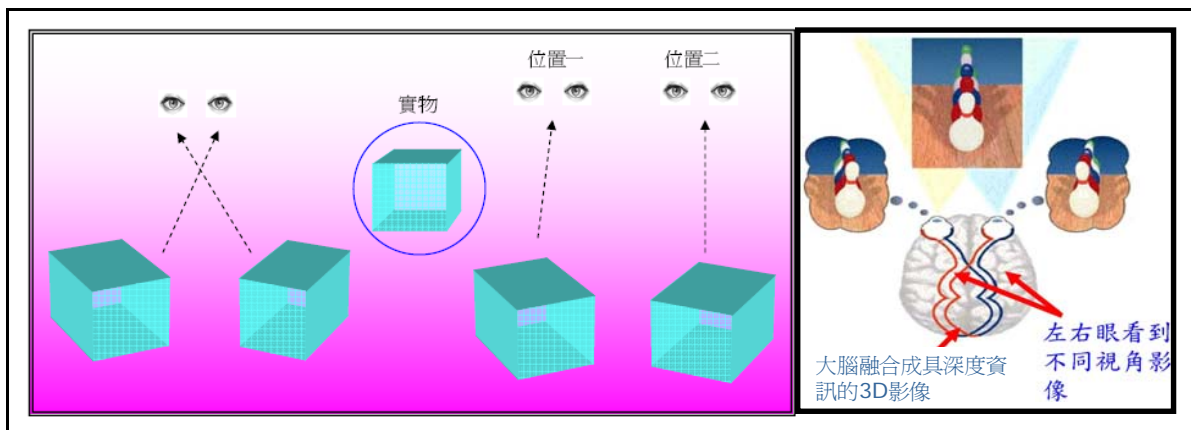


圖 1 兩眼視差及移動視差示意圖

二、3D 立體顯示技術

3D 立體顯示技術的發展的原始想法也就是來自左右眼分別接受不同的影像。早期的立體影像顯示器大部份是戴眼鏡的立體顯示器，然而，這些立體顯示器都需要佩帶特殊的儀器，常會阻礙人類自然的視覺，因此近幾年來，裸眼式的立體影像顯示器逐漸多元發展，其 3D 影像顯示技術的大致分類如圖二所示；在本文接下來

的章節，筆者將針對這幾種方式，做更詳細的介紹介紹：

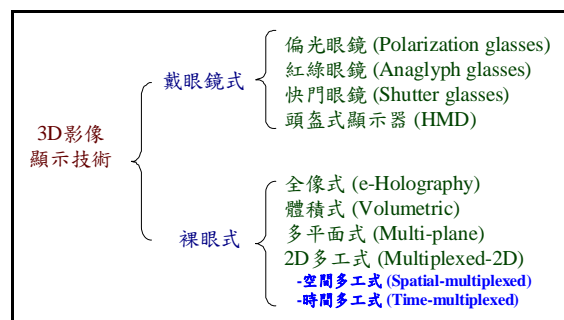


圖 2 3D 影像顯示技術的分類圖

(一) 戴眼鏡式：

1. 偏光眼鏡(Polarizing glasses)

偏極式眼鏡的應用可說是現今大家較為熟悉的，現今的立體電影的放映方式便是利用此一方法。在所配戴的眼鏡上左右眼分別使用水平及垂直的偏光鏡片。使得一眼只能看見垂直偏振的光另一眼則是水平的。而投影設備則是同時使用兩台可以投影出偏振光的投影機。分別投射出水平及垂直的光，分別給左右眼觀賞。但缺點則是當頭部有微斜時，偏光眼鏡往往就會無法完全濾掉另一方向的光。使得眼睛會看到另一眼的影像，有些觀眾會因此而感到不適。

2. 紅藍(綠)眼鏡(Anaglyph)

早在 1850 年代 Joseph D'Almeida 就是用紅綠眼鏡來撥放立體電影造成轟動。這是把左右眼的影像用不同顏色畫在同一畫面中，當戴上紅藍眼鏡後，利用顏色過濾的原理，左右眼就看到有角度差異的影像了。但缺點是只能看灰階或單一色調的畫面，是因為顏色會被濾鏡濾掉所造成。

3. 快門眼鏡(Shutter glasses)

在影像撥放時，我們把影像分為奇數影像和偶數影像。其中若我們設定放奇數影像時是給右眼所接受，我們便利用眼鏡將左眼遮住讓右眼觀看。之後再放偶數影像利用相同的原理，如此左右交替便能看到立體影像。這種眼鏡本身是利用液晶做

成，所以可以控制左右眼的開與關。但缺點是眼鏡成本較高。並且一般而言需要使用 CRT 螢幕。因為 LCD 螢幕的反應速度往往不夠快速。

4. 頭盔式顯示器(Head mounted display)

此一方式便是直接在眼鏡上分別做兩個螢幕直接分別給左右眼觀賞，所以只要分別給兩邊不同的訊號即可。但缺點便是只能單一觀眾觀賞，並且眼鏡不管是在造價和重量上都屬最貴重的。

以上這幾種無論成本高低都需要配戴眼鏡，但在一般的使用者方面多少都會造成不便的感覺，因此在近幾年的技術上均著重於開發不需戴眼鏡的裸眼式的 3D 顯示系統。

(二) 裸眼式：

1. 全像式(e-holographic)

主要是麻省理工學院所發展的，是利用紅、藍、綠三色雷射光源，各自經過聲光調變器晶體(Acoustic Optical Modulator, AOM)，產生相位型光柵，帶著光柵訊息的雷射光經過全像片合併之後，利用垂直掃描鏡(Vertical Scanning mirror)及多面鏡(Polygonal mirror)，進行垂直及水平的掃描，進而將立體影像呈現出來[2]，其優點為全像片的取得容易且技術成熟，然而，影像大小常受限於聲光調變器晶體的大小，且多面鏡的掃描速度必須與三色雷射光源在晶體傳播速度同步。

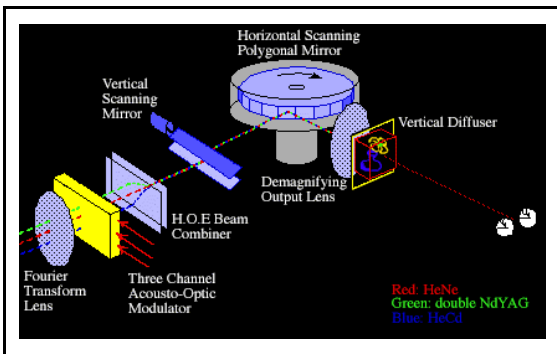


圖 3 全平面式立體影像顯示器。

2. 體積式(Volumetric)

德州儀器(Texas Instrument, TI)提出一種利用雷射掃描立體影像顯示器，又有人稱之為體積式顯示器。如圖四所示，主要是利用一個快速旋轉的圓盤，配合由底下投影的雷射光源，藉由雷射光源投射到快速旋轉的旋轉面時，會產生散射的效應，以掃描空間中的每一點[3]，其缺點是影像中央必須有一個旋轉軸，靠近軸心的影像旋轉速度較慢，立體影像較不清晰。

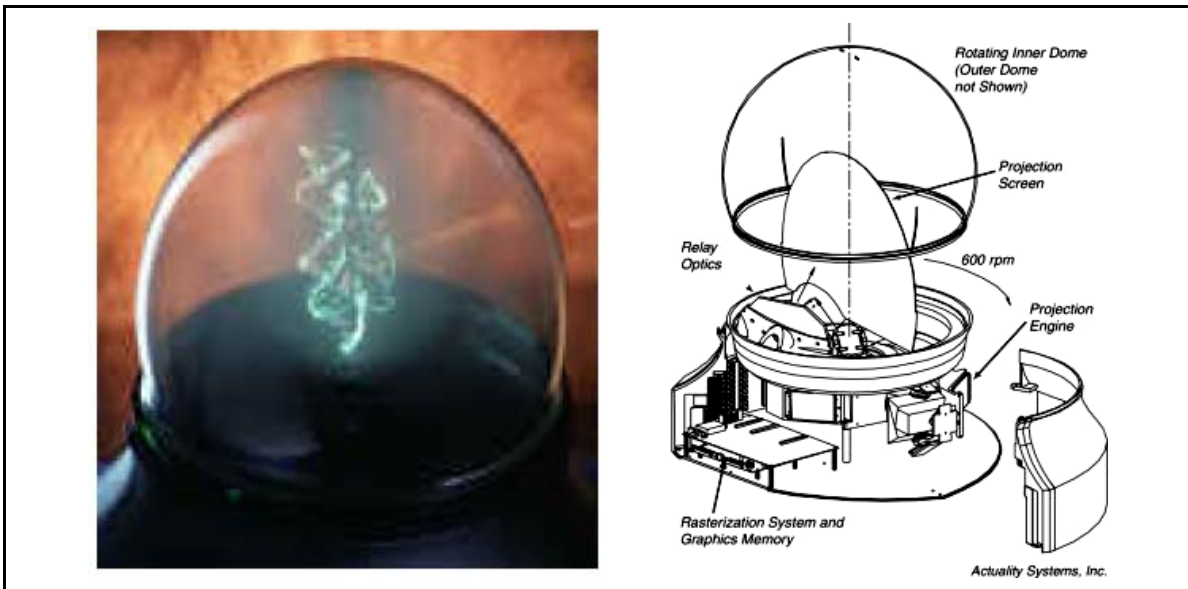


圖 4 體積式顯示器示意圖

3. 多平面式(Multi-Planar)

日本 NTT 提出一種利用兩個重疊的液晶面板，在兩個面板顯示大小相同的影像，利用物體離觀賞者的遠近距離不同，會有陰暗及顏色上的差別，進而將前後物體影像重疊在一起，讓觀賞者產生立體感，其缺點是前後面板的對位困難，且因

為是由兩個二維影像重疊的結果，所以只有在正視方向觀賞，立體效果較佳，其餘觀賞角度則不易顯出立體效果。

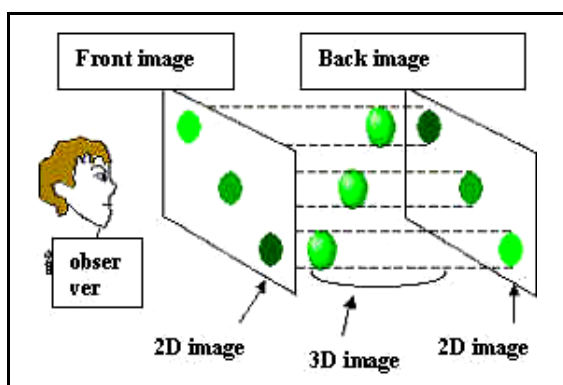


圖 5 多平面式 3D 顯示器示意圖

4. 2D 多工式(Multiplexed 2D)

這一兩年來各家廠商所普遍採用的方式，是在同一個顯示系統上分別提供觀賞者左右眼各一個視角不同的平面影像，利用大腦可以將左右眼所看到的不同影像，融合在一起，以產生立體影像的感覺，這種便是所謂立體影像對 2D 多工的方式。而 2D 多工式又可再細分為空間與時間多工式。

在空間多工式方面，日本的三洋(SANYO)最先提出利用立體影像對的方式來產生立體影像顯示系統，是將液晶面板的畫素分成若干個奇數畫素及偶數畫素的

影像對，奇數畫素影像對提供觀賞者一眼的影像，偶數畫素影像對則提供觀賞者另一眼的影像，而影像對的多寡，則決定了視域的多寡，並利用柱狀透鏡(Lenticular lens)將光線分光，進而將奇數畫素與偶數畫素的影像，分別投影至觀賞者的兩眼[4]，如圖六(a)所示，因此產生立體的影像。而近年來飛利浦(Philips)公司則是最積極投入此一技術的公司，也是利用相同的方式製造立體影像對，但其柱狀透鏡內部有注入液晶，因此便可以利用電場控制其柱狀透鏡的聚焦特性(圖六(b))，而便於 2D/3D 的切換[5]。所以但缺點在於柱狀透鏡與液晶面板的對位必須十分精準，才能使奇數畫素對及偶數畫素對的影像準確地投影至觀賞者的左右眼，但由於製作柱狀透鏡時的誤差，常會使透鏡表面不易平整，容易產生散射，此外，柱狀透鏡的間距(Pitch)在面板的中央及邊緣大小不一，都會造成部分模糊的立體影像。

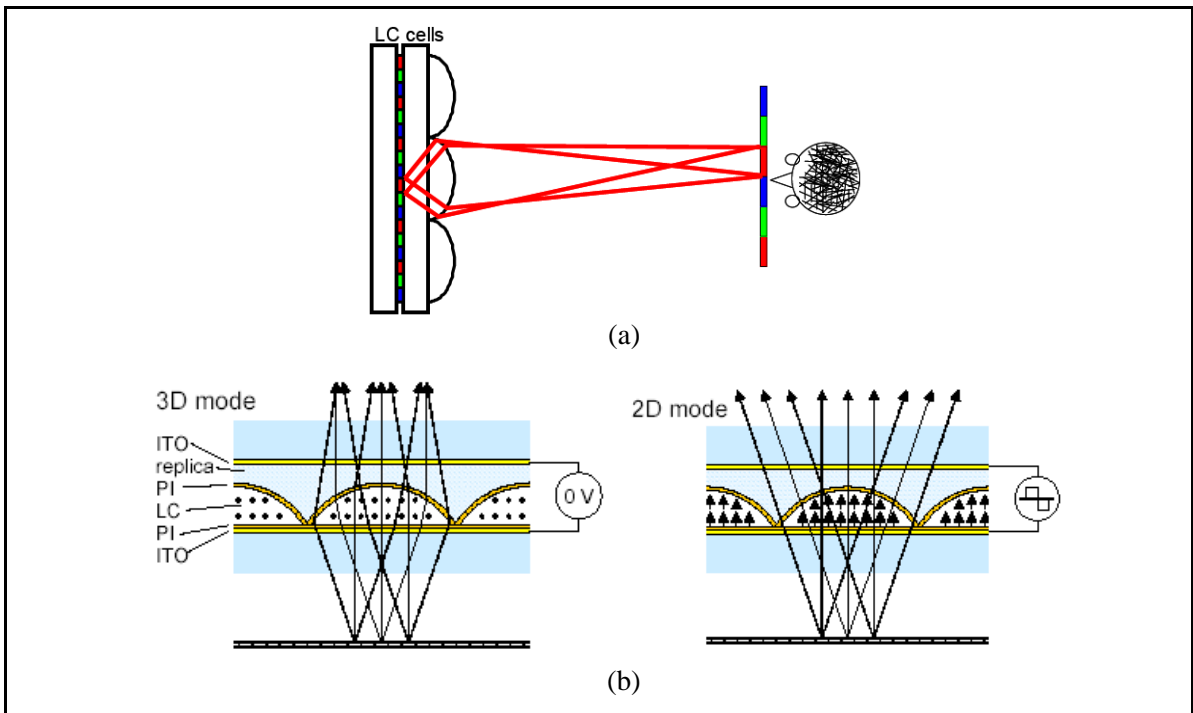


圖 6 (a)利用柱狀透鏡產生立體影像對；(b)可切換式液晶柱狀透鏡。

除了柱狀透鏡，日本 Sharp 與韓國三星公司則皆是利用視差遮屏(Parallax barrier)來進行分光[6][7]，如圖七所示。所謂的視差遮屏，是以黑色與透明相間的直線條紋，將其置於離液晶面板一小段距離，讓觀賞者的其中一眼只能看到液晶面板奇數畫素對，觀賞者另一眼則只能看到液晶面板偶數畫素對。通常為了能夠進行二維/三維(2D/3D)影像的切換，所以是利用另一片的液晶面板來當作視差遮屏，當要顯示二維影像時，第二片的液晶面板會呈現亮態(Bright State)，讓通過第一片液晶面板後的所有光線都可以通過，而要顯示三維影像時，則該片的液晶面板則呈現亮態與暗態(Dark State)相間的狀態，相當於黑色與透明相間的直線條紋。

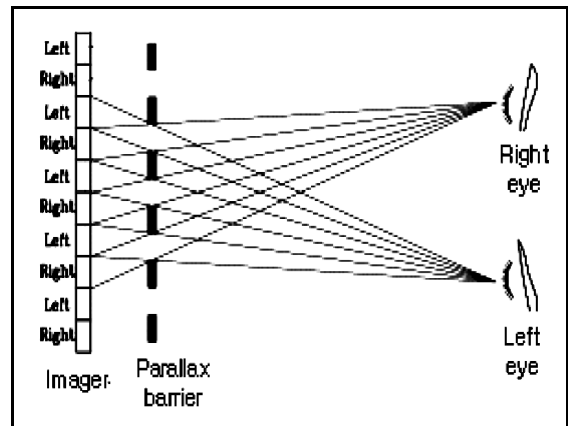


圖 7 視差遮屏(Parallax barrier)示意圖

但這種方式的缺點為當光線通過黑色的直線條紋區域時，由於光線被吸收，在二維影像切換成三維影像顯示時，亮度會減少一半以上，因此，有人利用鉻與鋁上下兩層接合的直線條紋來取代黑色的直線條紋，當光線打到原本黑色條紋的區域時，會因鋁層的作用，使得光線被反射回

原本光源處，能夠再利用，而不會被吸收，因此，影像亮度便可以提升。除了製造過程中對位困難之外，這些方式仍然有一個共同的缺點，由於液晶面板的畫素被分成若干個奇數畫素及偶數畫素影像對，為了能夠讓立體影像可在更多角度被觀賞到，所以多個視域將使得三維影像的解析度(Resolution)變成二維影像的一半以下，甚至更少，端看所區分的視域多寡，而且，當觀賞者的雙眼，稍微錯位一個畫素的位置，原本投影至左眼的影像，便會投影至右眼，而原本投影至右眼的影像，會投影至左眼，進而使大腦無法融合影像產生立體感覺，此種現象稱為錯覺視域效應(Pseudo viewing zone effect)。所以也往往無法提供多人同時觀賞。

相較於空間多工的方式，時間多工具有解析度在進行二維/三維(2D/3D)影像的

切換時，不會減少的優點，同時，也不需要嚴格的對位，因此，提供了另一種產生立體影像的顯示方法。所謂時間多工是指，在某一個時間點，立體影像顯示器將影像投影到觀賞者的左眼，在下一個時間點，則將影像投影到觀賞者的右眼，當左右眼的影像切換夠快時，大腦將不會感受到影像的切換，而形成左右眼的影像為視角稍不同的立體影像對。交通大學與友達光電共同開發了左右兩個光源快速切換的背光源系統[8][9]，配合快速切換的液晶層時，將可使成對的立體影像交替投影到左眼或右眼，以形成具有高解析度的立體影像。另一方面，如果兩個光源同時亮，又可以切換成二維影像顯示器。不過此以技術仍需要有快速反應的液晶顯示器搭配方可呈現最佳的顯示品質。

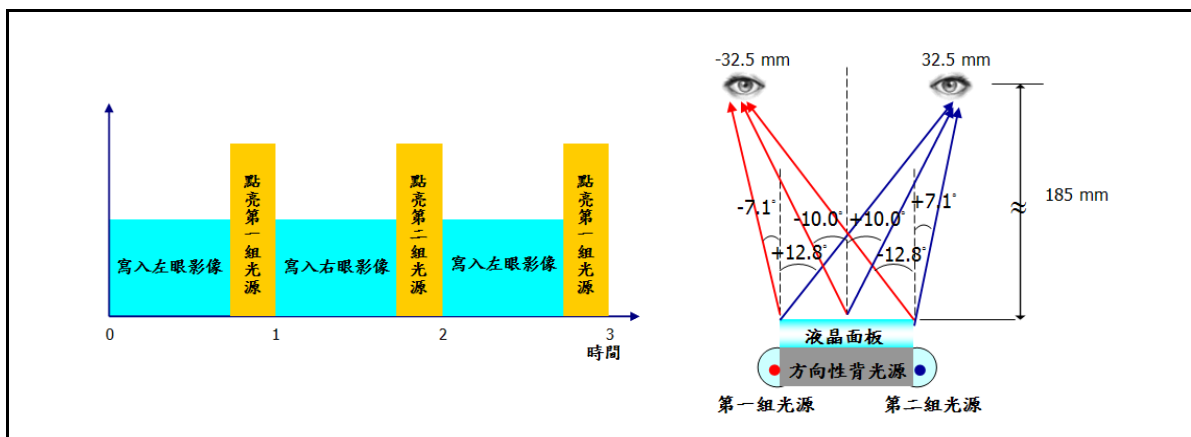


圖 8 時間多工式雙光源 3D 顯示器示意圖

三、結論

綜觀以上的技術，目前所提出的各種方式都仍有其優缺點，但隨著時間的進步，這些問題也漸漸的被解決；正如當初

的彩色顯示器代替了黑白顯示器、LCD 代替 CRT 一樣，隨著顯示技術的革新，沒有輔助設備的 3D 顯示技術代替平面顯示技術將是必然趨勢。

在推廣 3D 顯示器方面，日本以顯示器廠商為主，聯合硬體製造商、軟體發展商等 70 多家公司成立了“3D 聯盟”，共同研發 3D 顯示技術的產品和應用；韓國政府提出了“2010 年 3D 視覺”政策，計畫到 2010 年，實現大多數顯示產品和記錄設備與 3D 立體格式的轉換。目前，3D 顯示技術有著非常廣闊的市場前景。除了在醫療、科研、教學、軍事等專業領域外，在奢侈品以及文物藝術品展示、會展、大企業形象展示、新媒體等各領域都正在發揮其獨特的視覺作用。我們相信 3D 立體顯示最終仍會普及至每個家庭中，甚至能做到觀賞者與立體影像互動，使得大眾更能深刻體驗到身歷其境的感覺。

References :

- [1] *K. N. Ogle*, “Researches in Binocular Vision,” Hafner Publishing Co. Ltd, 1964.
- [2] *J. S. Kollin, S. A. Benton, M. L. Jepsen*, “Real-Time Display of 3-D Computed Holograms by Scanning the Image of an Acoustic-Optic Modulator,” SPIE Proceedings, Vol. 1212, p.174 (1990)
- [3] “Laser Based 3D Volumetric Display System,” US Patent No. 5,854,613 (1998)
- [4] *C. Berkel*, “Image Preparation for 3D LCD,” SPIE Proceeding, Vol. 3639, p.84 (1999)
- [5] *W. L. IJzerman, S. T. de Zwart, T. Dekker*, “Design of 2D/3D Switchable Displays”, SID’05 Digest, P.98
- [6] *I. Sexton*, “Parallax Barrier 3-D TV”, SPIE Proceeding, Vol. 1083, p. 84 (1989)
- [7] *Hui Nam, Jangdoon Lee, Hyoungwook Jang, Myoungseop Song, Beomsik kim*, “Auto-Stereoscopic Swing 3D Display,” SID 05 Digest, P.94
- [8] *Han-Ping D. Shieh, Yi-Pai Huang and Ko-Wei Chien*, “Micro-Optics for Liquid Crystal Displays Applications“, IEEE/OSA J. Display Technology, 1(1), 62 (2005).
- [9] *Ko-Wei Chien and Han-Ping D. Shieh*, “Time-multiplexed three-dimensional displays based on directional backlights with fast-switching liquid-crystal displays”, Applied Optics, Vol. 45, No. 13, 3106(2006).



許精益(Ching-Yi Hsu)

交通大學 顯示科技所

Department of Photonics / Display Institute,
National Chiao Tung University

E-mail: cation@seed.net.tw

TEL: 03-5712121 ext 59210

黃乙白(Yi-Pai Huang)

交通大學 光電工程系\顯示科技所

Department of Photonics / Display Institute,
National Chiao Tung University

E-mail: boundshuang@mail.nctu.edu.tw

TEL: 03-5712121 ext 52924