

3D立體顯示技術

■ 黃怡菁 · 黃乙白 · 謝漢萍

目前3D顯示器雖然尚未如平面顯示器般普及，但日本已成立了「3D聯盟」，研發3D顯示技術的產品與應用，韓國也計劃在2010年實現顯示產品和記錄設備的3D立體格式的轉換，可見各界都已投注大量心力。

近年來，隨著生活品質的提升，顯示技術不斷地向前邁進。從早期的黑白電視、彩色電視，一直到現在的高畫質、輕薄型、平面化電視，無不表示人們追求更逼真、更自然的影像品質。為了滿足對更真實影像的需求，顯示技術已從2D發展至3D，除了一般的影像與色彩外，更提供了立體空間的視覺感受。

立體顯示技術發展至今已有一百多年的歷史，從最早的手繪立體圖案到現在的立體電影，使用的技術日新月異。西元1833年出現的第1個立體鏡，開啓了立體顯示技術的發展，之後經過創新與改良，又發展出各種不同的技術，但大都建立在兩眼視差的基礎上。

立體影像可讓人類在判讀影像資訊時有更高的可靠性，因此隨著顯示技術蓬勃發展，立體影像顯示器的應用也漸趨多元。

立體視覺原理

真正的立體視覺是由兩眼視差所造成的，由於人類的左眼與右眼相距約6.5公分，在觀看物體時的角度略有不同，接收到的影像便有些微的差異。接收到影像後，大腦再把略有差異的兩影像結合，便成了帶有深度資訊的視覺影像。

為了滿足對更真實影像的需求，顯示技術已從2D發展至3D，除了一般的影像與色彩外，更提供了立體空間的視覺感受。

西元1833年出現的第1個立體鏡，開啓了立體顯示技術的發展，之後又發展出各種不同的技術，但大都建立在兩眼視差的基礎上。

移動視差是指觀賞者移動時，例如坐在車上看遠方景物，由於觀賞角度改變，視角產生變化，導致眼睛接收到的影像有所不同。

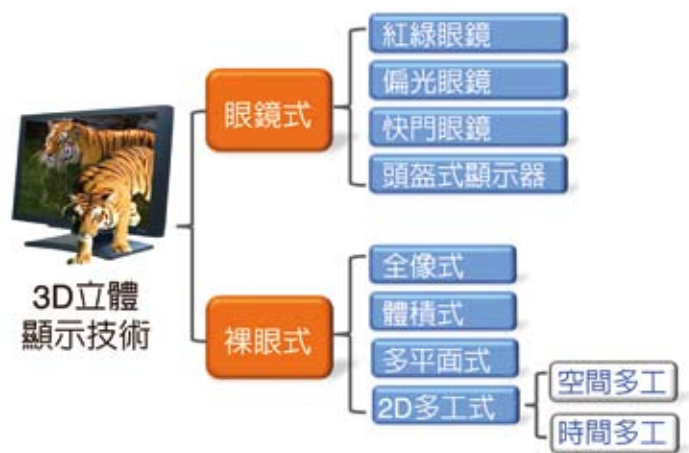
藉由上述任一種視差效應，都可使觀賞者感受到立體感。但考量到觀賞者在觀賞時移動幅度並不大，以及顯示器位置通常都是固定的，現今立體顯示技術多採用兩眼視差的方式來達成。因此要讓人接收立體影像，必須使左、右眼分別接收到些微差異的影像。

3D立體顯示技術大致可分為兩類—眼鏡式及裸眼式，以下概略地介紹這兩大類的差異。

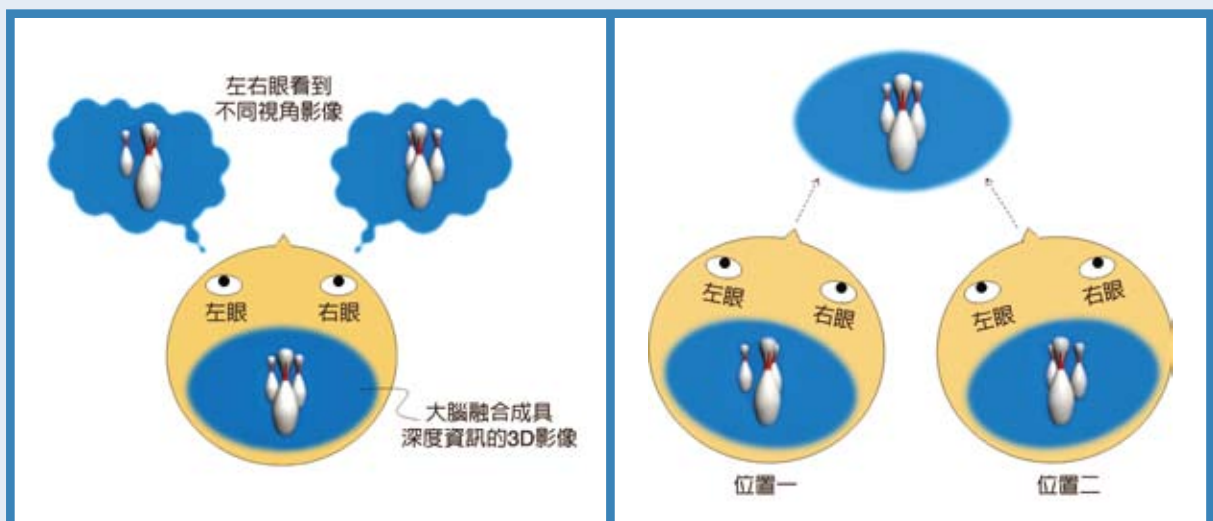
眼鏡式顯示技術

紅綠（藍）眼鏡 當顯示器以不同顏色同時呈現左、右眼影像時，觀賞者配戴的紅綠眼鏡可過濾出不同顏色的影像，左、右眼就會分別接收到略

有差異的畫面，進而在大腦結成立體影像。但因為某些顏色會被有色的眼鏡片濾掉，所以這種眼鏡的缺點是只能看到灰階或單一色調的畫面。



3D立體顯示技術的分類



兩眼視差及移動視差示意圖

近幾年的立體顯示技術，
都著重於開發不需戴眼鏡的裸眼式3D顯示系統。

偏光眼鏡 這種眼鏡鏡片分別由水平及垂直的偏光鏡片組成，當同時使用兩台可分別投射出水平偏振光及垂直偏振光的投影機時，透過偏光眼鏡，左、右眼便可分別接收到不同偏振光線所組成的影像。但是當頭部有歪斜時，偏光眼鏡便無法完全濾掉另一方向的光，造成眼睛接收到另一眼的影像，有些觀賞者會因此感到不適。

快門眼鏡 首先，把播放的影像分為奇數影像和偶數影像，並設定奇數影像是給右眼看的影像，偶數影像是給左眼看的影像。當播放到奇數影像時，快門眼鏡會遮住左眼，使影像只進入右眼；當撥放到偶數影像時，快門眼鏡會遮住右眼，使影像只進入左眼。如此左右交

替，便能使左、右眼接收到不同影像，進而產生立體感。

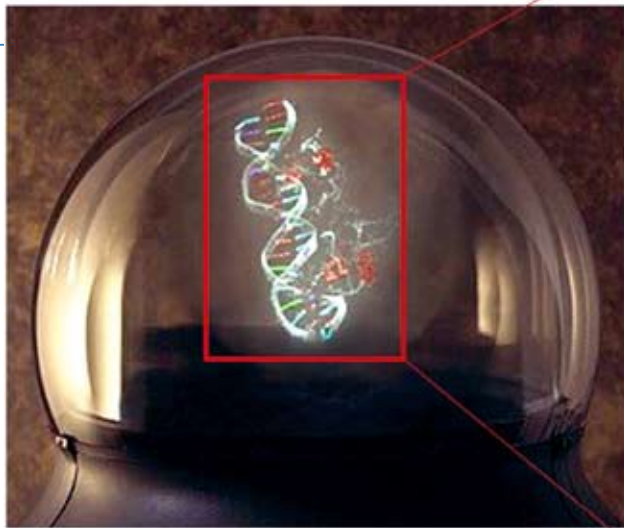
這種眼鏡是利用液晶做成，可以控制左右眼的開與關，因此眼鏡成本較高。若眼鏡開關的速度與螢幕供給影像的速度無法完美搭配，則會有接收到錯誤影像的不良效果。一般而言，因為LCD螢幕的反應速度往往不夠快速，所以這種方式通常使用於CRT螢幕。

頭盔式顯示器 這種顯示器是在眼鏡上分別做兩個螢幕給左、右眼觀賞，因此只要給兩個螢幕不同的訊號，就可讓觀賞者感受到立體影像。缺點是只能給單一觀眾觀賞，且眼鏡的造價和重量都屬最貴重級。

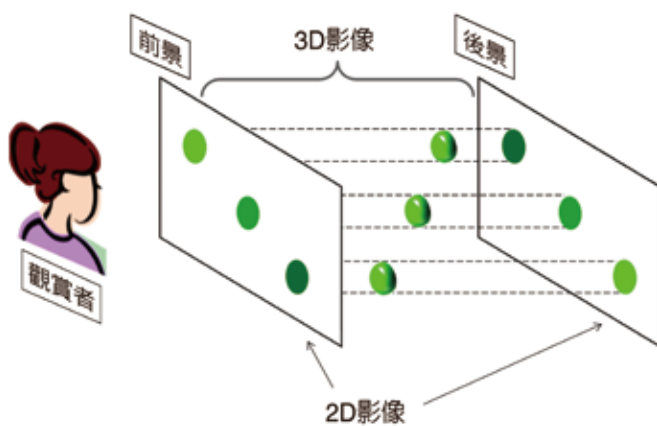
以上這幾種方式無論成本高低都需配戴眼



(上到下，左到右) 紅藍眼鏡、偏光眼鏡、快門眼鏡及頭盔式顯示器。



體積式顯示器及其3D影像效果



多平面式顯示器示意圖

鏡，對於一般的使用者而言，多少會造成不便。因此近幾年的立體顯示技術，都著重於開發不需戴眼鏡的裸眼式3D顯示系統。

裸眼式顯示技術

全像式 是利用紅、綠、藍3色雷射光源，各自經過聲光調變器晶體產生相位型光柵，而帶著光柵訊息的雷射光在經過全像片合併之後，利用垂直掃描鏡及多面鏡進行垂直及水平的掃描，進而使立

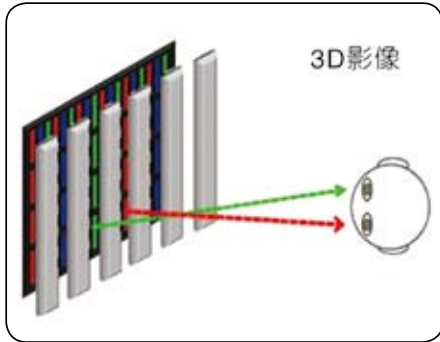
體影像呈現出來。它的優點是全像片取得容易且技術成熟，但是影像大小常受限於聲光調變器晶體的大小，且多面鏡的掃描速度必須與3色雷射光源在晶體中的傳播速度同步。

體積式 一種利用雷射掃描立體影像的顯示器，又有人稱為體積式顯示器。主要是利用一個快速旋轉的垂直圓盤，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的散射效應，掃描空間中的每一點。它的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。

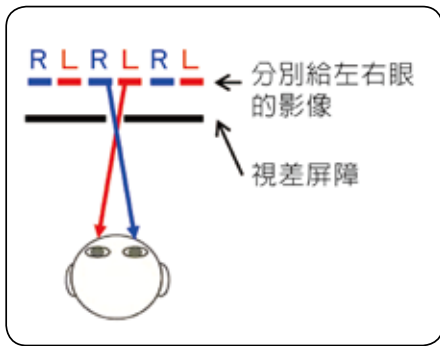
多平面式 這種方式需要兩個重疊的液晶面板，當兩個面板同時顯示大小相同的影像時，利用物體與觀賞者的遠近距離不同，會有陰暗及顏色上的差別，進而使前後影像重疊在一起，讓觀賞者由二者的平均陰暗度及顏色產生立體感。它的缺點是前後面板的對位困難，且因為是由兩個2D影像重疊的結果，所以只有在正視方向觀賞，立體效果才會較佳，其餘觀賞角度則不易顯示出立體效果。

2D多工式 這種近年來各家廠商普遍採用的方式，是在同一個顯示系統上提供觀賞者左、右

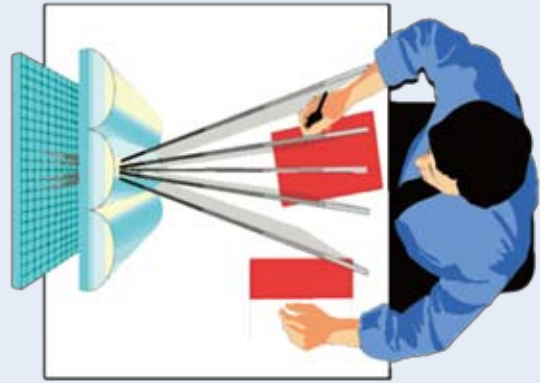
側視圖



俯視圖

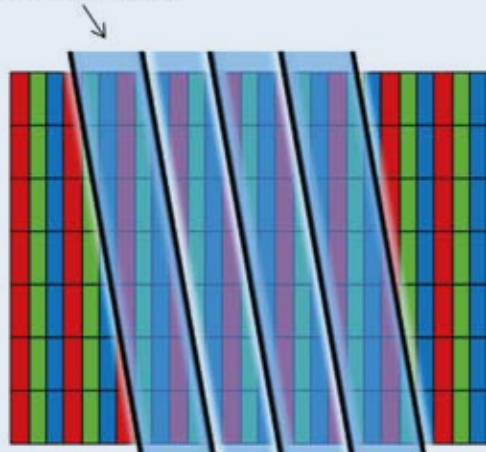


視差屏障示意圖



藉由柱狀透鏡陣列產生立體影像的示意圖

斜向柱狀透鏡



斜向柱狀透鏡陣列示意圖

眼各一個視角不同的平面影像，再經由大腦把左、右眼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。

空間多工式是利用立體影像對產生立體影像的顯示系統。簡單地說，就是把顯示畫面間隔劃分為左、右眼影像顯示區域，利用視差屏障或柱狀透鏡陣列同時把影像分別投向左右

眼，以達到立體效果。

所謂視差屏障是一種黑色與透明相間的直線條紋，用以進行分光，並置於距離液晶面板一小段距離處，讓觀賞者的右眼只能接收到液晶面板投給右眼的畫素區，左眼則只能接收到液晶面板投給左眼的畫素區。

但是當光線通過黑色直線條紋區域時，由於光線被吸收，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

普及又優良的3D顯示技術勢必成為未來顯示技術的主流，目前積極尋求的是如何使畫面品質除了達到平面顯示器的水準外，又可增加立體視覺效果。

代黑色直線條紋，當光線打到原本黑色條紋區域時，會因鋁層的作用使光線反射回原先的光源處，再反射回條紋區域再次利用，影像亮度便可提升。

另一種利用立體影像對產生立體影像的方式是柱狀透鏡陣列。利用柱狀透鏡使光線分光，進而把左、右眼的畫素對分別投影至觀賞者兩眼，大腦便藉此產生立體感受。

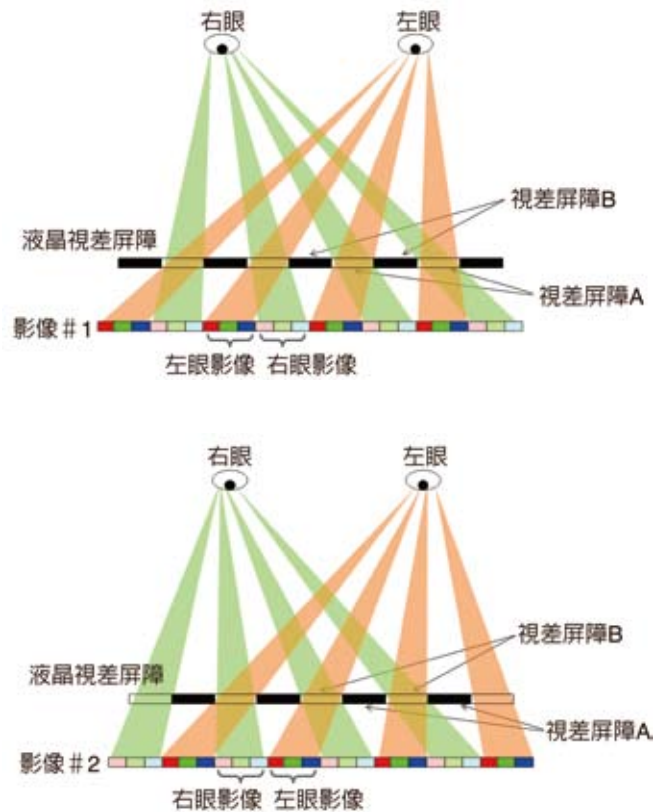
但這種方式的柱狀透鏡陣列與液晶面板的對位必須十分精確，才能使左、右眼畫素對準觀賞者的左、右眼。且當觀賞者的雙眼稍微錯位一個畫素的位置時，會使得原本投影至左眼的影像投影至右眼，原本投影至右眼的影像投影至左眼，進而使大腦無法融合影像產生立體感，這種現象稱為錯覺視域效應。

除了以上幾種缺點外，假設我們只取出一列橫向畫素及一行縱向畫素來看，數個橫向畫素隨透鏡投射到各個角度，縱向畫素卻因透鏡而投射到同一角度，因此造成人眼接收到的縱橫畫素比例不同，在視覺上會有不舒服的感覺。

爲了改善圖像縱橫比不同的情況，有人提出另一種柱狀透鏡陣列的排列方式。當透鏡排列爲斜向的方式時，橫向與縱向的畫素都會投射到不同的角度，經過計算與設計後，可使人眼接收到的橫向及縱向畫素比例一致，因此可改善圖像縱橫比不同的狀況。

相較於空間多工式，時間多工式是利用特殊設計的分光機制，在不同的時間點把左、右眼影像連續投射至觀賞者的左、右眼，以達到立體顯示效果。當左、右眼的影像切換夠快時，大腦並不會感受到影像的切換，但會因左、右眼的影像視角稍有不同而形成立體影像對。

一種時間多工的方式，是利用液晶視差屏障達到分光的效果。液晶視差屏障A、B與先前所提到視差屏障的透明、黑色條紋有相同的功能，而在下一個時間點，液晶視差屏障A、B功能相互替換，變成黑色與透明的條紋。這種切換方式可使單一隻眼睛不會只固定看到同一畫素，藉此來提高解析度。



時間多工式立體顯示技術的示意圖



隨著人類不斷追求更加真實的影像，普及又優良的3D顯示技術勢必成為未來顯示技術的主流。

此外，交通大學與友達光電也共同開發了左右兩個光源快速切換的背光源系統，配合快速切換的液晶層，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起，又可以切換成二維影像顯示器。不過這技術仍需要有快速反應的液晶顯示器搭配，才可呈現最佳的顯示品質。

綜觀上述，目前各家提出的立體顯示方式仍各有其優缺點，也因為如此，3D顯示器尚未如平面顯示器般普及。但日本已成立了「3D聯盟」，研發3D顯示技術的產品與應用；韓國也計劃在今年實現顯示產品和記錄設備的3D立體格式的轉換，可見各界都已投注大量心力。

隨著人類不斷追求更加真實的影像，普及又優良的3D顯示技術勢必成為未來顯示技術的主流。至於目前須積極尋求的，就是如何使畫面品質除了達到平面顯示器的水準外，又可增加立體視覺效果。或許到3D顯示技術完美實現的日子還有一段路要走，但這條路是長是短就要看誰能率先突破目前的瓶頸，成為3D立體顯示技術的領頭羊了。

黃怡菁 · 黃乙白 · 謝漢萍

交通大學光電工程系所