

液晶顯示器中的發光二極體

■ 韓斌

目前當紅的液晶顯示器

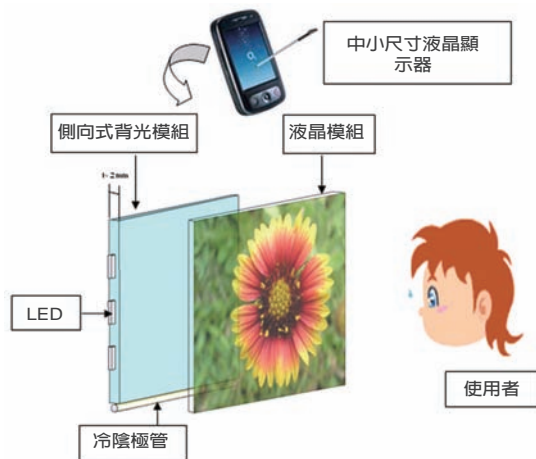
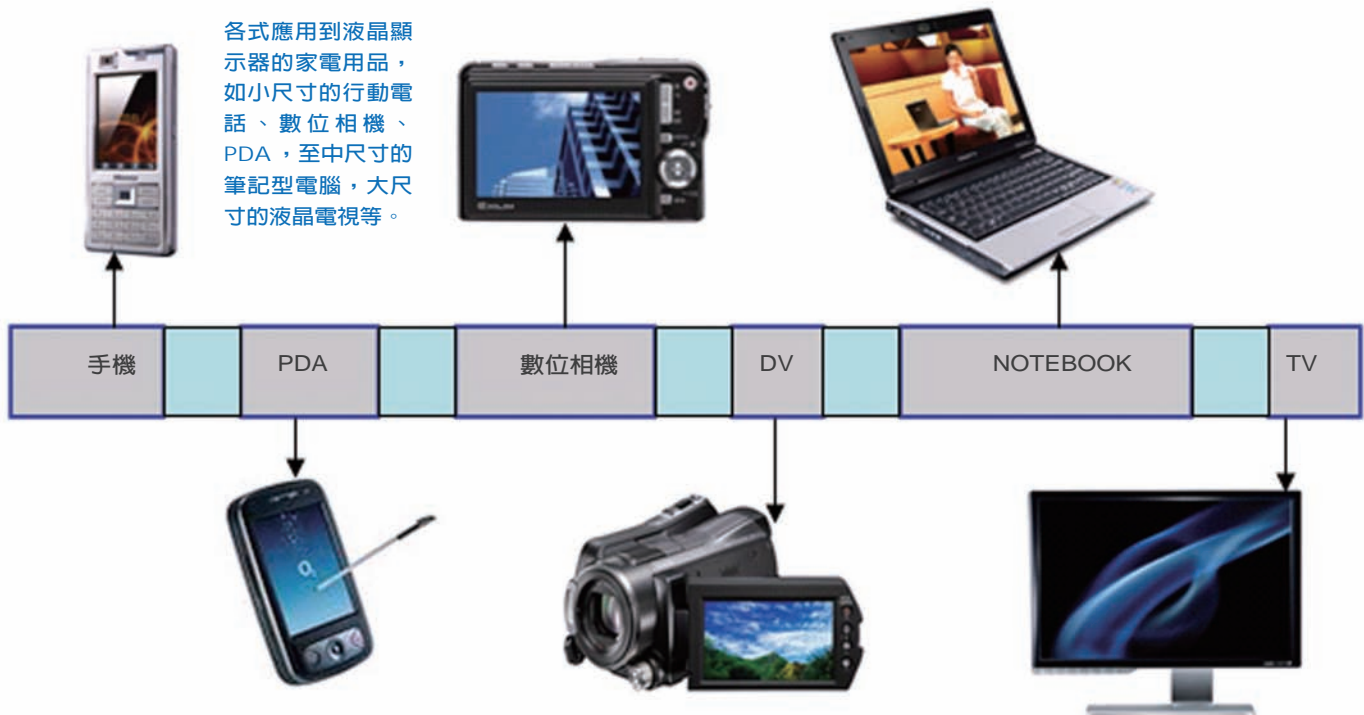
已開始使用更新的發光二極體技術，來取代原先的冷陰極管做為背光源，除了可提升色彩的飽和度外，更可以進一步達到提升對比度、節能環保等諸多目的。

液晶顯示器

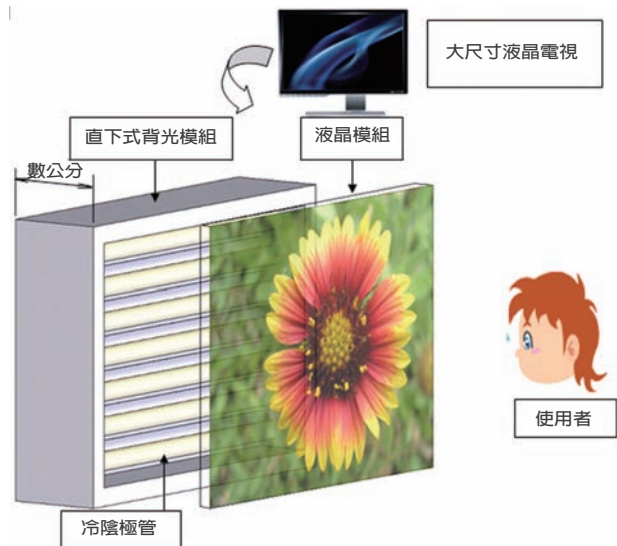
由於現代科技的高速發展，在日常生活中，液晶顯示器 (liquid crystal display, LCD) 已經無所不在，從小尺寸的手機、數位相機，到中尺寸的 PDA、筆記型電腦，大尺寸的液晶電視上，都可看到。一個液晶顯示器大體上可區分為兩部分，即較靠近使用者 (或觀賞者) 的液晶模組及後方的背光模組，背光模組的主要功能在於提供前方液晶模組一個高亮度及高均勻度的面光源。

目前較常使用的光源，有類似較細日光燈管的冷陰極管和發光二極體 (light emitting diode, LED)。在使用於背光模組時，又分為側向入光及直下入光兩種。由於整體厚度及所需光功率的考量，目前中小尺寸背光模組多使用光源置於側邊的側向入光方式，厚度約只有幾公釐 (mm)。而大尺寸液晶電視，由於使用 LED 的顆粒數較多，成本過高，目前多使用冷陰極管，並把光源直接置於背光模組內部的燈箱中 (直下式)，厚度通常較厚 (約數公分)。

由於中小尺寸液晶顯示器與大尺寸的液



液晶顯示器是由前方液晶模組與後方背光模組構成。由於液晶本身不發光，因此光源須由後方的背光模組提供。中小尺寸液晶顯示器多採用厚度較薄的側向入光式背光模組（冷陰極管或LED置於側面），大尺寸液晶電視則多把冷陰極管排列在燈箱內，厚度較厚。



晶電視，利用發光二極體的方式與技術不盡相同，以下就以大尺寸的液晶電視為主角來介紹它的原理。

色彩的三原色原理

一個顯示器依畫面細緻程度（解析度）的不同，是由數十萬至上百萬個畫素組成的。由於顯示器或電視的主要功能在於提供資

訊，或顯示出全彩的圖片或連續畫面，因此全彩顯示器須能獨立地控制每一個畫素的色彩及亮暗，這就會用到色彩的三原色原理。

一個畫素是由三個次畫素組成，它們包含了紅（R）、綠（G）、藍（B）三個顏色。若能適當調整三者之間的比例，就可以呈現出要表達的顏色。

以呈現一根香蕉與一粒橘子的畫面為

任何彩色顯示器都是利用 RGB 三原色及適當比例來呈現一幅畫面，不同的顯示器之間又有何不同呢？答案是，三個顏色的產生方式不同。

實體圖



(a)



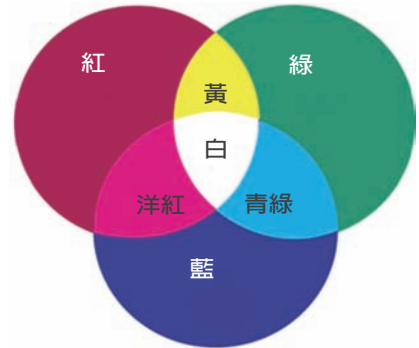
(b)



(c)

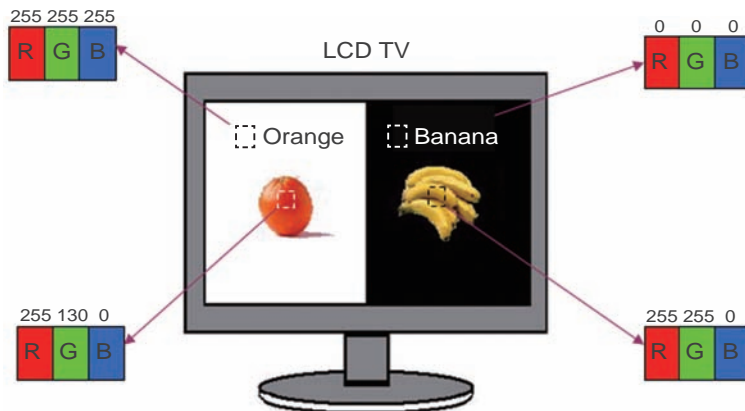


(d)



利用色彩三原色（紅、綠、藍三圓圈）的加法原理（交集部分）可產生各種不同顏色，例如紅+綠=黃色，綠+藍=青色，紅+藍=洋紅色，紅+綠+藍=白色或藍+黃=白色，其他顏色可再依照不同比例混合得到。

(a) 直下式背光模組內部的冷陰極管燈箱。(b) 冷陰極管的外型類似細長日光燈管。(c) 各種不同形狀的冷陰極管。(d) 側向式背光模組，在側邊及底邊放置 LED 做為光源。



一個畫面是由非常多的畫素組成的，每個畫素包含了 RGB 三個次畫素。以畫面中的圖案為例，不同部位的畫素需要的 RGB 比例不同，在每個 RGB 放大圖上方的數字代表要產生該顏色時 RGB 之間的強弱比例關係。255 代表最強，0 代表最弱。欲產生白畫面，只需把 RGB 都調整至最強即可，欲產生黑畫面，就把 RGB 都調整至最弱，黃色可利用 255 : 255 : 0 得到，橘色則需要較多的紅色及較少的綠色搭配 (R : G : B = 255 : 130 : 0)。

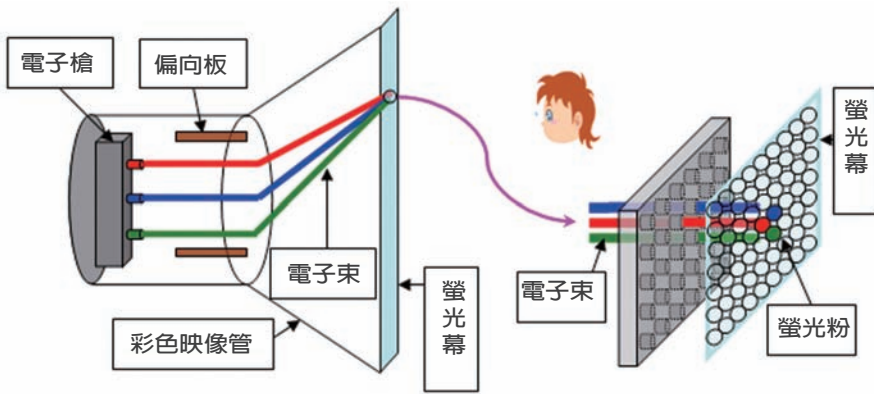
例，首先把每一個次畫素可以產生的亮度，由最暗 (0) 到最亮 (255) 共分成 256 個不同的亮度 (灰階值)，則畫面中的黑色應是全暗 (R : G : B = 0 : 0 : 0)，白色應是全亮 (R : G : B = 255 : 255 : 255)，而黃色香蕉可由大約等亮的紅與綠調配出來 (R : G : B = 255 : 255 : 0)，橘色則可由較多的紅與較少的綠

(R : G : B = 255 : 130 : 0) 來獲得。因此只需巧妙地控制次畫素 RGB 的比例，就可以讓人「感覺」看到了黃色、橘色及其他顏色，這就是彩色顯示器三原色加法原理。

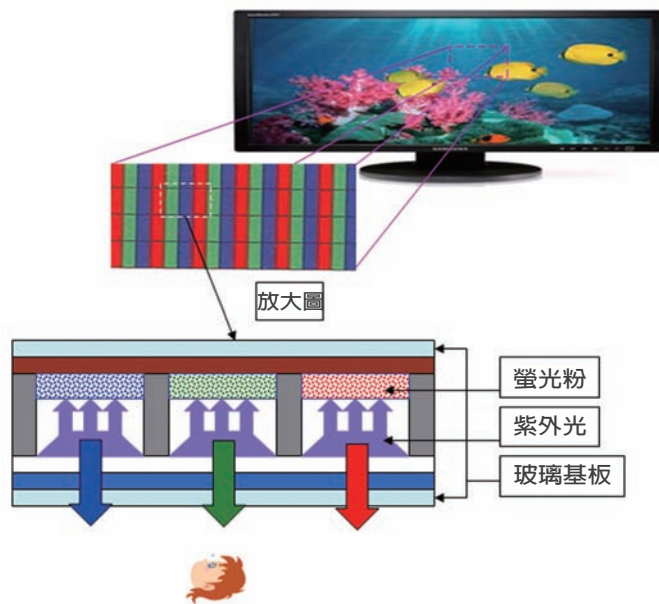
既然任何彩色顯示器都是利用 RGB 三原色及適當比例來呈現一幅畫面，不同的顯示器之間又有何不同呢？答案是，三個顏色的產生方式不同。就傳統的陰極射線管 (CRT) 電視機而言，它是利用三支電子槍分別以電子束掃描並激發前方

螢光幕上的 RGB 螢光粉，就可以產生所需的顏色。另一種較新的電漿電視，則是利用電漿產生的紫外線激發三個顏色的螢光粉而產生三原色，它的原理較接近日光燈管。

然而我們的主角一大尺寸的液晶電視，又是如何產生 RGB 及控制強弱呢？由於液

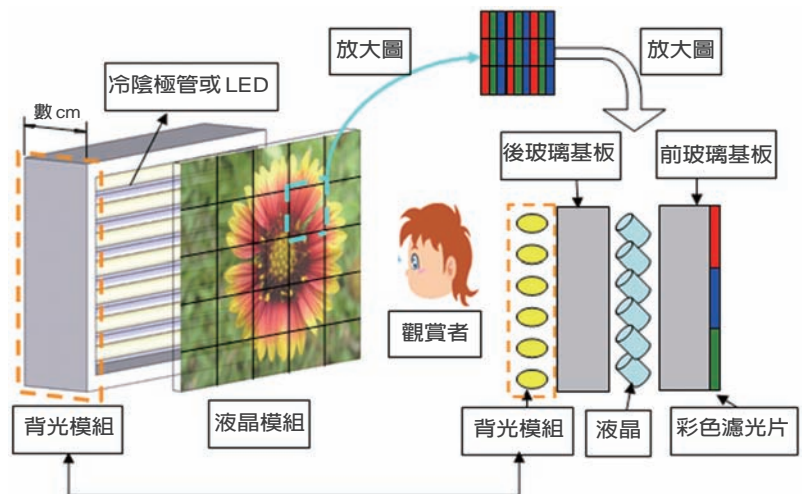


(上圖) 傳統較厚重的陰極射線管電視機，是利用後方電子槍發射出電子束，經過偏向板控制後，依序掃描並撞擊前方螢光幕的螢光粉體，以產生光線及顏色。(下圖) 電漿電視是由密封在玻璃內的氣體，經游離放電後產生的紫外光照射至後方 RGB 三色螢光粉，進而發出光線與顏色。



晶本身並不發光，需要由後方的背光模組提供光源，目前主要以冷陰極管（類似極細的日光燈管）做為光源，排列於下方。當光線送到前方液晶模組時，利用液晶的光閥作用（類似閥門一樣調整每個次畫素的光透出量），使已調整好所需強弱的光線經由前方的彩色濾光片，把光源中的紅色、綠色、藍色過濾出來，就可以

大尺寸液晶電視的顯色原理 當後方背光模組提供適當的光線至前方時，兩片玻璃中間的液晶可以控制每個畫素的透光量，再利用前方彩色濾光片就可獲得所需的 RGB 比例，進而產生全彩畫面。由於濾光片只能被動地過濾後方背光源的光線，因此濾出的顏色與光源息息相關，通常 LED 可以比冷陰極管得到較佳的色彩表現。

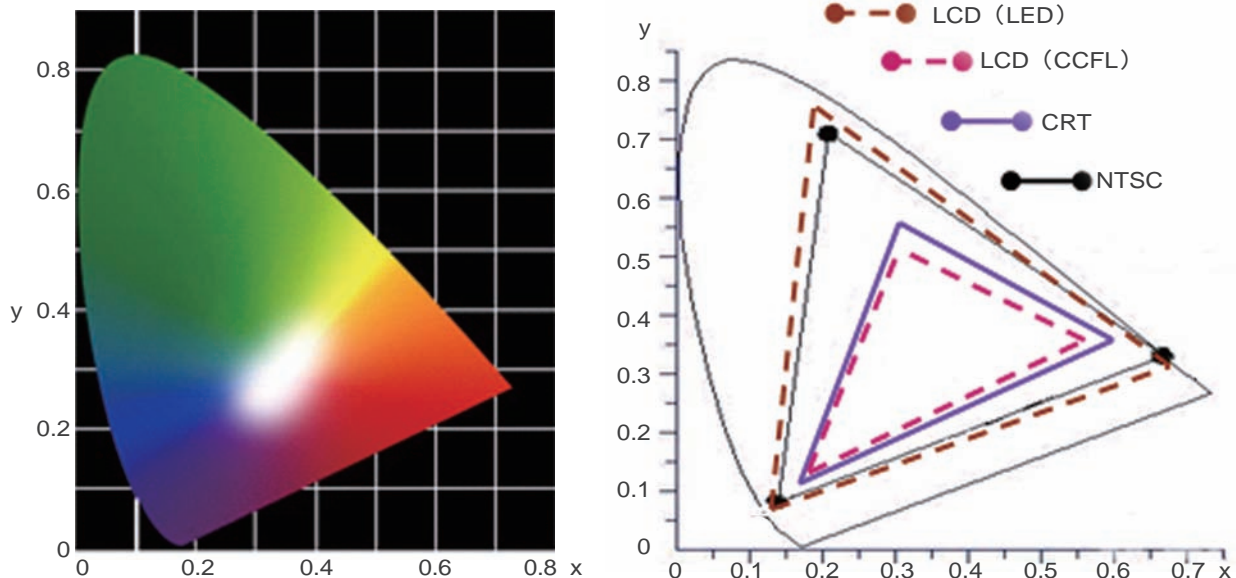


達到個別調控 RGB 次畫素發光強弱，進而完成色彩調整、畫面呈現等功能。

我們又該如何評價或比較不同顯示器的色彩表現能力呢？目前較通用的規範，是以國際照明委員會（CIE）公布的 CIE1931 色度座標系統為參考。它把人眼能感受到的所有顏色表現在一個直角座標上，並以類似馬蹄形的方式呈現，每種顏色都可用一個座標來定位與表示。通常越靠近馬蹄形邊緣的顏色，色彩純度越高。

把任一顯示器產生的 RGB 經量測並計算色度座標後，分別標定在這圖上，這三點連成的三角形稱為色域。色域就是這個顯示器能表現的色彩範圍，色域越大表示顯色能力越好。

在液晶顯示器中，若以LED取代傳統冷陰極管光源，除了顯色能力提高外，更可利用LED的特性達到多種功能。



左圖是 CIE1931 色度圖，右圖是各顯示器在色度圖上所能表現的色域大小。不同的顯示器，因發光原理不同，能產生的三原色 (R, G, B) 的色度座標並不相同，這三點圍出的區域稱為色域，區域內的顏色就是這顯示器能表現的顏色。色域越大 (R, G, B 越靠近邊緣)，能表現的顏色越豐富。NTSC 是參考的色域範圍，在液晶顯示器中，通常以 LED 做為背光源會比傳統冷陰極管有較佳的色彩表現。

由於發光原理不同，三個色度座標的位置及色域大小也不盡相同。一般來說，當三原色的色純度越高（越飽和）時，色度座標會越向色度圖邊緣移動，進而構成較大色域並提升顯色能力。根據這個概念，美國國家電視委員會（NTSC）公布了一個標準的三角形，某種顯示器的色域與標準比較之後的百分比，可做為色彩表現能力的參考。

目前以傳統的電子槍電視機及以冷陰極管做為背光源的液晶顯示器，色域範圍約在 NTSC 的 70~90% 之間。雖然目前已開發出色域更廣的冷陰極管光源，但 LED 光源仍具有許多優勢。

目前各類型的顯示器都設法利用不同方法來改善或提升三原色的純度，使畫面有更佳的飽和度，例如燈管與螢光粉的改良、彩色濾光片性能的提升等。而在液晶顯示器中，若以 LED 取代傳統冷陰極管光源，除了顯色能力提高外，更可利用 LED 的特性

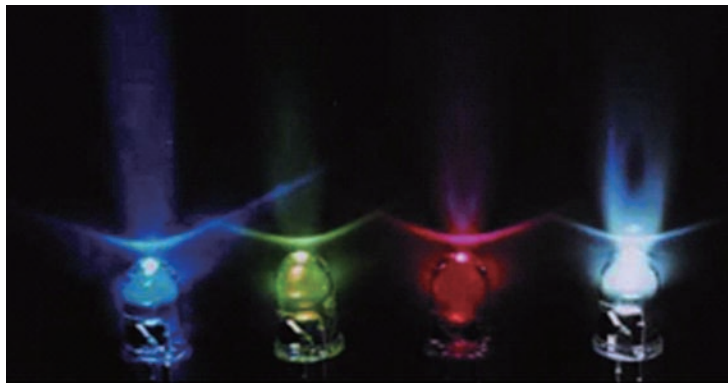
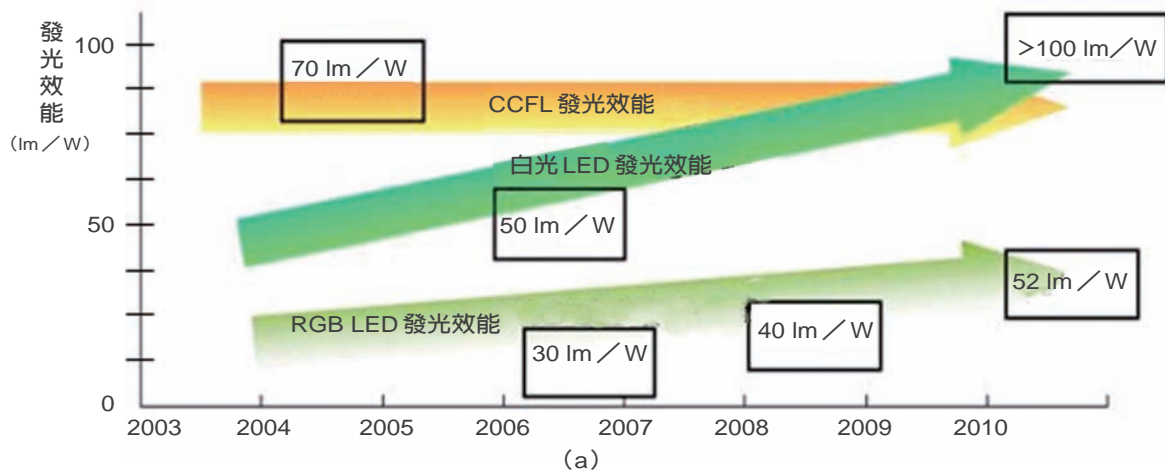
達到多種功能。

顯色能力的提升 LED 是一種利用磊晶成長技術及半導體材料製作的發光元件，與傳統利用鎢絲加熱的白熾燈泡或紫外線激發的日光燈管大異其趣。

LED 具有體積小、壽命長、堅固耐用（不易摔破）、環保等諸多優點，且發光效能從 1960 年代問世以來不斷提升，不僅早已超越鎢絲燈泡（效能約 10~20 lm/W），目前已快和日光燈管並駕齊驅（約 60~80 lm/W）。更由於各種相關技術的不斷進步，最終的性能表現可望在 2010 年後達到 100 lm/W 以上。因此發光二極體已成為新世代固態光源中最受矚目的一顆星，而 LED 應用於室內外照明（例如號誌燈、路燈、車頭燈）的場合與機會，也會逐步擴大與成長。

目前應用在液晶顯示器中的 LED，主要分為兩大主流，一個是利用藍光 LED 晶

LED 具有體積小、壽命長、堅固耐用、環保等諸多優點，且發光效能不僅早已超越鎢絲燈泡，目前已快和日光燈管並駕齊驅。



(b)



(c)

(a) 估計在 2010 年後，白光 LED 的發光效能可達到 100 lm/W 以上，進而取代目前的冷陰極管做為未來照明光源的主角。(b) 可發出各種顏色的 LED，由左至右分別是藍、綠、紅及白光 LED。(c) LED 目前已廣泛應用在各種交通號誌燈及警示燈上。

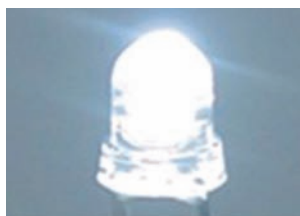
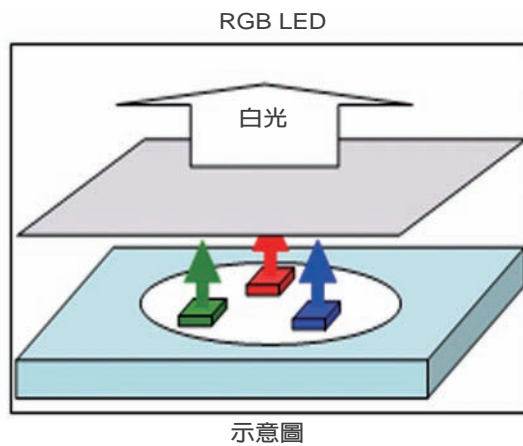
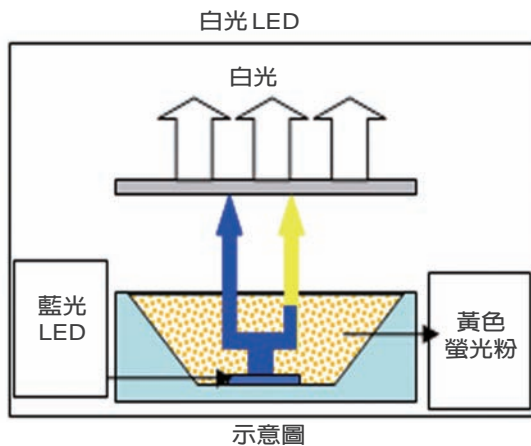
片激發黃光螢光粉來產生白光（以下簡稱白光 LED），另一種方式是直接利用 R、G、B 三色的 LED 直接封裝成一個發光源（以下簡稱 RGB LED），也可以發出白光。前者的優點是電路較簡單、LED 晶片成本較低（只需一個藍光 LED）；後者則具有色純度較高，且可獨立控制 RGB 光源的優勢（但電路也較複雜，成本較高）。

把 LED 應用在液晶顯示器中，主要的原因在於 LED 色純度較高（即光譜較窄）。以 RGB 三個顏色的 LED 為例，由於材料及元件的特性，發光的光譜較集中在彩色濾光片的中心位置（不似冷陰極管較不規則的光

譜），因此獲得的三原色具有較高的飽和度，進而獲得較寬廣的色域。若應用得當，色彩表現可以高達 110% NTSC 以上的標準，較原有傳統冷陰極管光源提升了 20% 以上，可有效提升畫面的鮮豔程度。

局部亮滅技術 當使用冷陰極管為光源時，是把多支冷陰極管燈管排列在燈箱內，且使用時是持續點亮發光的，就算畫面中有許多不需光線的黑色部分（如螢幕保護程式）也是如此（是靠液晶光閥擋住光線），通常占用了液晶顯示器大部分的能源消耗，使得功率的消耗較大且較不經濟。

若以白光 LED 做為光源模組，把它們



實體圖

左圖是藍光 LED 加黃色螢光粉所形成的白光 LED 示意圖及實體圖，由色彩原理可知，藍光與被激發的螢光粉產生的黃光可以得到白光。右圖則是 RGB 三個 LED 晶片封裝成一個單體的示意圖及實體圖，由色彩原理可知紅 + 綠 + 藍也能得到白光。

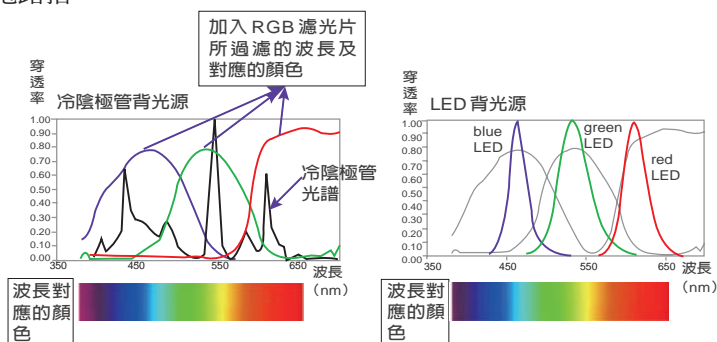


實體圖

用陣列方式排列在背光模組內，並以电路搭配畫面需求，使畫面中的暗區部分的光線減弱或熄滅，只提供亮區光線，就可以充分達到動態調整供應光線的節能效果，這是明暗調整速度較慢的冷陰極管光源（須同時持續點亮）無法辦到的。

這個技術的另一個好處，是可以同時提高亮暗對比。所謂亮暗對比，是指畫面上可以顯示出的最亮及最暗的比例。傳統的冷陰極管光源，由於光源是持續提供的，造成液晶光閥關閉（最暗）時仍有少許的漏光，因此最亮時（光閥全開）大約只能達到最暗時的 500 倍左右（亮暗對比 = 500）。然而由於 LED 的動態亮滅功能，可以把最暗時的光線降到最低，進而讓對比度提升至數千甚至上萬，使畫面品質更佳。因此使用 LED 的局部亮滅技術，可同時達到節省能源及提高對比的雙重目的。

環保無污染 除了上述的優點

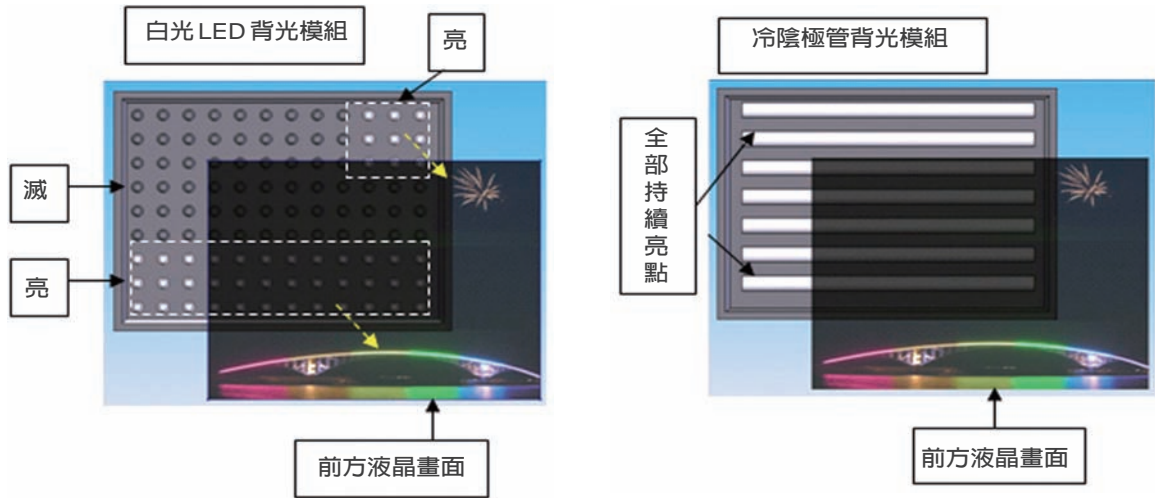


冷陰極管



RGB LED

上圖的橫座標代表光線波長，對應人眼看到的顏色表現於下方。圖片上方顯示 RGB 濾光片允許穿透（即過濾）的波長範圍。左右圖中也分別顯示冷陰極管與 RGB LED 的光譜（光譜是光源所發出不同波長（即顏色）的成分與比例）。相較於冷陰極管較分散與凌亂的光譜，右圖中 RGB LED 發出的顏色（波長）與彩色濾光片允許穿透的波長有較佳的匹配性，因此產生的三原色有較佳的飽和度。舉例而言，可以由下方的照片明顯看出 RGB LED 比冷陰極管有較佳的紅色鮮豔度。



如左圖所示，當畫面中只有局部（如下方的水面及橋梁與右上方的煙火）需要光線時，以白光LED做為光源的背光模組就可把畫面中黑暗部分的後方光源熄滅，達到省電的目的。冷陰極管則因持續點亮（如右圖所示）而造成能源浪費。

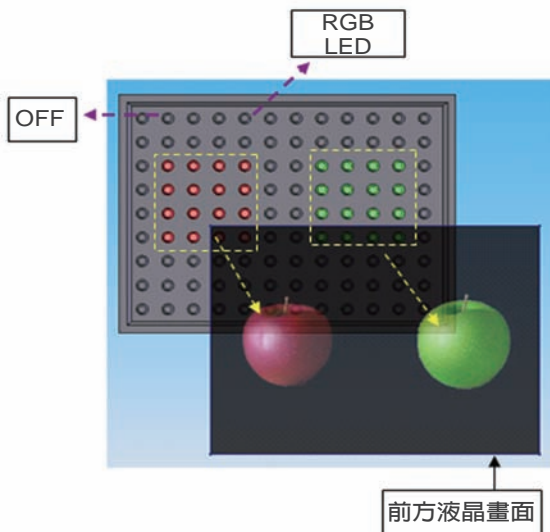
外，另一項值得注意的特點，就是目前主要使用的冷陰極管含有汞及一些重金屬的成分（雖然已有無汞燈管，但效率較低且成本較高，並未被大量採用），這對環境甚至生物都會造成危害，目前陸續有些地區（例如歐盟）已立法限制日後相關進口的產品不得含汞。若使用LED做為液晶顯示器的光源，就可以避免前述的污染問題，更由於它的壽命可長達數萬小時以上，可進一步降低置換

成本及廢棄物的產生，具有環保、節能、無污染綠色能源的精神。

除了以上把LED光源應用在液晶電視的好處外，最後再介紹一項由國內廠商研發的RGB LED背光源技術，稱為變色龍技術。

當一幅畫面中只需呈現部分色彩時，例如左右各有一個紅蘋果及綠蘋果，如使用RGB LED做為背光源，可利用前述局部亮滅技術把畫面中黑暗部分後方的光源熄滅，再進一步視前方畫面需求，只把紅蘋果後方的紅色（R）LED點亮（G及B熄滅）及綠蘋果後方的綠色（G）LED點亮（R及B熄滅）。如此一來，不僅可以進一步減少能源消耗，更可因不需要的LED顏色減少，使得色彩的純度更加提升。這就像一個會變色的背光模組，因此又稱為變色龍技術，這是傳統的冷陰極燈管光源無法辦到的。

在了解這些LED光源應用在液晶電視的「特異功能」及諸多好處後，應該可以相信當LED光源成本逐漸降低時，未來大尺寸液晶電視使用LED做為背光源的趨勢會逐漸成為主流，並在未來的顯示器市場中大放異彩！



使用RGB LED做為背光源，不僅可隨亮暗調整光源強弱，甚至可以配合畫面需求，只把所需顏色點亮。例如，可把畫面中黑暗部分後方光源熄滅，再把紅蘋果後方紅色LED（G及B熄滅）及綠蘋果後方綠色LED點亮（R及B熄滅），可進一步提升色彩表現及節能效果。

韓斌

中興大學精密工程研究所