

不同色澤的螢光粉的應用十分廣泛，包括從早期的日光燈、霓虹燈等照明設備，一直到目前備受矚目的電子顯示器。就白光發光二極體而言，其輕巧及壽命長的優點，將取代過去的照明設備，而電子顯示器是所有螢光粉產業中發展最為迅速的，其中陰極射線管長久以來位居顯示器的首位。但自電漿顯示器、電激發光顯示器等接二連三地出現，它的地位已不復從前。這也凸顯了螢光粉在光電元件應用上所扮演角色的重要性。

螢光粉的種類

螢光粉被用在發光和顯示產品上，已達半個世紀之久。自一九三八年鎢酸鎂、鎢酸鈣、矽酸鋅等螢光粉的發明，到五十年代，已由早期的螢光性化合物逐漸發展至複雜的複合化合物，如鹵磷酸鈣，及至七十年代末，則偏向含氧鹽與稀土化合物的研發，以氧氟

化鏷系螢光粉為基體，添加鉍、鉛、鉍為活化劑，而形成雙重活化的氧氟化鏷系螢光粉。近來更有稀土三基色螢光粉的開發，如氧化釷、氧化鏷等稀土族氧化物。至今，螢光粉的種類已達30多種，其中研發技術純熟的硫化鋅族，最常使用在陰極射線管顯示器上。而氧化釷具有量子效率高、化學穩定性佳等優點，現已廣泛運用在日光燈與電漿顯示器等產品中。

雖然螢光粉的種類非常繁多，但大體上可區分為：有機螢光粉、螢光顏料、無機螢光粉及放射性元素。有機螢光粉是利用有機化合物來製造的，隨置換基的數目、位置及活化劑的效果而影響其螢光性的大小。至於螢光顏料是指顏料除了本身的色澤外，亦可以反射螢光。而無機螢光粉是利用電子躍遷來產生螢光，因為光線殘留的時間較長，故可作為蓄光性夜光塗料。再者，混合放射性元素及硫化物螢光粉則可激發出螢光，即使在沒有光線照射時也可以發光，這種

螢光粉在發光上的

自發光顏料大多應用於航空儀器及鐘錶上。

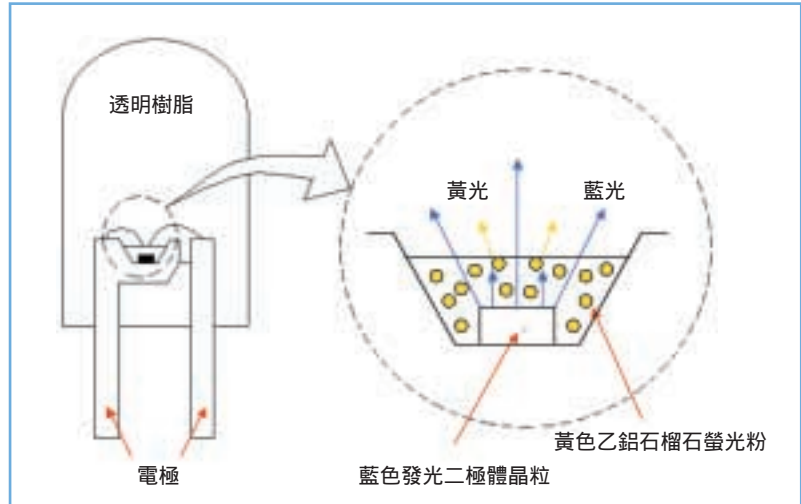
白光發光二極體

近幾年來，白光發光二極體是最被看好且最受全球矚目的新興產品。它具有體積小、無熱幅射、耗電量低、壽命長和反應速度佳等優點，能解決非常多過去白熾燈泡所難以克服的問題。

近年來，歐美和日本等國基於節約能源與環境保護的共識，皆決定選擇白光發光二極體作為二十一世紀照明的新光源。再加上目前許多國家的能源都仰賴進口，使得它在照明市場上的發展極具價值。根據專家評估，日本若是將所有白熾燈以白光發光二極體取代，則每年可省下1-2座發電廠的發電量，間接

減少的耗油量達10億公升，而且在發電過程中所排放的二氧化碳也會減少，進而抑制了溫室效應。

在台灣，由於核四廠興建問題引發很大的爭議，



白光發光二極體，是屬於二波長混合光，利用透鏡原理，將互補的黃光和藍光混合便可得到白光。

應用

神奇的螢光粉有如小天使的魔杖一般，使光電元件發出繽紛的色彩，豐富了我們的人生，也使世界更加絢麗與奇妙。

楊素華

促使目前新能源的開發以及提高能源使用率的課題也深受大眾重視。若台灣四分之一的白熾燈泡及所有的日光燈皆以白光發光二極體取代，則每年可省下110億度的電力，相當於一座核能電廠每年的發電量。由此可見，發展白光發光二極體所得到的效益是多麼地驚人。基此，目前歐美和日本等先進國家都投注了非常多的人力推動研發。預計在未來十年內，可以普遍替代傳統的照明器具。

最早白光發光二極體的製作技術為日亞公司所研發，是屬於二波長混合光。是在460奈米的藍光晶粒上塗一層乙鋁石榴石螢光粉，利用藍光發光二極體激發乙鋁石榴石螢光粉，以產生與藍光互補的555奈米波長的黃光，再利用透鏡原理，將互補的黃光和藍光予以混合，得到所需的白光。此方法所製作的白光發光二極體成本較低，且電源迴路構造也較簡單。但由於日亞公司掌握製作技術專利，因此現今業者大多投入在三波長光的開發。三波長光即是以無機紫外光晶片所發出的紫外光激發藍光、綠光與紅光，三基色螢光粉，若發出的三基色光的成分適量，其混合光便是白光。此種製作方式成本低，量產容易，光色均勻且不會有偏色現象，再加上其螢光材料的轉換效率比乙鋁石榴石螢光粉高，故提高白光發光效率的可能性極大，是未來最被看好的一種製作趨勢，預計今年將有商品化的機會。

日光燈

日光燈管簡單地說就是個密閉的氣體放電管，長形玻璃放電管的兩端個別裝有一組燈絲，燈絲上塗布電子放射物，如氧化鉀或氧化鈣。玻璃管內壁塗布螢光粉，管內充有氬氣、氖氣及氙氣三種惰性氣體及加入少量水銀。當兩極間施以電壓時，極間開始放電，射出電子，並與管內的水銀原子互相碰撞而形成氣體放電狀態，並釋出波長為253.7奈米的紫外光。當紫外光激發螢光粉時，即可發出可見光，發光波長則由螢光物質的原子結構決定。因此，若將燈管內壁混合塗上多種螢光物質，便可產生多種不同顏色的可見光。日光燈所使用的螢光粉主要有氧化鈮摻雜鎘、磷酸化

鎘銻摻雜錫及氧化鋁鎂鋁摻雜鎘。日光燈輸入的電能約60%可轉換成紫外光，而其他的能量則轉換成熱能。一般紫外光轉換為可見光的效率約為40%。因此，日光燈的效率約為 $60\% \times 40\% = 24\%$ ，大約為相同功率鎢絲燈的兩倍。

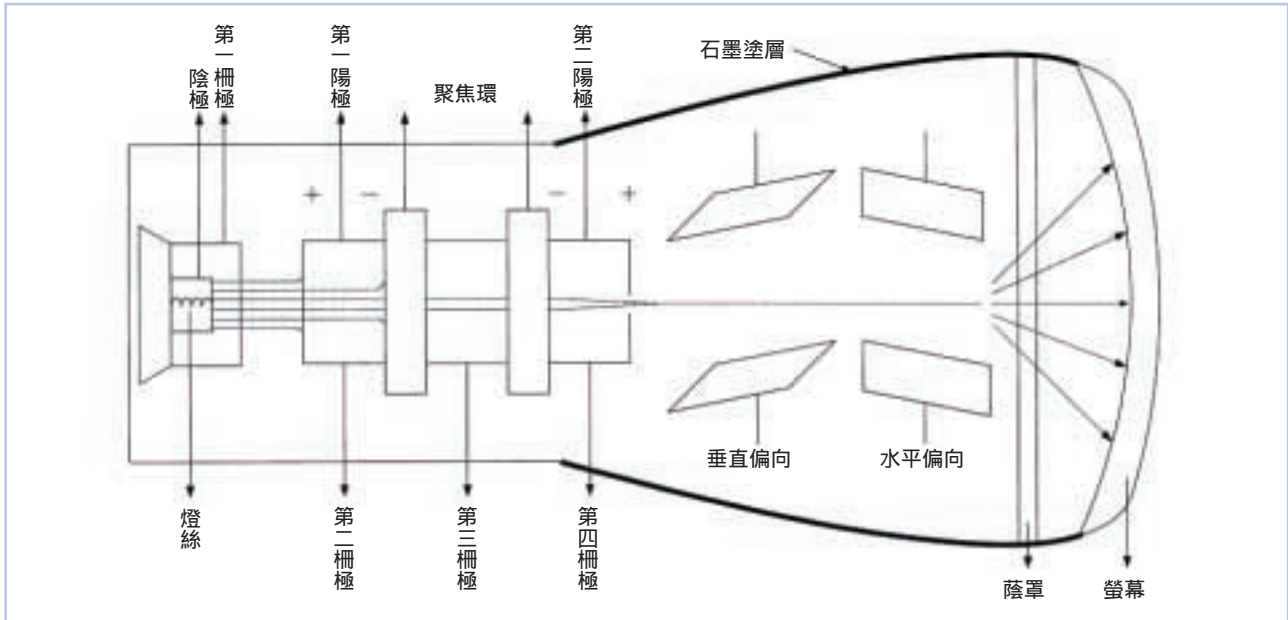
霓虹燈

霓虹燈是一種冷陰極發光元件，採用的是紫外線激發螢光粉，如鎢酸鹽、硼酸鹽、矽酸鹽、磷酸鹽等。它由低壓水銀放電產生紫外光，再由紫外光激發各類不同的螢光粉，從而獲得數十種色彩的霓虹燈光。一般來說，霓虹燈所使用的螢光粉有肉色、綠色、藍色、白色與紫色等五大基本色。如要顯現黃色霓虹，則用黃色管內塗裝白色螢光粉，再以水銀放電激發即成。霓虹燈管內都必須充入適量的惰氣，在國內大多是加入氬氣或氖氣。霓虹管中充入氬氣則呈現的是藍、白等冷色系，若霓虹燈管中充入氖氣則呈現的是紅、粉紅等暖色系。不同的螢光粉、惰氣與加水銀與否，會產生不同的顏色變化。如玻璃清管使用肉色螢光粉，則於氬氣下發出紅色光，而黃色玻璃管若使用白色螢光粉，並充入氬氣和水銀，則可得檸檬黃色光。

陰極射線管

陰極射線管可應用在電視、雷達及示波器中。它的構造可分為承受大氣壓力的玻璃殼（影像管）、產生電子束的電子槍、使電子束偏轉的偏向部分以及受電子束撞擊後會發光的螢光幕四大部分。隨陰極射線管的用途不同，所使用的螢光粉也跟著不同，如矽酸鋅摻雜錳可使用在陰極射線管上，而硫化鋅系列的螢光粉常使用於雷達、電視及示波器上。螢光幕裡層裝有厚約0.1微米的鋁薄層，並與石墨層接通，可防止螢光幕帶負電。該鋁薄層上有無數個只能通過電子的小孔，除了可防止負離子撞擊螢光幕之外，同時亦有反射光的作用，使畫面的鮮明度因此提高。

陰極射線管具有畫質優良和價格低廉的特點，因此長久以來一直用做電視和電腦的顯示器。然而，如

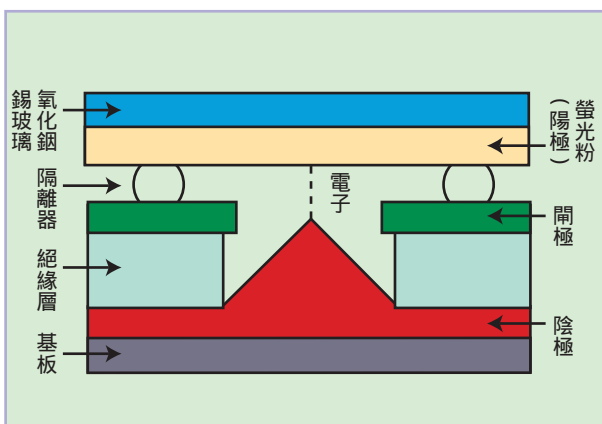


陰極射線管，可分為承受大氣壓力的玻璃殼（影像管）產生電子束的電子槍、使電子束偏轉的偏向部分以及受電子束撞擊後會發光的螢光幕四大部分。

今雖有180億美元的年產額，卻也同樣在技術上面臨薄膜電晶體液晶顯示器、電漿顯示器等各種平面顯示器的挑戰，其領導地位已開始動搖，未來陰極射線管螢光幕尺寸的大小約在30吋左右。

場發射顯示器

場發射顯示器的結構，乃由前板（陽極）及基板（陰極）所組成，中間包含了空間支撐物（隔離器），且兩片平板間為真空狀態（ 10^{-8} 托）。前板為氧化銻



場發射顯示器工作時，陰極在極低的柵極偏壓下產生尖端放電，放射出之低能電子受陽極的加速撞擊螢光粉而發光。

錫玻璃基板，其上塗有螢光粉，而基板是由場發射陣列所組成。場發射顯示器的每一個畫素都有自己對應的場發射陣列。它工作時，陰極在極低的柵極偏壓下產生尖端放電，放射出的低能電子受陽極的加速撞擊螢光粉而發光。其所採用的螢光粉如乙鋁石榴石摻雜鉍（綠）、氧化錫摻雜銻（紅）、乙鋁石榴石摻雜銻（紅）、氧化鋅鎳摻雜銻（紅）、矽酸鈣摻雜銻（藍）、硫化鋇鎳摻雜銻（藍）、氧化鈣摻雜銻（粉紅）及氧化鋅（藍綠）等，均具有穩定的發光特性。

場發射顯示器可克服強光、高溫等使用環境，而達到沒有視角限制，無需背光源的顯示特性。然而，由於它的陽極電壓約為300 400伏特左右，此時入射電子僅達到螢光粉粒子表面約僅幾奈米處，故造成螢光粉之輝度與解像力減低。此外，螢光粉的發光輝度與粒子表面的污染程度也有相當敏感的關係。

真空螢光顯示器

真空螢光顯示器是從真空管發展而來的顯示元件，雖然它的基本構造與真空管非常類似，然而發光原理卻與陰極射線管類似。真空螢光顯示器工作時，從線狀的熱陰極發射出電子，再經由柵極加速撞擊至

陽極，利用陽極上的螢光粉受電子的衝擊而發光，故真空螢光顯示器為自體發光的顯示元件。因為螢光粉為絕緣體，故當陽極表面充滿電子後，後續到達的電子將被排斥，因此它所使用的螢光粉多為具有導電性質的材料，如氧化鋅、乙鉛石榴石等，種類與場發射顯示器相似。目前真空螢光顯示器雖仍是單色系顯示器，但正逐漸朝向全彩化發展，未來發展潛力不容忽視。

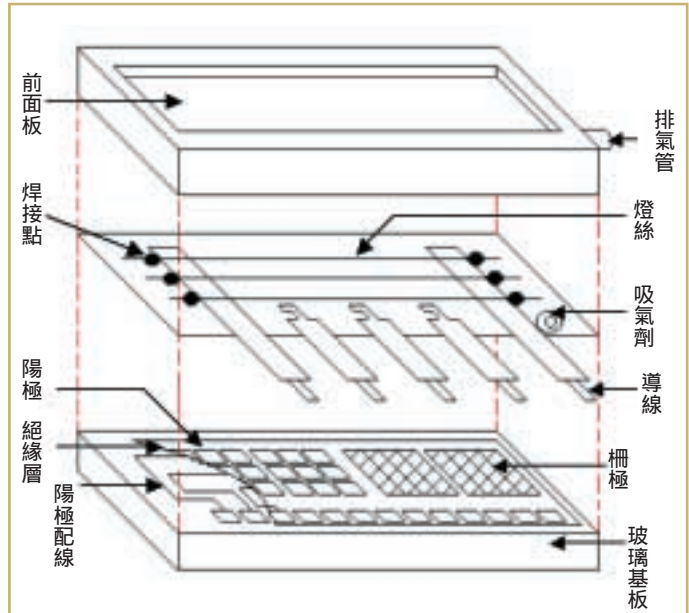
電激發光顯示器

電激發光顯示器的基本構造，主要包含絕緣層、電極層、玻璃基板及螢光層。其中，螢光層材料一般可區分為有機與無機兩大類，而大部分是以無機材料居多。螢光材料主要是由母體材料與添加物所組成，這些材料大多為二至六族的離子化合物。常用之母體材料由二族的鈣、鋇、鋇、鋅或鎘、汞搭配六族的硫、硒製備而成，添加物則多為錳、銅、銀和釧系元素鎢、鈔、鈹等過渡金屬，如硫化鋅摻雜錳為黃橙色、硫化鋅摻雜錳加濾光片為黃綠色、硫化鋅摻雜鈔為紅色、硫化鋅摻雜鈹為綠色、硫化鋅摻雜鈹為藍色、硫化鋇摻雜鈹為藍綠色。

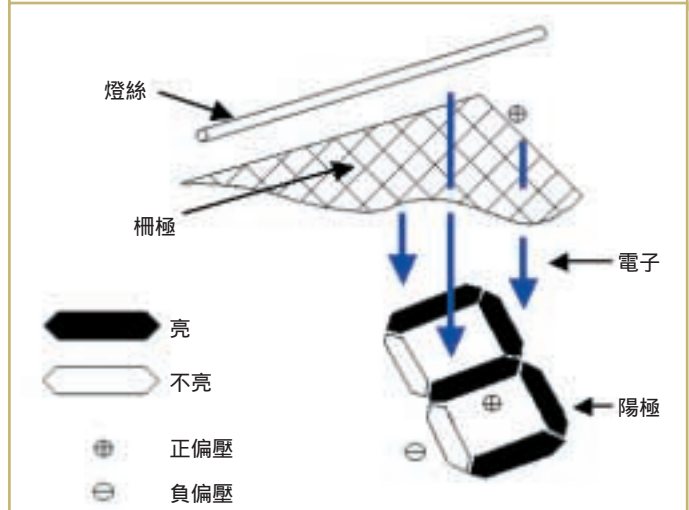
由於添加物係扮演發光中心的角色，故電激發光顯示器發光顏色隨添加物種類不同而異。常用的添加物為氟化鎘、氟化鈔、氟化鈹及氟化錳，若以硫化鋅為母體材料，則添加氟化鈹時，可得波長542.5及487.5奈米的光，而添加氟化錳時，發光波長則為675奈米。

至於電激發光顯示器發光的原理，主要是當發光中心的外層電子受到加速的一次電子撞擊之後，產生電子遷移現象，並提升至母體傳導帶而形成自由電子。此外，在同一時間中發光中心也產生了離子化，接著自由電子與離子化的發光中心再次結合，最後能階間的能差以光放射的形式釋出。

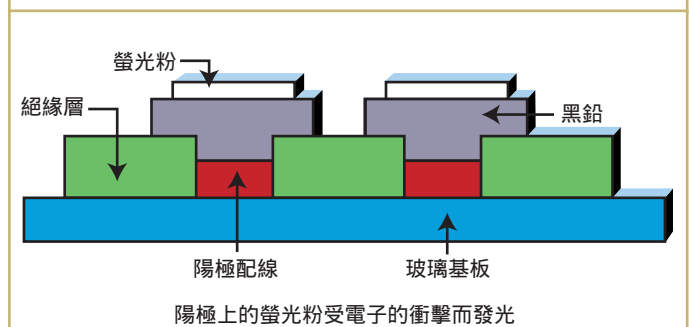
電激發光顯示器一般可區分為有機和無機兩大類，並分別對應於有機與無機螢光層材料的結



真空螢光顯示器的基本構造與真空管非常類似

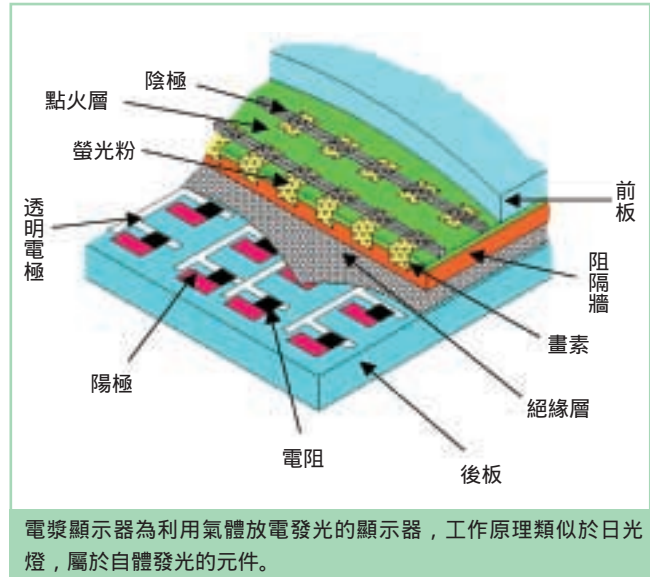
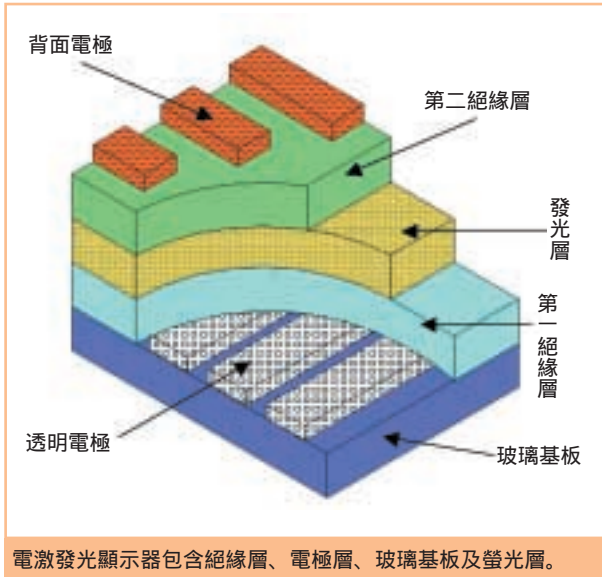


線狀的熱陰極發射出電子，再經由柵極加速撞擊至陽極



陽極上的螢光粉受電子的衝擊而發光

真空螢光顯示器是從真空管發展而來的顯示元件。



構設計。再者，由於有機電激發光顯示器又可區分為主動型和被動型兩種，因此就應用而言，被動型主要是用在車子、行動電話、遊戲機及個人數位助理上，而主動型主要是應用在高解析度、全彩化、大尺寸的顯示器上。

主動型的驅動方式，除了可以因應在高性能、小尺寸面板的需求外，亦能發揮廣視角、高輝度、低應答時間的優點，因此主動型驅動的有機電激發光顯示器會是未來發展的潮流。至於無機電激發光顯示器，主要是應用於飛機、汽機車上的儀表面板、個人數位助理、小尺寸的液晶顯示器背光板和手機螢幕等上。由於無機電激發光顯示器具有高輝度、高發光效率與高實用性等特點，未來將以家庭用電視螢幕及筆記型電腦為主要開發對象。

電漿顯示器

電漿顯示器依結構及放電方式可分成直流型與交流型。交流型因具有壽命長、製程可靠、較不耗電與品質信賴度高等優點，成為市場主流。

電漿顯示器為利用氣體放電發光的顯示器，工作原理類似於日光燈，為屬於自體發光的元件，其結構是在兩片分別印有行列互相垂直的透明電極玻璃基板內封入氬、氖等惰性氣體而形成。每一行列的交點為

一個畫素，畫素及阻隔牆四周塗有三基色螢光粉。工作時是利用訊號選址、掃描與停置的特性，當畫素受到電壓後，在電極間產生電場，使得中央層的氬、氖惰性氣體離子化而產生電漿並釋出紫外線，接著螢光粉吸收紫外線並轉化成紅、綠、藍三色不同的可見光，而形成全彩色顯示。

雖然電漿顯示器在相同的氣體壓力下，輸入的電壓越大發光強度便越高，但以目前的技術而言，工作時所需的耗電量約300 400瓦特，仍比傳統電視高出3 5倍，因此價格仍居高不下而無法普及。

就未來的發展而言，目前桌上型電腦雖仍以陰極射線管顯示器為主流，但卻有畫面聚焦不易、體積龐大且會產生輻射線危害人體健康等缺點。而筆記型電腦使用的液晶顯示器，雖然亮度、視角廣度等問題都已獲得改善，但由於受制於堅固性和產品良率等問題，故不易大型化。相較下，這些缺點，若使用電漿顯示器則都可以解決。因其具有畫面聚焦精確、發光效果良好、無幾何失真、視角廣大、體積輕小、無輻射及無磁場干擾等特色。預期電漿顯示器將在二十一世紀占有一席之地，且未來的發展更是不容忽視。

楊素華

高雄應用科技大學電子工程系