



#### 相關精彩內容

1. 2004年平面顯示器及關鍵零組件產業……
2. 軟性顯示器用高阻氣奈米塗層材料技術
3. COF基板市場與產品分析
4. 主動式有機電激發光顯示器技術

盡在材料世界網 <http://www.materialsnet.com.tw>

# CNT-BLU for LCD TV

## — 奈米碳管背光源創造液晶電視降價的機會

蕭名君\* 張悠揚\*\* 林偉義\*\*\* 李正中\*\*\*\*  
工研院電子工業研究所 平面顯示技術組

\*前瞻一部 副理

\*\*研發二課 課長

\*\*\*研發三課 課長

\*\*\*\*副組長

#### 摘要

CNT-BLU 整體來說是用真空封裝技術(Vacuum Sealing)將具有電子發射源層(Emitters)之陰極板(Cathode Plate)，與可電激發光之螢光粉層的陽極板(Anode Plate)組合一起，在固定高度之支撐柱(Spacer)所隔開的高真空( $10^{-6}$ ~ $10^{-7}$  torr)環境下，利用電子發射源所產生之電子束，經3~6kV之加速電壓撞擊其所對應之陽極板上的螢光粉發光，具有高亮度、低表面溫度、無汞氣體、低耗電與易大面積製造等優點之先進平面光源技術。

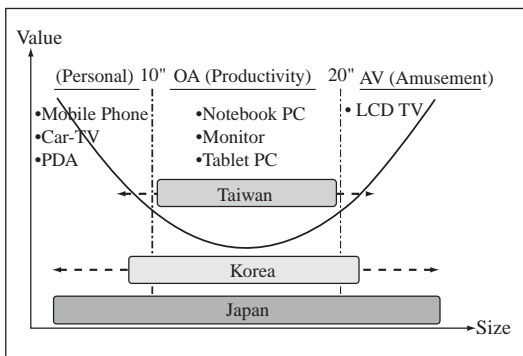
#### 關鍵詞

奈米碳管(Carbon Nano-tube; CNT)、背光(Back-light Unit; BLU)、發光二極體(Lighting Emitting Diode)、液晶電視(LCD-TV)、冷陰極管(CCFL)

### LCD TV 的發展

近幾年來，在台灣兩兆雙星產業的推動之下，光電產業中的薄膜電晶體液晶顯示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display; TFT-LCD)進而蓬勃發展，使得TFT-LCD的技術突飛猛進。除了筆記型電腦面板與監視

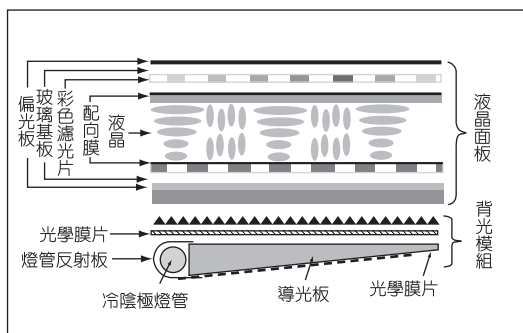
面板之外，漸漸往數位、平面的家用電視市場前進。然而隨著新的產能陸續投入生產，在既有的OA資訊市場上，已造成供過於求及價格急遽下降的困境，故開發高附加價值的產品與新的應用領域來促進需求已成趨勢，如圖一之微笑曲線說明了LCD往大尺寸TV應用發展的必



▲圖一 LCD發展的微笑曲線

要性；且台灣廠商的腳步亦緊跟在日、韓之後。

LCD TV就技術而言，其整個產業的供應鏈十分複雜且龐大。從整個模組觀察，TFT-LCD可分成液晶面板、背光模組(Back-Light Module; BLM)及外部驅動系統三大部分(圖二所示為一簡單的TFT-LCD示意圖)。當面板尺寸從現有之個人電腦市場(15~19吋)增加至20吋以上之LCD-TV市場時，面板製造廠勢必加大生產面板的玻璃基板尺寸，以最佳的基板切割片數來達到面板成本的有效控制，如友達、奇美等公司投資設立六



▲圖二 TFT-LCD剖面示意圖

代線或七代線，即基於此LCD TV的佈局考量。

## LCD TV的背光模組需求

因LCD並非主動發光的顯示器，必須仰賴背光模組提供光源，再經TFT元件控制其對應的液晶，當作光閘而形成影像。故就液晶電視(LCD TV)的成本結構而言，背光模組具有絕對性的影響。

以目前最成熟的冷陰極燈管(CCFL)背光技術而言，隨著尺寸的增加，背光模組使用的元件數量也有過多導致成本偏高之慮，例如以32吋LCD TV為例，其背光模組需12~16支CCFL(15~19吋背光模組只需1~2支CCFL)；轉換器的數量則與燈管數相同或是一半。除此之外，為了達成輝度、均勻性、抗雜訊等性能，還必須使用偏光分離膜片、擴散膜片、電磁遮蔽膜片等各種光學薄膜。故從材料成本部分觀察，32吋的背光模組成本將佔LCD TV的35%(如圖三所示)，且尺寸愈大時其所佔的成本比例愈高，所以如何降低背光模組的成本是LCD TV搶佔市場的關鍵之一。

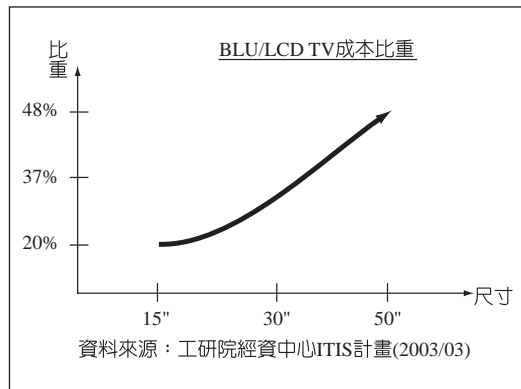
因此各種可運用於LCD TV的平面光源技術的開發也陸續地倍受重視，以下將介紹一具有低成本優勢的大尺寸平面光源技術—奈米碳管場發射平面背光源(Carbon Nano-Tube Back-Light Unit; CNT-BLU)。



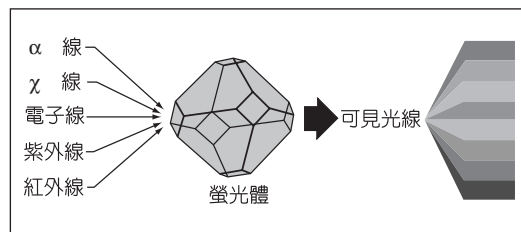
## 何謂 CNT-BLU?

螢光粉(Phosphors)是一種可發光材料的泛稱，其包括了有機材料、無機材料與放射性元素等，而其發光的機制是將外來的能量轉換成可見光，如圖四所示。而所謂的CNT-BLU乃是使用奈米碳管當作電子發射源，來激發螢光粉而得到預期的光源。其中奈米碳管的作用是在電場作用下釋放出電子的電子發射源(Emitters)，故可稱為場致電激發光的發光源。

CNT-BLU 整體來說是用真空封裝技術(Vacuum Sealing)將電子發射源層(Emitters)所在之陰極板(Cathode Plate)或稱下板，與具有可電激發光之螢光



▲圖三 CCFL 背光模組成本預估曲線



▲圖四 螢光粉的發光機制示意圖

粉層的陽極板(Anode Plate)或稱上板，組合一起，在固定高度之支撐柱(Spacer)所隔開的高真空( $10^{-6}$ ~ $10^{-7}$  torr)環境下，藉由Emitters所產生的電子束，經3~6kV之加速電壓撞擊其所對應之陽極板上的螢光粉而使其發光，得到一高亮度且均勻的平面光源。

場發射技術的發展可追溯至1928年，由R.H.Fowler和L.W.Nordheim共同發表一篇應用量子力學，來解釋及計算以金屬材料做為Emitters之場發射理論的文章及公式(F-N Equation)。

由其理論推導中可以得知，場發射元件的工作方式需要有高電場施加於Emitters上，用以增加表面電子穿過表面能障而到達真空側的機率。而想要在固定的工作電壓下，在Emitters上產生足夠強的電場，最簡單的方式就是將Emitters的寬高比拉大，形成細長之尖端(Tip)；雖然知道此方式可有效提高電場強度，但大量製作表面曲率半徑小且一致的Emitter-tip已屬不易，且這些Emitter還容易因電阻產生之熱累積使得Tip的曲率半徑變大，或Emitter-tip表面受污染與氧化，使得其表面能障變大，而增加電子發射所需的電場強度。

面對此問題，直到1991年NEC的飯島澄男教授(Prof. S. Iijima)發現奈米碳管(Carbon Nanotube; CNT)後而有重大的轉機。CNT是一種直徑只有數個到數十奈米(nm)的多層或單層管狀碳材。經國際上許多的單位投入成長

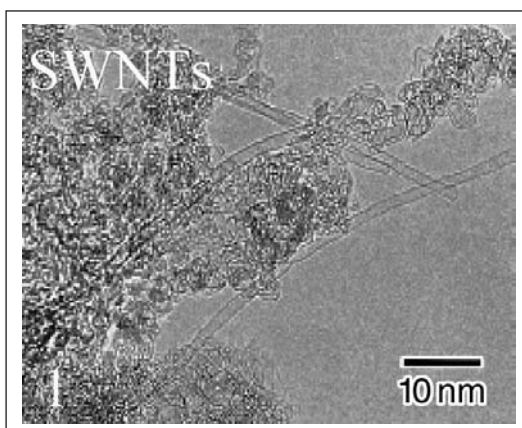


CNT及研究其特性，得知其具有高的機械強度、熱傳導性、化學穩定性及良好場發射特性。1995年由A.G. Rinzer等人首先由單一根奈米碳管量得雷射放射引致電子場發射效應；而De Heer等人更將奈米碳管製成一場發射電子源陣列，於 $10\text{V}/\mu\text{m}$ 電場下即有 $J=0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ 之電流密度（一般Mo-tip的起始電壓約為 $70\sim 80\text{V}/\mu\text{m}$ ）。自此開啓了奈米碳管在場發射領域之應用，也提供了克服上述問題的一種方法。

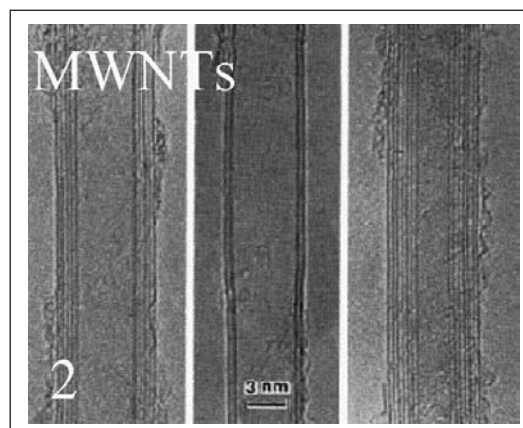
製備CNT的方法一般可分為三種：電弧放電法(Arc Discharging)、雷射激發法(Laser Ablation Method)及化學氣相沉積法(Chemical Vapor Deposition method; CVD)。依據不同之成長方法，CNT的型態一般可分為直徑數個奈米寬的單層奈米碳管(Signal Wall Nano-Tube; SWNT)，如圖五及直徑數十個奈米寬的多層奈米碳管(Multi Wall Nano-Tube; MWNT)，如圖六。且因碳原子於CNT結構中排列方向的不

同，又使CNT具有不同的導電性質（導體或半導體）。而何種結構的CNT較適應用於場發射顯示器，目前各國廠商及研究機構皆有不同的看法。1999年Samsung因其所製作的SWNT的起始電場為 $1.5\sim 2.1\text{V}/\mu\text{m}$ ，低於MWNT的起始電場，故使用SWNT當作其電子源；而在2003年的SID會議上，日本的Noritake公司則使用雙層奈米碳管(Double Wall Nano-Tubes; DWNT)來開發場發射顯示器技術。

而從製程開發技術間的搭配選擇性來看，應用CNT於場發射顯示器之製程技術開發，因CNT的驅動控制電場遠小於Mo-tip，故閘極洞口(Gate hole)尺寸不再嚴格的要求須在數個 $\mu\text{m}$ 等級，而可以為數十 $\mu\text{m}$ 。所以結構製作將不再只限定為薄膜技術，而可選用與如PDP具低成本及大面積化之厚膜製程技術搭配，進而達到大尺寸、低成本及高品質之需求。以下之CNT場發射顯示器的製作介紹



▲圖五 單層奈米碳管



▲圖六 多層奈米碳管

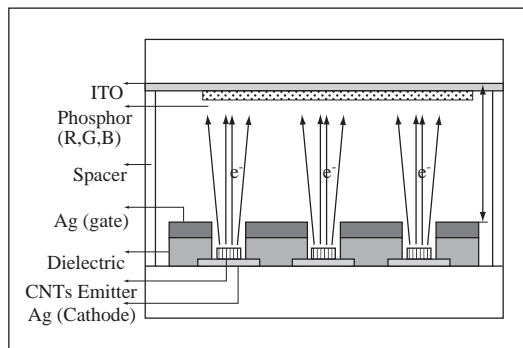


將著重在 CNT-emitter 與厚膜技術之搭配上。

## CNT-BLU 的製作

CNT-BLU 的結構與製程技術可概括為下板或稱陰極板(Cathode Plate)、上板或稱陽極板(Anode Plate)及真空封裝技術三大部份。由圖七的結構示意圖來看，可知陰極板的組成有玻璃基板(Glass Substrate)、陰極層(Cathode Layer)、介電層(Dielectric Layer)、閘極層(Gate Layer)及奈米碳管電子發射源。CNT-emitter 的放射電子與否及放射電流大小是由閘極與陰極間的電壓差來控制。陽極板的組成有玻璃基板、透明導電陽極(ITO Anode)、螢光粉(Phosphors)，及可將螢光粉受激產生的可見光反射之鋁膜反射層(Al Layer)。因整個元件與 Spindt-type FED 同樣具有陰極、閘極及陽極三個控制電極且剖面結構相同，故此結構也稱為 Normal Gate CNT-FED。

與 CNT-FED 顯示技術上的差別是



▲圖七 CNT-BLU 結構概略圖

將螢光粉的材料改成白色的螢光粉，或是紅、藍、綠混色使其產生白色的效果，不需要黑體層(Black Matrix)的存在；上、下板之所有各層皆可利用網印法(Screen Printing)塗佈來完成，印刷技術可大量使用在此背光技術的製程上，加上材料與製程技術與現有之 CRT、PDP 等技術與機台設備相通，在建廠花費與材料需求上擁有比其他平面式背光技術較佳之成本優勢。

## CNT-BLU 的機會

如何讓 LCD-TV 儘速搶佔現有之電視機市場，與提高 TFT-LCD 相關產業的產值是值得期待的。如何更快解決阻礙 LCD-TV 產業發展的關鍵問題，例如大量降低 LCD-TV 價格至市場可接受的範圍，與確定 LCD 的畫質可與 CRT 比擬將是影響市場的因素。

一如前言所提，LCD-TV 的成本結構會因為尺寸越大，背光模組所佔的材料成本比例更大，所以如何降低背光模組成本將是各廠商未來尋求的重點。而 CNT-BLU 在技術上使用低成本之網印設備與材料之技術來開發，除了具備直下式平面光源的特性之外，並可初步整合現有 CCFL 背光模組所需的反射膜、擴散膜與擴散板在面板模組上，節省材料之成本與光學膜元件黃化之問題，在價格成本上可與現有之 CCFL 背光模組具有相同之優勢。





日本的研究發現（如表一），CNT-BLU具備有高亮度、低耗電之優點，與同尺寸的CCFL背光源及LED背光源相比，所消耗的能源較少；另外，由於液晶與光學膜元件為有機材料，對於長時間使用之LCD-TV傳統背光源的高溫耐受度不高，容易減少使用壽命，而CNT-BLU的背光技術則具有發光面溫度幾乎為室溫的優點，完全消除了此種疑慮。相較於現有之CCFL背光源與LED背光源較高的表面溫度，更適用在日常所用的LCD-TV上面。

除此之外，歐盟的市場仍是吸引LCD-TV市場開發的地方。但現有之CCFL背光源技術需要利用汞蒸氣作為放電介質，由於汞會對人體產生危害，為目前名列歐盟特定有害物質管制指令中的禁用物質，2006年後含汞的CCFL將可能無法在歐盟地區銷售。而CNT-BLU為真空元件

技術，不需特殊氣體來做為放電介質，完全無環境污染之問題，故亦為此背光技術之優勢之一。

## CNT-BLU的現況

在2004年8月韓國的IT News報導背光光源的技術趨勢時明確預測，2007年平面式螢光燈(Surface Light Emitting FFLs)與CNT-BLU將由現有的5% LCD-TV背光源市場佔有率提升至50%，漸漸取代CCFL在LCD-TV的背光源。可見世界各國對於此技術的發展相當關心，也投入相當多的資源進行研發，例如韓國Samsung-Corning與日本的DiaLight公司等，後者更於2004年10月於日本展示其小尺寸超高亮度的CNT-BLU樣品，如圖八所示。

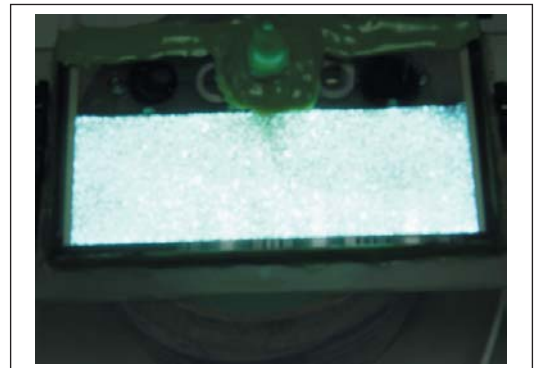
除了日本外，工研院電子所憑藉著過去在PDP、Spindt-type FED、CNT-FED技術發展的經驗與基礎，除

表一 不同背光源技術之比較

Specification	CCFL	EEFL	FFL	LED	FED
Size (inch)	32	32	32	32	32
Luminance (nits)	12,000	12,000	12,000	9,500	15,000
Power Consumption (W)	110	82	~100	185	85
Uniformity (%)	85	85	87	85	85
Life Time (hrs)	>50,000	>60,000	>50,000	>50,000	TBD
Surface Temperature (°C)	<50	<50	<50	<50	<35
No. of Lamp/BLU	16	20	1	>1,000/1	1
Mass Production	Now	2004	2005	2006~2007	NA
Information Source	FPD International 2003			CEATEC JAPAN 2004	



▲圖八 日本DiaLight於2004/10展示樣品



▲圖九 4" CNT-BLU樣品



▲圖十 15" TFT-LCD with 10" CNT-BLU



▲圖十一 17" TFT-LCD with 20" CNT-BLU

在CNT-BLU相關技術上做專利佈局外，首先於2004年分別整合相關材料技術、初步於4吋與10吋驗證此技術之可行性，如圖九與圖十，並於2004年底完成大尺寸模組封裝技術，進一步開發完成全世界第一片20吋CNT-BLU，如圖十一。

此技術有機會使台灣產業界取得自有核心技術，進而搶占LCD-TV關

鍵零組件之世界領導地位。未來電子所將結合工研院內其他單位，如材料所、化工所與能資所等共同針對關鍵技術與材料做開發，再加上產業界的參與，以加速達到CNT-BLU商品化之規格為目標；期望能快速解決現有背光源之缺點，以協助LCD-TV市場快速成長，更加促進國內TFT-LCD產業之活絡發展。