

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

CNT在平面顯示器生產製造之先導型研究-
子計畫六:CNT之量產品質特性評估指標模式之
研究 (3/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 96 - 2213 - E - 029 - 021

執行期間：96年 8月 1日至 97年 7月 31日

計畫主持人：彭泉

計畫協同主持人：林水順

計畫參與人員：何子平、邱鉉文

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：東海大學工學院工業工程與經營資訊系(所)

中華民國 97 年 7 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

CNT在平面顯示器生產製造之先導型研究-子計畫六:CNT之量產 品質特性評估指標模式之研究 (3/3)

6. The Evaluation Study of Quality Characteristic Indices of Process in CNT-BLU (3/3)

計畫編號：NSC 96-2213-E-029-021
執行期限：96年8月1日至97年7月31日

主持人：彭 泉
協同主持人：林水順
研究助理：何子平、邱鉉文
執行機構及單位名稱：東海大學工學院工業工程與經營資訊系(所)

一、中英文摘要

我國工研院電子與光電研究所已成功開發出利用奈米碳管 (carbon nanotube, CNT) 為場發射子的奈米碳管場發射顯示器 (carbon nanotube - field emission display, CNT-FED)。在面對全球化競爭激烈的市場，以及顧客對產品需求多變的情形下，企業在新產品開發時，為了對市場的快速變化作出最適當的回應，如果有一個有效的模式，能找出工程設計的要素權重，及製程的關鍵因子並分析，對於研發團隊開發新產品時會有很大的助益。為期三年的研究中，本研究透過文獻探討及專家訪談調查，整合貝氏網路、品質機能展開法與田口品質工程，建構出一套適用於奈米碳管場發射顯示器於新產品開發時的製程品質指標評估模式。研究結果發現，經過品質指標的建立可以透過最少實驗次數，決定出最佳參數水準組合，可大幅降低因試誤法所造成的成本浪費，以縮短新產品從開發到上市的時程。

關鍵詞：奈米碳管場發射顯示器、品質管理、品質指標、品質機能展開、研發管理。

Abstract

In Taiwan, we have already succeeded in developing and utilizing the carbon nanotube (CNT) to manage the carbon nanotube-field emission display (CNT-FED). Under the globalization of fierce market competition, and changeable demand of products from customers, when enterprises are developing new products, to make the most appropriate response to the fast change of the market, if there is an effective way to find out and analyze the key element weight of engineering design, and key factor of production, it will have heavy benefit at developing new products for research and develop groups. On the whole evolution, through literature review and expert's interview, we combine Bayesian Networks, Quality Function Deployment and Quality Engineering to construct a suitable quantity analyze pattern for CNT-FED when developing a new product. By this approach, we can use the least number of experiments to determinate the best combination of parameter level, and substantially reduce the cost by try and error, and also reduce the time from developing to diffusion.

Keywords: CNT-FED, Quality Control, Quality Indices, Quality Function Deployment, Research and Development Management.

二、緣由及目的

在政府兩兆雙星的政策推動之下，影線顯示產業因而蓬勃發展。經濟部規劃的產業發展願景，平面顯示器及其零組件產品產值將達到1兆3700億元。而在ITIS[17]產業研究報告中指出，背光模組成本佔液晶顯示器總成本40%以上，亦即顯示背光模組產業已成為顯示器產業中最重要之下游產業。工研院於2003年因應此趨勢，在參考電漿顯示器厚膜網印製程後，研發出新型的背光模組。由於此背光模組乃是以奈米碳管作為發射源，因此稱為奈米碳管背光模組(Carbon Nano-tube Back Light Unit)。主要目標為取代現行的背光模組，並成為大尺寸液晶顯示器最具潛力的背光源選擇[16]。

在過去的研究中，Perng *et al.* [4] 即透過管制圖的方式對於製造系統自動進行品質的監控。黃和張[11] 曾經運用品管圈於高科技產業，發現持續改善的方式有助於高科技產業產品品質的提昇。洪[9]並運用品質機能展開(Quality Function Deployment; QFD)來找出液晶監視器的製程與零組件之優先改善順序，並且發現這樣做有助於增加競爭力。陳等[10]曾運用田口品質工程的方法於液晶顯示製程的改善，發現田口法有助於增加液晶顯示器產品品質的穩定性及改善顯示效果的清晰。林等[8]以實例說明六個標準差之品質機能展開，該論文是以汽車業為分析對象，並且建置品質屋，將顧客的需求納入產品品質改善的建議當中。Lin和Koo[2]提出應用指數平滑法於品質機能展開，研究發現可以減少研發過程中不滿足顧客需求的損失。李等[6]運用品質機能展開於服務業中服務措施的改善，發現QFD能依重點先後次序改善所亟需改善的缺點。Chen等[1] 運用QFD於零售業，並發現能改善服務之品質缺口。吳等[7] 應用SERVQUAL與QFD於文教業。

綜合上述的過去研究，可以發現過去運用品管的方式運用於非奈米碳管背光模組的產業，然而不同的產業其製程不同，

所需要探討的品質指標亦不相同。誠如液晶螢幕產業中TFT-LCD，在品質不佳的情況下，大量生產具有亮點或成像品質不佳的螢幕，其結果就是讓市場淘汰的下場。反觀目前奈米碳管背光模組仍處於研發改善階段，無論是在製程、設備、物料、人員技術等各方面皆尚未稱完善。尤其在製程面，因為與設備、物料、人員技術間具有高度的關連性，因此當製程績效不佳時，影響的層面將更為廣泛。要確保產品品質，最快速、最有效且成本最低的方式，就是在產品在一開始研發時就考慮品質、成本及可靠度。因此，建立適用於該新產品之品質特性指標，在量產之前提供最佳製程與品質控制流程，可以減少因經驗缺乏所造成的錯誤判斷，使產品研發結果能迅速地順利量產。

目前，玻璃基板、銀電極與CNT漿料等由於都是少量取得的實驗原料，所以成本很高。經過文獻探討我們可以知道，整個製程程序繁複，執行一次實驗就需要花費四到五個工作天，光是一道燒結製程就需要至少八到十二小時。所以，如果在每次實驗前就能事先透過一個評估預測的模式或工具，計算並預測出該次實驗的良率，先行評估該次實驗的效益再決定是否施行，這是現場工程師與上級主管樂於見到的。另一方面，在研發階段由於人力、物力的不足，再加上製造過程複雜、變數眾多，工程師往往無法從資料中察覺出可能導致製程異常的原因，或是歸納出造成產品異常的因素。從奈米碳管背光模組經過實驗、機台加工而產生的數據資料中，找出可能導致製程異常的原因或造成產品異常的因素，以及掌握每次實驗的效益，這是屬於工業製程上診斷、預測的問題，也是不確定性的問題，而這種問題就是本研究計畫所要探討的。

在本國科會計畫的三年計畫中，第一年計畫以灰色關聯分析法等研究方法，對CNT-BLU之品質特性作深入研究及探討，並找出適合於CNT-BLU之品質評估指標。第二年計畫針對BLU/FED各製程之品質績效指標作一整合性研究，並以貝氏網路分析，

發展一BLU/FED之製程整體品質指標評估模式，提高製程良率。前二年計畫之成果，發表於[5][12][13]。第三年建構一套有效而適用CNT-FED 之關鍵品質指標評估模式，藉以對CNT 產品在生產製造時之品質水準與良率進行管控，以期降低新產品開發的成本，並縮短研發時程，並且發表於[3]。

三、研究方法與架構

本研究第一年及第二年方法，請參考本會成果報告[14][15]。第三年部份針對CNT-FED 產品於產品製程階段來進行分析探討。藉由該產品，透過品質機能展開法將研發需求納入製造程序階段之需求品質，促使其品質於一開始就直接被設計到產品特徵上。再利用田口品質工程之實驗設計法則來規劃其生產條件，研究在品質機能展開之後，確認較為重要的品質要素，找出最佳製程參數控制因子水準的組合。最後，進行確認實驗，此步驟亦極具關鍵性，目的在於驗證藉由資料分析所獲得的結果是否正確。研究中首先執行品質機能展開，顯示出一般於設計前應確認研發需要和期望，並轉換成各項要求，續而進行各項實驗計劃。品質機能展開法可以使產品設計人員在設計過程中，對於產品有一明確的目標，縮短設計時間，及早注意到生產製造上的限制和優先性問題，並且有助於團隊的溝通。接著執行田口品質工程之參數設計，藉此提昇製程上的品質水準。如此一來，不但可降低設計或工程上變更之次數，更使產品能及早上市且具市場競爭力。

四、實例驗證-以 CNT-FED 為例

本研究根據品質機能展開所得到的七個關鍵品質屬性，將之視為本品質工程參數設計之控制因子條件，所得的七個關鍵品質中，有兩項為醬料的品質，另五項則與陰極板的製作有關，由此可以判斷，陰極板製程的技術品質特性在CNT-FED的製程中最为重要。因此將針對陰極板的部份，作進一步的分析研究，再由製程環境

下選取適當之水準條件，以便由製程之參數設計尋求之最適參數值，作為產品製程上品質控制的參考依據。實驗中各項水準因子的S/N 值，本研究將其實驗結果整理如表1所示[16]。

表 1 各因子水準的平均 S/N 值

	A	B	C	D	E	F	G
1	198.64	125.23	130.51	124.50	130.48	130.96	114.62
2	189.60	131.53	123.05	123.99	127.13	129.34	135.72
3		131.49	<u>134.69</u>	<u>139.75</u>	<u>130.64</u>	127.94	<u>137.90</u>
加總	388.24	388.24	388.24	388.24	388.24	388.24	388.24
MAX-min	9.04	6.30	11.64	15.76	3.51	3.02	23.28

接著由變異數分析值進一步進行檢定動作，並將其ANOVA變異數分析結果整合於表2，觀察，表中主要列舉出各因子項目在其S/N 值經計測後所顯示之各項數據值，而後藉由其計算求得之F 值，判定因子之最佳改善項目[16]。

表 2 S/N 值 ANOVA 分析結果

S.O.V	SS	df	V	F	p %	
A	4.54	1	4.54	20.49	8.49	
B	4.38	2	2.19	9.89	4.10	
C	11.59	2	5.80	26.16	10.84	
D	26.74	2	13.37	60.34	25.01	
E	1.31	2	0.65	2.95	—	
F	0.76	2	0.38	1.72	—	F1.4(0.05) = 7.71
G	55.13	2	27.57	124.41	51.56	F2.4(0.05) = 6.94
e	0.89	4	0.22	—	—	F1.4(0.01) = 21.2
Total	105.3396	17			100.00	F2.4(0.01) = 18

製程的各控制因素由表2 內 S/N值 ANOVA 分析結果中的 F 值，可看出，七個控制因子中，因子項目 C 與因子項目 D 與因子項目 G 的 F 值經檢定，其檢驗值遠大於 $F_{2.4}(0.05)=6.94$ ，更可大於 $F_{2.4}(0.01)=18$ 以下，故此得以判定此兩因子項目對本實驗有非常顯著的影響。因子項目 A 則介於 $F_{1.4}(0.05)=7.71$ 與 $F_{1.4}(0.01)=21.2$ 之間，因子項目 B 亦介於 $F_{2.4}(0.05)=6.94$ 與 $F_{1.4}(0.01)=18$ 之間，故此可以判定此兩因子項目在95%信心水準下對本實驗有顯著的影響，在99%信心水準下則否。因子項目 E 與因子項目 F 皆遠小於 $F_{2.4}(0.05)=6.94$ ，故得以判定此

兩因子項目對本實驗不具有顯著的影響。

因此判定因子項目 A、因子項目 B、因子項目 C、因子項目 D 與因子項目 G 等五項目所取之最適水準值，為本研究的最佳參數組合，可得到最適的參數水準組合為 A1B2C3D3G3。

而針對實驗設計所得最佳改善項目，進行確認與驗證動作。驗證動作主要分為三個階段：(1) 最佳預測值之分析，首先是藉由公式，計算前階段實驗所取得之最佳實驗組合所得數據，藉此數據取得在最佳參數組合所得的預測品質結果 (2) 最佳預測值的製程輸入，再將最佳預測結果組合輸入製程動作，並觀察線外分析結果的預測值與其最佳製程品質的結果的輸出值是符合 (3) 驗證品質提昇效益，最後將所有輸出值彙整，其中包含製程上最佳組合之輸出值與原製程設計之輸出值，比較其預測結果與原製程組合的差異變化。

由確認實驗結果可知，本實驗對產品製程中主要之製程參數已大致掌握，比較現行之參數水準組合，最佳水準組合應用於陰極板製程，陰極板良率獲得明顯的提升，可使陰極板製程維持較佳的品質水準。

五、結論

在開發新產品的各個過程中，研發階段為此產品能否具有競爭力之高度關鍵影響階段。奈米碳管背光模組是使用奈米碳管做為發光源之高科技產品。然而目前此產品仍處於研發階段，因此在解決製程問題時大多是仰賴專業工程師的經驗與背景。而本研究提出一系統性的評估模式，可使工程師在面臨製程問題時能準確找出造成製程問題發生之原因，並減少因試誤法造成的資源浪費。

本研究進行主要可分為三個階段。第一階段首先整理平面顯示器與CNT-FED的相關文獻及研究方法相關文獻。第二階段透過第一階段整理的品質機能展開法、田口品質工程應用於 CNT-FED製程品質特性建構一個製程評估模式，首先運用品質機能展開法找出關鍵的工程品質特性為陰極板製程；再透過田口品質工程找出陰

極板製程的最佳參數組合。第三階段以國內某 CNT-FED研發單位的實際案例作為本研究模式的合理性驗證。

整體而言，本研究具有以下幾點的貢獻：(1) 透過文獻探討及專家訪談調查，整合品質機能展開法與田口品質工程，建構出一套適用於奈米碳管場發射顯示器，於新產品開發時的製程品質指標評估模式。(2) 根據研究結果，經過田口直交表實驗設計，所得之最佳因子水準組合，經驗證實應用於陰極板製程中，所生產之陰極板良率有顯著提昇，使製程維持較高的品質水準。利用直交表實驗設計，我們可以透過最少實驗次數，決定出最佳參數水準組合，可大幅降低因試誤法所造成的成本浪費，以縮短新產品從開發到上市的時程。(3) 透過品質機能展開法與田口品質工程，可使工程師在面臨製程問題時，有一個可依循的步驟，並提供後續學者一個建構高科技產品製程品質指標評估模式的範例參考。

本三年計畫完成了三年前之提案目標，在產業尚未正式量產前即從工業工程的角度切入，對於 CNT-BLU 的各項製程進行分類，選定適合評估產品重要品質特性之各項評估指標之研究，期對於整個產業能有所助益。本研究亦奠下基礎，未來倘若我國有類似新興之生產製造業，可以運用本研究建立指標的方式達成品質改進與改善之目標。

參考文獻

- [1] Chen, L.H., Y.L.Chen and Y.Y.Lin (2008) "A discussion on two quality gaps of retailing service by using fuzzy QFD," *Journal of Shu-Te University*, 10(1): 230-245.
- [2] Lin, L.T., T.Y.Koo (2007) "Applying exponential smoothing in quality function deployment to analyze dynamic customer needs," *Chung Hua Journal of Management*, 8(3): 59-70.
- [3] Perng, C., W.C.Chiou, J.T.Tsai, C.C.Lin and K.H.Liu (2008) "A combination approach to solve multi-response quality characteristic problem- A case of CNT-BLU screen printing," *18th, International Conference on Pacific Rim Management*, C2101: 1-8, Hilton Hotel, Toronto, Canada, July 24th-26th.
- [4] Perng, C., Y.W.Lai, J.T.Tsai, S.S.Lin and

- W.C.Chiou (2004) "The suppliers information monitoring system - Using control chart," *International Journal of Electronic Business Management*, 2(1): 33-39.
- [5] Perng, C. and Z.P.Ho (2005) "An estimation model of quality characteristics indices for CNT-BLU/CNT-FED production," *The Institute for Operations Research and the Management Sciences Triennial Conference*, P.48, Hilton Hawaii Village, Honolulu, Hawaii State, United State of America, July 12th.
- [6] 李采苓、李俊彥、林士彥 (2007) 「品質機能展開應用於服務業之研究-以中部 J 報關公司為例」, *中小企業發展季刊*, 6: 169-192。
- [7] 吳泓怡、程貳隆、王銘宗、陳啟明 (2008) 「應用 SERVQUAL 與品質機能展開於文教產業服務品質之提昇」, *顧客滿意學刊*, 4(1): 163-202。
- [8] 林東成、陳婉茹、孫明璋、陳宜賢 (2006) 「品質機能展開於 6Sigma 品質系統之個案研究」, *工業科技與管理學刊*, 1(1): 73-90。
- [9] 洪順展 (2006) 「改善液晶監視器品質的關鍵因素」, *修平學報*, 13: 95-110。
- [10] 陳正芳、顏婉雯、黃英傑 (2006) 「田口品質工程應用於 LCD 顯示器微影製程之品質改善」, *修平學報*, 13: 1-20。
- [11] 黃英傑、張燦明 (2006) 「品管圈於高科技產業之個案研究」, *修平學報*, 12: 1-18。
- [12] 彭泉、邱文志、劉冠羈 (2006) 「應用灰色關聯分析與模糊推論於多重品質特性製程之研究」, *中國工業工程學會學術會議論文集*, 243(1): 6-1, 12月23日, 東海大學, 台中市, 台灣。
- [13] 彭泉、蔡禎騰、張原豪、何子平 (2007) 「應用貝氏網路於製程績效評估與預測-以奈米碳管背光模組陰極板為例」, *第四屆作業研究學術研討會論文集*, 5(1): 13-1, 10月26~7日, 國立東華大學, 花蓮市, 台灣。
- [14] 彭泉、邱文志、林水順、劉冠華、許智鈞 (2006) 「CNT 之量產品質特性評估指標模式之研究 (1/3)」, *行政院國家科學委員會*, 計劃執行日期 2005.8-2006.7, 成果報告編號: 942213E029021。
- [15] 彭泉、張原豪 (2007) 「CNT 之量產品質特性評估指標模式之研究 (2/3)」, *行政院國家科學委員會*, 計劃執行日期 2006.8-2007.7, 成果報告編號: 952213E029021。
- [16] 謝政憲 (2008) 「整合品質機能展開與品質工程建構新產品品質指標評估模式-以奈米碳管場發射顯示器為例」, *東海大學工業工程與經營資訊系碩士論文*。
- [17] ITIS 產業資訊服務網, <http://www.itis.org.tw>