

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文

LED TV 背光模組熱流狀態解析及最佳化
設計

LED TV Backlight module thermal analysis and
optimization

研究生：張志群

指導教授：傅武雄 博士

中華民國九十九年三月

LED TV 背光模組熱流狀態解析及最佳化設計
LED TV Backlight module thermal analysis and
optimization

研 究 生：張志群

Student : Chin-Chun Chang

指 導 教 授：傅武雄

Advisor : Wu-Shung Fu

國立交通大學
工學院精密與自動化工程學程
碩 士 論 文



A Thesis
Submitted to Department of Mechanical Engineering
College of Engineering
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Mechanical Engineering

Feb 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 三 月

LED TV 背光模組熱流狀態解析及最佳化設計

研究生：張志群

指導教授：傅武雄 博士

國立交通大學工學院精密與自動化工程學程

摘要

LED 為液晶顯示器產業近年來積極發展之替代性光源，除了具有體積小、重量輕等優點之外，更符合無汞的環保訴求。但由於 LED 之發光效率仍未臻理想，僅有不到 30% 之輸入能量轉換成光，其餘仍以熱的形式傳出，此結果會直接影響 LED 亮度及波長等光學特性，而造成顯示結果偏差的影響，因此 LED 背光模組散熱不良是截至目前 LED 仍無法廣泛應用於液晶顯示器產業的主要原因之一。

本論文主要探討 LED 應用於大尺寸液晶顯示背光模組時之熱流狀態，並提出一套 TEC 熱電致冷器散熱系統，即時監控背光模組溫度，藉由回饋系統於適當時機啟動散熱機制作為動態調整，使模組溫度可維持於一穩定狀態，亦使 LED 在穩定狀態下操作可得到更長時間的壽命保證。

LED TV Backlight module thermal analysis and optimization

Student : Chin-Chun Chang

Advisor : Wu-Shung Fu

Department of Mechanical Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

LED is the alternative light source developed in recent years of TFT-LCD industry, it has the advantages of small size, light weight, etc. And more in line with the environmental demand of mercury-free. However, due to the efficiency of LED has not yet attained the ideal, more than 70% of input energy are converted into heat. It will directly affect the LED optical properties of brightness and wavelength, and cause the deviation in display. Therefore thermal issue of backlight modules is one of the main reasons that LED still unable to widely application in TFT-LCD industry.

This article focused on the thermal state of large-size TFT-LCD backlight module used LEDs and proposed a set of TEC cooling system. Real-time monitoring the backlight module temperature and the feedback system can dynamically adjusted the module temperature and maintain at a steady state.

誌謝

這幾年的求學生涯，在必須兼顧學業及工作的情況下，承蒙指導教授傅武雄博士的悉心指導，方能完成此論文研究，在此謹致最高的敬意。同時感謝諸位同學的扶持與鼓勵以及公司同事的支持與協助，使我得以將困難逐一排除，順利完成所有研究及實驗。

此外亦感謝父母親及岳母的栽培與鼓勵，以及內人慈珊的全力支持和女兒淳婕的乖巧不哭鬧，使我得以在學習過程中全力以赴沒有後顧之憂；然而學習是一條漫長且無止盡的路，不會因為取得學位而結束，今後我將秉持這樣的精神，在未來人生路上各個領域繼續努力，最後僅將此喜悅與所有關心我的親友共同分享。



目 錄

	頁次
中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
表目錄	V
圖目錄	VI
符號說明	VIII
第一章 LED TV 背光模組簡介	1
1.1 TFT-LCD 簡介	
1.2 LED 介紹	
1.3 現行問題點說明	
第二章 模組熱流狀態解析	14
2.1 模組規格說明	
2.2 啟動狀態說明	
2.3 量測項目	
2.4 實驗結果及解析	
2.5 討論	
第三章 TEC 散熱系統應用於 LED TV 之實驗	28
3.1 系統架構	
3.2 TEC 原理	
3.3 控制流程	
3.4 實物製作	
3.5 量測項目	
3.6 量測方法	

第四章	結果與討論	45
	4.1 TEC 散熱系統對面板亮度色度影響之實驗結果	
	4.2 TEC 散熱系統對背光模組溫度影響之實驗結果	
	4.3 TEC 散熱系統對背光內部溫度影響之實驗結果	
第五章	結論與建議	58
	5.1 結論	
	5.2 建議	
	參考文獻	60



表目錄

表 1-1 背光模組光源種類.....	12
表 2-1 模組規格表.....	24
表 2-2 模組啟動狀態.....	24
表 2-3 模組亮度色度量測數據.....	25
表 2-4 模組亮度色度衰減比較表.....	25
表 2-5 模組背板表面溫度量測數據.....	26
表 2-6 模組發光腔內溫度量測數據.....	27
表 4-1 模組亮度色度量測數據.....	55
表 4-2 模組亮度色度衰減比較表.....	55
表 4-3 模組背板表面溫度量測數據.....	56
表 4-4 模組發光腔內溫度量測數據.....	57

圖目錄

圖 1-1 TFT-LCD 產業產值變化圖	7
圖 1-2 TV 背光模組剖視圖	8
圖 1-3 側入光式背光模組剖視圖	9
圖 1-4 白光發光形式示意圖	10
圖 1-5 色度圖	11
圖 2-1 面板亮度色度趨勢圖	17
圖 2-2 模組背面溫度量測點示意圖	18
圖 2-3 模組背板溫度趨勢圖	19
圖 2-4 模組發光腔內溫度量測點示意圖	20
圖 2-5 模組發光腔內溫度趨勢圖	21
圖 2-6 模組內外溫度量測點對照圖	22
圖 2-7 模組溫度量測結果曲線圖	23
圖 3-1 熱電致冷器動作示意圖	33
圖 3-2 Seeback effect 迴路圖	34
圖 3-3 Peltier effect 迴路圖	35
圖 3-4 N 型半導體之 Peltier effect	36
圖 3-5 P 型半導體之 Peltier effect	36
圖 3-6 Thomson effect 迴路圖	37
圖 3-7 系統控制流程圖	38

圖 3-8	實驗模組示意圖	39
圖 3-9	背光模組實物圖	40
圖 3-10	TEC Module 實物圖	41
圖 3-11	實驗模組組合圖	42
圖 3-12	溫度偵測電路板實物圖	43
圖 3-13	模組溫度量測分佈點示意圖	44
圖 4-1	面板亮度色度趨勢圖	48
圖 4-2	模組中央點亮度比較圖	49
圖 4-3	模組背板溫度趨勢圖	50
圖 4-4	模組中央點溫度比較圖	51
圖 4-5	TEC Module 及溫度監控點位置圖	52
圖 4-6	模組發光腔內溫度趨勢圖	53
圖 4-7	模組發光腔內溫度比較圖	54



符號說明

S_{AB}	席貝克係數	V/K
S_A	材料 A 之席貝克效應	無因次
S_B	材料 B 之席貝克效應	無因次
π_{AB}	珀爾帖係數	W/W
J_Q	封閉迴路熱量產生	W
J_E	封閉迴路能量輸入	W
β	湯普森係數	W
ΔT	湯普森效應所產生之溫差	K



第一章 LED TV 背光模組簡介

1.1 TFT-LCD 簡介

TFT-LCD (Thin-Film Transistor Liquid Crystal Display)技術自 1970 年發展至今已超過 30 年，在近 10 年的發展，隨著應用越來越廣泛，整體產值也不斷的向上翻升如圖 1-1，同時期發展的顯示技術如 CRT、PDP Display、LCOS Display 等等，早已在產能、生產成本及顯示效果無法與 TFT-LCD 相抗衡之下，紛紛退出顯示器市場。

而 TFT-LCD 的應用面也在技術不斷演進之下不斷的擴展，除了手機、PDA、筆記型電腦、液晶螢幕、液晶電視等 3C 產品外，最近更將應用面廣推至數位相框、廣告看板、醫療應用等等；在此蓬勃發展之下，也帶動了台灣光電產業，也無怪乎政府會將面板產業列為兩兆雙星的重點發展項目。

TFT-LCD 的組成，包含鐵框、液晶面板、背光模組、電路板及電路板遮蓋。液晶面板本身為非自發光，其主要功能在於控制顯示影像畫面，而顯示所需之光源即由背光模組提供，透過電路板處理影像及電路訊號，鐵框提供整體模組結構強度，電路板遮蓋保護電路板不受碰撞及異物影響，便結合成液晶面板模組。

就應用上的區分，液晶面板模組大致上可分為中小尺寸、IT、TV 三個種類，其主要的差異即在於背光模組設計上的不同，隨著尺寸的不同，搭配使用之光源、光學膜片以及對於結構強度的需求均不盡相同，因此背光模組的結構也隨之衍生不同的設計方式。

圖 1-2 為 TV 背光模組剖視圖，亦稱之為直下式背光模組[1]，與中小尺寸、IT 背光模組所使用之側入光式背光模組如圖 1-3 最大差異點即在於光源擺放位置；側入光式背光模組乃利用光於導光板內進行折射與反射作用，將光能量由側邊往中心傳遞，但受限於光在傳遞過程必然的能量耗損，側入光式背光模組使用上會受到尺寸的限制[2]。由於 TV 背光模組均應用於較大尺寸如 26 英吋、32 英吋

以上之使用，搭配側入光式背光模組則會發生光能量不足，以致於無法提供可視面積內足夠且均勻的光源需求，因此日本夏普於 2002 年首先提出直下式背光技術，將光源直接置放於顯示區域正下方，而不再透過導光板傳遞光源，光不再受到導光板折射反射作用的能量耗損，也因此解決了光能量不足的問題，直下式背光技術之後便發展成為大尺寸液晶面板模組廣泛應用之技術。

由圖 1-2 可看出直下式背光模組之組成，光源由 CCFL(冷陰極管)產生後，透過擴散板、下擴散片，利用其擴散粒子的作用將光打散，使原本的線光源分散至各處，之後透過集光片、增光片將已被打散紊亂的光線進行方向性的調整，以達到聚光增光的效果，最後以均勻的面光源形式離開背光模組進入液晶面板，提供液晶面板顯示所須之光源。

表 1-1 為一般泛用於背光模組之光源種類，目前背光模組仍是以 CCFL (Cold cathode fluorescent lamp) 為主要使用光源。由於環保節能訴求，LED 的使用比例逐年提高，就機械結構考量，LED 具有抗震功能，可避免大尺寸面板應用時長型燈管易斷裂的不良情況；就色彩管理考量，LED 可針對 RGB 三原色分別做控制，以調整背光亮度及色度，可提供較 CCFL 更為清晰明亮的顏色，基於以上優點，未來 LED 可視為最有可能替代傳統 CCFL 背光源的最佳方式。

1.2 LED 介紹

LED (發光二極體) 其為 Light Emitting Diode 的縮寫，早期多作為指示燈使用，但隨著發光效率提昇，以及具環保概念，因此逐漸成為冷陰極管的替代光源考慮。

其分類方式可分別從波長、封裝形式、消耗功率等等不同特性來作區分，但與背光模組較具關連性的分類方式為白光發光形式。其可分為四大類如圖 1-4，分別為白光 LED、紫外光 LED、RGB one-chip LED 以及 RGB multi-chip LED。

(1) 白光 LED：

其為藍色晶片加上黃色螢光粉，利用在色座標上為互補色原理來產生白光。白光 LED 為技術成熟產品，已廣泛應用於照明及其他顯示設備，但由發光頻譜可看出白光 LED 在紅色的表現較差，因此使用白光 LED 之背光模組無法在色域上有較佳的顯示表現[3]。

(2) 紫外光 LED：

為解決白光 LED 於紅色色域不佳的情況，因而發展出以紫外光 LED 激發 R、G、B 三色螢光粉的製造方式，利用調整 R、G、B 螢光粉的比例即可調整白光顏色及色溫；紫外光晶片與白光 LED 所使用的藍光晶片製程上幾乎相同，但由於藍色晶片所使用的透明電極應用於紫外光 LED 時，低波長會致使透明電極光吸收率提高而使得穿透率下降，也造成整體發光效率下降，這也是紫外光 LED 在背光模組使用時會碰到最大的問題[4]。

(3) RGB onechip LED

以單顆單色的方式，將 LED 分別封裝成紅色、綠色、藍色 LED，由於各個顏色晶片均有各自的封裝體及製程，因此散熱結構設計及製程穩定性較容易被控制，因此可以獲得較高的輸出效率；當背光模組應用此類型 LED 時，需將其排列組合混成均勻白光，因此混光效率為最大的影響因素。不良的混光結果將導致整體模組厚度變厚，並造成亮度不均勻的顯示效果。

(4) RGB multichip LED

將多顆 LED 晶片封裝於同一個封裝體內，不需螢光粉，在封裝體內即進行混光混色，當光離開封裝體時，已混成為白光，模組機構設計時不需再預留 LED 混光距離，因此不會增加模組厚度。但使用上會增加晶片的使用量，會造成成本上的增加。

1.3 現行問題點說明

LED 對於背光模組特性主要有 5 個影響：(1)亮度；(2)均勻性；(3)色飽和度；

(4)壽命；(5)消耗功率。

(1)亮度：

背光模組亮度最主要是決定於 LED 顆數及單一顆 LED 本身的亮度。就單一顆 LED 本身的亮度除了上述螢光粉的影響以外，晶片品質、封裝品質、散熱等等因素都會對亮度造成影響。

(2)均勻性：

均勻性對背光模組而言是非常重要的規格要求，其包含了亮度均勻性及色度均勻性。導致不均勻產生的原因有兩個：一為 LED 排列設計與背光模組機構的搭配；LED 為點光源，要形成均勻的面光源，除了必須考慮 LED 發光角度以決定 LED 間距之外，RGB 三色混光及亮度混光也必須搭配足夠的混光距離，同時利用擴散板與擴散片加以輔助，棋盤格式暗帶的顯示不良是設計不佳時最常出現的狀況。二是溫度所造成的不均勻現象，由 LED 規格書中可知 LED 晶片對於溫度極為敏感，溫度的變化會使得 LED 波長產生飄移，尤其以紅色 LED 晶片最為嚴重。

(3)色飽和度：

色度的定義是用以描述人眼對於顏色的感知，色度圖如圖 1-5 即為一般人可見的顏色，此區域亦稱為色域；而色飽和度則用以描述可顯示的顏色，當顯示器可顯示的顏色越多，則稱之為色彩飽和度高。NTSC 是公認的色域定義標準[5]，若顯示器色飽和度為 72% NTSC，則表示其可顯示的顏色範圍為 NTSC 規定的 72%。

由於液晶面板本身為非自發光，必須透過背光的光線才能夠顯示畫面，因此色飽和度的呈現主要在於背光源的選擇上，傳統 CCFL 燈管在螢光粉材質上的限制，紅光呈現能力偏弱，以致於色飽和度不佳，多僅能達到 72% NTSC 左右。以 LED 為背光源最大的好處即為其可將色飽和度提升至 105% NTSC。

(4)壽命：

TFT-LCD 壽命定義為背光模組中心點亮度降為原始亮度之一半時即為其壽命。因此 LED 亮度衰減的速度將會影響 TFT-LCD 的壽命，而溫度的上升會加速 LED 的衰減速度。

(5)消耗功率：

LED 本身的發光效率是影響模組消耗功率最大的因素。發光效率高表示輸入同樣的功率會有較高比例的能量轉為光的形式傳出封裝體，其餘的部分便會轉成熱能殘留於封裝體或藉由封裝體的散熱結構傳出。由於 LED 體積小，散熱結構傳遞熱量的速度往往不及於 LED 熱量產生的速度，因此便會造成熱量累積導致 LED 晶片溫度升高，再次造成 LED 亮度下降，因此發光效率差的 LED 在同樣的亮度表現下，必須消耗較大的功率，同時也衍生更大的熱量散出。

由以上的說明可知溫度對於 LED 特性如亮度、波長、壽命的影響甚鉅，也造成背光模組顯示狀態的不穩定，因此選擇適當的散熱方式，讓 LED 保持在合理且穩定的溫度範圍，將會是決定 LED 是否可以廣泛應用於 TFT-LCD 的重要因素之一。

熱能傳遞在物理學上有傳導、對流、輻射三種方式，任何一種散熱工具都會以上述三種方式來進行熱量傳遞。而實務應用上可依照散熱工具帶走熱量的方式將散熱工具大略區分成主動式散熱以及被動式散熱兩種類型；被動式的散熱如散熱鰭片等等，是利用上述的三種自然力量來達到熱量傳遞進而將熱源的熱量傳出，散熱的效率取決於散熱工具本身的材質特性、形狀以及熱流通道的設計。而主動式的散熱則是利用外加的裝置，利用強制的力量加速熱能的傳遞。主動式的散熱種類繁多，如風扇、熱管、水冷裝置、熱電半導體等等。

風扇是最常使用的散熱工具之一，也是成本相對較低的方式。但其體積較大且需額外消耗電能，但風扇在運轉時所衍生之噪音及振動也造成了設計及使用上

的限制；熱管是高導熱的銅管，利用封閉管中的真空狀態下在熱端進行蒸發、冷端凝結將熱量排出的熱循環來進行熱量傳遞，並具有體積小效率高的優點，但其加工性限制了其製造尺寸，長熱管除了製造不易之外，因銅機械強度較差且比重較大，在使用上會衍生重量大幅增加且易變形的問題，同時在面對 LED 這類型的點熱源，長熱管在原本理想的熱循環路徑中，不斷被其他 LED 所產生的熱所影響，而破壞了其循環方式，而增加了使用設計上的複雜度。

水冷裝置利用泵加壓使流體流經熱源將熱量帶出，穩定且有效率，但體積過大價格較高，組裝上也較為複雜，也因此較不適合使用於 TFT-LCD 產品。

熱電半導體是一種施以電能即可在半導體顆粒兩端產生溫差的材料，只要熱端將熱有效排出，則冷端即可持續對熱源進行冷卻，其具有體積小且可靠度高的優點，但成本過高是其最大的問題。

散熱方式的選擇除了散熱效率、結構設計及成本上的考量，另外發現熱電半導體可將能量在電能和熱能之間轉換，藉由調整輸入的電能來達到控制溫度的功效，此功能是其他的散熱方式所無法達成的，對於使 LED 的操作環境維持在穩定的溫度範圍，熱電半導體的應用值得更深入的探討。

本論文研究將針對採用 RGB multi-chip LED 為背光源之 37 英吋液晶電視模組進行解析，觀測點亮後模組溫度分佈狀態，以及溫度對於模組各項特性的影響，並提出解決方案及最佳化設計。

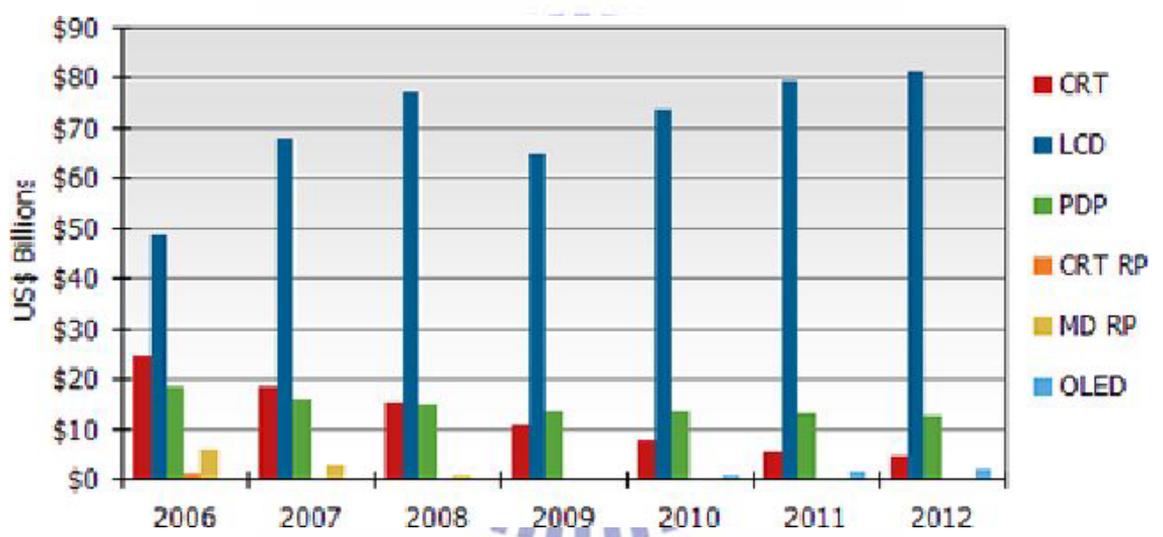


圖 1-1 TFT-LCD 產業產值變化圖

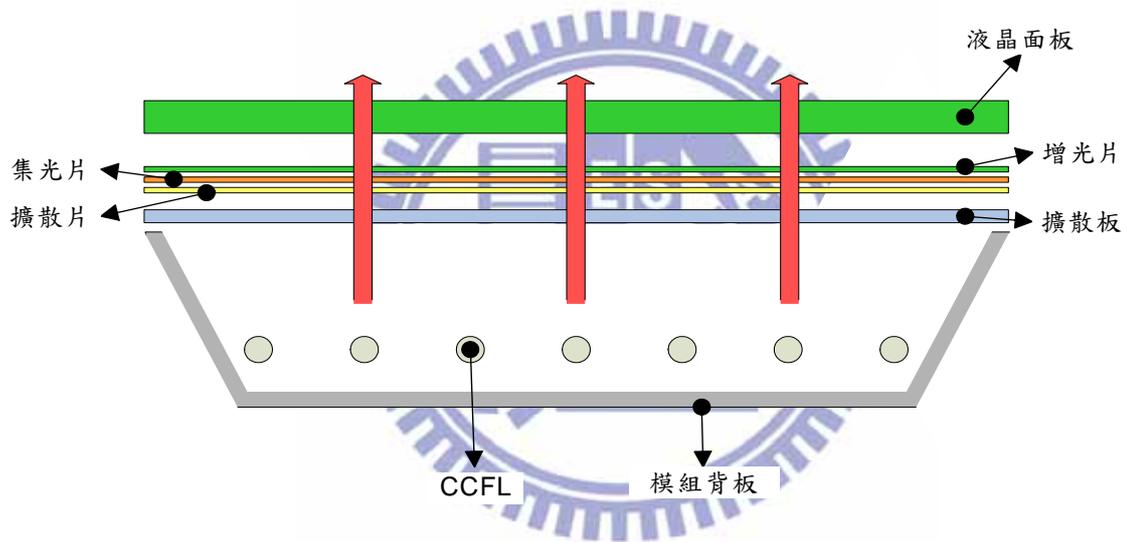


圖 1-2 TV 背光模組剖視圖

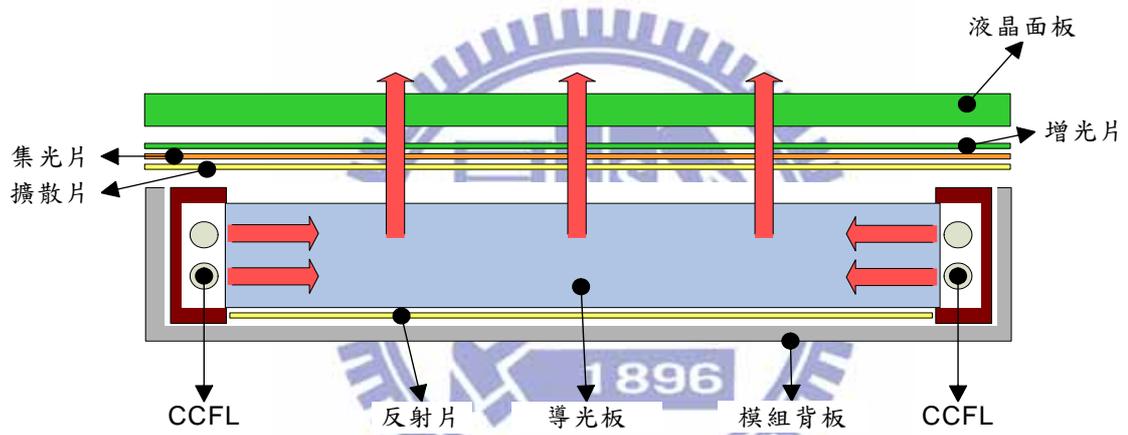


圖 1-3 側入光式背光模組剖視圖

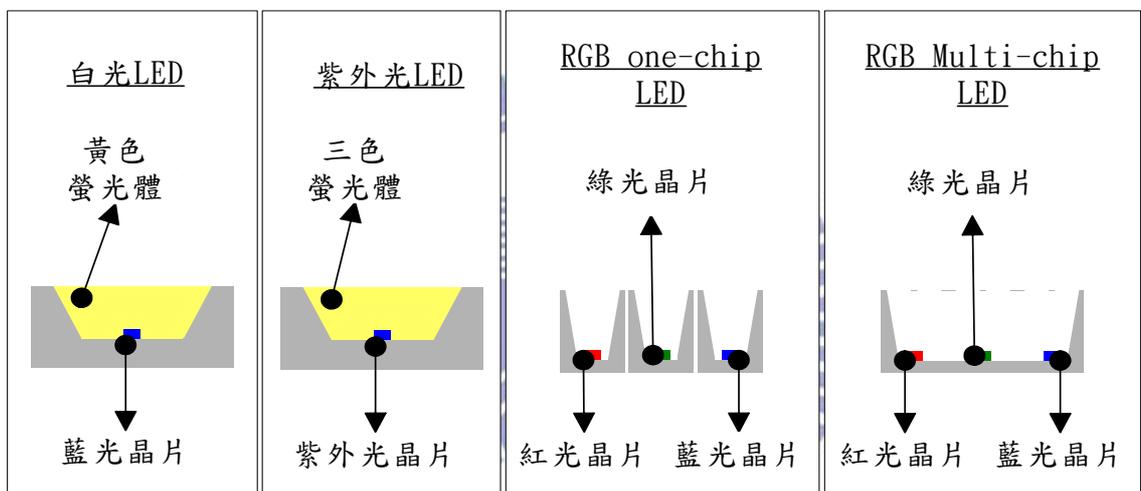


圖 1-4 白光發光形式示意圖

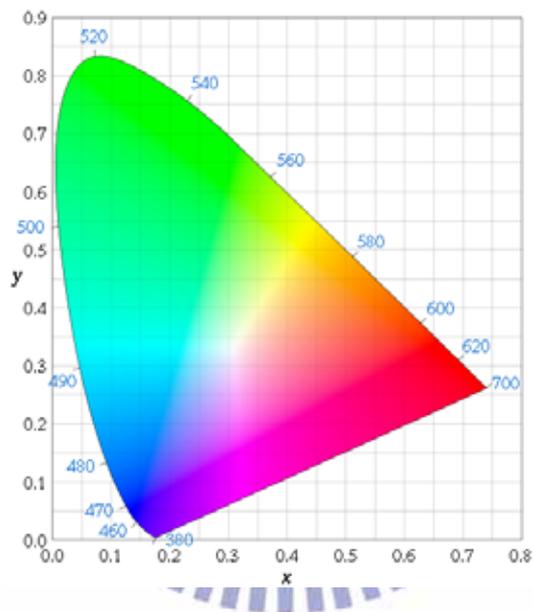


圖 1-5 色度圖

表 1-1 背光模組光源種類

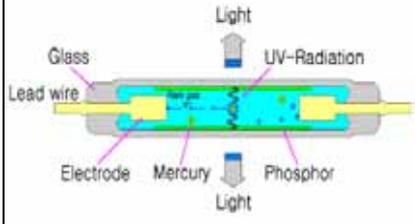
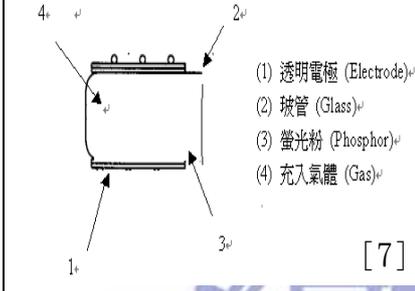
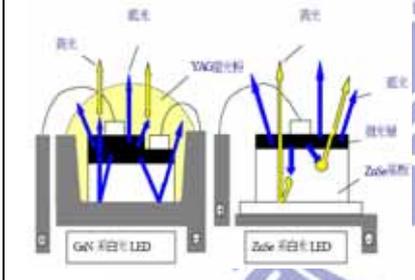
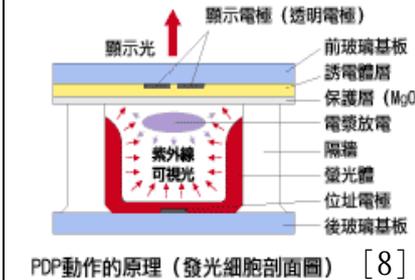
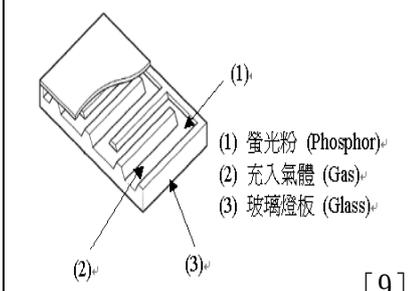
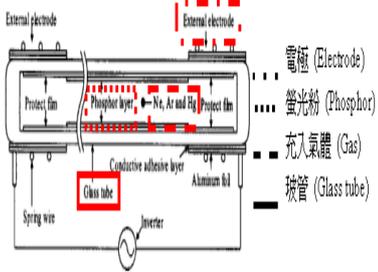
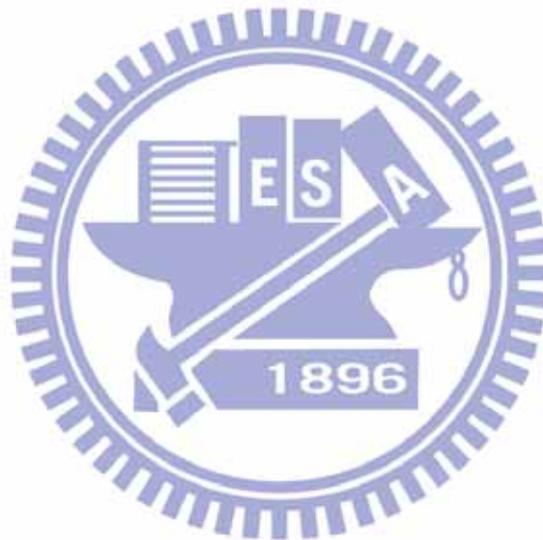
	技術原理	優點	缺點
CCFL	 <p>[6]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 發展時間長技術成熟 2. 光學特性穩定 3. 電氣特性穩定 4. Inverter 選擇性多 5. 低成本 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 燈管使用支數多組裝不易 2. 內含汞金屬 3. 易斷裂
EEFL	 <p>[7]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 變壓器數目減少 2. 壽命較 CCFL 長 3. 組裝容易 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本較 CCFL 高 2. 需高頻與高壓驅動 3. 燈管接點有特殊考量，須以模組方式組立
LED		<ol style="list-style-type: none"> 1. 色飽和度高 2. 壽命長 3. 反應速度快 4. 體積小重量輕 5. 不含汞金屬 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本過高 2. 散熱問題較嚴重 3. 發光效率低 4. 為半導體製程，需高階封裝技術
Plasma	 <p>PDP動作的原理（發光細胞剖面圖） [8]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 反應時間快 2. 廣視角 3. 不受磁場影響，畫質較穩定 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本過高 2. 消耗功率大 3. 維修不易 4. 壽命較低
FFL	 <p>[9]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 組裝容易 2. 變壓器數目減少 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 燈板特性不穩定 2. 消耗功率大 3. 光利用率低 4. 內含汞金屬 > CCFL 5. 信賴性狀態不明

表 1-1 背光模組光源種類 (續)

<p>TEFL</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 沒有無效發光區 2. Transformer 減少 <ol style="list-style-type: none"> 1. 燈管特性不穩定 2. Pin-hole 問題尚未解決 3. 成本較 CCFL 高 4. 有 EMI issue 5. 信賴性狀態不明
-------------	---	---



第二章 模組熱流狀態解析

2.1 模組規格說明

實驗模組採用中華映管 37 英吋液晶電視面板，型號 370WF02S，搭配凱鼎 RGB multi-chip LED，型號 LH-2220JT3-RGB1-C11-01，採用直下式設計，詳細規格如表 2-1。

2.2 啟動狀態說明

詳細規格如表 2-2。

2.3 量測項目

- (1) 面板亮度色度量測 (模組正面)
- (2) 背板表面溫度量測 (模組背面)
- (3) 發光腔內溫度量測 (模組內部)

2.4 實驗結果及解析

- (1) 面板亮度色度量測 (模組正面)

◎量測儀器：CA-210。

◎量測位置：模組正面中心點。

◎量測數據：

0 分鐘時量測模組中心亮度值為 557.6 nits，色度為 $x0.3037$ ；
 $y0.2978$ ，180 分鐘後模組中心亮度值為 460.8 nits，色度為 $x0.2789$ ；
 $y0.2926$ ，詳細數據如表 2-3，趨勢圖如圖 2-1。

◎解析：

- a. 初始亮度為 557.6 nits，符合標準模組規格 500 nits。

- b. 3 小時後亮度衰減 17.36%，亮度衰減幅度過大已不符合規格，色度 x 及 y 均產生漂移，其中色度 x 已超出規格容許範圍，詳細比較數據如表 2-4。
- c. 模組持續點亮至 80~90 分鐘左右各項數值趨於穩定。
- d. CCFL 模組需 30 分鐘熱機時間，若 LED 模組需 60 分鐘以上亮度才會達到穩定狀態，將會增加量測所需時間。

(2) 背板表面溫度量測（模組背面）

◎量測儀器：溫度記錄器。

◎量測位置：模組背面共 9 點，如圖 2-2。

◎量測數據：

0 分鐘時量測模組背面 9 點溫度均與室溫相近約為 22°C，180 分鐘後最高溫度發生於模組中央第 5 點，溫度值為 73.2°C，詳細數據如表 2-5，趨勢圖如圖 2-3。

◎解析：

- a. 最高溫度為 73.3°C，發生於模組中央 P5 點。
- b. 模組持續點亮至 80~90 分鐘左右各點溫度趨於穩定。
- c. 各點溫昇趨勢相同，但平衡後溫度溫差達 18°C。
- d. 模組上緣平衡溫度高於模組下緣，由於量測過程中模組為垂直擺放，此結果應為熱空氣輕往上所造成。

(3) 發光腔內溫度量測（模組內部）

◎量測儀器：溫度記錄器。

◎量測位置：模組內部共 2 點，如圖 2-4。

◎量測數據：

0 分鐘時量測發光腔內溫度為 23°C，180 分鐘後上方量測點溫度已上升至 73.5°C，下方量測點溫度則上升至 61°C，詳細數據如表 2-6，趨勢圖如圖 2-5。

◎解析：

- a. 最高溫度為 73.6°C，發生於模組上緣 P_{top} 點，與相對應之背板 P2 點如圖 2-6 溫度 71.3°C 相較，更高出 2.3°C，此結果應為發光腔內屬密閉空間，熱對流不易會造成熱量累積；而背板雖與熱源之 LED 電路板直接以螺絲鎖附貼合接觸，但其與環境大氣接觸，透過自然對流可將熱量帶出，且散熱面積大，因此平衡溫度較發光腔內為低。
- b. 發光腔內最高溫度 73.6°C 已超過面板溫度規格 70°C，持續點亮有可能造成與面板貼合之下偏光板膠性衰減而產生剝離現象。
- c. 模組持續點亮至 80~90 分鐘發光腔內溫度趨於穩定。

2.5 結論

由總結圖表圖 2-7 可看出目前 LED 背光模組兩個最大的問題點：

- (1) 模組達到穩定時間過長(需 90 分鐘)
- (2) 模組達到穩定後溫度過高(達 73°C)

此亦為目前 LED 無法導入 TV 背光模組應用的最大因素。其發生原因是來自於背光模組散熱機制尚未臻理想所造成，熱量傳遞路徑熱阻過高，且散熱能力不足，以致於 LED 所產生的熱量無法迅速傳導出來，造成累積而產生高溫，因此有效率的散熱方式是值得深入研究與探討的課題。

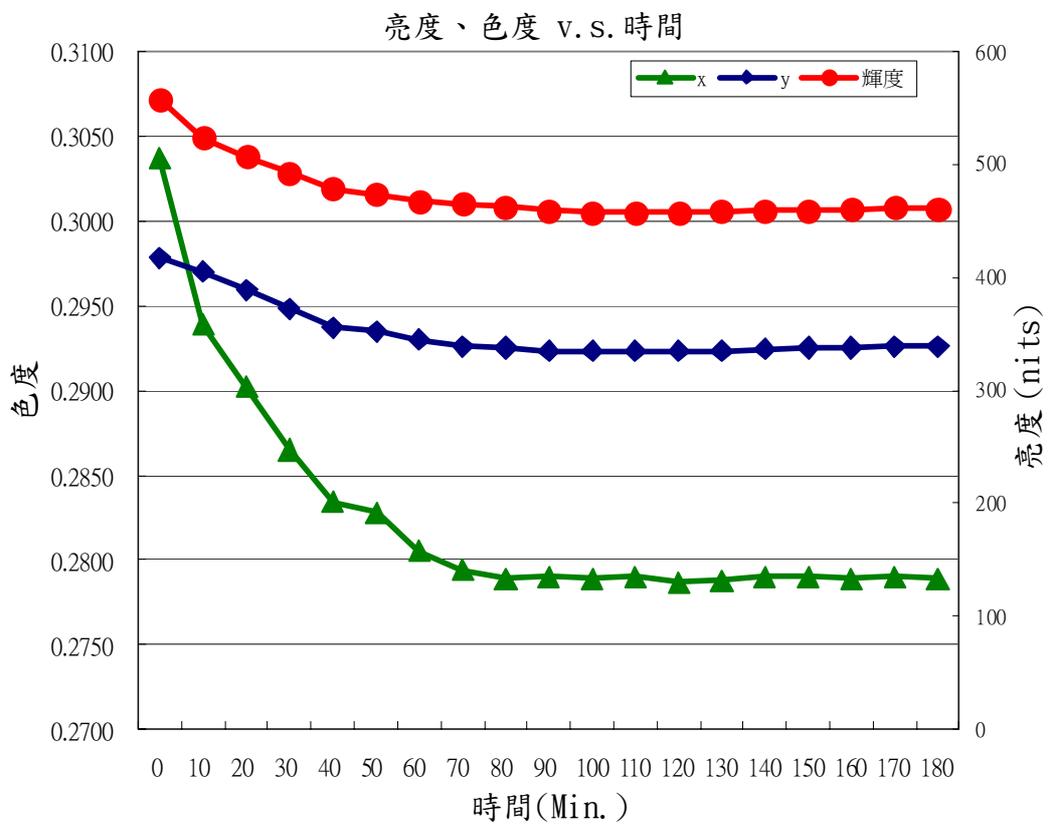


圖 2-1 面板亮度色度趨勢圖

模組背面

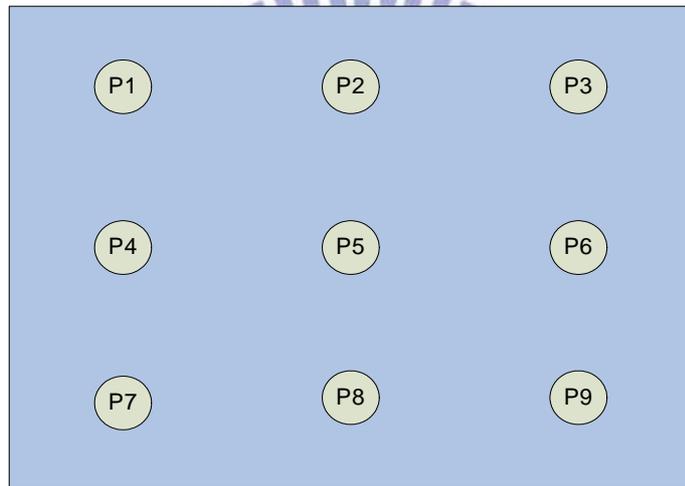


圖 2-2 模組背面溫度量測點示意圖

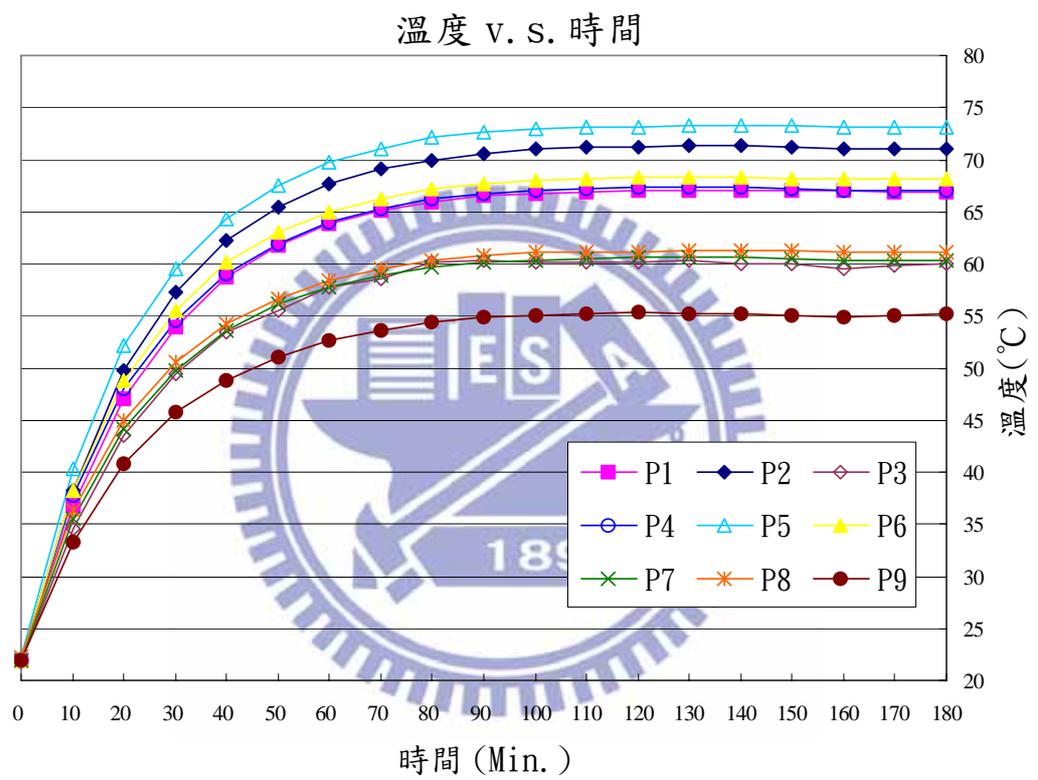


圖 2-3 模組背板溫度趨勢圖



圖 2-4 模組發光腔內量測點示意圖

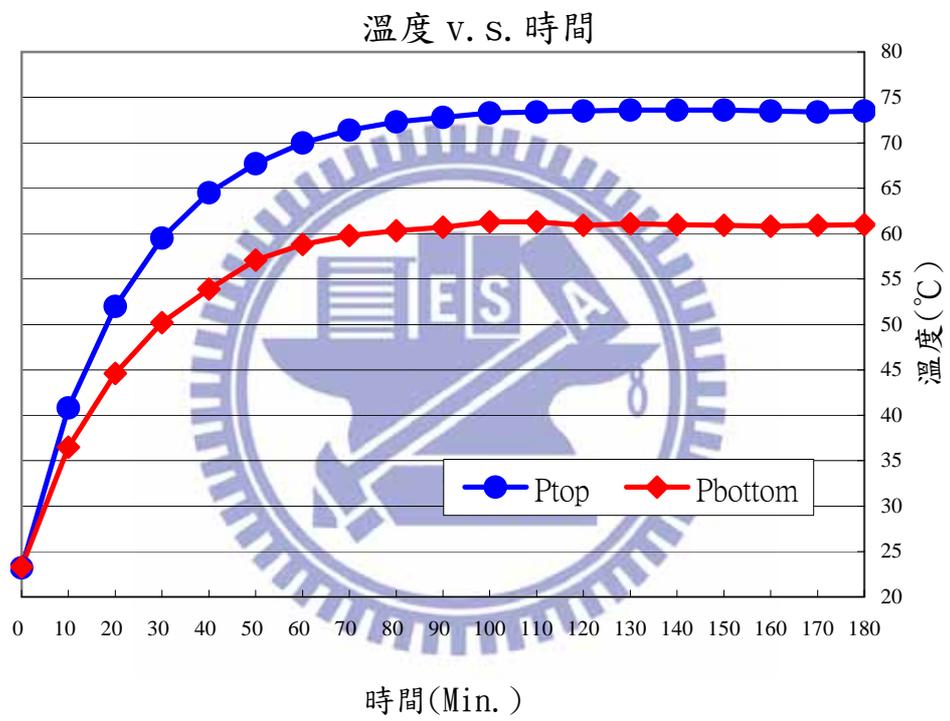


圖 2-5 模組發光腔內溫度趨勢圖

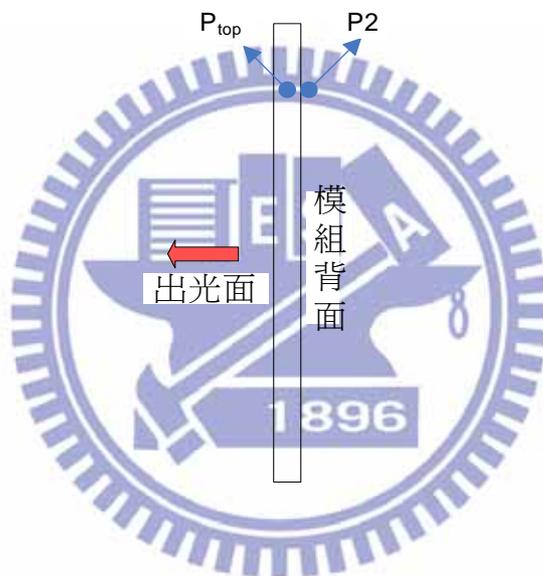


圖 2-6 模組內外溫度量測點對照圖

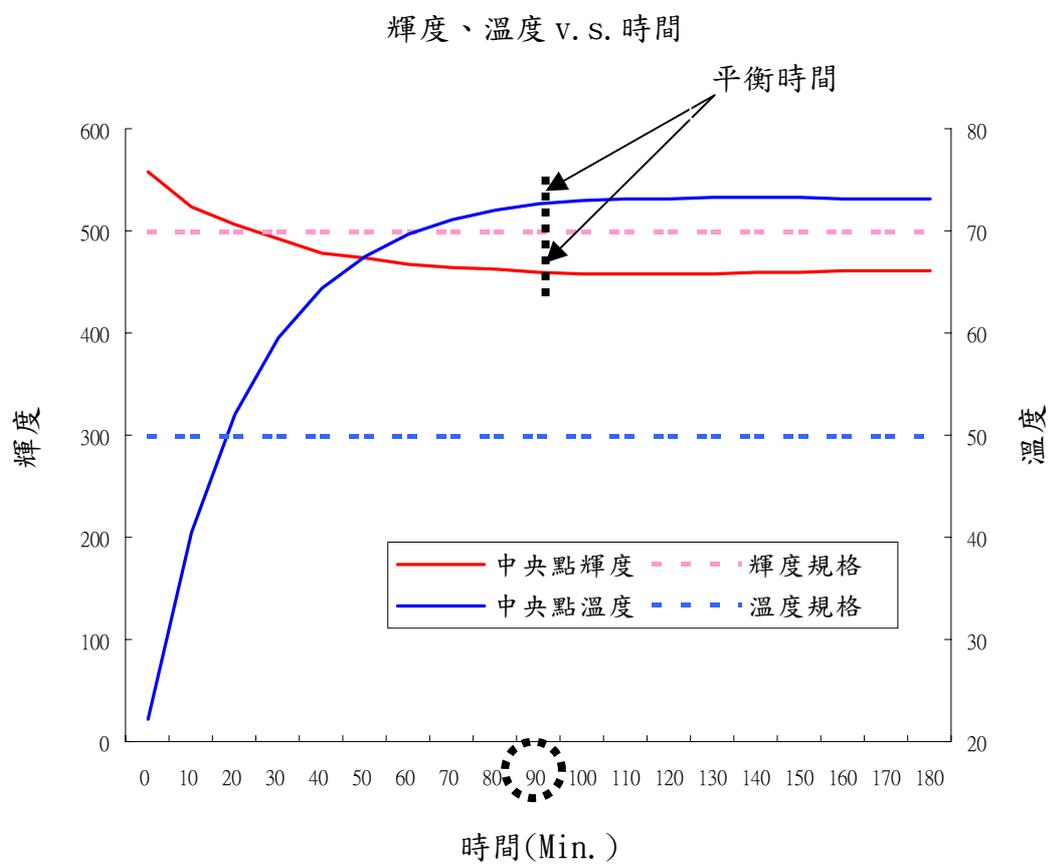


圖 2-7 模組溫度量測結果曲線圖

表 2-1 模組規格表

項目		規格
機械性質	模組規格	37"
	模組外型尺寸 (mm)	877x516.8x55.5
	模組可視區域 (mm)	819.6x460.8
	模組重量	20 kg
	光源種類	LED
	LED 顆數	1536
	LED 種類	RGB multi-chip LED
	LED 壽命	50000 小時
光電性質	模組中心亮度	500 cd/m ²
	NTSC	105% (Min.)
	顯示均勻性	75% (Min.)
	模組消耗功率	< 250W

表 2-2 模組啟動狀態

項目		規格	
環境	溫度	23°C	
	濕度	54%	
電氣特性	電壓	R	2.3V
		G	3.6V
		B	3.6V
	電流	R	16.19 mA
		G	17.14 mA
		B	19.05 mA

表 2-3 模組亮度色度量測數據

時間	色度 x	色度 y	亮度
0	0.3037	0.2978	557.6
10	0.2939	0.2970	523.4
20	0.2902	0.2959	506.6
30	0.2865	0.2948	492.3
40	0.2834	0.2937	478.3
50	0.2828	0.2935	473.5
60	0.2805	0.2930	467.1
70	0.2794	0.2926	464.5
80	0.2789	0.2925	462.5
90	0.2790	0.2923	458.9
100	0.2789	0.2923	457.2
110	0.2790	0.2923	457.2
120	0.2787	0.2923	457.5
130	0.2788	0.2923	458.4
140	0.2790	0.2924	459.2
150	0.2790	0.2925	459.3
160	0.2789	0.2925	460.3
170	0.2790	0.2926	461.4
180	0.2789	0.2926	460.8

表 2-4 模組亮度色度衰減比較表

時間	色度 x	色度 y	亮度
規格	0.303	0.297	500
公差	±0.015	±0.015	500(Min.)
0分	0.3037	0.2978	557.6
180分	0.2789	0.2926	460.8
差距	-0.0248	-0.0052	-96.8
%	---	---	-17.36%

表 2-5 模組背板表面溫度量測數據

時間	量測位置								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
0	22	22	21.7	22	22.2	22	22	22.2	21.9
10	36.8	38.3	34.6	37.7	40.4	38.3	35.5	36.3	33.2
20	47.1	49.8	43.5	48	52.1	48.8	44.2	45	40.8
30	54	57.3	49.5	54.6	59.5	55.6	49.8	50.5	45.7
40	58.7	62.2	53.5	59.1	64.3	60.1	53.6	54.2	48.8
50	61.7	65.5	55.6	62	67.5	63	56.1	56.6	51.1
60	63.8	67.7	57.8	64	69.7	64.9	57.8	58.4	52.6
70	65.2	69.1	58.6	65.3	71.1	66.2	58.9	59.6	53.6
80	66	70	60.2	66.2	72.1	67.2	59.7	60.4	54.4
90	66.5	70.5	60.3	66.7	72.6	67.7	60.1	60.8	54.9
100	66.8	71	60.1	67	72.9	68	60.4	61.2	55
110	66.9	71.2	60.2	67.2	73.1	68.2	60.5	61.2	55.2
120	67	71.2	60.2	67.3	73.2	68.3	60.6	61.2	55.3
130	67.1	71.3	60.4	67.3	73.3	68.3	60.6	61.3	55.2
140	67.1	71.3	60	67.3	73.3	68.3	60.6	61.3	55.2
150	67	71.2	60	67.2	73.3	68.2	60.5	61.3	55.1
160	67	71.1	59.6	67.1	73.2	68.1	60.3	61.2	54.9
170	66.9	71	59.8	67.1	73.1	68.1	60.4	61.2	55.1
180	66.9	71.1	60	67.1	73.2	68.1	60.3	61.2	55.2

表 2-6 模組發光腔內溫度量測數據

時間	量測位置	
	P _{top}	P _{bottom}
0	23.2	23.3
10	40.8	36.5
20	52.0	44.6
30	59.5	50.2
40	64.5	53.9
50	67.7	57.1
60	70.0	58.8
70	71.4	59.8
80	72.3	60.3
90	72.8	60.7
100	73.3	61.3
110	73.4	61.3
120	73.5	60.9
130	73.6	61.1
140	73.6	61.0
150	73.6	60.9
160	73.5	60.8
170	73.4	60.9
180	73.5	61.0

第三章 TEC 散熱系統應用於 LED TV 之實驗

3.1 系統架構

在原有的電視面板模組上增加兩組系統，一為溫度回饋系統，一為 TEC 冷卻系統。採用即時監控的方式，偵測模組溫度並回饋之控制系統，當模組量測點之溫度超過設定溫度上限(本實驗訂定為 50°C)時，由文獻中[10, 11, 12, 13, 14, 15]可知利用 thermoelectric cooler 可將能量在電能與熱能之間轉換的特性，啟動 TEC 冷卻系統，使模組溫度回降至溫度上限之下。以此方式可將模組溫度控制於恆溫狀態，避免因溫度變化對面板及 LED 產生熱衝擊效應，導致壽命衰減；同時避免 LED 操作於高溫環境，當 LED 操作環境，即模組溫度由 70°C 降為 50°C 時，其亮度可提昇 10~20%，波長的偏移也可以穩定維持於±3nm 之內，就 LED 應用於電視 module 所面臨的問題，將可以獲得大幅的改善。

3.2 TEC 原理

TEC (Thermoelectric cooler) 熱電致冷器，是由半導體所組成的冷卻裝置，其乃利用一種可將電能和熱能作能量轉換之材料，達到熱泵的效果[16]。

圖 3-1 為熱電致冷器動作示意圖，一個典型的熱電致冷器是由上下兩塊陶瓷基板作為基礎本體，而中間夾帶著成對排列之 P 型和 N 型半導體材料，兩端陶瓷分別作為與物體冷端、熱端表面直接接觸的介面，同時也作為半導體與其他金屬元件如散熱鰭片、金屬外殼等之絕緣用途，為了有較佳的熱傳導，陶瓷與半導體通常是以焊接的方式連接。

TEC 的原理主要有三個，分別為 Seebeck effect (席貝克效應)、Peltier effect (珀爾帖效應) 和 Thomson effect(湯普森效應)，其為三種熱電轉換的方式，且互相相關連。

(1) Seeback effect (席貝克效應)

也稱之為熱電效應。金屬會因溫差而產生電位差，若兩種金屬形成一迴路如圖 3-2，當兩接面具有不同溫度時，則會產生一電位差致使迴路內造成電流由高溫處往低溫處流動。

所有金屬材料均為熱電材料，但其差別在於熱電效應明顯與否，而其明顯程度即利用 Seeback effect 來判定。

席貝克係數定義為

$$\begin{aligned} S_{AB} &= S_A - S_B \\ &= (\Delta V / \Delta T) \end{aligned} \quad (3-1)$$

where S : seeback effect

(2) Peltier effect (珀爾帖效應)

珀爾帖效應為席貝克效應的逆行反應。當對於兩種金屬所形成的封閉迴路施以一電壓如圖 3-3，使其產生電流於迴路間流動時，則在金屬接面處會產生一端吸熱形成冷端而另一端放熱形成熱端的現象。

珀爾帖係數定義為

$$\text{Peltier coefficient } \pi_{AB} = J_Q / J_E \quad (3-2)$$

將 Peltier effect 應用於 P 型及 N 型半導體時，會有不同的作用發生，如圖 3-4 所示，當電子由下方流入 N 型半導體，則帶有能量的電子能克服能障而流過，使得下方剩下低能量電子造成溫度降低，而上方則累積高能量電子致使溫度升高，其電流方向由上往下與熱流方向相反。而如圖 3-5 所示，當電子由上方流入 P 型半導體，則帶有能量的電洞能克服能障而流過，使得上方剩下低能量電洞造成溫度降低，而下方則累積高能量電洞致使溫度升高，其電流方向由上往下與熱流方向相同。

因此將 P 型及 N 型半導體做成對的交互搭配設計，在合適的電壓及

電流操作之下，則可得到相同的熱傳方向如圖 3-1 所示，而製造出一可預期的冷端面，將其與發熱源接觸，用以吸收發熱源的熱能，再將熱量帶至熱端面進行散熱，進而達到冷卻的效果。

(3) Thomson effect(湯普森效應)

當對一具有溫差的單一材料通以電流時，則其會與周圍環境進行吸放熱之能量交換，此效應稱之為湯普森效應如圖 3-6，其為珀爾帖效應的延伸。

定義為

$$\text{Thomson coefficient } \beta = J_Q / (J_E \times \Delta T) \quad (3-3)$$

3.3 控制流程

系統控制流程如圖 3-7。

3.4 實物製作

(1) 面板：使用中華映管 37 英吋 TV 面板，型號 370WF02S。

(2) 背光模組：

使用凱鼎 LED，型號 LH-2220JT3-RGB1-C11-01 共 1536 顆，採用直下式設計，圖 3-8 為實驗模組示意圖，圖 3-9 為模組實物圖。

(3) TEC System：

每一組 TEC Module 如圖 3-10 所示，使用一顆 TES1-127.05 微型致冷晶片(4cmx4cm；厚度 0.42cm)和一風扇(8cmx8cm；厚度 2cm)搭配一組散熱鰭片(10cmx7cm；高度 2cm)，及一個溫度偵測電路板。風扇與散熱鰭片以螺絲鎖附，與微型致冷晶片以 thermal pad 貼合，TEC System 共使用 4 組 TEC Module，裝置於背光模組背面，如圖 3-11 所示；溫度偵測電

路板上含 GMT thermal sensor 型號，如圖 3-12 所示。

3.5 量測項目

- (1) 面板亮度色度量測 (模組正面)
- (2) 背板表面溫度量測 (模組背面)
- (3) 發光腔內溫度量測 (模組內部)

3.6 量測方法

- (1) 面板亮度色度量測 (模組正面)

◎量測儀器：CA-210

◎量測方式：

- a. 將模組水平固定於量測平台上。
- b. 量測平台校正，並將CA-210移動至模組中心位置。
- c. 自模組啟動0分鐘起開始量測並記錄面板亮度及色度資料。
- d. 每隔5分鐘記錄一次，直至點亮3小時為止。

- (2) 背板表面溫度量測 (模組背面)

◎量測儀器：Yokogawa DX2000溫度記錄器

◎量測方式：

- a. 量測分佈點共25點如圖3-13所示，將熱電偶線貼附固定於各量測點。
- b. 將模組垂直固定於量測平台上。
- c. 自模組啟動0分鐘起開始量測並記錄模組背板溫度資料。
- d. 每隔5分鐘記錄一次，直至點亮3小時為止。

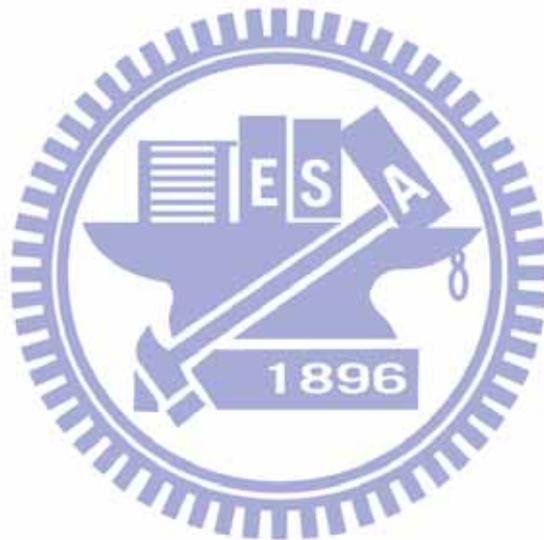
- (3) 發光腔內溫度量測 (模組內部)

◎量測儀器：溫度記錄器

◎量測方式：

- a. 量測分佈點共2點如圖2-4所示，將熱電偶線貼附固定於各量測點。
- b. 將模組垂直固定於量測平台上。

- c. 自模組啟動0分鐘起開始量測並記錄模組內部溫度資料。
- d. 每隔5分鐘記錄一次，直至點亮3小時為止。



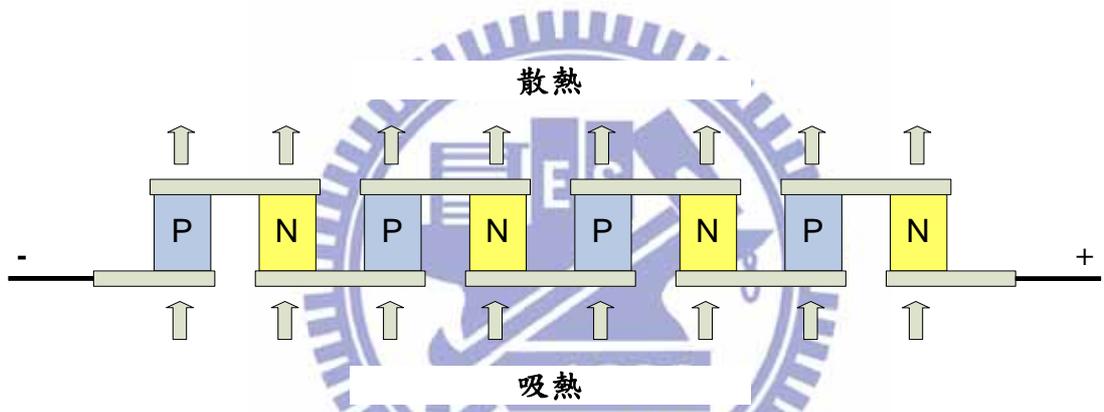


圖 3-1 熱電致冷器動作示意圖

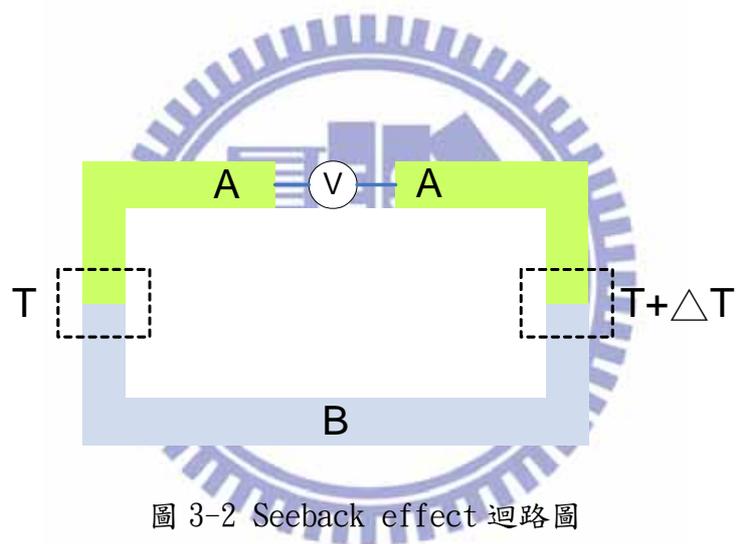


圖 3-2 Seeback effect 迴路圖

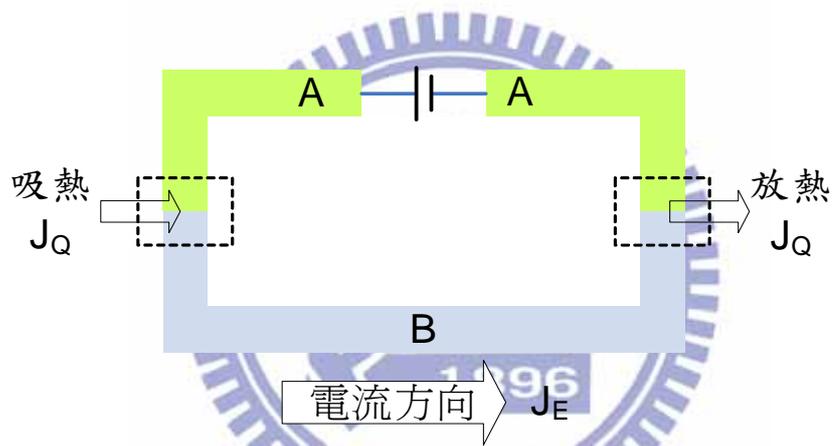
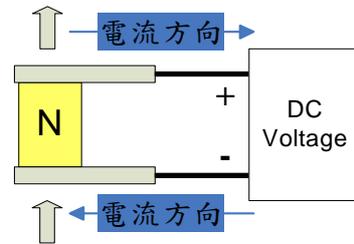


圖 3-3 Peltier effect 迴路圖

散熱

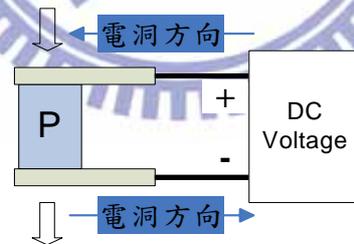


吸熱

圖 3-4 N 型半導體之 Peltier effect



吸熱



散熱

圖 3-5 P 型半導體之 Peltier effect

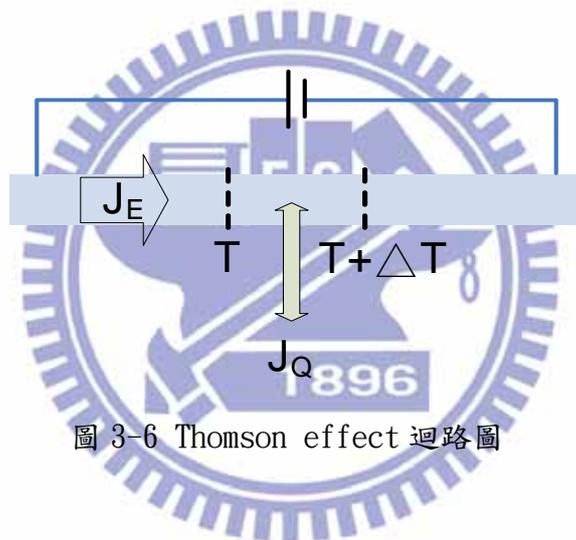


圖 3-6 Thomson effect 迴路圖

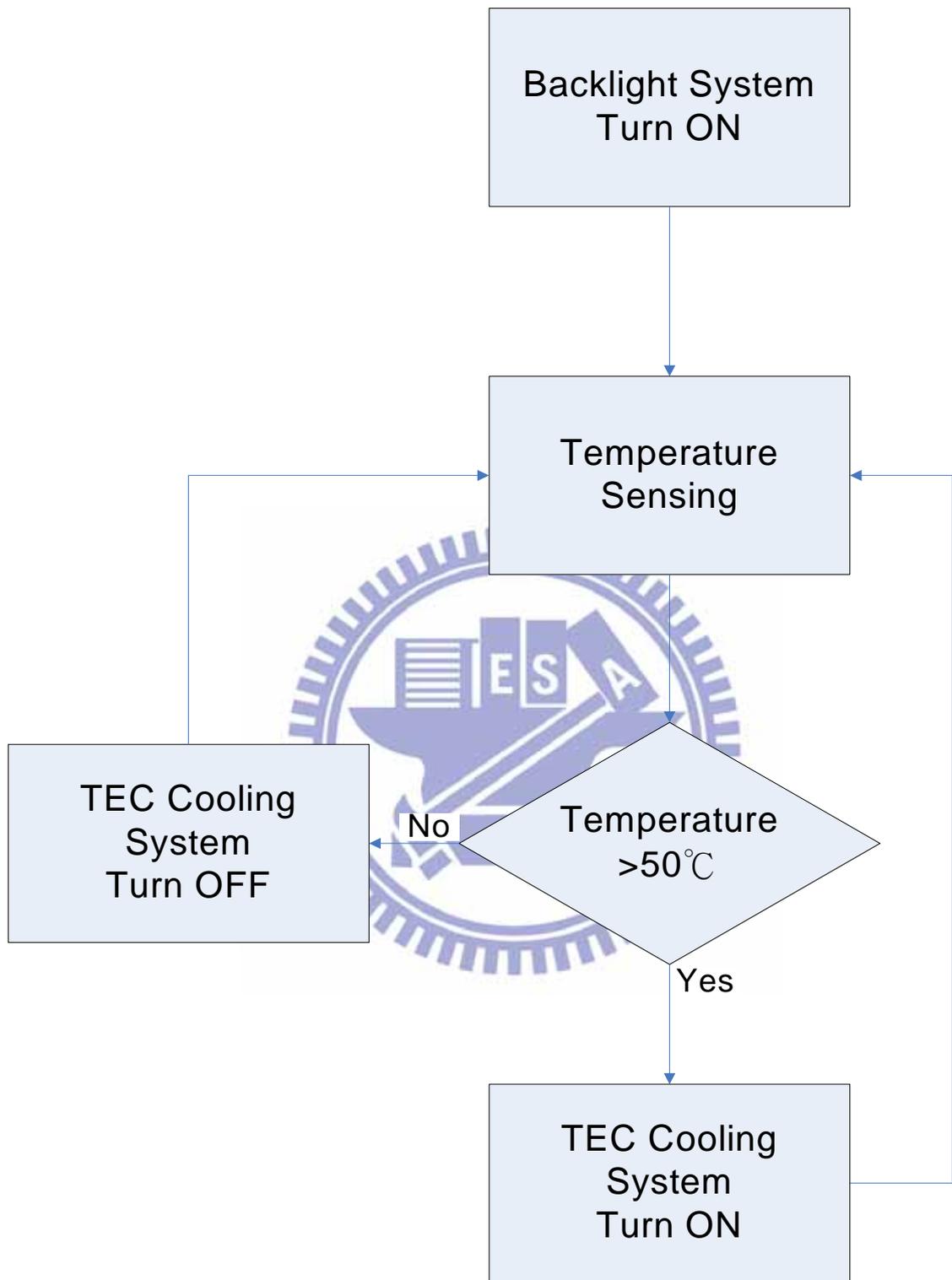


圖 3-7 系統控制流程圖

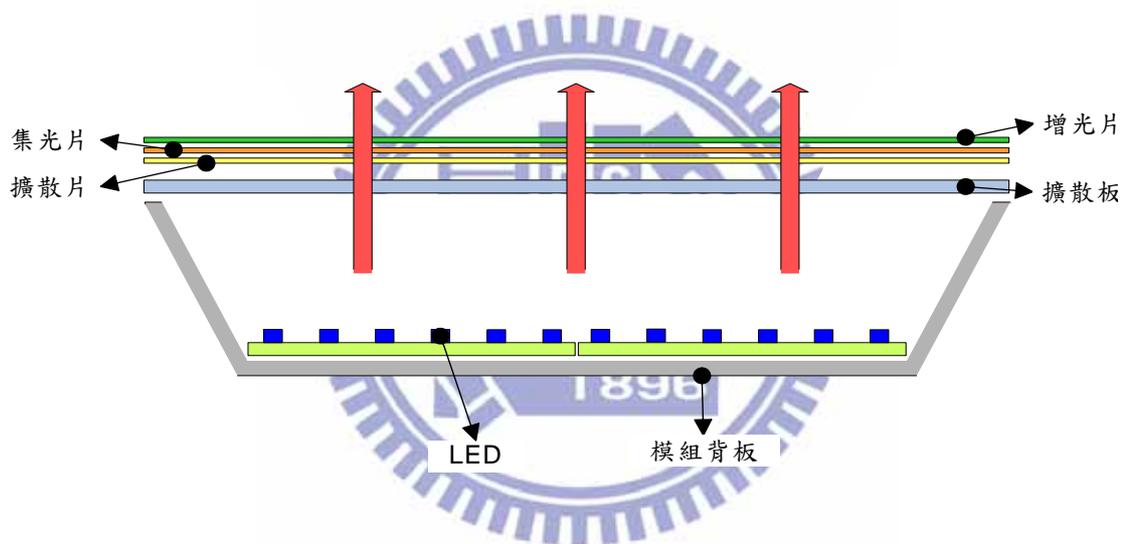


圖 3-8 實驗模組示意圖

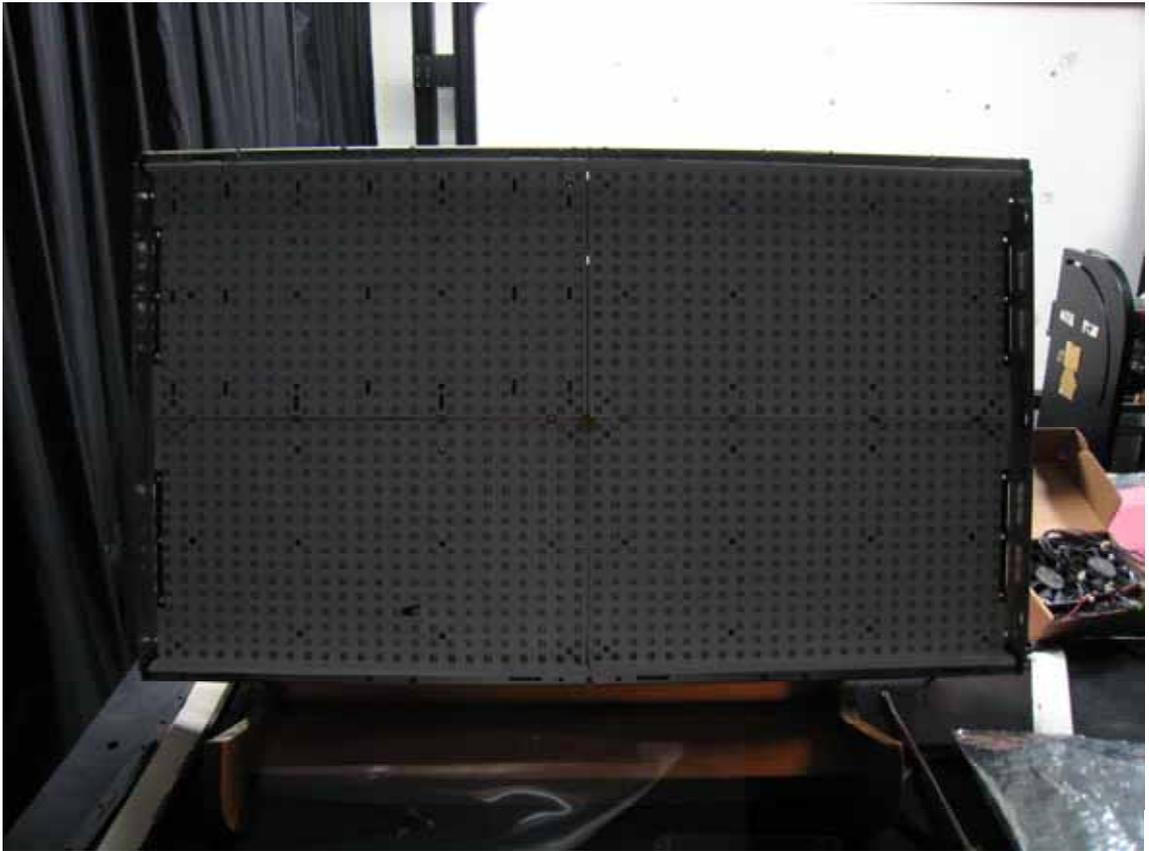


圖 3-9 背光模組實物圖

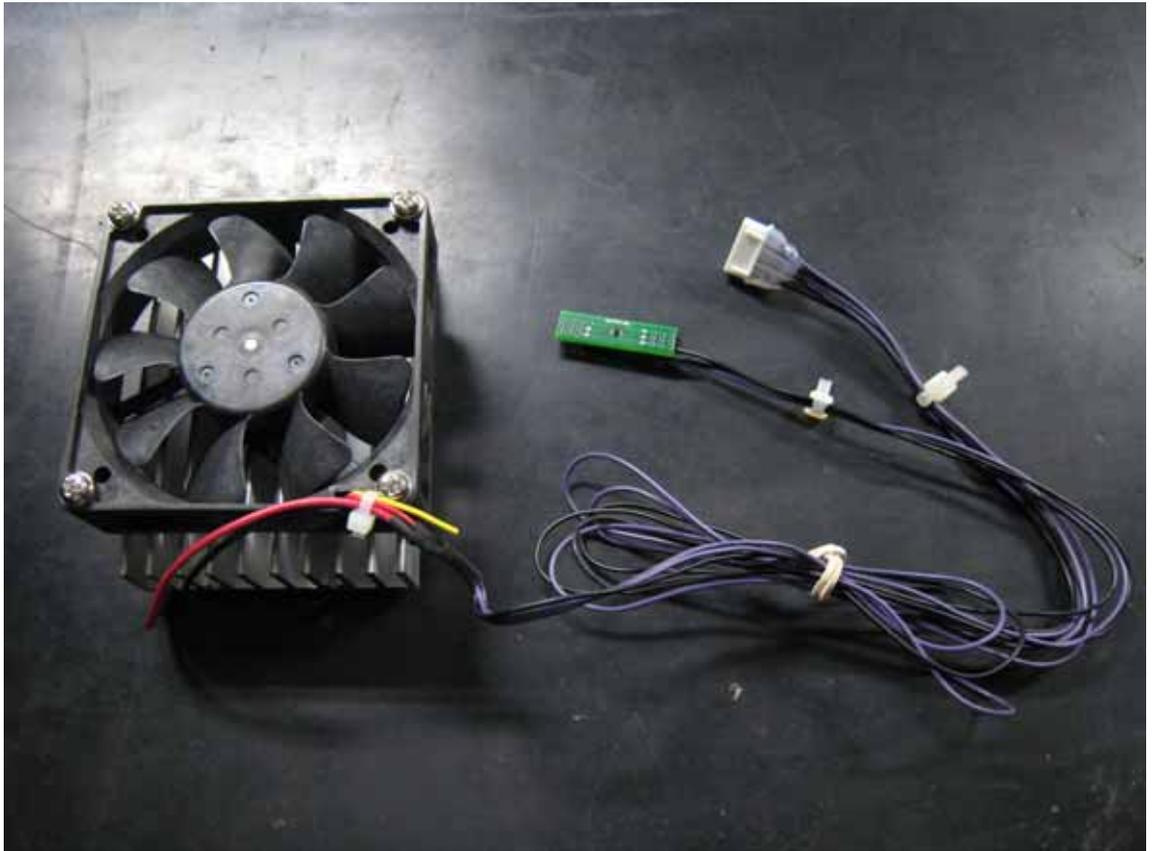


圖 3-10 TEC Module 實物圖

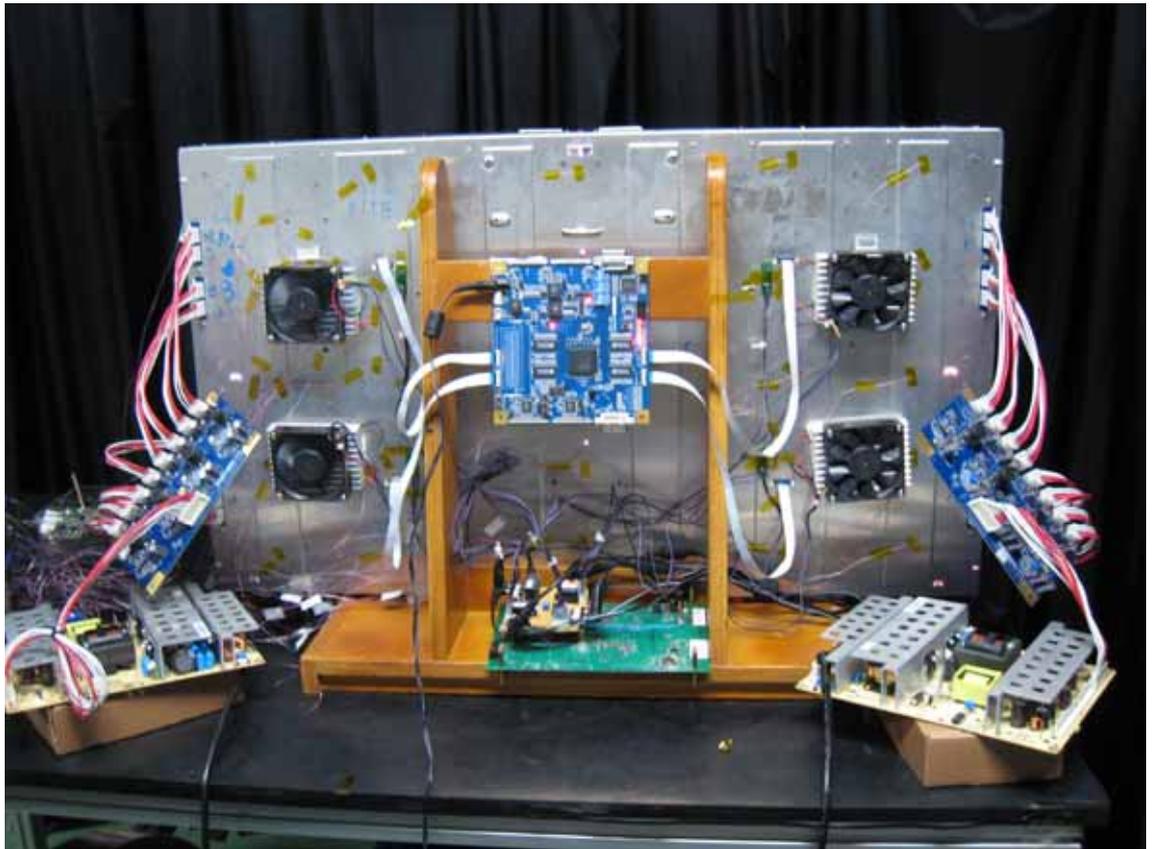


圖 3-11 實驗模組組合圖

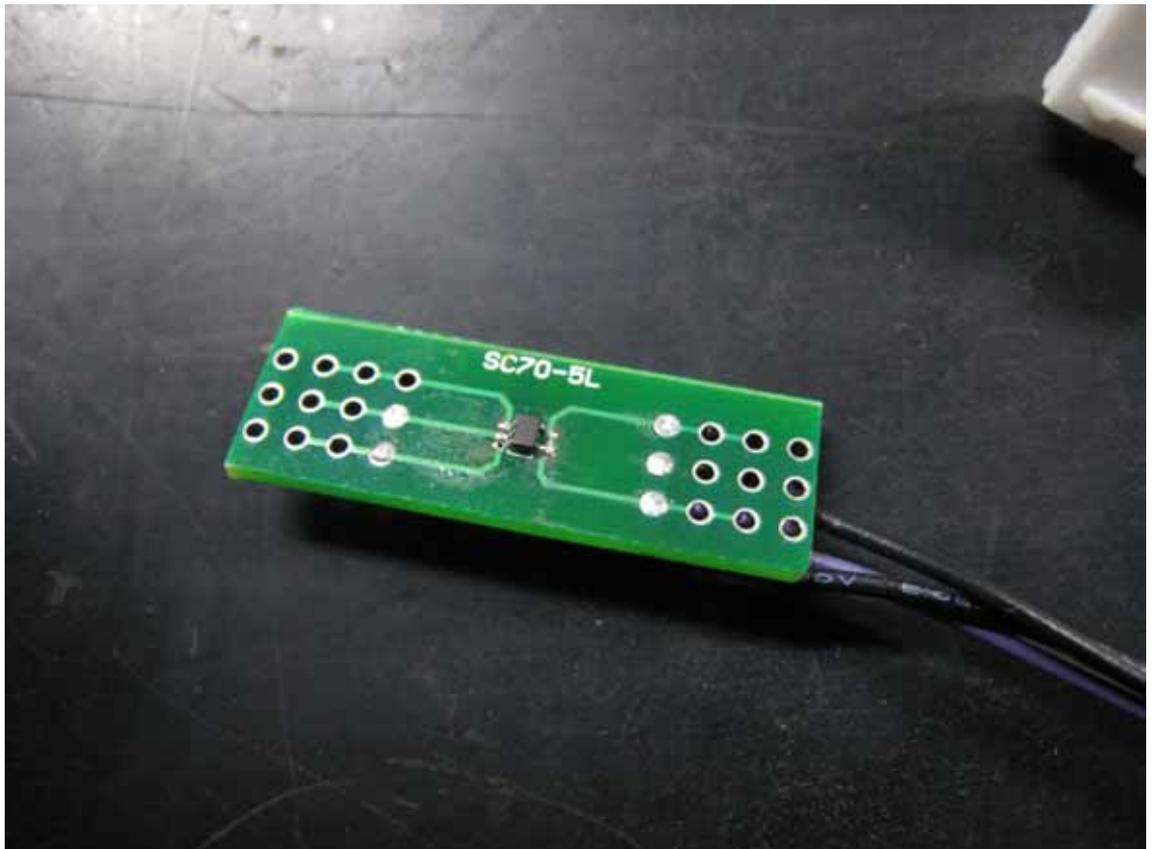


圖 3-12 溫度偵測電路板實物圖

模組背面

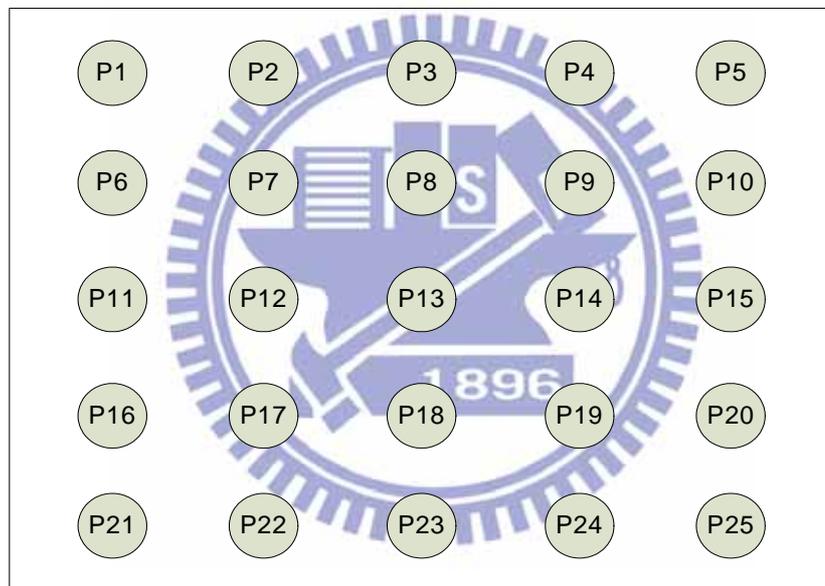


圖 3-13 模組溫度量測分佈點示意圖

第四章 結果與討論

4.1 TEC 散熱系統對面板亮度色度影響之實驗結果

◎量測數據：

0 分鐘時量測模組中心亮度值為 555.1 nits，色度為 $x0.3011$ ；
 $y0.2982$ ，180 分鐘後模組中心亮度值為 497.2 nits，色度為 $x0.2886$ ；
 $y0.2958$ ，詳細數據如表 4-1，趨勢圖如圖 4-1。

◎解析：

- 初始亮度為 555.1 nits，符合標準模組規格 500 nits。
- 3 小時後亮度衰減 10.43%，亮度略低於規格，色度 x 及 y 均產生偏移，但均仍在規格範圍內，詳細比較數據如表 4-2。
- 模組持續點亮至 40~50 分鐘左右各項數值趨於穩定。

◎結果說明：

使用 TEC 散熱系統之背光模組點亮 3 小時後進行量測，模組中央點亮度明顯較未使用前提昇，顯見亮度衰減的情形已獲得改善，3 小時後之亮度值由原先 460.8 nits 提高為 497.2 nits，衰減比例也由原先衰減 17.36% 降低為衰減 10.43%；色度 x 座標由 0.3011 偏移至 0.2886，偏移量為 -0.0125，色度 y 座標由 0.2982 偏移至 0.2958，偏移量為 -0.0024。同時各數值於 40~50 分鐘即趨於穩定，相較於原先的 80~90 分鐘，模組達到平衡狀態的時間縮短了 50%。由此比較結果可以看出使用 TEC 散熱系統明顯使得整體模組光學特性獲得提昇，趨勢比較圖如圖 4-2。

4.2 TEC 散熱系統對背光模組溫度影響之實驗結果

◎量測數據：

0 分鐘時量測模組背面 9 點溫度均與室溫相近約為 23°C，180 分鐘後最高溫度發生於模組中央第 5 點，溫度值為 55.1°C，詳細數據如表 4-3，趨勢圖如圖 4-3。

◎解析：

- 最高溫度為 55.1°C，發生於模組中央 P5 點。
- 模組持續點亮至 40~50 分鐘左右各點溫度趨於穩定。
- 各點溫昇趨勢相同，平衡後溫度溫差為 11.9°C。
- 模組中線垂直區域平衡溫度高於模組兩側，由於 TEC 散熱模組擺放位置較偏外側所導致。

◎結果說明：

使用 TEC 散熱系統之背光模組點亮 3 小時後進行量測，模組最高溫度明顯較未使用前降低，其發生位置同樣位於模組中央點，但溫度量測值已由原先的 73.3°C 下降為 55.1°C，顯見 TEC 散熱系統已發揮其溫度控制之效果，趨勢比較圖如圖 4-4。但系統原始設定為模組超過 50°C 立即開啟 TEC 散熱系統以輔助背光模組進行散熱，目的是將模組溫度控制在 50°C 以下，但此量測結果已超過目標溫度，其原因為所搭配的 4 組 TEC Module 及其溫度監控點均設置在較偏模組外側的位置如圖 4-5 所示，因此當溫度監控點偵測到該點溫度高於設定溫度時，啟動 TEC 散熱系統，溫度監控點因距離 TEC Module 較近，會先達到冷卻降溫效果，但模組中央點因距離較遠，因此溫度下降的速度會不及溫度監控點，但是當溫度監控點偵測到該點溫度已低於設定溫度時，會立即關閉 TEC 散熱系統，此時模組中央點仍尚未達到充分冷卻散熱，也因此造成模組中央點溫度雖然最後仍趨於平衡，但溫度始終略高於設定溫度。

各點溫度於 40~50 分鐘即趨於穩定，相較於原先的 80~90 分鐘，模組達到平衡狀態的時間縮短了 50%。與面板亮度及色度量測結果趨勢相同，因此可以確知模組溫度的穩定致使模組光學特性亦同時穩定下來，亦可證明當背光模組溫度可以被控制時，亦等於模組各項特性可同時被控制。

4.3 TEC 散熱系統對背光內部溫度影響之實驗結果

◎量測數據：

0 分鐘時量測發光腔內溫度為 23°C，180 分鐘後上方量測點溫度已上升至 55.7°C，下方量測點溫度則上升至 51.7°C，詳細數據如表 4-4，趨勢圖如圖 4-6。

◎解析：

- a. 最高溫度為 55.7°C，發生於模組上緣 P_{top} 點，與相對應之背板 P2 點溫度 52.2°C 相較，更高出 3.5°C，此結果應為發光腔內屬密閉空間，熱對流不易會造成熱量累積；而背板雖與熱源之 LED 電路板直接以螺絲鎖附貼合接觸，但其與環境大氣接觸，透過自然對流可將熱量帶出，且散熱面積大，因此平衡溫度較發光腔內為低。
- b. 發光腔內最高溫度 55.7°C 尚未超過面板溫度規格 70°C，持續點亮應可確保與面板貼合之下偏光板膠性不會產生剝離現象。
- c. 模組持續點亮至 40~50 分鐘發光腔內溫度趨於穩定。

◎結果說明：

使用 TEC 散熱系統之背光模組點亮 3 小時後進行量測，模組內部最高溫度亦明顯較未使用前降低，模組上緣量測點溫度由原先的 73.6°C 下降為 55.7°C，模組下緣量測點溫度由原先的 61°C 下降為 51.7°C，趨勢比較圖如圖 4-7。

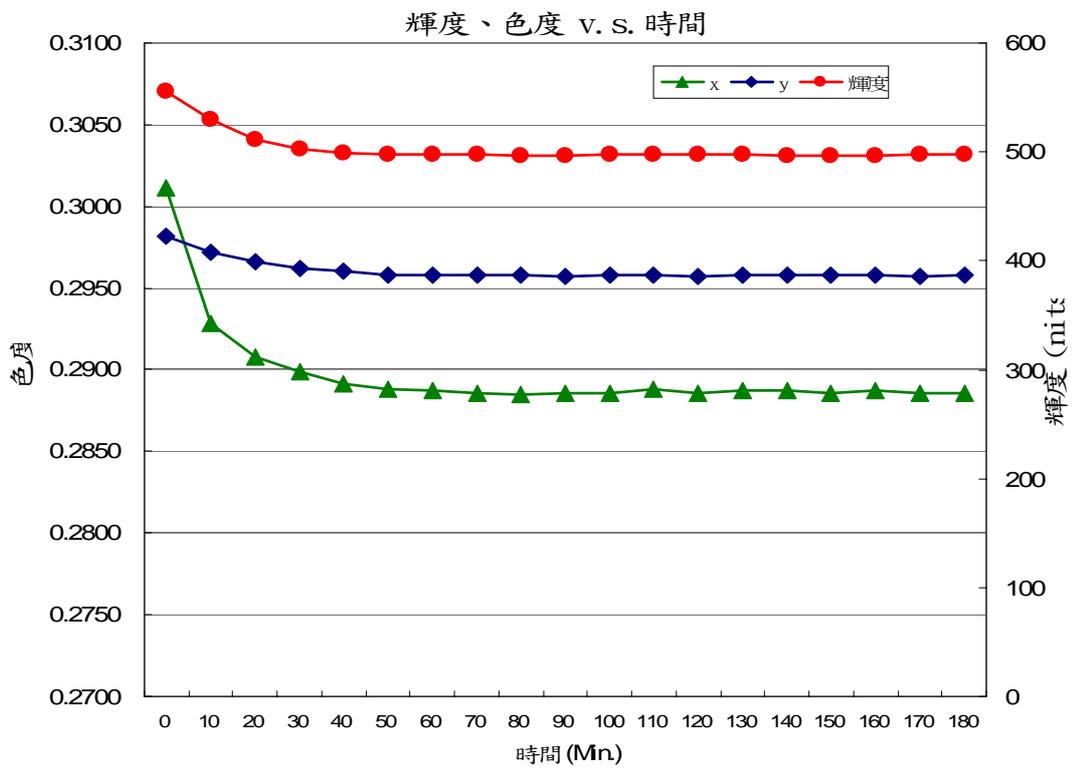


圖 4-1 面板亮度色度趨勢圖

亮度、溫度 v. s. 時間

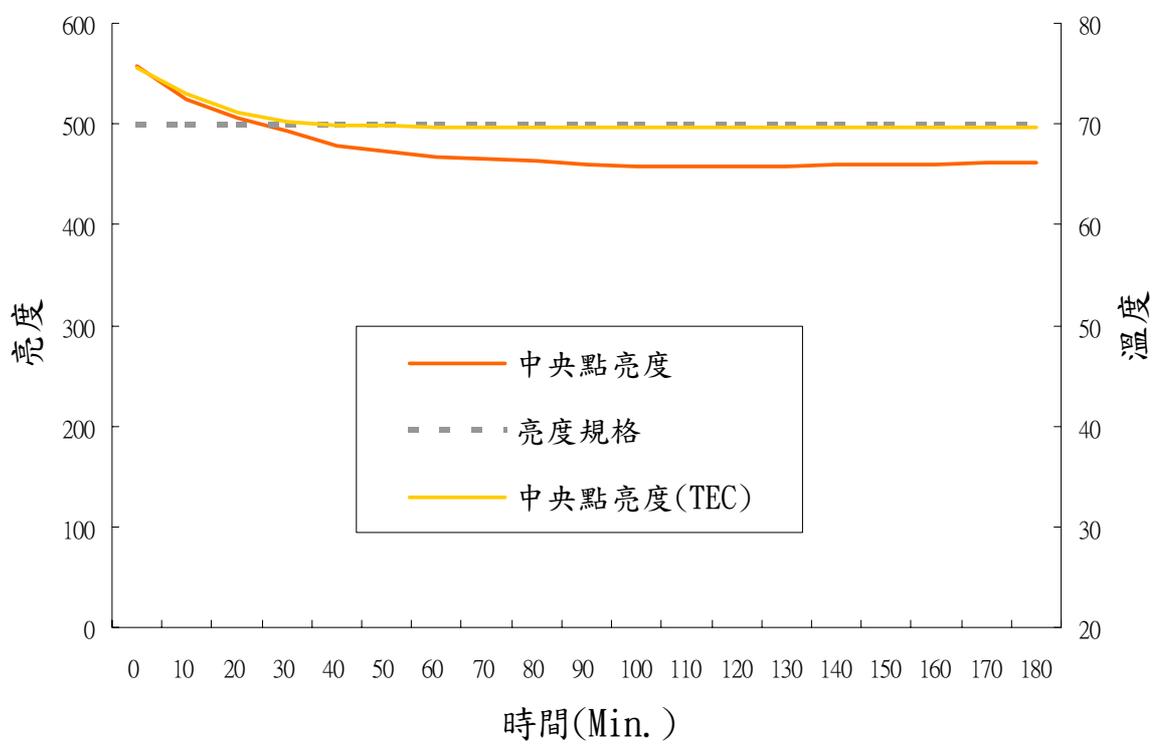


圖 4-2 模組中央點亮度比較圖

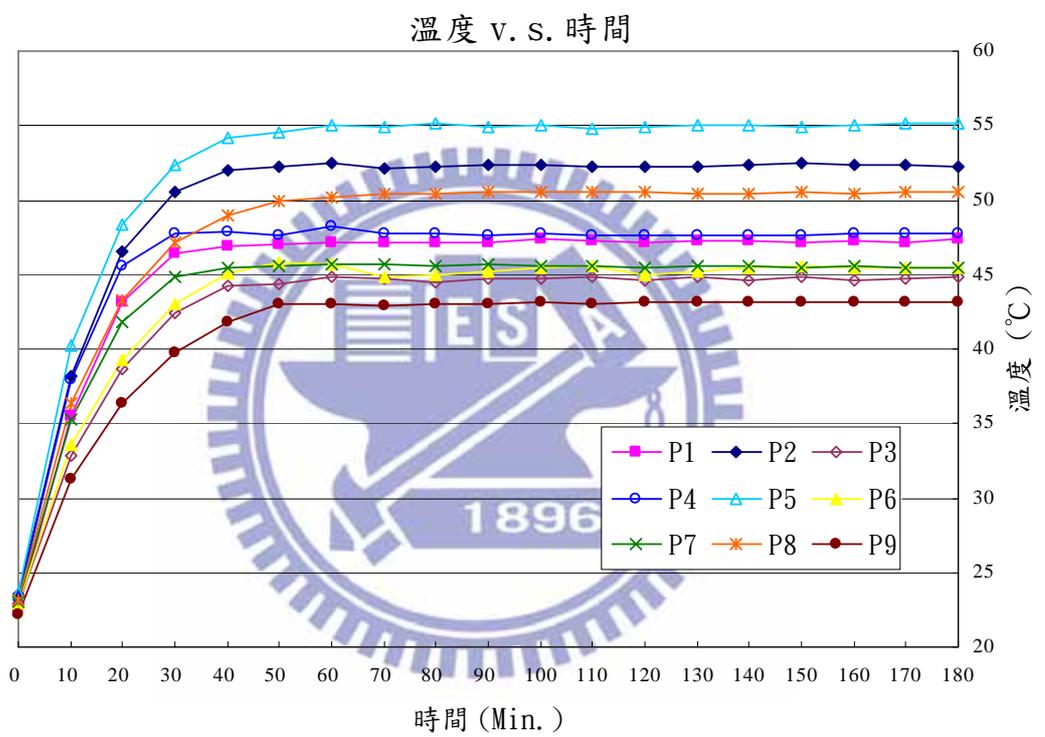


圖 4-3 模組背板溫度趨勢圖

亮度、溫度 V. S. 時間

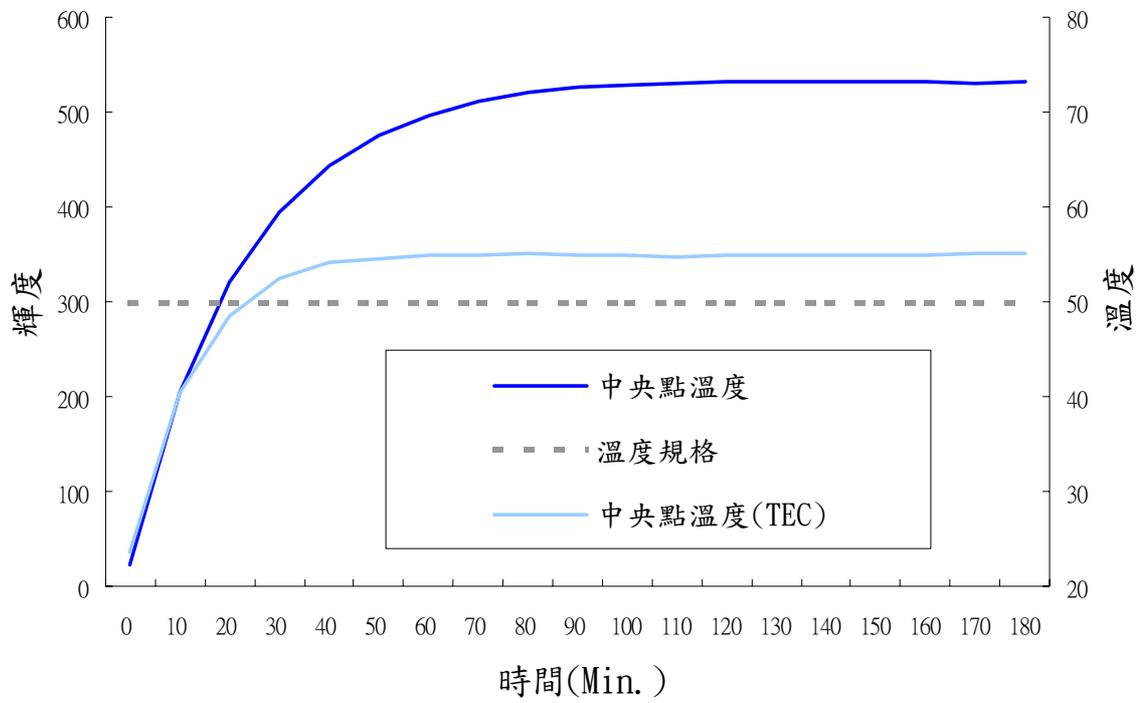


圖 4-4 模組中央點溫度比較圖

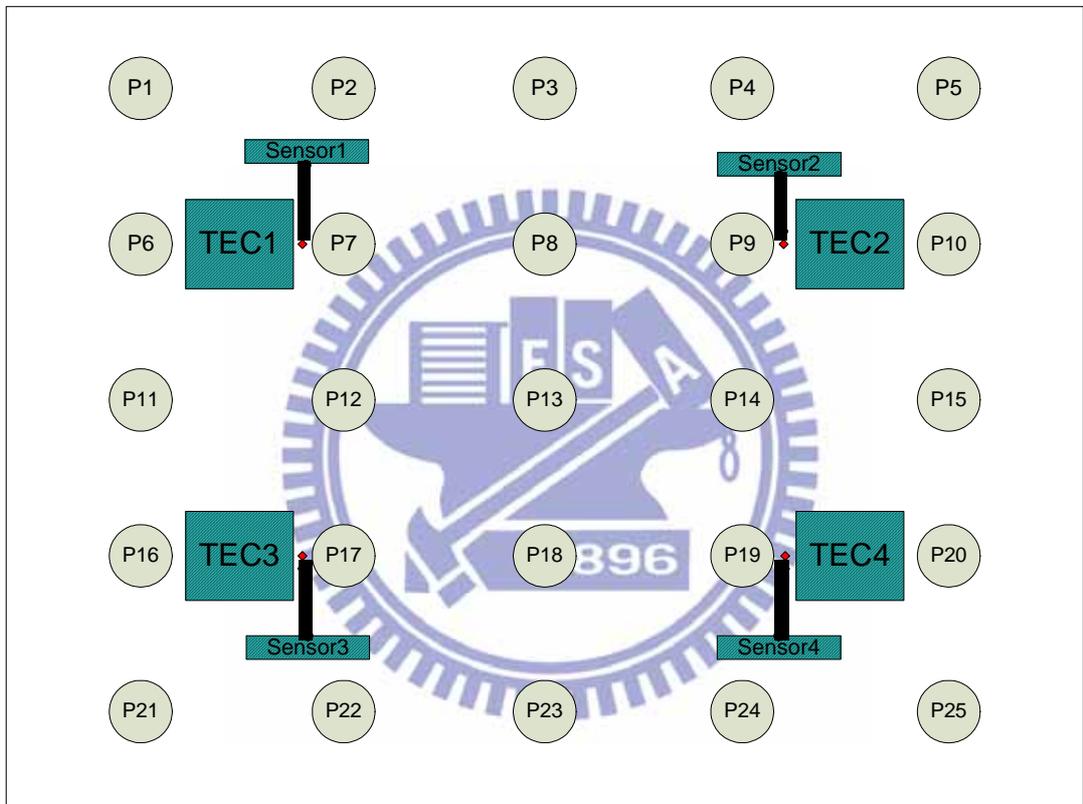


圖 4-5 TEC Module 及溫度監控點位置圖

溫度 v. s. 時間

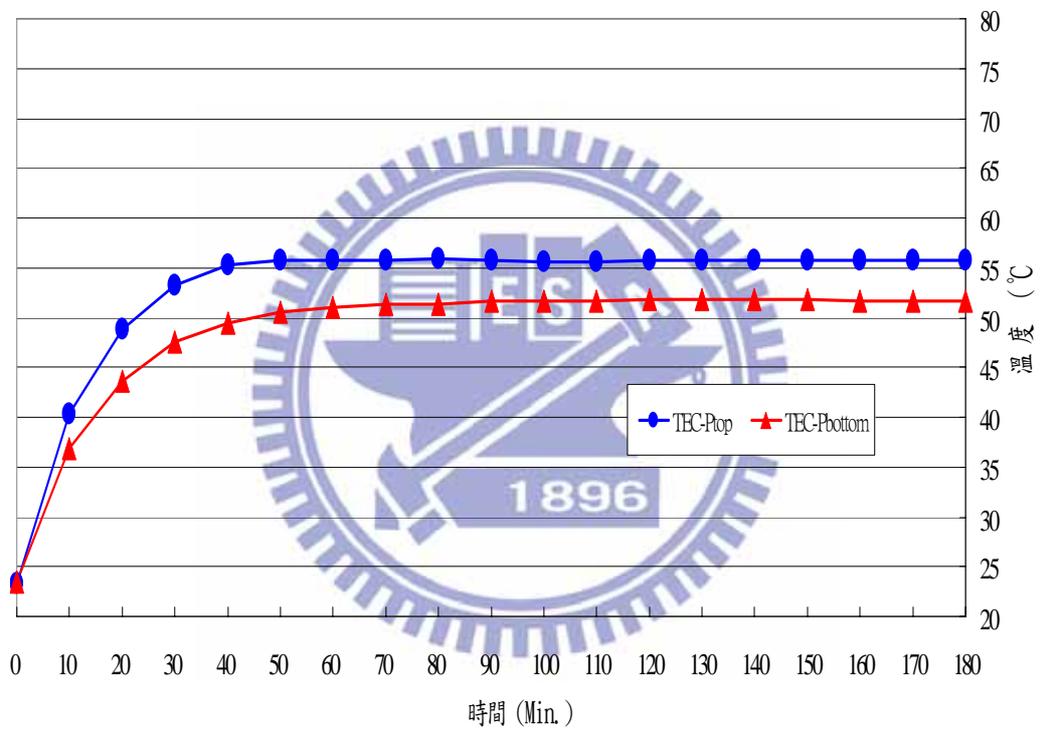


圖 4-6 模組發光腔內溫度趨勢圖

溫度 v. s. 時間

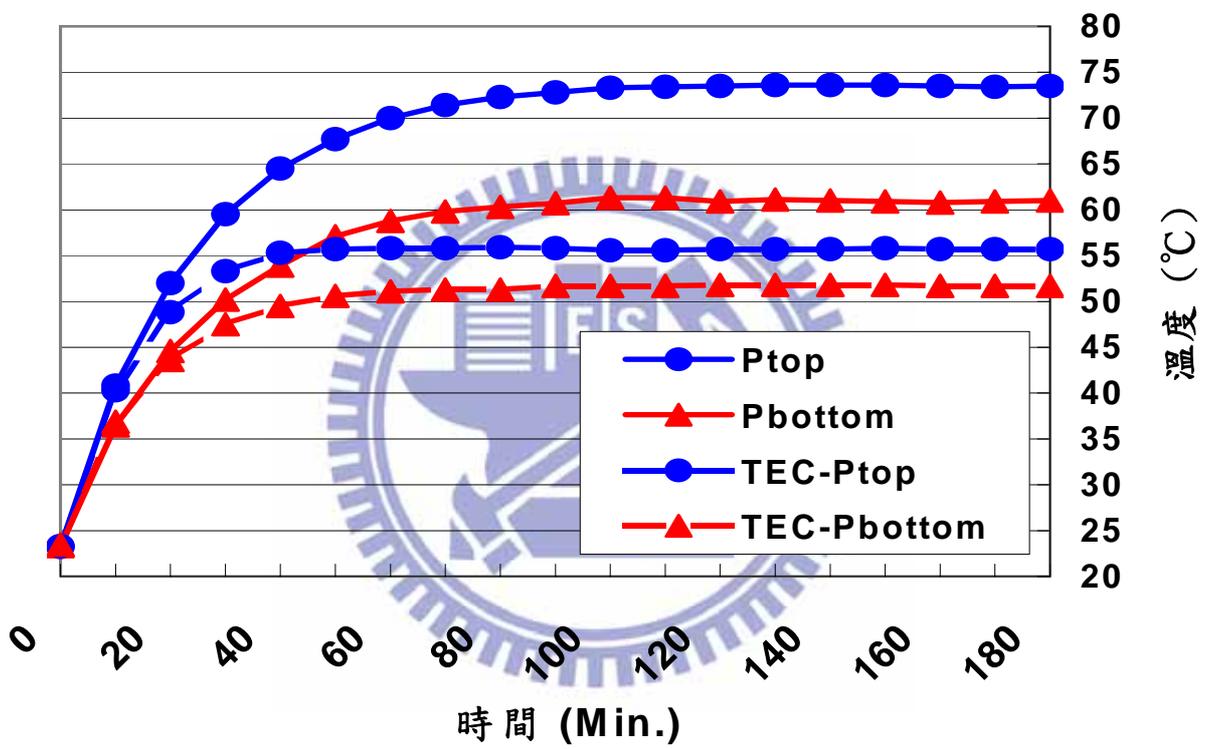


圖 4-7 模組發光腔內溫度比較圖

表 4-1 模組亮度色度量測數據

時間	色度 x	色度 y	亮度
0	0.3011	0.2982	555.1
10	0.2928	0.2972	529.2
20	0.2908	0.2966	511.8
30	0.2899	0.2962	502.2
40	0.2891	0.2960	498.6
50	0.2888	0.2958	498
60	0.2887	0.2958	497.2
70	0.2886	0.2958	497.4
80	0.2885	0.2958	497
90	0.2886	0.2957	497.1
100	0.2886	0.2958	497.3
110	0.2888	0.2958	497.2
120	0.2886	0.2957	497.3
130	0.2887	0.2958	497.2
140	0.2887	0.2958	497
150	0.2886	0.2958	497.1
160	0.2887	0.2958	497.1
170	0.2886	0.2957	497.3
180	0.2886	0.2958	497.2



表 4-2 模組亮度色度衰減比較表

時間	色度 x	色度 y	亮度
規格	0.303	0.297	500
公差	±0.015	±0.015	500(Min.)
0分	0.3011	0.2982	555.1
180分	0.2886	0.2958	497.2
差距	-0.0125	-0.0024	-57.9
%	---	---	-10.43%

表 4-3 模組背板表面溫度量測數據

時間	量測位置								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
0	22.6	23.5	22.9	23.3	23.6	22.9	23.0	23.2	22.2
10	35.5	38.2	32.9	37.9	40.3	33.6	35.3	36.4	31.3
20	43.1	46.5	38.7	45.6	48.4	39.3	41.8	43.3	36.4
30	46.4	50.5	42.4	47.7	52.4	43.0	44.8	47.1	39.7
40	46.9	52.0	44.3	47.9	54.2	45.1	45.5	49.0	41.8
50	47.0	52.2	44.4	47.6	54.6	45.8	45.6	49.9	43.0
60	47.2	52.5	44.8	48.2	55.0	45.7	45.7	50.2	43.0
70	47.1	52.1	44.7	47.7	54.9	44.9	45.7	50.4	42.9
80	47.2	52.2	44.5	47.8	55.1	45.0	45.6	50.4	43.0
90	47.2	52.4	44.7	47.6	54.9	45.2	45.7	50.5	43.0
100	47.4	52.4	44.7	47.7	55.0	45.5	45.6	50.5	43.1
110	47.3	52.3	44.8	47.6	54.8	45.6	45.6	50.5	43.0
120	47.2	52.2	44.6	47.6	54.9	45.0	45.5	50.5	43.1
130	47.3	52.3	44.8	47.6	55.0	45.2	45.6	50.4	43.1
140	47.3	52.4	44.6	47.6	55.0	45.4	45.6	50.4	43.1
150	47.2	52.5	44.8	47.6	54.9	45.6	45.5	50.5	43.1
160	47.3	52.4	44.6	47.7	55.0	45.5	45.6	50.4	43.1
170	47.2	52.4	44.7	47.7	55.1	45.5	45.5	50.5	43.1
180	47.4	52.2	44.8	47.7	55.1	45.4	45.5	50.5	43.2

表 4-4 模組發光腔內溫度量測數據

時間	量測位置	
	P _{top}	P _{bottom}
0	23.3	23.5
10	40.3	36.9
20	48.8	43.6
30	53.3	47.5
40	55.3	49.5
50	55.7	50.6
60	55.8	51.1
70	55.8	51.3
80	55.9	51.3
90	55.8	51.7
100	55.6	51.7
110	55.6	51.7
120	55.7	51.8
130	55.7	51.8
140	55.7	51.8
150	55.8	51.8
160	55.7	51.7
170	55.7	51.7
180	55.7	51.7

第五章 結論

目前業界對於 LED TV 之散熱研究，大部分均朝向以強制對流方式增加風扇和散熱鰭片，以及減少 LED 使用數量用以降低發熱來源的方式來作為散熱設計基礎，本文研究則利用致冷器致冷原理設計之散熱模組，來達到控制背光模組溫度的效果。由本研究之實驗結果可知，本文所提出之散熱設計對於 LED TV 的效能確實有所提升，並使得背光模組的溫度可以依照設計需求而被控制，此設計對於 LED TV 以及 LED 在長時間使用下之壽命將會更有保障，本文實驗之結果希望可以做為日後廠商針對 LED TV 散熱設計之參考。

5.1 結論

綜合前一章節之實驗結果，可得到以下結論：

- (1) LED 特性對於溫度極為敏感，LED TV 背光模組以 TEC Module 輔助散熱，可以得到明顯的效能提升。
- (2) LED TV 背光模組亮度不均的因素有很多，模組溫度分布不均也是其中一項影響原因，經 TEC Module 輔助散熱後，LED TV 背光模組溫度不均的情形已獲得改善，此結果將使得亮度不均的問題更單純。
- (3) LED TV 背光模組面積大，TEC Module 的數量及位置的設計對於散熱效果影響極大且直接。
- (4) 以 TEC Module 冷卻大面積熱源時，雖可提供迅速的散熱，但因 TEC 本身面積小，因此面熱源本身的热傳效率是否可將熱能迅速傳遞至 TEC Module 處進行散熱，亦會影響整體散熱效果。
- (5) TEC Module 的溫度控制系統可使模組各量測點溫度得已被控制，此結果將使得 LED 的壽命可確實受到保障。

(6) TEC Module 需額外增加能量消耗，欲將 LED TV 背光模組溫度控制在越低的狀態，使 LED 有更理想的操作環境進而有更好的特性表現，則必須付出更大的能量消耗，因此在得失之間必須有所衡量。

5.2 建議

由於本論文僅探討增加 TEC Module 對於 LED TV 背光模組特性之影響及量測其溫度控制效果，並無針對 TEC Module 之操作效率進行完整分析及最佳化設計，因此對於 TEC Module 所衍生的消耗功率無法估算並加以比較，建議往後研究的方向可以針對 TEC Module 本身的特性做更深入的探討，如擺放位置及數量的設計、溫度控制方式的改善等等，使其可以在最少的消耗功率之下，使 LED TV 背光模組達到最佳的散熱效果。



參考文獻

1. S. K. Lim, "LCD Backlights and Light Sources," ASID06, Asian Symposium on Information Display, TC2 1-I, 2006.
2. Christian Hoephner, "Edge-lighting simplifies LED Backlight Units for Large screen LCD TVs," LED Journal, May/Jun, pp. 22-27, 2008.
3. Nakamura, Shuji, The blue laser diode: GaN based light emitters and lasers, Springer-Verlag, New York, 1997.
4. Toshio Nishida, Tomoyuki Ban, and Naoki Kobayashi, "High-color-rendering light sources consisting of a 350-nm ultraviolet light-emitting diode and three-basal-color phosphors," Applied Physics Letters, Vol. 82, pp3817-3819, 2003.
5. NAKATSUE TAKEHIRO, "The latest trend of standardization of standard color space-IEC61966-2-4 xvYCC," IEIC Technical Report, VOL.105, NO.617, pp29-32, 2006.
6. "CCFL Luminousness Theory," 2008, from Wellypower Website, <http://www.wellypower.com.tw/>
7. Jae-Bum Kim et al, "High-Performance EEFL Backlight System for Large-Sized LCD-TV," SID06, International Display Research Conference, 26.3, 2006.
8. 張德安, 鄭玫玲, 電漿平面顯示器, 全華科技圖書股份有限公司, 2000.
9. K-T. Jung, S. K. Evstropiev, D. H. Jung, "Development

of nano-sized protective layers for flat fluorescent lamps (FFLs),” SID07, International Display Research Conference, 16.4, 2007.

10. Lee, Kong Hoon, Kim, Ook Joong, “Analysis on the cooling performance of the thermoelectric micro-cooler,” International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 50, Issue 9-10, May, pp1982-1992, 2007.
11. Chih Wu, “Analysis of waste-heat thermoelectric power generators” Applied Thermal Engineering, Vol 16, Issue 1, January, pp63-69, 1996.
12. R. Chein, G. Huang, Thermoelectric cooler application in electronic cooling, Applied Thermal Engineering 24, pp2207-2217, 2004.
13. Chen Xiaohang, Lin Bihong, Chen Jincan, “The parametric optimum design of a new combined system of semiconductor thermoelectric devices,” Applied Energy, Vol 83, Issue 7, July, pp681-686, 2006.
14. H. Choi, Sangkook Yun, Kwang-il Whang, “Development of a temperature-controlled car-seat system utilizing thermoelectric device,” Applied Thermal Engineering 27, pp2841 - 2849, 2007.
15. P.M. Mayer, R. J. Ram, “Optimization of heat sink-limited thermoelectric generators,” Applied Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering, Jul, pp143-155, 2006.

16. 王威翔，「散熱器對熱電致冷器之性能影響」，國立交通大學機械工程研究所，碩士論文，2007。

