

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文

液晶模組及元件之強度特性探討



The Study of the Strength Characteristics of LCD
modules and components

研究生：林增宏

指導教授：陳仁浩 教授

中華民國 100 年 8 月

液晶模組及元件之強度特性探討

The Study of the Strength Characteristics of LCD

modules and components

研究生：林增宏

Student：Tseng-Hong Lin

指導教授：陳仁浩

Advisor：Ren-Haw Chen

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文



Submitted to Degree Program of Automation and Precision Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Automation and Precision Engineering

August 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 100 年 8 月

液晶模組及元件之強度特性探討

學生：林增宏

指導教授：陳仁浩

國立交通大學工學院精密與自動化工程學程

摘 要

本研究目的為探討液晶顯示器模組的組成元件之間的相對關係，在固定的有限空間內找出各組成元件的最佳相對關係與組合，使其結構強度達到最佳化設計。

主要從三個方向來探討對液晶顯示器模組結構強度之影響，第一個方向是在模組總厚度不變，研究不同厚度的玻璃與 LGP 之組合；第二個方向是考慮玻璃、LGP 與膠框之間間隙大小；第三個方向是考慮黏合上下玻璃的框膠硬度大小變化。

由模擬的結果得知在液晶顯示器模組總厚度不變的條件下，減少上下玻璃的厚度並增加 LGP 的厚度，可以使模組強度有明顯的改善。

關鍵字：液晶顯示器模組、元件、結構強度。

The Study of the Strength Characteristics of LCD modules and components

Student : Tseng-Hong Lin

Advisors : Ren-Haw Chen

Degree program of Automation and Precision Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT

This study aimed to investigate the relative relationship between the components of LCD module. To find the best combination of relative components in the limited space and to achieve the optimal design of structural strength.



To find the impact of structural strength in three main directions of LCD module. The first direction is to study the different thickness of glass and LGP combination in the same total thickness of the module. The second direction is to consider the gap between the glass, LGP and frame. The third direction is to consider the hardness of tape that bonding the upper and lower glass.

The simulation results show that reducing the thickness of the glass and increase the thickness of LGP can make significant improvements in module strength in the same total thickness of the LCD module.

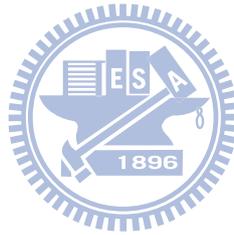
Keywords: LCD, component, structural strength.

致 謝

首先感謝指導教授 陳仁浩老師在研究過程中不斷的給予指導及從旁協助，使得本論文得以順利完成，在此獻上最誠摯的敬意及謝忱。

其次感謝公司主管與同仁在我念研究所期間所給予的支持與鼓勵，讓我可以順利的完成學業。

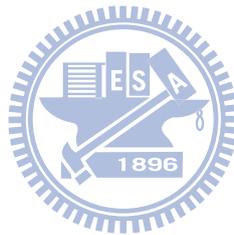
最後感謝我的父母與家人，一直陪伴在我身邊幫我加油打氣，讓我可以堅持到最後，謝謝你們。



目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
致謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機與目的.....	1
1.3 文獻回顧.....	2
1.4 研究方法.....	6
第二章 液晶模組與有限元素法.....	7
2.1 液晶模組之結構.....	7
2.1.1 液晶顯示器.....	7
2.1.2 背光模組.....	8
2.1.3 常用結構強度設計方式.....	11
2.2 有限元素法簡介.....	13
2.2.1 有限元素法的發展歷史與應用.....	13
2.2.2 有限元素法之結構分析.....	15
2.2.3 ANSYS 有限元素軟體.....	16
第三章 液晶模組之強度實驗及數值模擬規劃.....	20
3.1 強度測試方法.....	20
3.1.1 四點彎曲測試.....	20
3.1.2 面壓測試.....	21
3.2 強度實驗設計及數值模擬規劃.....	22
3.2.1 四點彎曲測試.....	22
3.3 數值模擬規劃.....	23
3.3.1 模型建構.....	23
3.3.2 元件材料特性設定.....	25
3.3.3 元件網格分割設定.....	25
3.3.4 元件接觸條件設定.....	26
3.3.5 模型支撐與負載條件設定.....	28
第四章 液晶模組強度模擬結果及實驗檢證.....	30
4.1 模擬結果及其實驗檢證.....	30
4.2 三種條件變化的應力趨勢.....	32
4.2.1 上下液晶玻璃與 LGP 厚度變化的應力趨勢.....	32

4.2.2 元件與膠框間隙變化的應力趨勢.....	33
4.2.3 框膠硬度變化的應力趨勢	35
4.3 三種條件變化的破壞條件與應力趨勢之關係	36
4.3.1 厚度變化之破壞條件與應力趨勢的關係	36
4.3.2 膠框間隙變化破壞條件與應力趨勢的關係	40
4.3.3 玻璃框膠硬度變化破壞條件與應力趨勢的關係.....	44
第五章 結論與後續發展	48
5.1 結論.....	48
5.2 未來發展.....	49
參考文獻	50



表目錄

表 1 ANSYS 支援的材料性質	17
表 2 元件材料特性.....	25
表 3 網格大小.....	26
表 4 各元件接觸條件設定	26
表 5 實驗破片位移.....	30
表 6 模擬與實驗位移值比較表.....	31
表 7 玻璃厚度 0.3mm 之元件應力模擬結果	33
表 8 玻璃厚度 0.2mm 之元件應力模擬結果	33
表 9 玻璃厚度 0.1mm 之元件應力模擬結果	33
表 10 間隙 0mm 元件應力模擬結果	34
表 11 間隙 0.1mm 元件應力模擬結果.....	34
表 12 間隙 0.2mm 元件應力模擬結果.....	34
表 13 框膠硬度 2000MPa 元件應力模擬結果	35
表 14 框膠硬度 4000MPa 元件應力模擬結果	35
表 15 框膠硬度 6000MPa 元件應力模擬結果	35
表 16 荷重 100N 之應力趨勢	39
表 17 荷重 100N 之應力趨勢	39
表 18 荷重 100N 之應力趨勢	42
表 19 荷重 100N 之應力趨勢	43
表 20 荷重 100N 之應力趨勢	46
表 21 荷重 100N 之應力趨勢	47

圖目錄

圖 1	TFT LCD 作動原理示意圖	7
圖 2	側光式結構.....	8
圖 3	直下型結構.....	9
圖 4	中空型結構.....	10
圖 5	背光模組結構示意圖	11
圖 6	植入射出成型示意圖	12
圖 7	hemming 設計示意圖	12
圖 8	四點彎曲測試方法	21
圖 9	面壓測試方法.....	22
圖 10	液晶顯示器模組與測試治工具組合圖.....	23
圖 11	液晶顯示器模組與測試治工具爆炸圖.....	24
圖 12	液晶面板爆炸圖	24
圖 13	元件網格分割圖	25
圖 14	模型支撐條件設定	28
圖 15	模型支撐條件設定	29
圖 16	模型負載條件設定	29
圖 17	模擬與實驗位移曲線比較圖.....	31
圖 18	元件相關位置圖	32
圖 19	間隙位置圖.....	34
圖 20	0.3mm/0.48mm 元件破壞條件與應力趨勢.....	36
圖 21	0.2mm/0.68mm 元件破壞條件與應力趨勢.....	37
圖 22	0.1mm/0.88mm 元件破壞條件與應力趨勢.....	38
圖 23	荷重 100N 之應力趨勢	39
圖 24	間隙 0mm 元件破壞條件與應力趨勢.....	40
圖 25	間隙 0.1mm 元件破壞條件與應力趨勢	41
圖 26	間隙 0.2mm 元件破壞條件與應力趨勢.....	42
圖 27	荷重 100N 之應力趨勢	43
圖 28	框膠硬度 2000MPa 元件破壞條件與應力趨勢.....	44
圖 29	框膠硬度 4000MPa 元件破壞條件與應力趨勢.....	45
圖 30	框膠硬度 6000MPa 元件破壞條件與應力趨勢.....	46
圖 31	荷重 100N 之應力趨勢	47

第一章 緒論

1.1 研究背景

行動電話已經成爲人們日常生活中不可或缺的生活用品，甚至演進成爲多功能的消費性娛樂產品，不僅可以隨時隨地行動上網、收發電子郵件，還可以收看電視、玩遊戲等等。爲了讓消費者在日常生活的使用上不會因爲行動電話掉落、受到衝擊或壓迫而導致產品無法使用，各廠牌業者對於行動電話的信賴性品質要求也越來越高，除了外觀要輕薄短小，還要能夠承受一定程度的受壓、彎曲與撞擊而不會喪失其功能。

因此液晶顯示器模組及其元件的結構強度便是一個很重要的因素，因爲整個行動電話的組成元件中以液晶顯示器模組最容易受到掉落或受到衝擊或壓迫而導致液晶顯示器玻璃破裂失去顯示功能，進而導致行動電話無法使用。故如何在行動電話外型越來越輕薄短小的趨勢下還要能維持一定的結構強度是目前各廠牌業者共同努力的方向。

爲了達成此一目的，各廠牌業者利用不同的實驗或測試方式來驗證並提高產品的可靠度，目前行動電話結構強度測試方式主要有落下測試(Drop test)、鋼球撞擊測試(Ball drop test)、扭曲測試(Torsion test)、面壓測試(Compress test)、滾筒測試(Tumble test)、四點彎曲測試(4 point bending test)···等等強度測試方式。

1.2 研究動機與目的

本研究之動機，即是要探討液晶顯示器模組的組成元件之間的相對關係，在固定的最大有限空間內找出各組成元件的最佳相對關係與

組合，使其結構強度達到最佳化設計，進而使行動電話的外型設計，在符合客戶所要求的結構強度下，挑戰液晶顯示器模組的最低總厚度。

本研究之目的主要從三個方向來探討液晶顯示器模組結構強度之最佳化設計，第一個方向是在模組總厚度不變，研究不同厚度的玻璃與 LGP 之組合對液晶顯示器模組結構強度之影響；第二個方向是考慮玻璃、LGP 與膠框之間間隙大小對液晶顯示器模組結構強度之影響；第三個方向是考慮黏合上下玻璃的框膠硬度大小變化對液晶顯示器模組結構強度之影響，以上研究結果可做為將來設計液晶顯示器模組的參考。

1.3 文獻回顧

張貴琳的“薄型化液晶顯示器模組之強化結構”論文[1]，主要探討利用新的強化製程“植入式射出”，取鐵框的強度與塑膠的成型性，將兩者合而為一發展出輕薄短小且強度堅韌的複合載體，進而提昇液晶顯示器模組的整體強度。南寧漢等人的“折疊式行動電話 LCD 模組於落下測試之有限元素分析”[2]，利用有限元素動態分析尋找手機 COG 破裂發生之原因以及改善方向，可實際幫助工程問題之解決。林茂興的“TFT-LCD 模組導光板衝擊強度之有限元素分析”[3]，通過運用有限元素法的軟體工具讓設計單位可以在模組設計與實際測試中間的灰色地帶，得到釐清的機會。且在不增加設計、開模成本的情形下，多方嘗試、檢討不同的設計方式，建立數據資料庫，提供設計者對 LGP 與其匹配結構的設計方向。陳伯群的“TFT-LCD 掉落模擬分析及驗證研究”論文[4]，為使產品於設計初期，即能評估整體結構於掉落試驗下之衝擊響應，研究中以有限元素法進行數值模擬，並與實驗數據進行比對，獲得有效之分析模型，並建立完整的掉落試驗數值模擬及分析模式。

陳君明的“TFT-LCD 衝擊模擬分析及驗證研究”論文[5]，由 TFT-LCD 模組有限元素分析過程中，發現金屬前框在長邊中間受衝擊時有高應力區現象，和試驗結果變形發生的地方吻合，進而以有限元素分析對此進行設計改善，消除原先高應力區現象。張簡志偉的“以鋼球撞擊試驗評估玻璃面板強度”論文[6]，從實驗及模擬結果得知當鋼球撞擊玻璃面板時，玻璃所產生的應力是最直接的，使用光學高透膜能在鋼球撞擊玻璃面板時，將撞擊力量有效分散以減少玻璃面板的直接撞擊力，使應力產生能大幅降低以達到玻璃面板的保護作用。林冠旭的“LCD Monitor 的落下試驗與模擬分析”論文[7]，則是透過電腦輔助工程的分析，對包裝材料先做模擬分析，再針對實際產品進行落下試驗，了解緩衝材料的變形與受力狀況，最後將落下試驗結果與電腦模擬分析作比較，期能發展出一套試驗與模擬並重的產品包裝設計模式。王志榮的“行動電話之掉落有限元素分析模型研究”論文[8]，以有限元素法為基礎，進行行動電話掉落模擬。針對行動電話模型詳細的研究，考慮其每一個部件做合理省略，經過簡化、修改特徵，並且解決行動電話 3D 模型檔軟體之間轉換，而造成模型破面問題，重新建構行動電話模型，產生有限元素分析模型與分析步驟，模擬等效實際行動電話掉落分析。

劉彥麟的“應用六標準差於中小型尺寸 TFT LCD 面板強度之改善”論文[9]，提到由於手機面板在市場上的產品生命週期，遠比液晶電視用面板來的短，為了吸引客戶，手機的設計必需多樣且多變，故朝向輕、薄、小等方向設計，這也導致 LCD 玻璃要愈做愈薄，例如從早期的 1.1mm 厚度到現今主流的 0.3mm 及 0.2mm 厚度。因手機在使用上經常會不小心掉落或因為太薄放在口袋時壓到而造成破裂，故從 0.4mm 厚度的產品開始，客戶會開始要求玻璃的強度品質。由於上述原因手機變得薄、小且形狀特殊，導致在手機機構設計上有許多的限制，尤其在機構保護 LCD 的能力上變得很薄弱，不僅於此，LCD 的厚度被要求的更薄，而螢幕尺寸設計愈來愈大，從早期 1.5” ~1.8” 到

現今 2" ~3.5"，造成薄化的 LCD 產品在強度上面臨極大的挑戰。本研究以某中小型 TFT LCD 面板廠為例，在市場景氣面臨巨變的環境之下，個案公司運用六標準差 DMAIC 的方法，企圖改善 LCD 彎曲強度，從傾聽客戶聲音並結合公司策略開始，進行各項實驗以及應用統計方法分析，找出重要影響因子並進行優化與控制，最後，監控指標的改善成效以及評估整體的效益。

王炳富的“新型液晶電視與背光模組的探討分析”論文[10]，提到在液晶電視和以冷陰極燈管為光源的直下式背光模組結構中，發現背板的重量占在背光模組、液晶模組與電視機的比率各約為 61%、45%和 20%。另外在直下式背光模組中，燈管與接地的背板間因距離太近，而產生漏電流效應，造成其輝度均齊性較差。我們打破其現行的結構，將有重複功能的組件做一次探討與分析。在新型 37"與新型 42"中，取消背光模組之背板，其功能則由其它組件代替，並改變組裝方式。新型 37"為了擴大減重效果，並將前框左右部分組件取消和使用塑膠組合腳座。在設計新型的液晶電視與背光模組中，因取消背板而有結構弱化，對於新結構是否可符合衝擊、壁掛吊重等測試，則使用 LS-DYNA 有限元素軟體來模擬和搭配經驗值來分析。在整機 PRO-E 3D 設計完成時，並製作模型來進行組裝與實物測試驗證。本研究共設計與製造出新型 37"與新型 42"兩款液晶電視模型，其在重量上約比一般市售同尺寸機種輕 39.6% 和 44%；在厚度上約薄 31.7% 和 24.7%；在輝度均齊性亦有 1.1%和 1.8%的提升，為本文最大成果。

康寧公司所發表的論文“Mirror constant for AMLCD glass”[11]，提出玻璃的破壞應力 S 與斷面的鏡面半徑 R 有下列之關係式：

$$S=A/R^{1/2} \quad (1)$$

並由實驗得出鏡面常數 $A=65.3\pm 0.4\text{MPa mm}^{1/2}$ ，經由此公式即可估算玻璃的破壞應力。黃靖師的“使用埋入射出成形製程對於手機顯示器

模組強度改善之研究”論文[12]，提出將塑膠承載框與金屬背板結合，以增強模組強度，而先以有限元素法模擬確定埋入射出成型之模組強度確實會比傳統組裝式模組強度高，以確認研究之方向正確，再實際以實務製作，也就是金屬背板先以沖壓製作成型及再將金屬背板放進射出成型之模具中，以埋入射出成形技術將兩者結合，接而以 2D 量床量測重點尺寸，確認製作成品之外觀尺寸達到設計規格尺寸公差，後續再以四點彎折治具進行彎折測試，並與傳統組裝方式之模組進行強度之比較，以確認埋入射出成形製程確實會較傳統方式得到較高的模組強度。

Huet, R. and Ming Wu.提出的論文”LCD Display Strength: Why Edge Preparation Matters”[13]指出玻璃邊緣切裂的品質對玻璃的強度有顯著的影響，因為多數破壞的起始點位於玻璃邊緣，本文主要討論不同的玻璃邊緣處理方式與強度之關係。Hu, B. ; Cai, C. ; Dongji Xie ; Boyi Wu 提出的論文”Failure strength study of silicon die and LCD glass by FEA and experiment”[14]指出測量脆性材料的破壞強度一直是一個挑戰，尤其是電子產品常用的液晶玻璃與矽晶片，為了測試他們的強度常使用 3-point bending (3PB) and ball-on-ring (BOR)，由實驗結果發現這兩種測試方法在強度與破壞模式的結果上有很大的差異，一種會裂成許多小塊，另一種則是裂成兩半。Suzuki N.與 Halai T.提出的論文”Study on Glass Strength at High Speed Edge Rounding for LCD”[15]，主要為利用四點彎曲測試研究不同的玻璃邊緣磨削速度與玻璃強度的關係。Chen SC ; Wang HL ; Chen JP and Peng HS 提出的論文”Simulations on structure performance of 3C thin-wall injection-molded parts”[16]，主要利用數值模擬研究 3C 產品在落下試驗時所受的應力大小，並藉由調整外型設計參數來改善產品的結構強度。

1.4 研究方法

本研究採用數值模擬分析並配合四點彎曲試驗結果以執行驗證的方法來進行。數值模擬是使用商用有限元素軟體 ANSYS 分析：

- 1.不同厚度的玻璃與 LGP 組合下的液晶顯示器模組結構強度之變化。
- 2.玻璃、LGP 與膠框之間間隙大小對液晶顯示器模組結構強度之影響。
3. 黏合上下玻璃框膠硬度大小變化對液晶顯示器模組結構強度之影響。

實驗方面則是使用 MAX Intelligent Load Tester, Model: JLC-C1KN 設備進行四點彎曲試驗，試驗方法則是依據 ASTM C-158 標準來進行試驗。



第二章 液晶模組與有限元素法

2.1 液晶模組之結構

2.1.1 液晶顯示器

液晶模組之結構，主要分為液晶顯示器與背光模組，液晶顯示器包含了驅動 IC、上偏光片、彩色濾光片玻璃、液晶層、TFT 玻璃及下偏光片。

液晶模組作動原理如圖 1 所示，利用下偏光片將背光模組產生的光，偏極化為一固定角度的偏極光，再經由液晶的旋光性，將下偏光片產生的偏極光旋轉 90° ，透過上偏光片，使光能穿透液晶顯示器。當施加電壓於上、下透明之氧化銻錫電極(ITO)，液晶將會站立而失去旋光性，則光便無法透過液晶顯示器，如此則能利用電壓的控制，達成控制顯示畫面的需求。

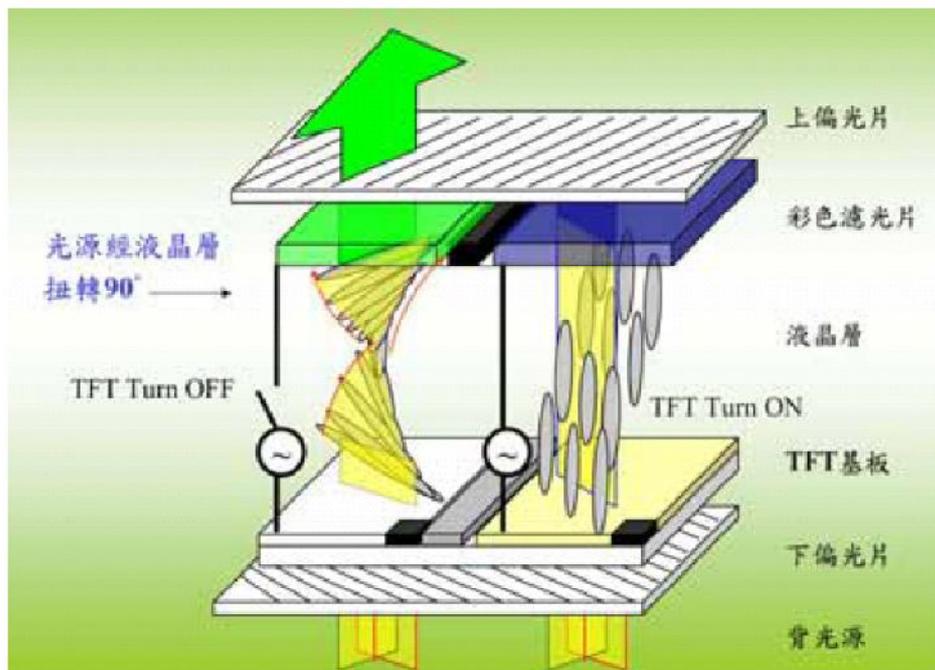


圖 1 TFT LCD 作動原理示意圖[1]

2.1.2 背光模組

一般而言，背光模組可分為前光式(Front light)與背光式(Back light)兩種，而背光式可依其規模的要求，以光源的位置做分類，發展出下列三大結構。

側光式結構(Edge lighting)：發光源為擺在側邊之單支光源，LGP採射出成型無印刷式設計，一般常用於 18 吋以下中小尺寸的背光模組，其側邊入射的光源設計，擁有輕量、薄型、窄框化、低耗電的特色，亦為手機、個人數位助理(PDA)、筆記型電腦的光源，目前亦有大尺寸背光模組採用側光式結構，如圖 2 所示。

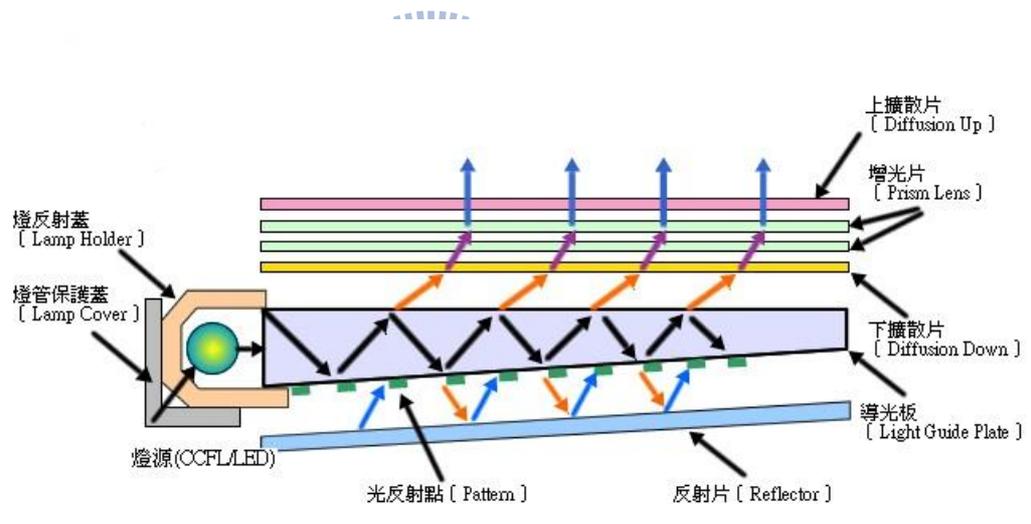


圖 2 側光式結構 [資料來源:瑞儀光電]

直下型結構(Bottom lighting)：超大尺寸的背光模組，側光式結構已經無法在重量、消費電力及亮度上佔有優勢，因此不含 LGP 且光源放置於正下方的直下型結構便被發展出來，光源由自發性光源(例如燈管、發光二極體等)射出藉由反射板反射後，向上經擴散板均勻分散後於正面射出，因安置空間變大，燈管可依 TFT 面板大小使用二至多支燈管，但同時也增加了模組的厚度、重量、耗電量，其優點為高輝度、良好的出光視角、光利用效率高、結構簡易化等，因而適用於對可攜性及空間要求較不挑剔的 LCD monitor 與 LCD TV，其高消費電力(使用冷陰極燈管)，均一性不佳及造成 LCD 發熱等問題仍需要求改善，如圖 3 所示。

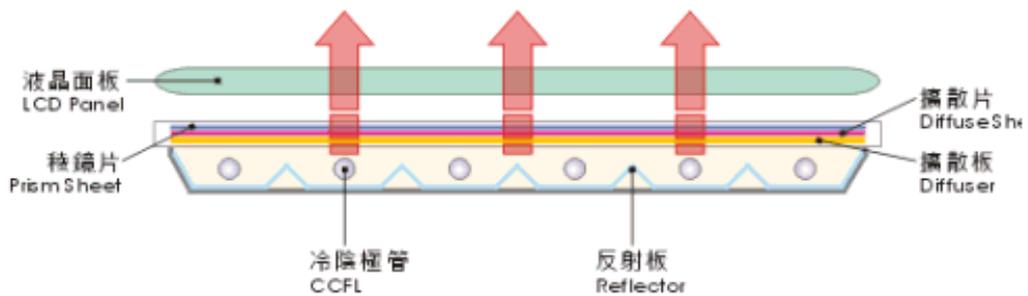


圖 3 直下型結構 [資料來源:大億光電]

中空型結構：隨著影像要求的尺寸增加，LCD 也朝更大尺寸的方向發展，現在這類超大型的 LCD 被拿來當作監視器及壁掛式電視，不僅要求大畫面、高亮度及輕量化，在電器上亦要求高功率下的低熱效應，近年來發展的中空型結構的背光模組，使用熱陰極管作為發光源。此結構以空氣作為光源傳遞的媒介，光源向下被稜鏡片與反射板對方向調整及反射後，一部分向上穿過 LGP 並出射於表面，另一部分因全反射再度進入中空腔直到經折反射作用後穿過 LGP 出射，而向上的光

源或直接進入 LGP 出射，或經一連串反射作用再出射：LGP 的形狀為楔型結構，目的在求均一化的效果，如圖 4 所示。

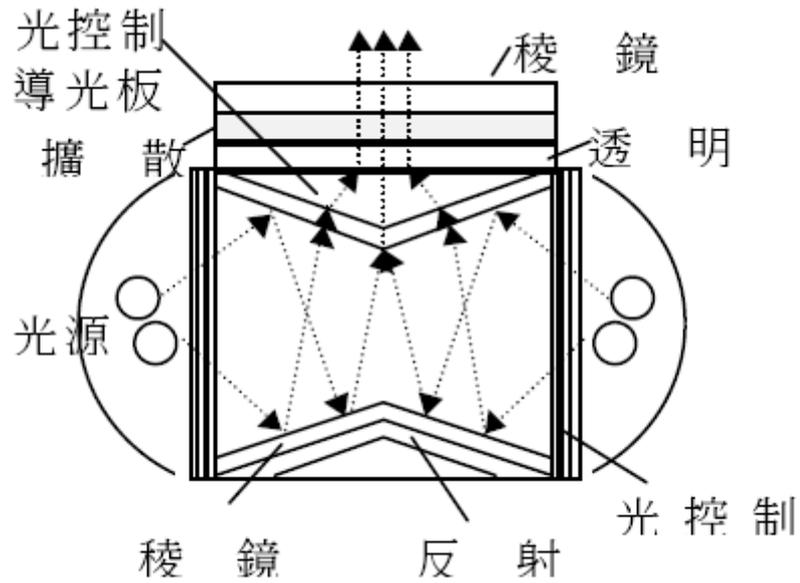


圖 4 中空型結構 [資料來源:LCD Intelligence]

本論文所研究之背光模組為 LED 側光式背光模組，主要包含了鐵殼、膠框、LGP，反射片、擴散片、增光片及 LED 光源。背光模組結構如圖 5 所示，主要功能為提供液晶顯示器一均勻之面光源，並有支撐與保護液晶顯示器之作用。

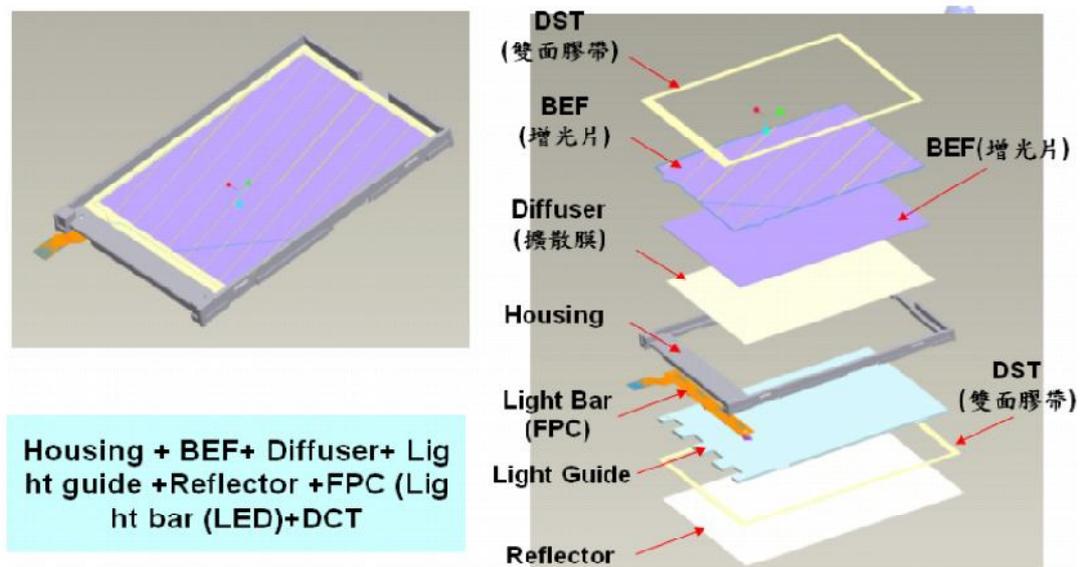


圖 5 背光模組結構示意圖[1]

2.1.3 常用結構強度設計方式

目前常用的結構強度設計方式有兩種，一種為利用鐵殼與膠框做植入射出成型的方式，如圖 6 所示，另一種為鐵殼做 hemming 的設計方式，如圖 7 所示。植入射出成型取鐵框的強度與塑膠的成型性，將兩者合而為一發展出輕薄短小且強度堅韌的複合載體，進而提昇液晶顯示器模組的整體強度，但是此種設計方式為韓國三星公司之專利，故在使用上會有侵權問題產生。

鐵殼做 hemming 的設計是在鐵殼四邊做折邊的金屬沖壓成型製程，此方式對液晶顯示器模組在四點彎曲與落下測試的強度上有很大改善。除了 hemming 的設計之外，一般也建議在鐵殼的四個角做抽引伸的設計，如圖 7 所示並儘可能避免鐵殼破太多的孔以免造成鐵殼整體強度下降。

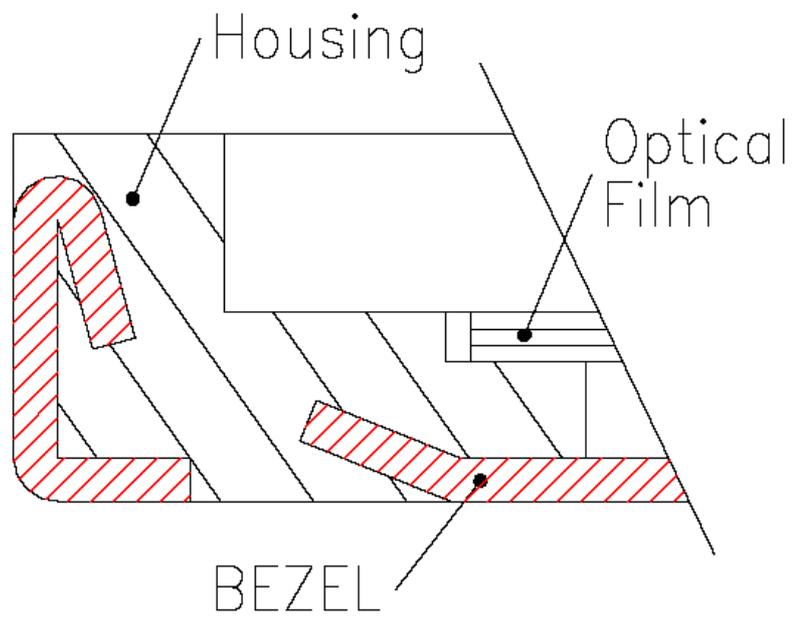


圖 6 植入射出成型示意圖[1]

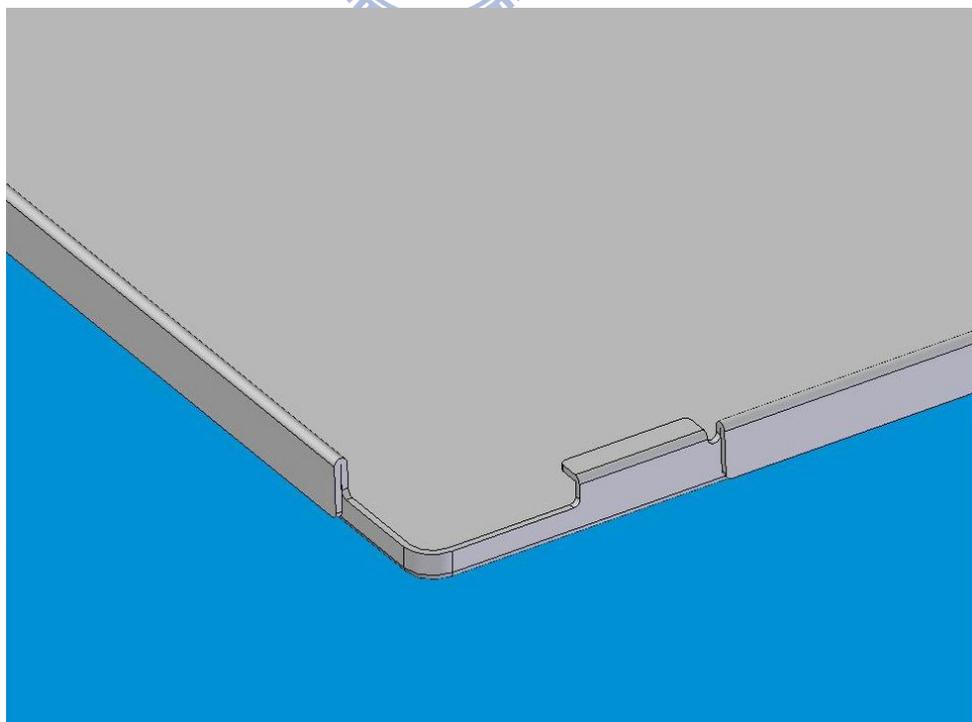


圖 7 hemming 設計示意圖

2.2 有限元素法簡介

2.2.1 有限元素法的發展歷史與應用

有限元素(finite element)一詞最早出現於 1960 年，由學者 Clough 所提出。不過在此名詞創立之前，已有許多研究是使用有限元素的分析概念。最早的研究為 1941 年由 Hrennikoff 所提出的『frame work method』，用來求解彈性力學問題。1943 年 Courant 提出了『piecewise interpolation function』概念，即形狀函數(shape function)。1960 年 Clough 所提出的有限元素概念，是用來求解二維的平面應力問題。從 1941 年到 1960 年代初期，大部分的有限元素理論是應用於許多小位移且線彈性的靜態問題；而非線性的大變形有限元素理論於 1960 年由 Turner 等人提出；材料非線性的有限元素理論則於 1962 年由 Gallagher 等人提出；Zeinkiewicz 等人於 1968 年將有限元素法擴展至黏彈性(viscoelasticity)材料。由 1960 年代末期至 1970 年代初期，許多研究將有限元素法擴展至非線性固體力學的領域，同時，有限元素法的應用範圍，更由結構靜態分析擴展至各個物理領域，包括動力學分析、熱傳分析以及流體力學分析等[15]。

有限元素法是將結構用網格劃分為計算模型的一種結構分析數值方法。經過推廣發展，已成為解數學物理方程的一種近似方法。用結構力學進行飛行器強度計算時，需採用各種簡化和假設，把未知數的數量盡可能地減少。例如，力矩分配法能夠反覆運算計算含有幾個未知數的連續梁和構架，曾是一種較好的計算方法。但對於形狀、邊界條件、載荷條件複雜的結構，結構力學無法進行精確的計算分析。電腦問世後，從事飛行器結構分析的專家致力於尋求一種利用電腦進行結構分析的有效方法。1956 年，美國波音飛機公司的 M.J.等人，為了分析機翼研究出有限元素法。這一方法特別適合於電腦的應用，能對飛行器結構進行大規模的整體分析，也能對形狀複雜的結構如接頭等

進行細節分析。在飛行器結構分析中，無論是靜強度分析、動強度分析、疲勞與斷裂或熱強度分析，都離不開有限元素法。它已成為一種常規的分析方法。

在有限元素法中,用網格將結構劃分為若干小塊,這些小塊稱為有限元素，簡稱有限元。它們可以是三角形、四邊形、四面體、六面體或其他形狀，易於為電腦記錄和鑒別。然後採用分片的連續函數（通常是多項式函數）來描述各元素內的位移場或應力場，並通過每個元素邊界上事先規定的一組節點與周圍元素相連接，保證必要的連續條件。以節點的廣義位移為未知數的稱位移法，未知數為廣義應力的稱力法。兩者兼而有之的是混合法。此外，在元素內假設位移場（或應力場）、而在邊界上假設應力場（或位移場）的稱雜交法。然後應用變分原理得到代數方程組，不同形式的方程組代表不同的結構分析問題。再運用各種數值解法，即可求得所需的結果。例如，用有限元素法作靜力分析，能確定結構的位移和應力；作動力分析則能求出結構的振動頻率和模態等。有限元素法廣泛應用矩陣代數，既緊湊，又易於在電腦上組織計算，實現計算過程標準化，可編制通用的計算程式。

有限元素法已成功地用於“阿波羅”號登月飛船、波音 747 客機等大型複雜的飛行器結構分析。除了線彈性問題外，它在彈塑性、穩定性、大變形、粘彈性、熱應力、蠕變、振動、動力回應、斷裂、疲勞裂紋擴展、溫度場、油箱晃動、雜訊回應和顫振分析等方面的應用都有很大的進展。特別是以有限元素法為基礎的結構分析系統，使分析工作具有很高的效率和可靠性。有限元素法能為新的飛行器設計提供大部分強度資料，為適航性考核和新機驗收提供依據。但對飛行器結構分析中許多複雜的非線性問題、瞬態問題、疲勞和斷裂、結構與其他介質相互作用等邊緣問題還有待進一步研究解決。

2.2.2 有限元素法之結構分析

一般結構之應力與變形分析，可區分為線性(linear)與非線性(nonlinear)兩大類，關於它們的簡易區分方法，可從其變形來觀察。若所施予的力與變形量呈線性關係即為線性；若所施予的力與變形量呈曲線關係即為非線性。

在有限元素分析中，線性與非線性應力分析的數值計算有很大的不同。線性問題只需求解線性聯立方程式，只要條件充分就能得到答案；但非線性問題必須依靠牛頓—拉福森法(Newton—Raphson method)等這類疊代(iteration)方法求解，而疊代方法有所謂的收斂(convergence)與發散(divergence)現象，若在指定的疊代次數內求到方程式的根，便是收斂，否則就是發散，即求不出答案。



常見的非線性有限元素應力分析可分為四類：

1. 幾何非線性(geometric nonlinearity)：指大位移或大轉角問題，這類問題因為位移量或轉角量大，使得結構之應變不再是極小應變，而是非線性的有限應變。
2. 材料非線性(material nonlinearity)：指彈塑性或超彈性分析，這類問題因為應力分析範圍大於降伏強度，使得應力與應變呈曲線關係，便成為材料非線性分析，這和遵循虎克定律之線彈性分析完全不同。

3. 接觸分析(contact analysis)：指剛塑性分析，這類問題為兩物體或多個物體，其邊界互相接觸所形成的力學問題，亦可歸類於狀態改變非線性的一種或可歸類於非線性邊界條件問題。接觸問題常見於許多製程分析，如塑性加工、模具與工件間之接觸問題。
4. 混合的非線性：一個實際的非線性固體力學問題可能同時包含上述三種非線性類型，此種問題即為混合的非線性問題。

2.2.3 ANSYS 有限元素軟體

ANSYS 軟體是融合結構、流體、電磁場、聲場和耦合場分析於一體的大型通用有限元分析軟體。由世界上最大的有限元分析軟體公司之一的美國 ANSYS 公司開發，它能與多數 CAD 軟體介面，實作資料的共享和交換，如 Pro/Engineer, NASTRAN, Alogor, I-DEAS, AutoCAD 等，是現代產品設計中的高階 CAD 工具之一。因此它可應用於以下工業領域：航空太空、汽車工業、生物醫學、橋樑、建築、電子產品、重型機械、微機電系統、運動器械等。

ANSYS 軟體主要包括三個部分：前處理模組，分析計算模組和後處理模組。

1. 前處理模組提供了一個強大的實體建模及網格劃分工具，使用者可以方便地構造有限元素模型。
2. 分析計算模組包括結構分析（可進行線性分析、非線性分析和高度非線性分析）、流體動力學分析、電磁場分析、聲場分析、壓電分析以及多物理場的耦合分析，可模擬多種物理介質的相互作用，具有靈敏度分析及最佳化分析能力。

3. 後處理模組可將計算結果以彩色等值線顯示、梯度顯示、向量顯示、粒子流跡顯示、立體切片顯示、透明及半透明顯示（可看到結構內部）等圖形方式顯示出來，也可將計算結果以圖表、曲線形式顯示或輸出。ANSYS 軟體提供了 100 種以上的單元型別，用來模擬專案中的各種結構和材料。該軟體有多種不同版本，可以執行在從個人機到大型電腦的多種電腦裝置上，如 PC，SGI，HP，SUN，DEC，IBM，CRAY 等。

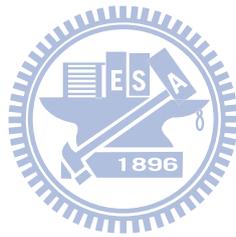
ANSYS 對於結構的分析型式包含了靜態(static)分析、振動模態(modal)分析、簡諧響應(harmonic response)分析、頻譜(spectrum)分析、隨機振動(random vibration)分析、暫態動力學(transient dynamic)分析、挫屈(buckling)分析、破壞力學(fracture mechanics)分析、最佳化(optimization)分析等。ANSYS 能處理的結構非線性分析包括了幾何非線性(geometric nonlinearity)、材料非線性(material nonlinearity)、元素非線性(element nonlinearity)、接觸分析(contact analysis)等。幾何非線性主要應用於大位移(large displacement)或大變形(large deformation)問題，材料非線性則用於處理彈塑性(elasto-plastic)、超彈性(hyperelastic)、黏彈性(viscoelastic)、黏塑性(viscoplastic)、潛變(creep)、形狀記憶合金(shape memory alloy)等材料性質。下表 1 是 ANSYS 所支援的所有材料性質：

表 1 ANSYS 支援的材料性質 [資料來源:虎門科技]

材料 行爲	變形 型式	與應變率(或時間)之關係 (Rate dependency)	材料性質分類	材料模型 (Material laws)
線性	彈性	無關 (Rate-independent)	線彈性 (Linear elastic)	Hooke' s law
非線 性	彈性	無關 (Rate-independent)	超彈性 (Hyperelastic)	Mooney-Rivlin
				Arruda-Boyce
				Blatz-Ko
				Ogden hyperelasticity

				Neo-Hookean hyperelasticity	
				Polynomial form hyperelasticity	
				Gent hyperelasticity	
				Yeoh hyperelasticity	
				Ogden compressible foam hyperelasticity	
				Anisotropic hyperelasticity	
	相關 (Rate-dependent)			多線性彈性 (Multilinear elastic)	Multilinear elastic
				黏彈性 (Viscoelasticity)	Viscoelasticity
	非彈性	無關 (Rate-independent)	等向性硬化 (Isotropic hardening plasticity)	Bilinear isotropic	
				Multilinear isotropic	
				Voce' s nonlinear isotropic	
				Anisotropic	
				Hill anisotropic	
			隨動性硬化 (Kinematic hardening plasticity)	Bilinear kinematic	
				Multilinear kinematic	
				Nonlinear kinematic (Chaboche)	
			等向性與隨動性混合硬化 (Combined kinematic and isotropic hardening plasticity)	Chaboche and bilinear isotropic	
Chaboche and multilinear isotropic					
Chaboche and Voce' s					
壓力相關之塑性 (Pressure-dependent plasticity)	Druger-Prager				
鑄鐵塑性 (Cast iron plasticity)	Cast iron plasticity				
相關 (Rate-dependent)		黏塑性 (Viscoplasticity)	Creep		
			Anand		
		混合潛變與等向性硬化 (Combined creep and isotropic hardening plasticity)	Creep and bilinear isotropic		
			Creep and multilinear isotropic		
Creep and Voce' s					
	形狀記憶合金(Shape memory alloy)			Shape memory alloy	

ANSYS 的接觸分析功能，包括了變形體對變形體 (deformable-to-deformable)接觸，和剛體對變形體(rigid-to-deformable)接觸，而接觸元素(contact elements)的類型有點對點(node-to-node)、點對面(node-to-surface)、面對面(surface-to-surface)元素。除了可處理一般實體元素的接觸分析之外，亦可處理殼元素對實體元素(shell-to-solid)、殼元素對殼元素(shell-to-shell)、樑元素對殼元素(beam-to-shell)和樑元素對樑元素(beam-to-beam)的接觸問題。針對外形變化太大的分析，例如鍛造、擠製和橡膠產品變形等，則可採用網格重劃(rezoning)技術，防止元素過度扭曲所產生的發散問題。



第三章 液晶模組之強度實驗及數值模擬規劃

3.1 強度測試方法

一般爲了評估液晶顯示器的強度，會訂定一些強度測試的方法，例如：四點彎曲測試與面壓測試，分別敘述如下：

3.1.1 四點彎曲測試

依據 ASTM C-158 測試方法進行測試，如圖 8 所示。注意要點如下所述。

1. 測試數量至少 15 片。
2. 玻璃需在測試時間 30~60 秒之間破壞(依據 ASTM C-158 規定)。
3. 必須依據四點彎曲測試的實驗數據建立韋伯分佈以確認玻璃的品質。

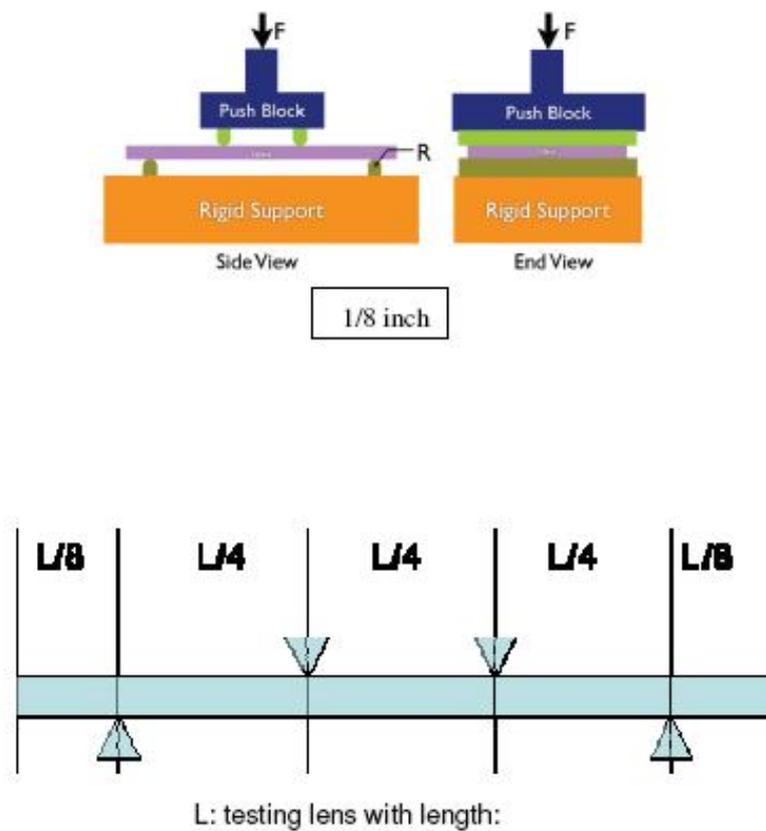


圖 8 四點彎曲測試方法 [資料來源:HTC]

3.1.2 面壓測試

依據 HTC 公司規定之測試方法進行測試，如圖 9 所示。注意要點如下所述。

1. 測試數量至少 15 片。
2. 測試條件為每分鐘 1mm 的下壓速度直到玻璃破壞為止。
3. 當顯示器在受壓過程中彎曲時不可直接碰觸治具底部。

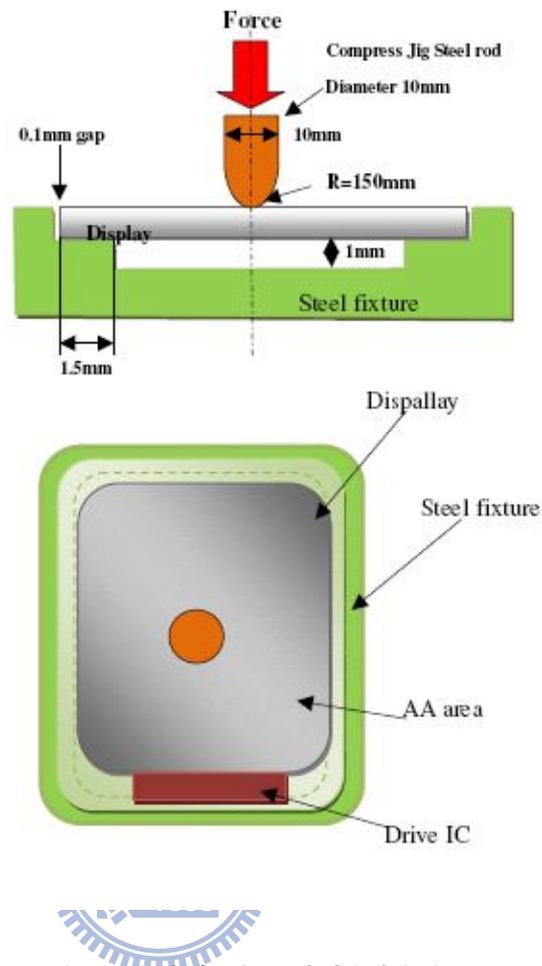


圖 9 面壓測試方法 [資料來源:HTC]

3.2 強度實驗設計及數值模擬規劃

本研究主要利用四點彎曲測試來評估液晶顯示器模組的結構強度。

3.2.1 四點彎曲測試

實驗步驟：

1.依照 ASTM C-158 測試規範，測試液晶顯示器模組 Y 方向的四點彎曲強度共 15 片。

2. 機器下壓設定為偵測到玻璃產生龜裂或破片即停止下壓。

3. 記錄每一片液晶顯示器模組的下壓時間、破片荷重、破片位移。

3.3 數值模擬規劃

3.3.1 模型建構

使用 3D 繪圖軟體 Solid Edge 建構液晶顯示器模組與測試治工具。

圖 10 為液晶顯示器模組與測試治工具組合圖，圖 11 為液晶顯示器模組與測試治工具爆炸圖，圖 12 為液晶面板爆炸圖。

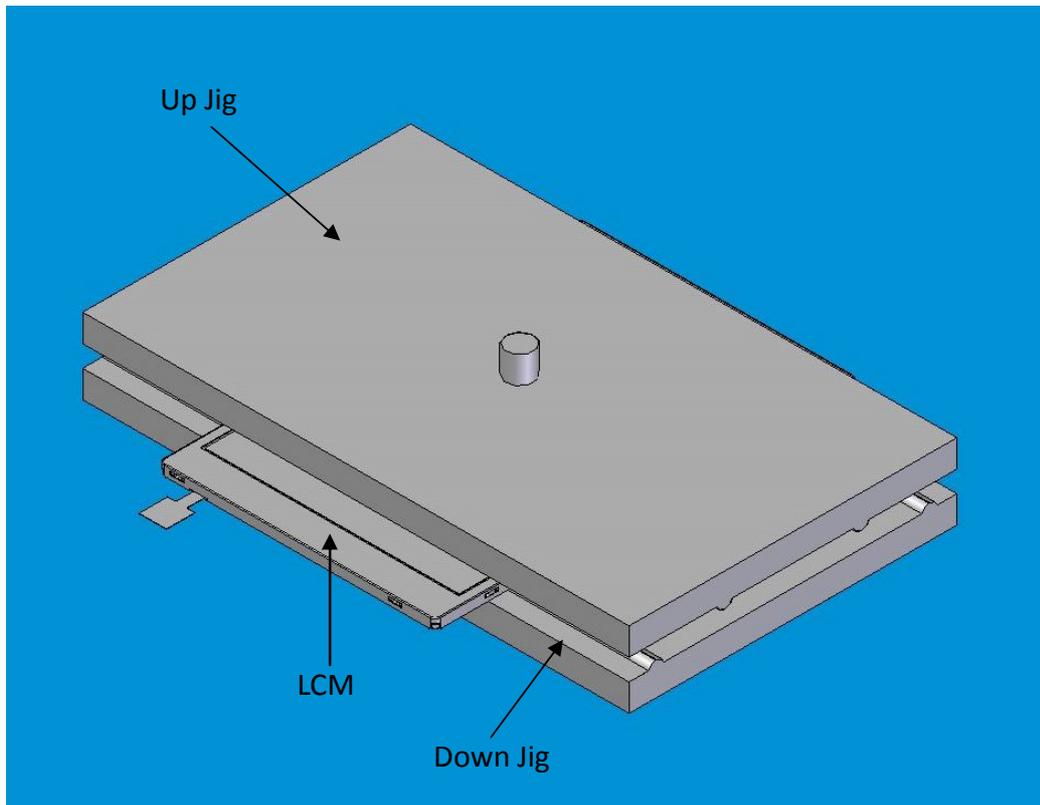


圖 10 液晶顯示器模組與測試治工具組合圖

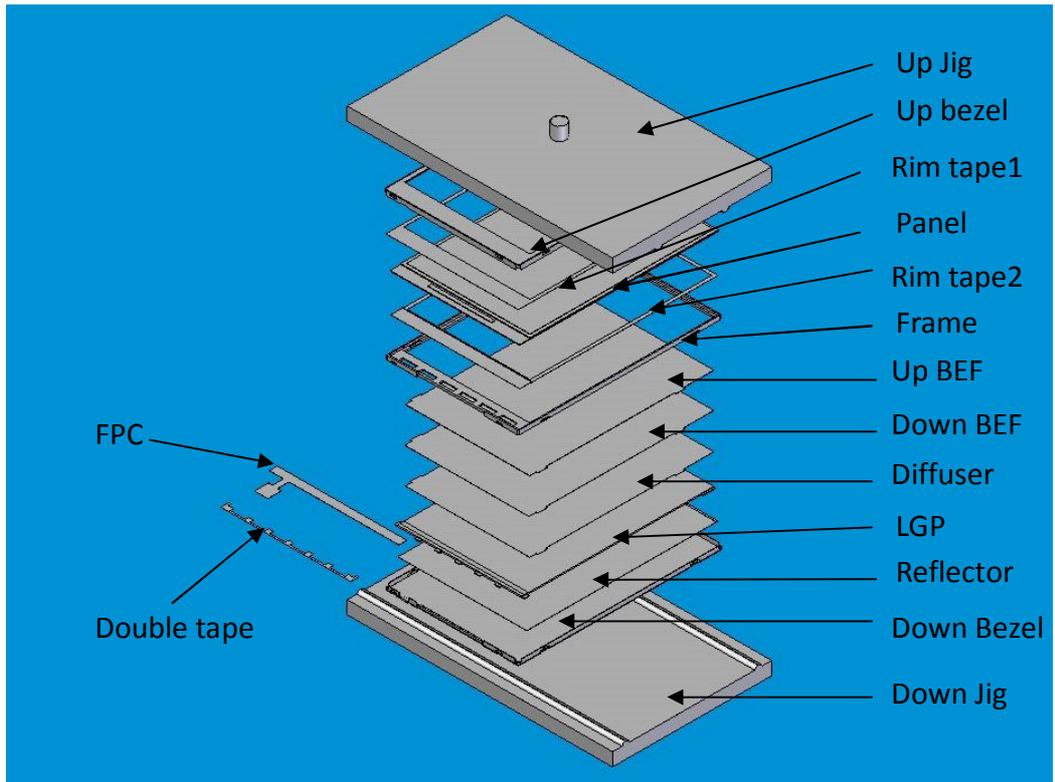


圖 11 液晶顯示器模組與測試治工具爆炸圖

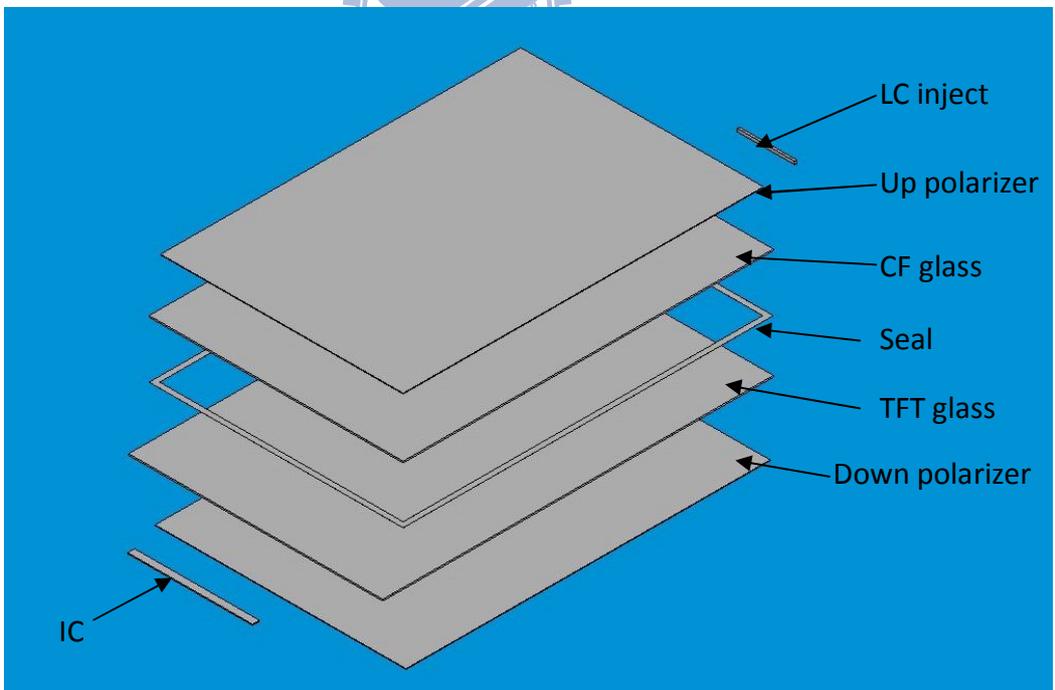


圖 12 液晶面板爆炸圖

3.3.2 元件材料特性設定

元件材料特性設定如表 2 所示，其中材料特性由各材料的規格書取得。

表 2 元件材料特性

材料名稱	Frame	IC	BEF	Bezel	Diffuser	Glass
Young's Modulus(Mpa)	2400	1.12E+05	2700	21000	3350	61000
Poisson Ratio	0.4	0.28	0.37	0.3	0.48	0.23
材料名稱	LGP	Polarizer	Reflector	Rim tape	Jig	PET
Young's Modulus(Mpa)	2000	2400	2000	2000	2.00E+05	2000
Poisson Ratio	0.4	0.3	0.37	0.37	0.3	0.37

3.3.3 元件網格分割設定

除了 CF Glass、TFT Glass、Seal、Jig 設定其網格大小如表 3 所示，其餘元件網格皆使用自動產生，如圖 13 所示。

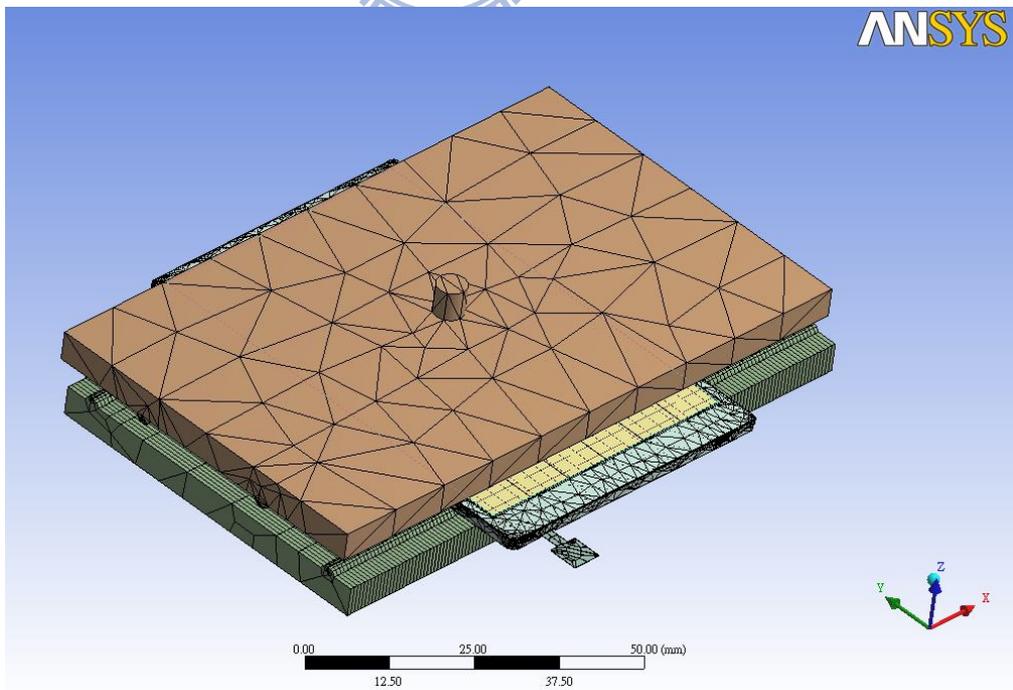


圖 13 元件網格分割圖

表 3 網格大小

No	Item	Type	Mesh Size(mm)
1	CF Glass	Body	2.5
2	TFT Glass	Body	2.5
3	Seal	Body	0.5
4	Jig	Face	0.25

3.3.4 元件接觸條件設定

各元件接觸條件設定如表 4 所示。

表 4 各元件接觸條件設定

No	Contact	Target	Type	Formulation	Stiffness factor	Update stiffness
1	Frame	Down bezel	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
2	Frame	Reflector	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
3	Down bezel	Reflector	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
4	LGP	Reflector	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
5	Frame	LGP	Frictional	pure penalty	0.001	Never
6	Deffuser	LGP	Frictional	pure penalty	0.001	Never
7	Deffuser	Frame	Frictional	pure penalty	0.001	Never
8	Down BEF	Deffuser	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
9	Up BEF	Down BEF	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
10	Rim tape2	Up BEF	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
11	Down polarizer	Up BEF	Frictional	pure penalty	0.001	Never

No	Contact	Target	Type	Formulation	Stiffness factor	Update stiffness
12	Rim tape2	Frame	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
13	LGP	Double tape	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
14	Rim tape2	Down polarizer	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
15	Rim tape2	TFT glass	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
16	FPC	Double tape	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
17	Frame	Double tape	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
			Bonded		Program Controlled	Never
18	TFT glass	Down polarizer	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
19	Seal	TFT glass	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
20	Seal	CF glass	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
21	Up polarizer	CF glass	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
22	Up jig	Up polarizer	Frictional	pure penalty	0.01	Each supstep
23	Up jig	Up bezel	Frictional	pure penalty	0.01	Each supstep
24	Up bezel	Rim tape1	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
25	Up bezel	Down bezel	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
26	Up bezel	Frame	Frictional	pure penalty	0.001	Never
27	Rim tape1	TFT glass	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
28	Rim tape1	CF glass	Frictional	pure penalty	0.001	Never
29	Rim tape1	Frame	Bonded	pure penalty	Program	Never

No	Contact	Target	Type	Formulation	Stiffness factor	Update stiffness
					Controlled	
30	CF glass	LC inject	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
31	TFT glass	LC inject	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
32	IC	TFT glass	Bonded	pure penalty	Program Controlled	Never
33	CF glass	TFT glass	Frictional	pure penalty	0.1	Never
34	Down jig	Down bezel	Frictional	pure penalty	0.1	Each supstep

3.3.5 模型支撐與負載條件設定

設定治具壓頭在 X 與 Y 方向固定不動，僅 Z 方向可動，如圖 14 所示。設定下治具底部支撐為固定不動，如圖 15 所示。設定模型負載為 10N~100N 向下作用於壓頭上，如圖 16 所示。

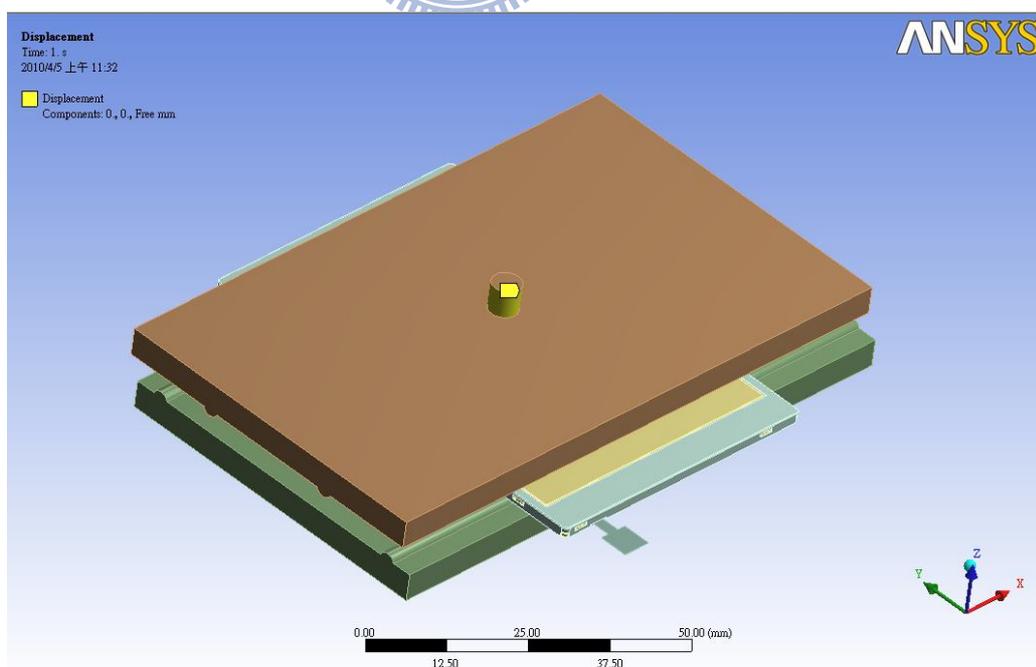


圖 14 模型支撐條件設定

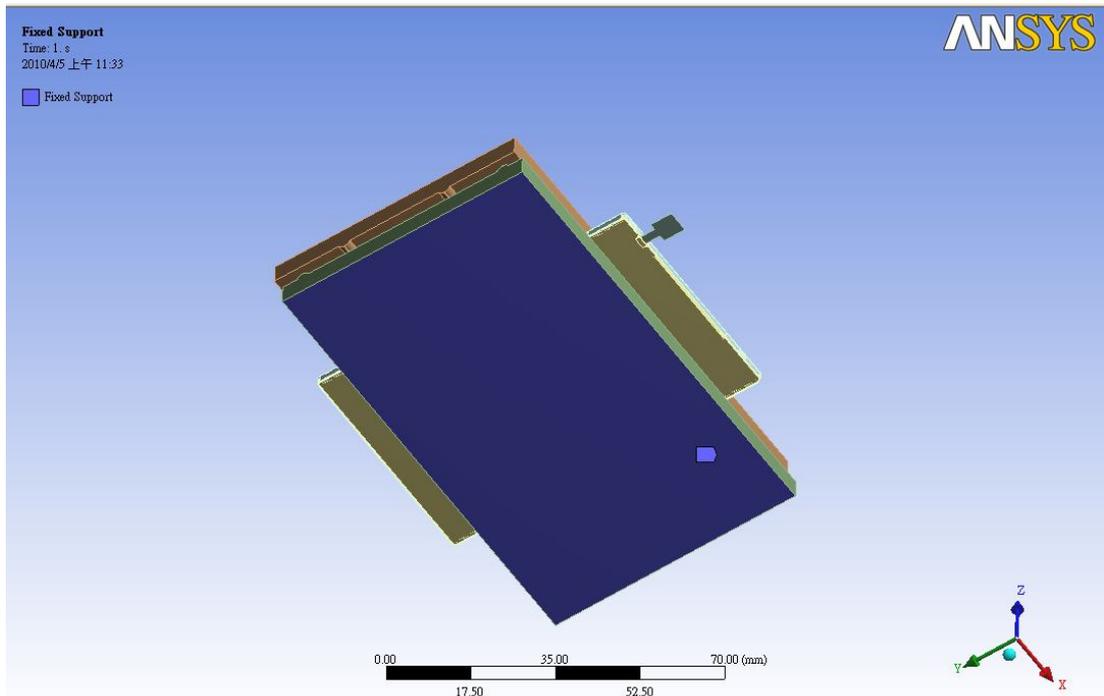


圖 15 模型支撐條件設定

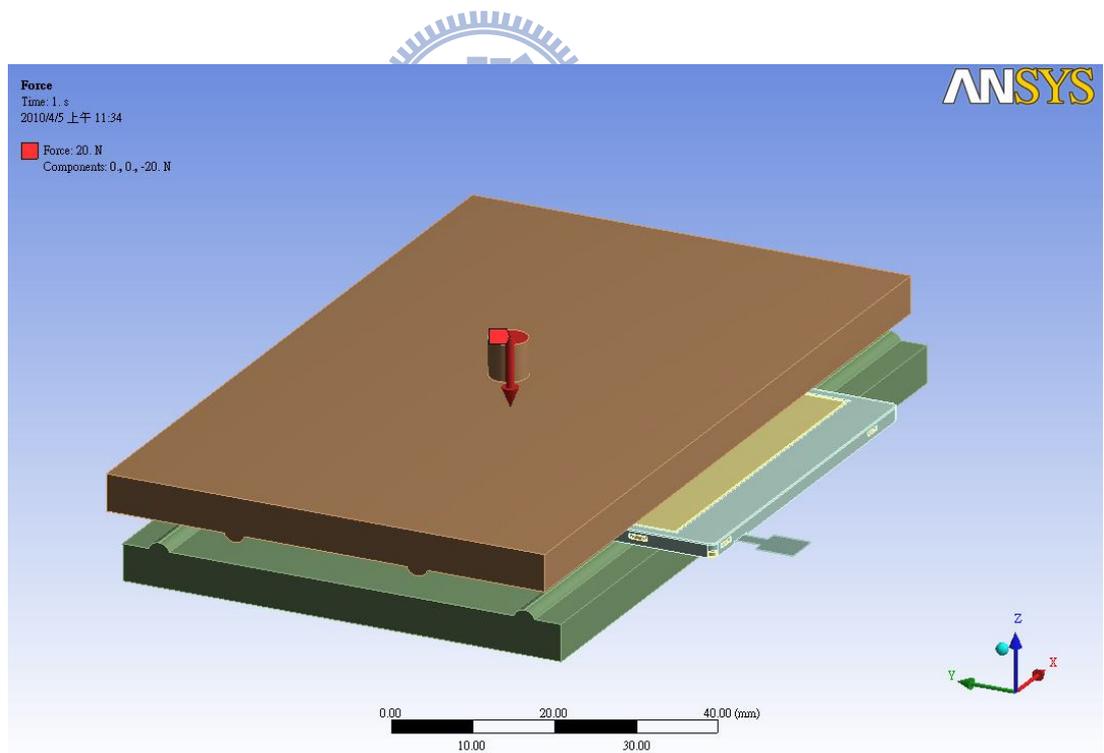


圖 16 模型負載條件設定

第四章 液晶模組強度模擬結果及實驗檢證

4.1 模擬結果及其實驗檢證

爲了驗證數值模擬的有效性，取 15 組液晶模組 Y 方向的四點彎曲測試實驗的破片位移數據如表 5 所示，找出施加荷重與治具下壓位移之關係曲線與數值模擬的位移曲線做比較，如圖 17 所示。由表 6 可以看出數值模擬值與實驗數據的平均值誤差在 0.7%~11.18%之間，可見數值模擬具有其參考價值。

表 5 實驗破片位移(單位:mm)

荷重(N)	10N	20N	30N	40N	50N	60N	70N	80N	90N	100N
第 1 組	0.2715	0.4837	0.6873	0.8940	1.1116	1.3521	1.6132	1.9002	2.1988	2.5269
第 2 組	0.2183	0.4322	0.6407	0.8524	1.0721	1.3064	1.5634	1.8429	2.1472	2.4830
第 3 組	0.2410	0.4631	0.6690	0.8826	1.1074	1.3564	1.6245	1.9161	2.2321	2.5726
第 4 組	0.2444	0.4633	0.6957	0.8871	1.1094	1.3495	1.6092	1.8930	2.2000	2.5312
第 5 組	0.2457	0.4715	0.6800	0.8912	1.1109	1.3480	1.6087	1.8912	2.1969	2.5327
第 6 組	0.2337	0.4496	0.6581	0.8653	1.0809	1.3122	1.5681	破裂		
第 7 組	0.2155	0.4374	0.6472	0.8577	1.0700	1.3025	1.5541	1.8265	2.1168	2.4367
第 8 組	0.2287	0.4468	0.6523	0.8576	1.0730	1.3037	1.5559	破裂		
第 9 組	0.2804	0.4941	0.7032	0.9113	1.1309	1.3688	1.6278	1.9074	2.2124	破裂
第 10 組	0.2739	0.4887	0.6966	0.9022	1.1206	1.3560	1.6120	1.8920	2.1939	破裂
第 11 組	0.2688	0.4813	0.6873	0.8967	1.1169	1.3568	1.6169	1.9052	2.2143	2.5520
第 12 組	0.2465	0.4566	0.6668	0.8799	1.1098	1.3588	1.6304	1.9255	破裂	
第 13 組	0.2694	0.4788	0.6895	0.8995	1.1218	1.3641	1.6296	1.9175	2.2265	2.5595
第 14 組	0.2680	0.4741	0.6800	0.8919	1.1188	1.3640	1.6320	破裂		
第 15 組	0.2934	0.5039	0.7275	0.9172	1.1411	1.3862	1.6522	1.9378	2.2468	破裂
平均值	0.2533	0.4683	0.6787	0.8858	1.1063	1.3457	1.6065	1.8963	2.1987	2.5243

表 6 模擬與實驗位移值比較表(單位:mm)

荷重(N)	10N	20N	30N	40N	50N	60N	70N	80N	90N	100N
模擬值	0.2460	0.4920	0.7380	0.9840	1.2300	1.4760	1.7220	1.9680	2.2140	2.4600
實驗值	0.2533	0.4683	0.6787	0.8858	1.1063	1.3457	1.6065	1.8963	2.1987	2.5243
誤差%	2.87%	-5.05%	-8.73%	-11.09%	-11.18%	-9.68%	-7.19%	-3.78%	-0.70%	2.55%

破片位移(mm)

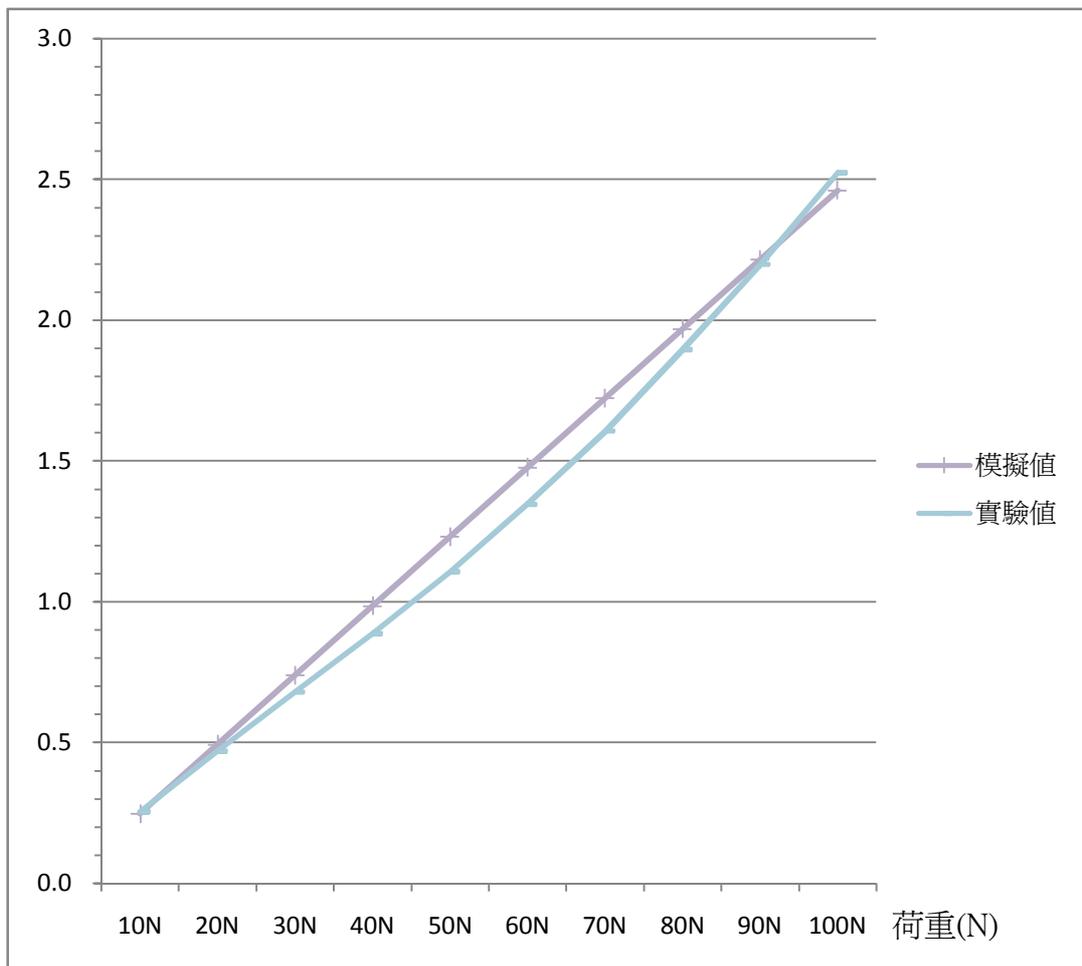


圖 17 模擬與實驗位移曲線比較圖

4.2 三種條件變化的應力趨勢

4.2.1 上下液晶玻璃與 LGP 厚度變化的應力趨勢

第一種條件為在液晶顯示器模組總厚度不變的條件下，模擬 CF 與 TFT 玻璃厚度為 0.3mm、0.2mm、0.1mm 與 LGP 厚度為 0.48mm、0.68mm、0.88mm 組合之四點彎曲測試，元件相關位置如圖 18 所示。各厚度條件模擬結果如表 7、8、9 所示(取各元件之最大應力值)。由模擬結果可以看出 CF 與 TFT 玻璃厚度變小，其所受應力也隨之變小；而 LGP 則因為厚度增加，其所受應力也增加，但增加比率不大。

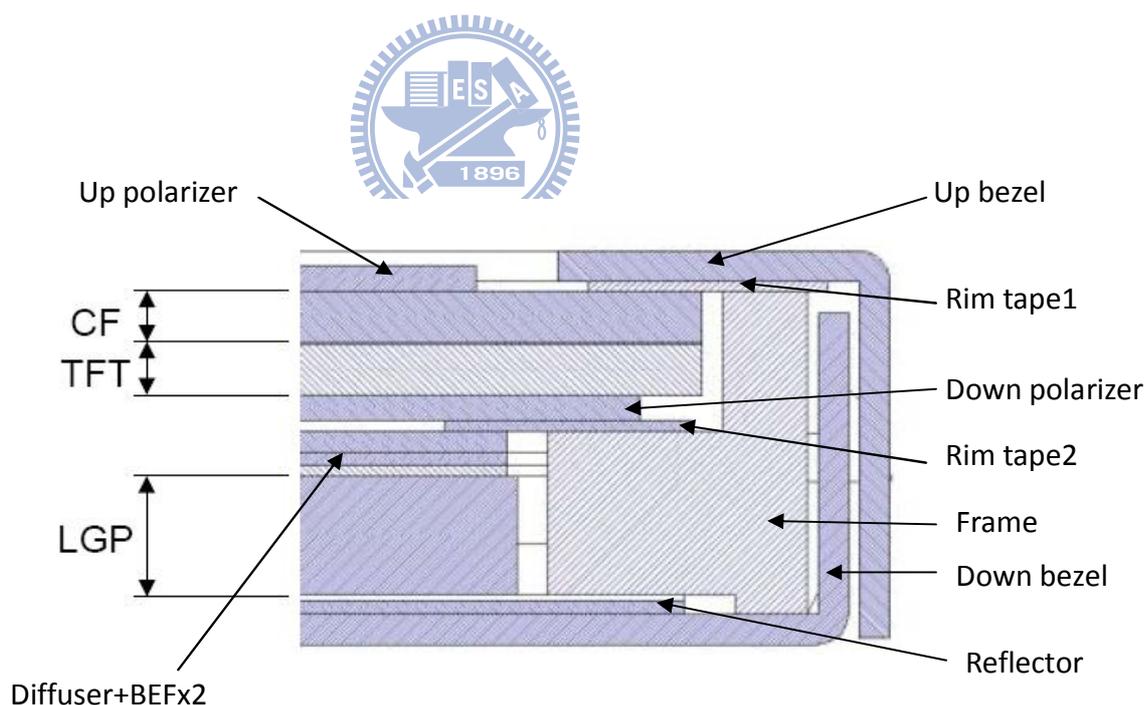


圖 18 元件相關位置圖

表 7 玻璃厚度 0.3mm 之元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	7.7356	15.4712	23.2068	30.9424	38.678	46.4136	54.1492	61.8848	69.6204	77.356
TFT	0	9.2335	18.467	27.7005	36.934	46.1675	55.401	64.6345	73.868	83.1015	92.335
LGP	0	0.60651	1.21302	1.81953	2.42604	3.03255	3.63906	4.24557	4.85208	5.45859	6.0651

表 8 玻璃厚度 0.2mm 之元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	6.3707	12.7414	19.1121	25.4828	31.8535	38.2242	44.5949	50.9656	57.3363	63.707
TFT	0	7.4991	14.9982	22.4973	29.9964	37.4955	44.9946	52.4937	59.9928	67.4919	74.991
LGP	0	0.6361	1.2722	1.9083	2.5444	3.1805	3.8166	4.4527	5.0888	5.7249	6.361

表 9 玻璃厚度 0.1mm 之元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	5.1588	10.3176	15.4764	20.6352	25.794	30.9528	36.1116	41.2704	46.4292	51.588
TFT	0	6.9392	13.8784	20.8176	27.7568	34.696	41.6352	48.5744	55.5136	62.4528	69.392
LGP	0	0.6622	1.3244	1.9866	2.6488	3.311	3.9732	4.6354	5.2976	5.9598	6.622

4.2.2 元件與膠框間隙變化的應力趨勢

第二種條件為模擬 CF 與 TFT 玻璃與 LGP 元件距離膠框間隙大小變化趨勢對液晶顯示器模組強度之影響。模擬的間隙大小為 0mm、0.1mm、0.2mm，間隙位置如圖 19 所示。模擬結果如表 10、11、12 所示(取各元件之最大應力值)。由模擬結果可以看出間隙大小對 CF 玻璃隨著間隙變大，應力也隨之變大；對 TFT 玻璃則是剛好相反；對 LGP 則是沒有太大影響。

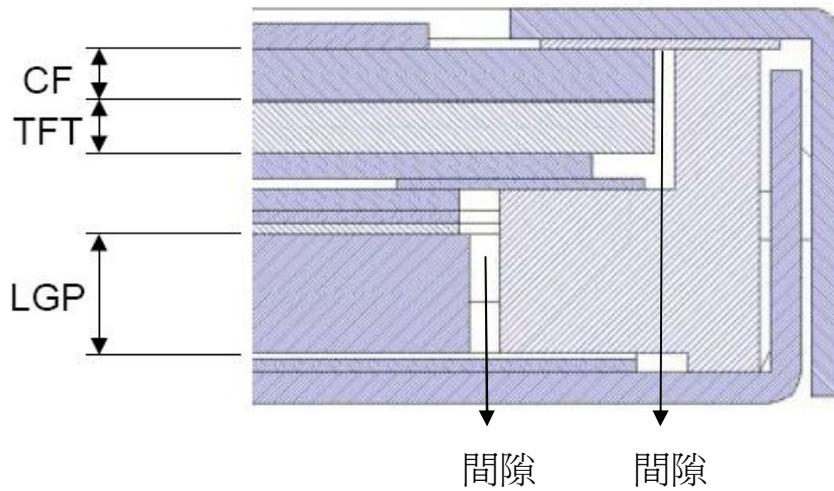


圖 19 間隙位置圖

表 10 間隙 0mm 元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	7.3454	14.6908	22.0362	29.3816	36.727	44.0724	51.4178	58.7632	66.1086	73.454
TFT	0	8.8905	17.781	26.6715	35.562	44.4525	53.343	62.2335	71.124	80.0145	88.905
LGP	0	0.5659	1.1318	1.6977	2.2636	2.8295	3.3954	3.9613	4.5272	5.0931	5.659

表 11 間隙 0.1mm 元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	7.9266	15.8532	23.7798	31.7064	39.633	47.5596	55.4862	63.4128	71.3394	79.266
TFT	0	8.8271	17.6542	26.4813	35.3084	44.1355	52.9626	61.7897	70.6168	79.4439	88.271
LGP	0	0.5777	1.1554	1.7331	2.3108	2.8885	3.4662	4.0439	4.6216	5.1993	5.777

表 12 間隙 0.2mm 元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	8.07	16.14	24.21	32.28	40.35	48.42	56.49	64.56	72.63	80.7
TFT	0	8.5164	17.0328	25.5492	34.0656	42.582	51.0984	59.6148	68.1312	76.6476	85.164
LGP	0	0.57585	1.1517	1.72755	2.3034	2.87925	3.4551	4.03095	4.6068	5.18265	5.7585

4.2.3 框膠硬度變化的應力趨勢

第三種條件為模擬黏合液晶顯示器 CF 與 TFT 玻璃框膠硬度大小變化趨勢對模組強度之影響。模擬的框膠硬度大小為 2000MPa、4000MPa、6000MPa。模擬結果如表 13、14、15 所示(取各元件之最大應力值)。由模擬結果可以看出框膠硬度大小對 CF 與 TFT 玻璃隨著硬度變大，應力也隨之變大；對 LGP 則是沒有太大影響。

表 13 框膠硬度 2000MPa 元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	7.7356	15.4712	23.2068	30.9424	38.678	46.4136	54.1492	61.8848	69.6204	77.356
TFT	0	9.2335	18.467	27.7005	36.934	46.1675	55.401	64.6345	73.868	83.1015	92.335
LGP	0	0.60651	1.21302	1.81953	2.42604	3.03255	3.63906	4.24557	4.85208	5.45859	6.0651

表 14 框膠硬度 4000MPa 元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	7.9484	15.8968	23.8452	31.7936	39.742	47.6904	55.6388	63.5872	71.5356	79.484
TFT	0	9.7003	19.4006	29.1009	38.8012	48.5015	58.2018	67.9021	77.6024	87.3027	97.003
LGP	0	0.60076	1.20152	1.80228	2.40304	3.0038	3.60456	4.20532	4.80608	5.40684	6.0076

表 15 框膠硬度 6000MPa 元件應力模擬結果(單位:MPa)

荷重(N)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CF	0	8.001	16.002	24.003	32.004	40.005	48.006	56.007	64.008	72.009	80.01
TFT	0	9.8987	19.7974	29.6961	39.5948	49.4935	59.3922	69.2909	79.1896	89.0883	98.987
LGP	0	0.5984	1.1968	1.7952	2.3936	2.992	3.5904	4.1888	4.7872	5.3856	5.984

4.3 三種條件變化的破壞條件與應力趨勢之關係

4.3.1 厚度變化之破壞條件與應力趨勢的關係

因為每個元件的破壞條件不盡相同，我們使用 CF 與 TFT 玻璃的破斷應力值(80MPa)與 LGP 的降伏應力值(60MPa)做為其破壞條件。當其中一個元件先達到其破壞條件，則此液晶顯示器模組即為失效。CF 與 TFT 玻璃厚度為 0.3mm、0.2mm、0.1mm，LGP 厚度為 0.48mm、0.68mm、0.88mm 的元件破壞條件與應力趨勢之關係如圖 20、21、22 所示。

在 CF 與 TFT 玻璃厚度為 0.3mm，LGP 厚度為 0.48mm 的趨勢圖可以看出 TFT 玻璃在 87N 最先達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

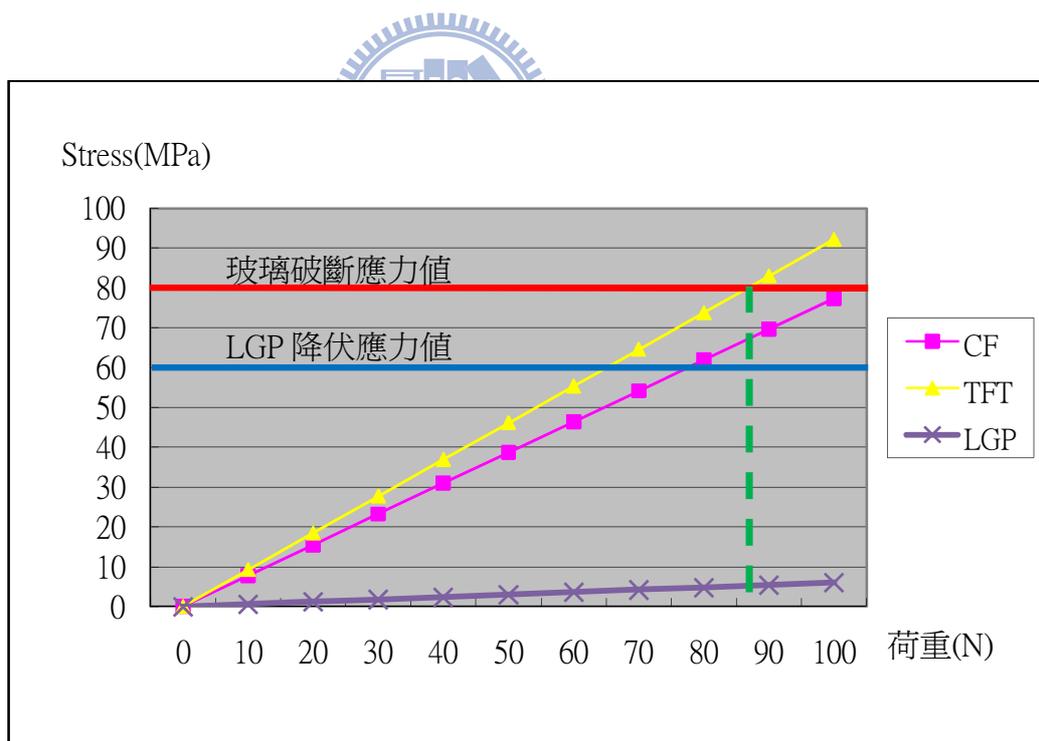


圖 20 0.3mm/0.48mm 元件破壞條件與應力趨勢

在 CF 與 TFT 玻璃厚度為 0.2mm，LGP 厚度為 0.68mm 的趨勢圖可以看出在 100N 作用力下並未有元件達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

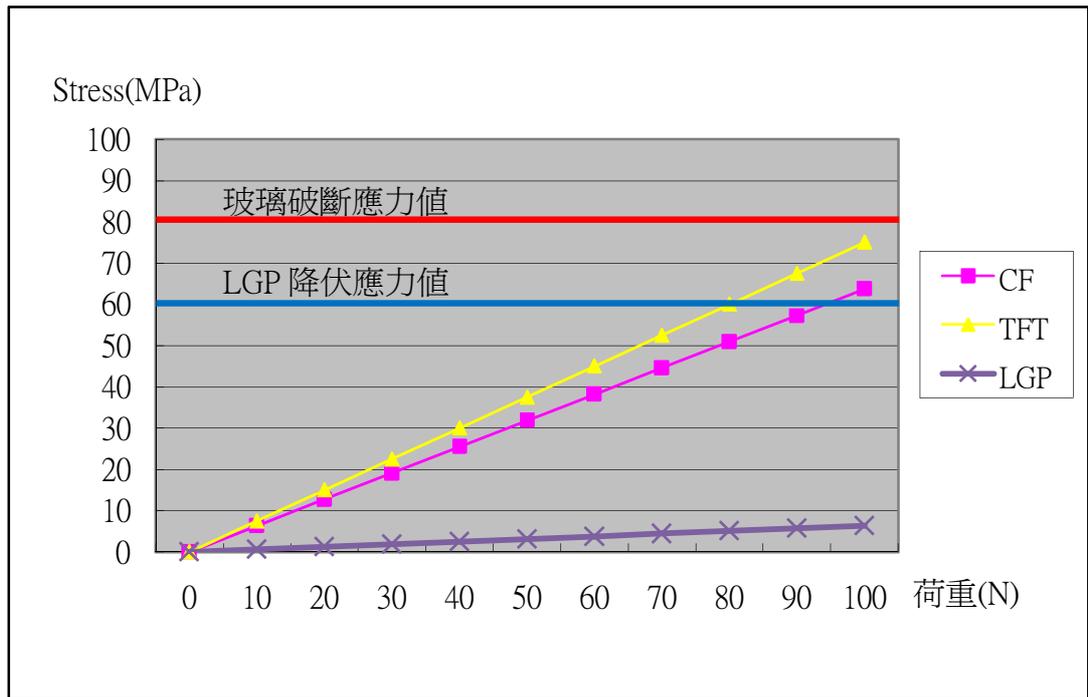


圖 21 0.2mm/0.68mm 元件破壞條件與應力趨勢

在 CF 與 TFT 玻璃厚度為 0.1mm，LGP 厚度為 0.88mm 的趨勢圖可以看出在 100N 作用力下並未有元件達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

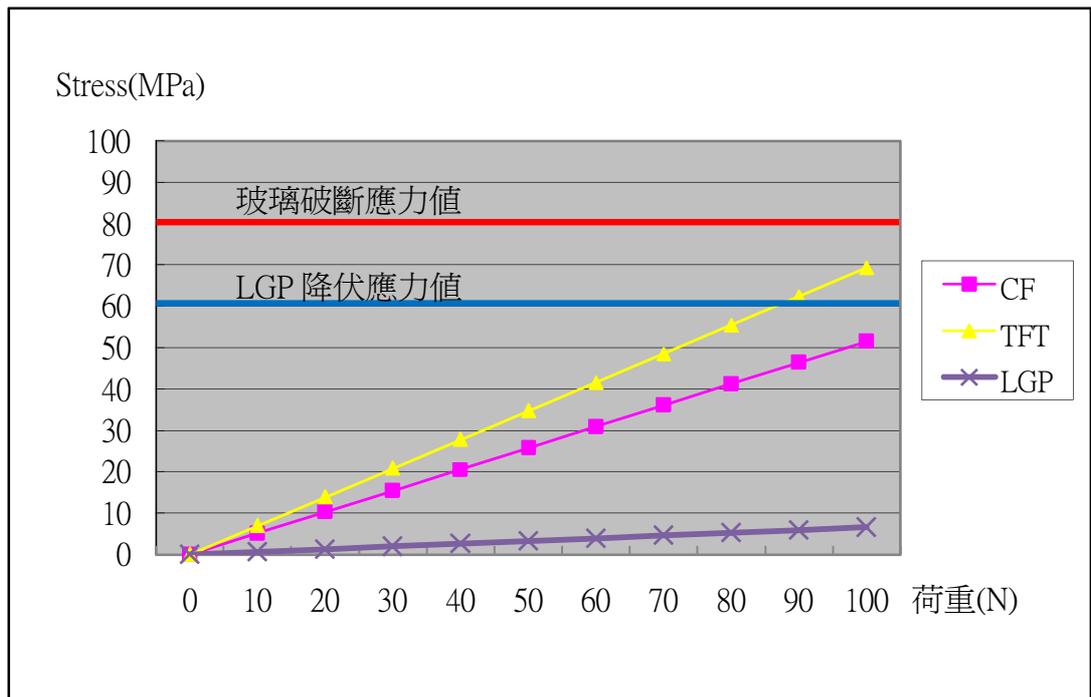


圖 22 0.1mm/0.88mm 元件破壞條件與應力趨勢

下表 16 則是各元件在三種條件下取荷重 100N 之應力趨勢比較，並以 CF 與 TFT 玻璃厚度 0.1mm 的應力為基準，列出其他兩種條件的增加或減少百分比如表 17 與圖 23 所示。由表 17 可以看出在 CF 與 TFT 玻璃厚度從 0.3mm 減少到 0.1mm 時，CF 玻璃應力減少了 50%、TFT 玻璃應力減少了 33%、LGP 應力則增加了 8%。

表 16 荷重 100N 之應力趨勢(單位:MPa)

	玻璃厚度 0.3mm	玻璃厚度 0.2mm	玻璃厚度 0.1mm
CF	77.356	63.707	51.588
TFT	92.335	74.991	69.392
LGP	6.0651	6.361	6.622

表 17 荷重 100N 之應力趨勢(單位:%)

	玻璃厚度 0.3mm	玻璃厚度 0.2mm	玻璃厚度 0.1mm
CF	150%	123%	100%
TFT	133%	108%	100%
LGP	92%	96%	100%

應力趨勢(%)

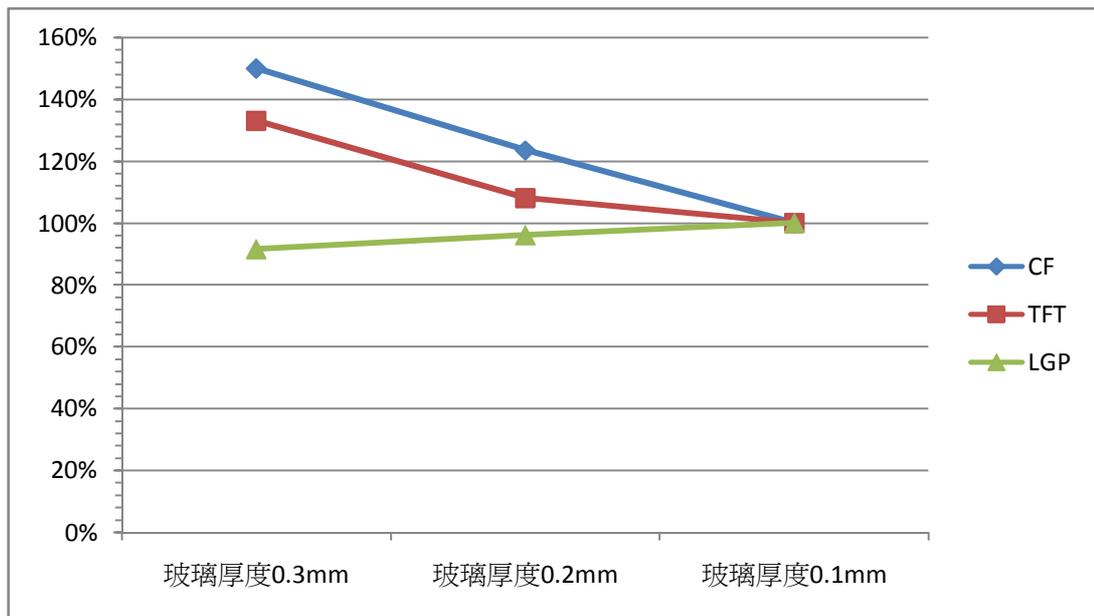


圖 23 荷重 100N 之應力趨勢(單位:%)

4.3.2 膠框間隙變化破壞條件與應力趨勢的關係

膠框間隙變化 0mm、0.1mm、0.2mm 的元件破壞條件與應力趨勢之關係如圖 24、25、26 所示。

在間隙為 0mm 的趨勢圖可以看出 TFT 玻璃在 90N 最先達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

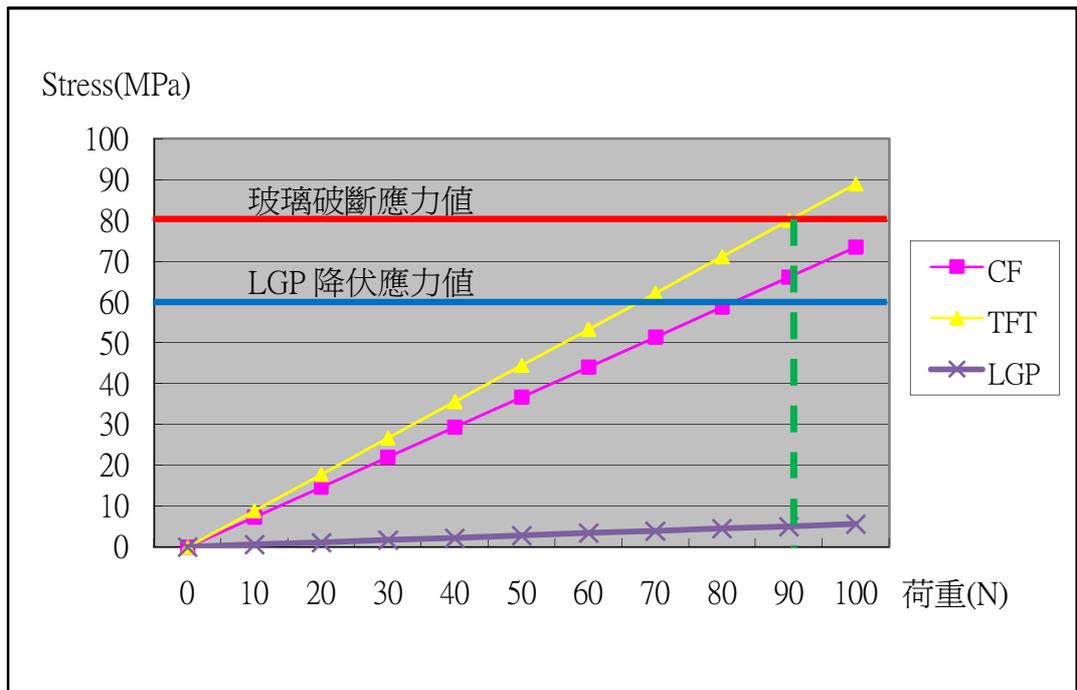


圖 24 間隙 0mm 元件破壞條件與應力趨勢

在間隙為0.1mm的趨勢圖可以看出TFT玻璃在91N最先達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

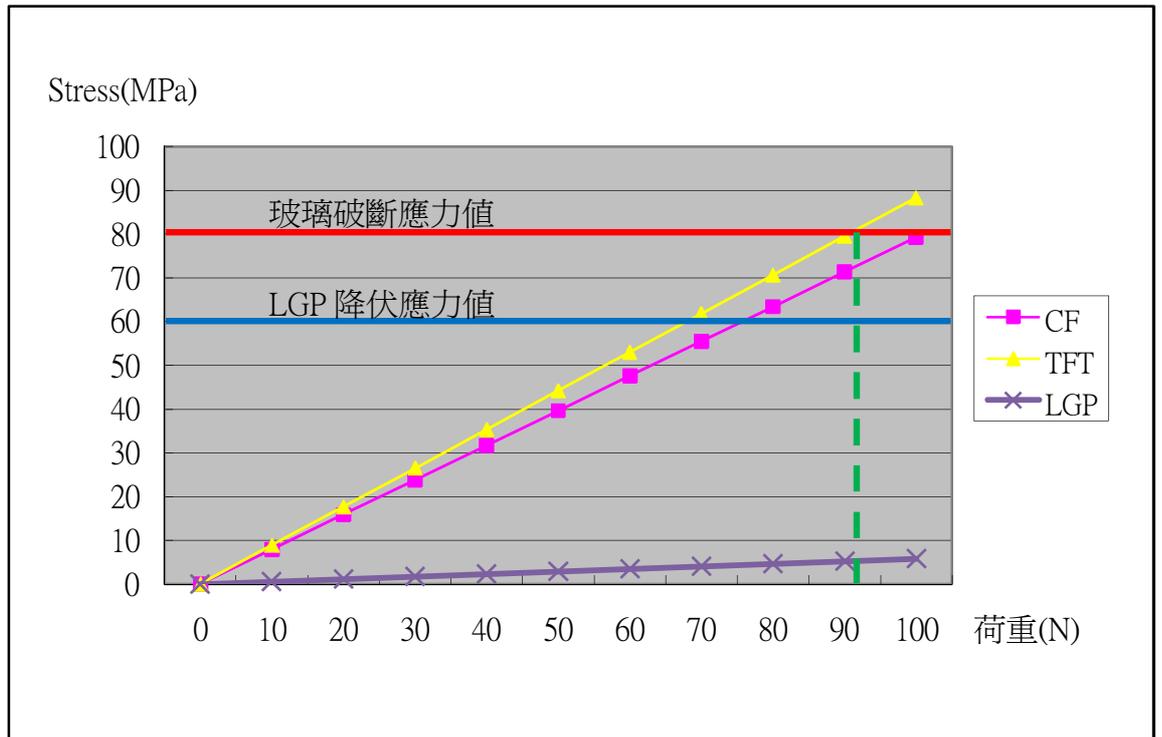


圖 25 間隙 0.1mm 元件破壞條件與應力趨勢

在間隙為0.2mm的趨勢圖可以看出TFT玻璃在94N最先達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

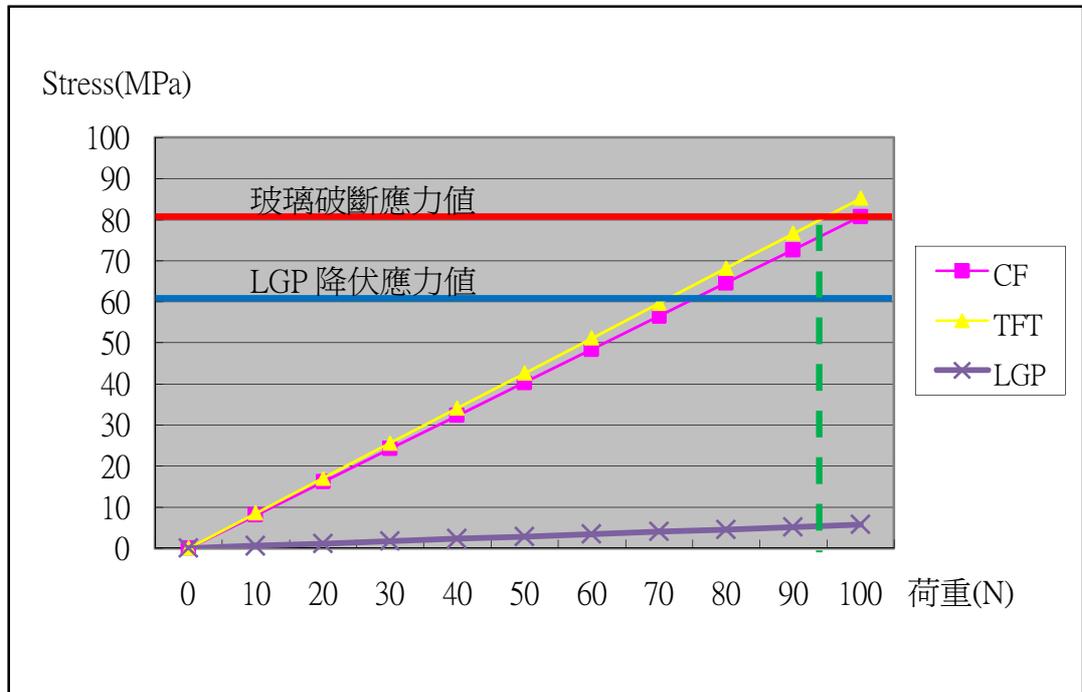


圖 26 間隙 0.2mm 元件破壞條件與應力趨勢

下表 18 則是各元件在三種條件下取荷重 100N 之應力趨勢比較，並以間隙 0.2mm 的應力為基準，列出其他兩種條件的增加或減少百分比如表 19 與圖 27 所示。由表 19 可以看出在間隙從 0mm 增加到 0.2mm 時，CF 玻璃應力增加了 9%、TFT 玻璃應力減少了 4%、LGP 應力則增加了 2%。

表 18 荷重 100N 之應力趨勢(單位:MPa)

	間隙 0mm	間隙 0.1mm	間隙 0.2mm
CF	73.454	79.266	80.7
TFT	88.905	88.271	85.164
LGP	5.659	5.777	5.758

表 19 荷重 100N 之應力趨勢(單位:%)

	間隙 0mm	間隙 0.1mm	間隙 0.2mm
CF	91%	98%	100%
TFT	104%	104%	100%
LGP	98%	100%	100%

應力趨勢(%)

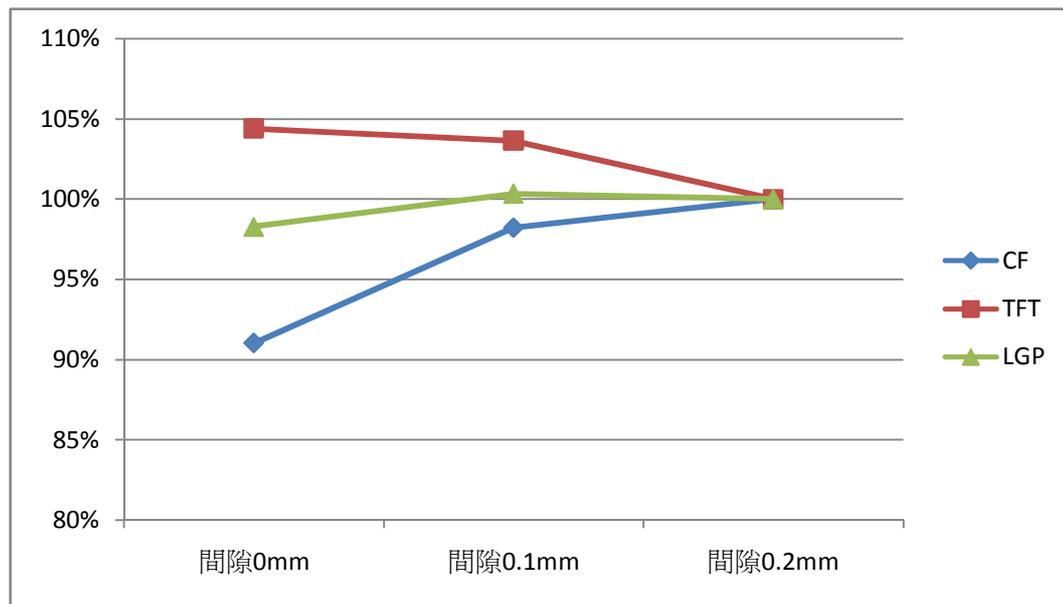


圖 27 荷重 100N 之應力趨勢(單位:%)

4.3.3 玻璃框膠硬度變化破壞條件與應力趨勢的關係

三種玻璃框膠硬度變化的元件破壞條件與應力趨勢之關係如圖 28、29、30 所示。

在硬度為 2000MPa 的趨勢圖可以看出 TFT 玻璃在 87N 最先達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

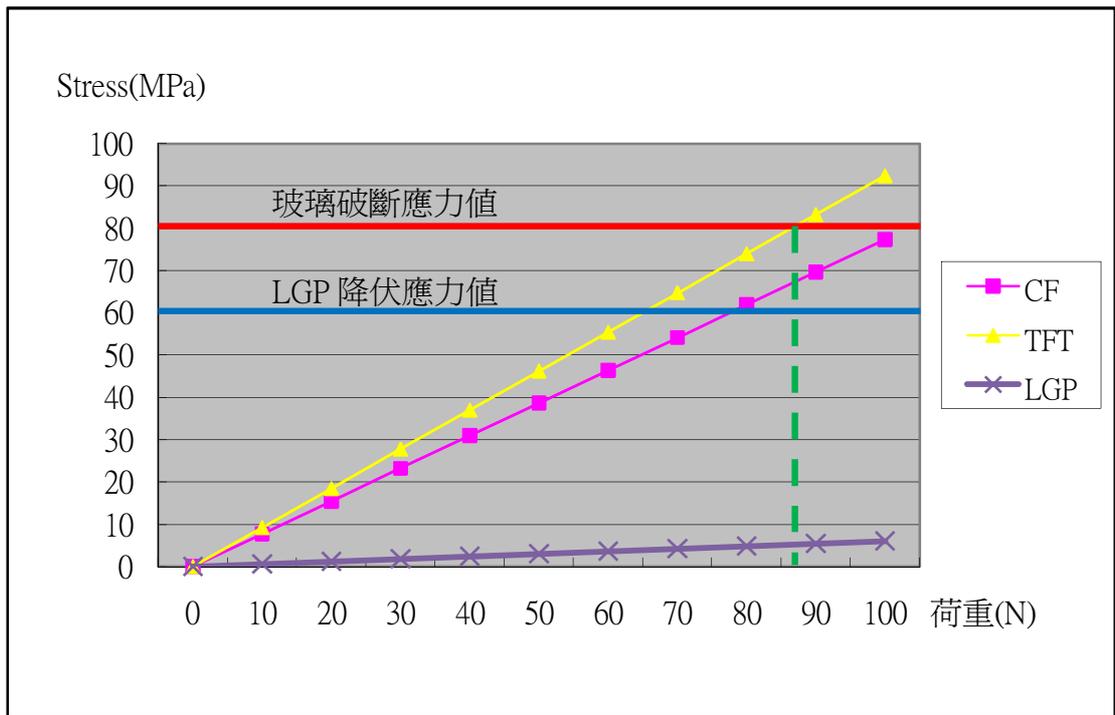


圖 28 框膠硬度 2000MPa 元件破壞條件與應力趨勢

在硬度為 4000MPa 的趨勢圖可以看出 TFT 玻璃在 82N 最先達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

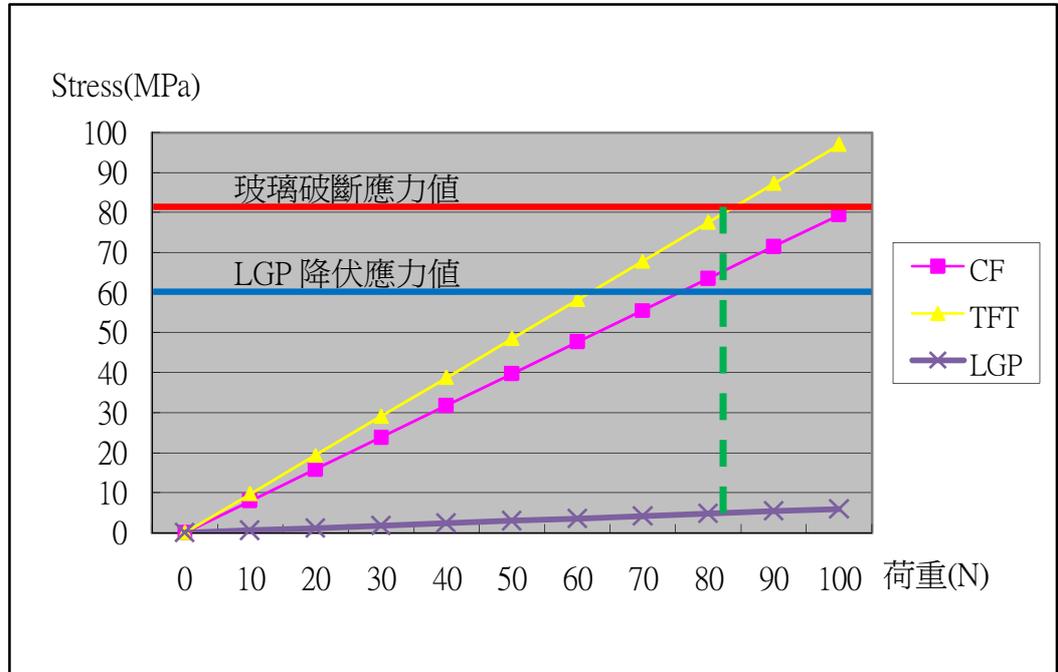


圖 29 框膠硬度 4000MPa 元件破壞條件與應力趨勢

在硬度為 6000MPa 的趨勢圖可以看出 TFT 玻璃在 81N 最先達到破壞條件而造成液晶顯示器模組失效。

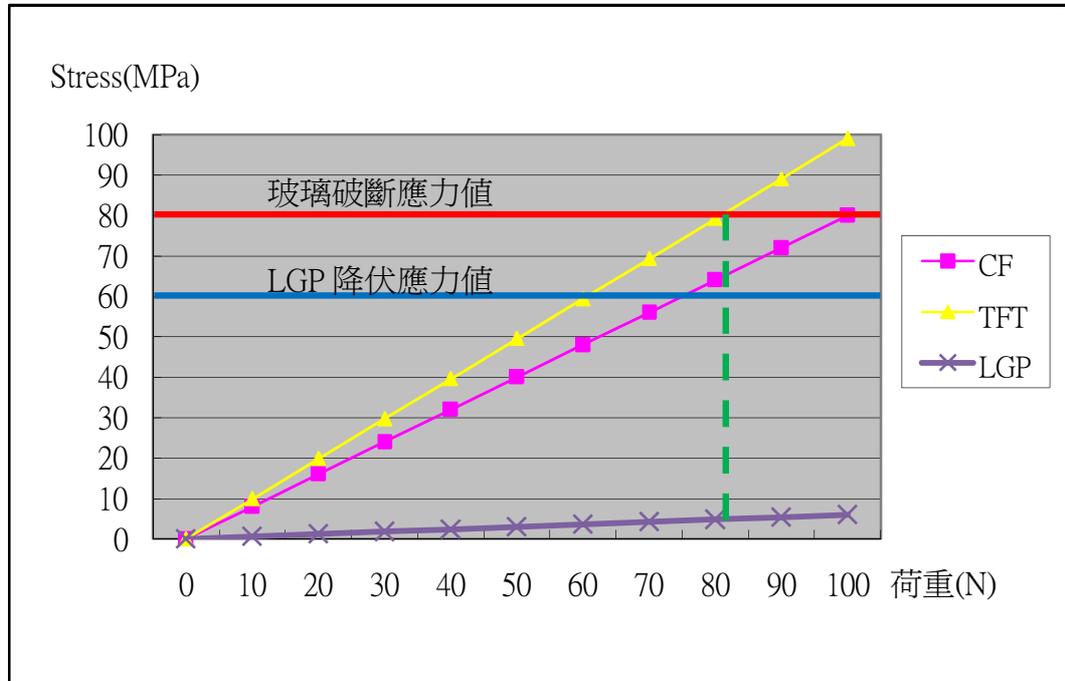


圖 30 框膠硬度 6000MPa 元件破壞條件與應力趨勢

下表 20 則是各元件在三種條件下取荷重 100N 之應力趨勢比較，並以框膠硬度 6000MPa 的應力為基準，列出其他兩種條件的增加或減少百分比如表 21 與圖 31 所示。由表 21 可以看出在框膠硬度從 2000MPa 增加到 6000MPa 時，CF 玻璃應力增加了 3%、TFT 玻璃應力增加了 7%、LGP 應力則減少了 1%。

表 20 荷重 100N 之應力趨勢(單位:MPa)

	框膠硬度 2000MPa	框膠硬度 4000MPa	框膠硬度 6000MPa
CF	77.356	79.484	80.01
TFT	92.335	97.003	98.987
LGP	6.065	6.007	5.984

表 21 荷重 100N 之應力趨勢(單位:%)

	框膠硬度 2000MPa	框膠硬度 4000MPa	框膠硬度 6000MPa
CF	97%	99%	100%
TFT	93%	98%	100%
LGP	101%	100%	100%

應力趨勢(%)

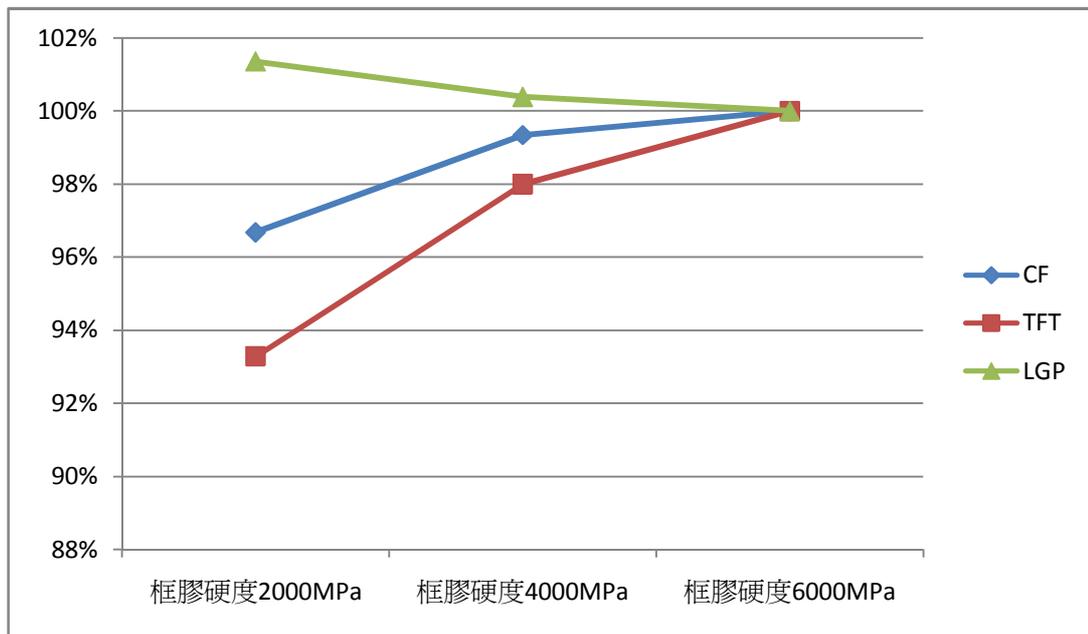


圖 31 荷重 100N 之應力趨勢(單位:%)

第五章 結論與後續發展

5.1 結論

本研究對於液晶顯示器模組的強度，利用有限元素軟體 ANSYS 進行模擬分析，並藉由實際的破壞試驗數據來實施檢證。

在第一個條件液晶顯示器模組總厚度不變的條件下，模擬 CF 與 TFT 玻璃厚度為 0.3mm、0.2mm、0.1mm 與 LGP 厚度為 0.48mm、0.68mm、0.88mm 組合之四點彎曲測試，由數值模擬結果可以發現 CF 與 TFT 玻璃厚度 0.1mm 與 LGP 厚度 0.88 的組合可以承受最大的作用力 115N，比 CF 與 TFT 玻璃厚度 0.3mm 與 LGP 厚度 0.48 組合的 87N 增加了 32% 的強度。

在第二個條件模擬 CF 與 TFT 玻璃與 LGP 離膠框間隙大小變化趨勢對液晶顯示器模組強度之影響。模擬的間隙大小為 0mm、0.1mm、0.2mm。由數值模擬結果可以發現間隙大小為 0.2mm 的組合可以承受最大的作用力 94N，比間隙大小為 0mm 組合的 90N 增加了 4% 的強度。

在第三個條件模擬液晶顯示器 CF 與 TFT 玻璃框膠硬度大小變化趨勢對液晶顯示器模組強度之影響。模擬的框膠硬度大小為 2000MPa、4000MPa、6000MPa。由數值模擬結果可以發現框膠硬度在 2000MPa 的組合可以承受最大的作用力 87N，比框膠硬度在 6000MPa 組合的 81N 增加了 7% 的強度。

綜合以上三種條件的結果，可以得到以下結論：

1. 在液晶顯示器模組總厚度不變的條件下，應該減少 CF 與 TFT 玻璃的厚度並增加 LGP 的厚度，這樣可以使模組強度增加 32%。

2. 在與膠框的間隙方面，選擇 0.2mm 的間隙可以使模組強度增加 4%。
3. 在框膠硬度方面，選擇 2000MPa 的框膠硬度可以使模組強度增加 7%。

5.2 未來發展

由於液晶顯示器模組開模成本昂貴，無法對每項模擬結果做實際之驗證，只能利用現有模組之測試數據與數值模擬之結果比較，以驗證數值模擬的準確度與可靠度。利用數值模擬做為液晶顯示器模組開模前設計的參考依據，以期在開模前即找出符合強度需求之設計組合，避免後續修改設計所需的時間與費用。

本論文主要探討三種設計組合條件在模組四點彎曲測試中的強度變化趨勢，未來可針對不同的測試方法，例如落下測試、滾動測試等，做進一步的研究，以找出可承受最大應力而不會造成液晶顯示器模組失效的組合條件。

參考文獻

- [1] 張貴琳，薄型化液晶顯示器模組之強化結構，國立中興大學機械工程研究所碩士論文，2007。
- [2] 南寧漢、黃智傑，折疊式行動電話 LCD 模組於落下測試之有限元素分析，明基電通股份有限公司網通事業群，2005。
- [3] 林茂興，TFT-LCD 模組 LGP 衝擊強度之有限元素分析，奇美電子股份有限公司
- [4] 陳伯群，TFT-LCD 掉落模擬分析及驗證研究，國立中央大學機械工程研究所碩士論文，2003。
- [5] 陳君明，TFT-LCD 衝擊模擬分析及驗證研究，國立中央大學機械工程研究所碩士論文，2002。
- [6] 張簡志偉，以鋼球撞擊試驗評估玻璃面板強度，國立交通大學工學院碩士在職專班精密與自動化工程組碩士論文，2007。
- [7] 林冠旭，LCD Monitor 的落下試驗與模擬分析，國立臺灣科技大學機械工程研究所碩士論文，2007。
- [8] 王志榮，行動電話之掉落有限元素分析模型研究，國立中興大學應用數學研究所碩士論文，2007。
- [9] 劉彥麟，應用六標準差於中小型尺寸 TFT LCD 面板強度之改善，國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，2009。
- [10] 王炳富，新型液晶電視與背光模組的探討分析，國立中央大學光電科學研究所碩士論文，2009。
- [11] S.T.Gulati, J.F.Bayne, W.R.Powell and J.D.Helfinstine, Mirror constant for AMLCD glass, Corning Inc., 2004。
- [12] 黃靖師，使用埋入射出成形製程對於手機顯示器模組強度改善之研究，國立交通大學精密與自動化工程組碩士論文，2009。
- [13] Huet, R. and Ming Wu, LCD Display Strength: Why Edge Preparation Matters, Portable Information Devices, 2007。
- [14] Hu, B.; Cai, C.; Dongji Xie; Boyi Wu, Failure strength study of silicon die and LCD glass by FEA and experiment, Electronic Packaging Technology & High Density Packaging, 2010。
- [15] Suzuki N. and Halai T., Study on Glass Strength at High Speed Edge Rounding for LCD, ADVANCES IN ABRASIVE TECHNOLOGY XI, 2009。

- [16] Chen SC ; Wang HL ; Chen JP and Peng HS , Simulations on structure performance of 3C thin-wall injection-molded parts , JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE , 2002 。
- [17] 劉晉奇、褚晴暉，有限元素分析與 ANSYS 的工程應用，滄海書局，2006 。
- [18] T.R. Chandrupatla and A.D. Belegundu , Introduction to Finite Elements in Engineering , Prentice-Hall , 1991 。
- [19] J.N.Reddy , An Introduction to the Finite Elements Method. Second edition , McGraw-Hill , 1993 。
- [20] D.L.Logan , A First Course in the Finite Elements Method. Second edition , PWS-KENT , 1992 。
- [21] R.D.Cook , D.S.Malkus and M.E.Plesha , Concepts and Applications of Finite Elements Analysis. Third edition , John Wiley & Sons , 1989 。
- [22] K.J.Bathe , Finite Elements Procedures , Prentice-Hall , 1996 。
- [23] 劉晉奇，如何避免錯誤的 CAE 分析，電腦繪圖與設計雜誌，2003 年 9 月 。
- [24] R.H.MacNeal , Finite Elements: Their Design and Performance , Marcel Dekker , 1994 。
- [25] Y.C.Fung , First Course in Continuum Mechanics. Third edition , Prentice-Hall , 1994 。
- [26] J.S.Arora , Introduction to Optimum Design. Appendix C , McGraw-Hill , 1989 。
- [27] C.F.Gerald and P.O.Wheatley , Applied Numerical Analysis , Addison-Wesley , 1994 。
- [28] 山田嘉昭，非線性有線元素法基礎，亞東，1985 。
- [29] 羅得良，電子產業機構設計-計算機機械結構，全華，1996 。
- [30] 楊桂通、樹學鋒，塑性力學，中國建材工業出版社，2000 。