

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

筆記型電腦 TFT-LCD 模組衝擊及落下模擬分析與驗證

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2212-E-034-001-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：中國文化大學機械工程學系

計畫主持人：江毅成

計畫參與人員：黃道暉

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 25 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

筆記型電腦 TFT-LCD 背光模組衝擊模擬分析與驗證

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC94-2218-E-034-001-

執行期間：94 年 8 月 1 日至 95 年 7 月 31 日

計畫主持人：江毅成

共同主持人：

計畫參與人員：黃道暉

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

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

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中國文化大學機械系

中華民國九十五年十月二十五日

中英文摘要

中文摘要

本研究計畫為三年期連續性計畫「筆記型電腦 TFT-LCD 模組衝擊及落下模擬分析與驗證」第一年計畫。筆記型電腦 TFT-LCD 模組的外型尺寸被要求設計的越來越薄且輕，模組內部的設計空間便相對的被壓縮，所以模組之強度便受到相當大的考驗。針對 TFT-LCD 模組的機械強度信賴性測試，主要有衝擊試驗(Shock Test)、振動試驗 (Vibration Test) 等，其中衝擊試驗為模擬受測機構組零件在受瞬間撞擊時，其內部的受力狀況。衝擊試驗主要會對 TFT-LCD 模組做六個自由度的衝擊，其較常見的問題為玻璃移位造成顯示器露光和導光板(LGP)跳脫撞斷燈管等，相對應於模組的衝擊試驗，系統廠商則進行筆記型電腦及產品包覆於緩衝包材的掉落試驗。本多年期連續性研究計畫運用有限元素分析法(FEA)來進行背光模組膠框強度設計、導光板(LGP)耳部斷裂的衝擊模擬分析和筆記型電腦及產品含緩衝包材的落下模擬分析。由於光電產品的特徵尺寸通常都很小，在建構有限元素模型時，必須將網格切割到極細密的程度才能掌握其行為，加上設計變因參數多，需要龐大的運算量，本研究計畫利用平行運算技術來「有效縮短有限元素分析(FEA)分析時程」。同時本計畫也進行實際的測試，實驗結果將和有限元素分析模擬結果進行比對。本研究的主要目的是探討 TFT-LCD 模組於衝擊和 Notebook 及產品含緩衝包材於落下之結構分析，經由模組衝擊及落下模擬分析與驗證，實際解決產品結構開發問題。

關鍵詞：筆記型電腦、TFT-LCD 模組、衝擊試驗、落下試驗、導光板、有限元素分析法

英文摘要(Abstract)

Shock and Drop Simulation and Test for Notebook TFT-LCD Module

This project is the first year of the three-year continuous project “Shock and Drop Simulation and Test for Notebook TFT-LCD Module”. The size and thickness of Notebook TFT-LCD module are designed to be smaller and thinner such that the internal space that allowed for design inside the module is squeezed. Thus, the module strength design becomes a rigorous challenge. Concerning the mechanical strength reliability test for TFT-LCD module, the major tests are the shock test and the vibration test among which the shock test is to mimic the internal stress condition in module mechanisms under high speed impact. Under the six direction impacts for TFT-LCD module shock test, the most often occurring problems are the misalignment of glass panel that will lead to leak light through the glass panel and the fracture of the light guiding plate (LGP) that often causes the breakage of the lamp. Analogous to the shock test for TFT-LCD module, the system factory will conduct the drop test for Notebook and the product with the cushion material. The present project proposes to apply the finite element analysis (FEA) (i) to conduct the strength design for plastic frame of the TFT-LCD backlight module; (ii) to simulate the fracture of the light guiding plate under shock test and; (iii) to simulate Notebook and the product with the cushion material under drop test. Due to the characteristic size of optoelectronic products is usually little, the mesh shall be taken to be very fine as conducting the FEA modeling in order to catch their behavior. In addition, there are many design parameters for present modeling analysis. Therefore, the present project requires a huge of calculation operation. Therefore, the present project proposes to use parallel calculation operation technique to effectively shorten the FEA operation time. In addition, the real test has been conducted and the test results will be compared with those of FEA simulations. The major purpose of the present project is to conduct the structure analyses for the TFT-LCD module under shock test as well as Notebook and the product with the cushion material under drop test. Through the shock and drop simulation and test, the structure development problem for notebook TFT-LCD module can be practically solved.

Keywords: Notebook, TFT-LCD module, Shock Test, Drop Test, Light Guiding Plate, Finite Element Analysis

報告內容

平面顯示器產業已被大家認為是繼半導體產業後，下一個最重要的明星產業，兩兆雙星中，平面顯示器產業就是其中之一兆。平面顯示器產業中以 TFT-LCD 產業竄起最快，TFT-LCD 模組的設計，因在以輕薄為目標的考量下，模組內部的設計空間便相對的被壓縮，所以模組的強度便受到相當大的考驗。TFT-LCD 模組需被設計來符合消費者的使用環境，因此模組必須通過各種不同的機械強度信賴性測試，其主要有衝擊試驗(Shock Test)、振動試驗 (Vibration Test)等，其中衝擊試驗為模擬受測機構組零件在受瞬間撞擊時，其內部的受力狀況。

TFT-LCD 模組在衝擊試驗時，內部的機構件會產生瞬間的碰撞擠壓，因此當試驗的規格越嚴苛，也就是衝擊的作用時間越久，衝擊的作用力越大，相對內部機構件的碰撞擠壓時間也會越久，其作用力也會跟著提升。而如何避免模組內的機構件因相互的碰撞擠壓而導致損壞情形發生，這是輕薄的筆記型電腦 TFT-LCD 模組所遭遇重要問題之一。

通常我們無法清楚得到，TFT-LCD 模組在衝擊試驗時，其內部的碰撞情形，因此每當問題發生時便無法有效的解決，因此清楚了解內部碰撞情形是基本的解決問題之前提。衝擊試驗主要會對 TFT-LCD 模組做六個自由度的衝擊，其較常見的問題為玻璃移位造成顯示區漏光和導光板(LGP)跳脫撞斷燈管等，相對應於模組的衝擊試驗，系統廠商則進行筆記型電腦及產品包覆於緩衝包材的掉落試驗。本三年期之連續性計畫研究第一年(九十四年度)運用 MSC.Marc 模擬軟體來分析模擬 TFT-LCD 背光模組在衝擊試驗的過程，籍以了解其內部受創之情形，而由於背光模組內部組件甚多，因此將先針對其中的關鍵部材—膠框，來進行模組膠框強度設計的靜態及動態模擬與分析。

傳統衝擊試驗

TFT-LCD 模組的設計，因在以輕薄為目標的考量下，使得其在外型尺寸與材料的選用上增加了相當限制，且使用者的測試環境更加的嚴苛，因此模組的衝擊試驗，也就是對應於系統廠商的落下測試 (Drop Test)，便顯得相當的重要。

傳統的衝擊試驗是以嘗試錯誤法 (Trial and Error)來進行，將設計完成的模組實品進行衝擊試驗，若試驗完成後模組在外觀或訊號的顯示上有任何問題，表示這模組便無法通過測試，但傳統的嘗試錯誤法 (Trial and Error)，無法讓設計分析時便能發現其問題點所在，只能作事後的修補且無法完全能避免問題的發生，若能在設計分析時便能掌握其重點，開發的時程便能大幅的縮短，開發的時程及費用相對的也就能有效將低。

有限元素分析模組

筆記型電腦 TFT-LCD 其主要架構為鐵框 (Metal Frame)、玻璃組 (Panel Assy.) 及背光模組 (BLU) 三大部分所組成，如圖 1 所示，而背光模組的結構 (如圖 2) 是以膠框為主體，再搭配一些光學膜片 (Optic Film)、導光板 (LGP) 和燈管組 (Lamp Assy.—包括冷陰極燈管、燈管反射板等)，因此整個模組其實就是鐵框結合膠框來包住所有部件，而鐵框又比膠框堅固且設計又較為簡單，因此膠框的設計似乎便成背光模組結構最為重要的一環。

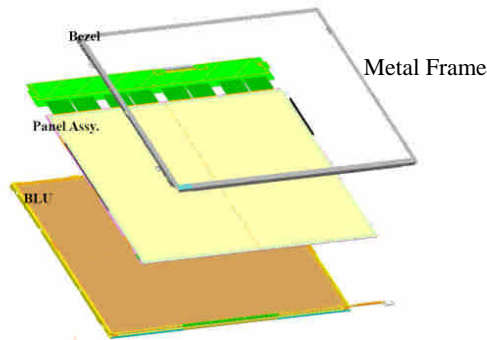


圖 1: 筆記型電腦 TFT-LCD 模組

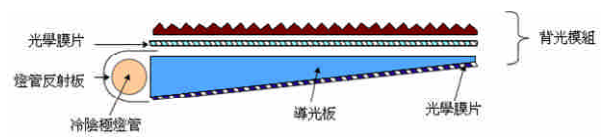


圖 2: 背光模組(BLU)的結構

模擬設定

本研究以 MSC.Marc 有限元素分析軟體來模擬衝擊的整體過程，再進行細部的模擬，在此以 Pro/E 來建立幾何外型以便轉入 MSC.Marc 分析軟體中來作模擬設定。

幾何外型與網格 (Geometry & Mesh)

分析主要分為動態及靜態兩部份的模擬，動態分析為模擬整個衝擊試驗的過程，建入的物件包含鐵框、玻璃組、膠框、導光板等與衝擊平台，如圖 3 所示，而靜態分析方面，建入的物件則為玻璃與膠框，如圖 4 所示，求解後再使用 MSC. Patran 做後處理，判讀分析結果。

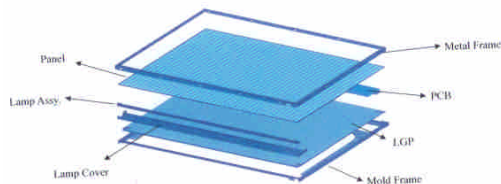


圖 3: 幾何外型和網格

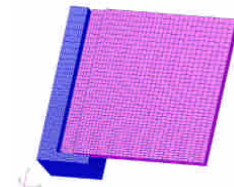


圖 4: 幾何外型和網格

材料性質 (Material properties)

材料性質方面，鐵框為 SUS304、膠框為 PC、導光板則為 PMMA，而 Panel 方面因其結構為兩片玻璃加液晶 (Liquid Crystal)，所以在強度上會較玻璃弱許多，最後是衝擊試驗的固定平台 (Base)，因不探討其受力狀態故以剛體 (Rigid

body)視之，而各部件的數值如表 1 所示。

表 1: 材料性質

Property \ Part	鐵框 (Metal Frame)	膠框 (Plastic Frame)	導光板 (LGP)	玻璃組 (Panel)	固定平台 (Base)
Young's Modulus(GPa)	200	2.6	7.2	25.8	Rigid body
Poisson Ratio ν	0.3	0.26	0.3	0.23	Rigid body
Yield Strength (MPa)	205	67	74	75	Rigid body

邊界條件 (Boundary Condition)

在動態模擬的邊界條件上，主要是將試驗時的速度變化設定在衝擊試驗的固定平台，如圖 5 所示，平台將會延伸四點與模組的螺絲、孔 (User-hole) 位置連結，而整體過程是在模擬碰撞後速度開始減小到零之過程。

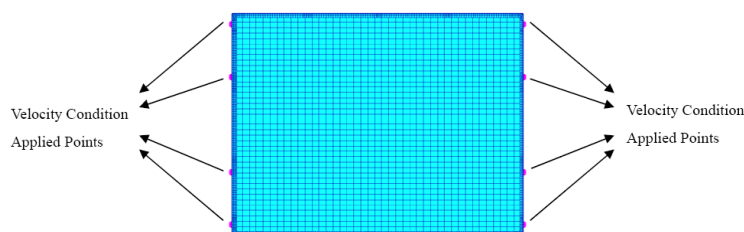


圖 5: 動態模擬的邊界條件

衝擊試驗規格

TFT-LCD 模組的衝擊試驗規格，主要是以半弦波和方波為主，再設定其振幅，也就是指最大加速度值 (G value) 和作用的時程(Duration)，如圖 6 所示，然後再針對模組的六個方向 (+X、-X、+Y、-Y、+Z、-Z) 來進行試驗，由圖 6 積分後所得之速度曲線，如圖 7 所示，因此在初始速度的設定上，必需為撞擊一始的速度，而此速度將會是整個模擬過程的最大速度。

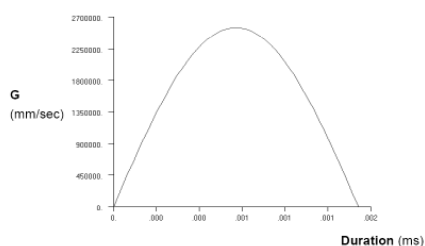


圖 6: 衝擊試驗規格

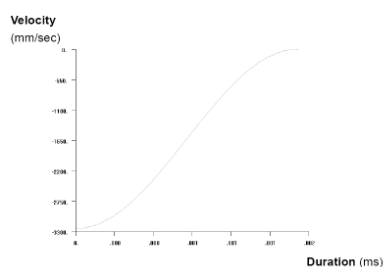


圖 7: 積分後所得之速度曲線

模擬結果與分析

首先來觀察在每個方向衝擊後的模擬結果，衝擊規格為 220G-2ms，圖 8 是經 +X 方向衝擊模擬後玻璃組 (Panel) 與膠框的應力分佈，應力集中處為在 x 軸向玻璃組 (Panel) 與膠框的接觸面且靠近模組與衝擊平台的固定點，而其應力最大不

超過 45MPa，圖 9 是 -X 方向的模擬結果，其現象與 +X 方向的結果差不多，最大應力也在 45MPa 以下。圖 10 為 +Y 方向衝擊試驗的模擬結果，由其應力分佈圖可清楚發現，在模組底部兩端 Panel 與膠框接觸的區域，應力集中的現象相當顯著，而 Panel 上的最大應力值已超過 75MPa 甚多，相對接觸的膠框部份應力值也已到達降伏值，有此可知在 +Y 方向的衝擊試驗時，膠框強度將不足以抵抗 Panel 的衝擊，因此可能會造成接觸地方的膠框斷裂而造成 Panel 移位，產生漏光現象，且因底部膠框斷裂也會使得導光板跳脫進而撞擊燈管，燈管斷裂而無法發光。最後是 -Y 方向的應力分佈圖，如圖 11 所示，應力較大值平均分佈於模組上側 Panel 與膠框碰撞處，數值為 10MPa 上下，將不會造成模組的損壞。

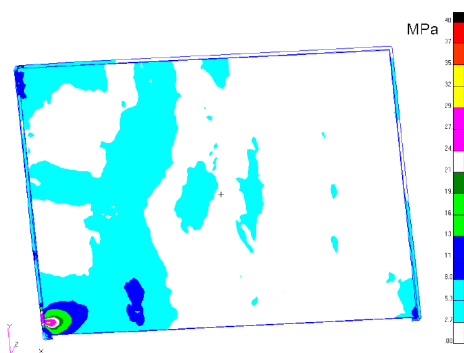


圖 8: +X 方向衝擊模擬後玻璃組 (Panel)與膠框的應力分佈

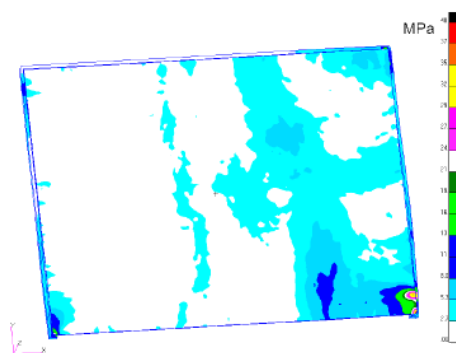


圖 9: -X 方向衝擊模擬後玻璃組 (Panel)與膠框的應力分佈

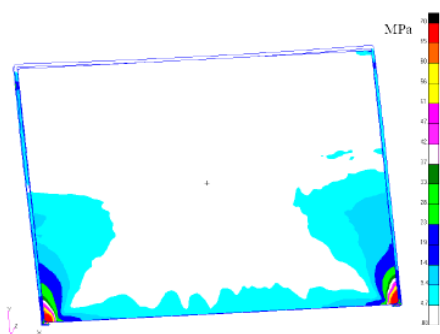


圖 10: +Y 方向衝擊模擬後玻璃組 (Panel)與膠框的應力分佈

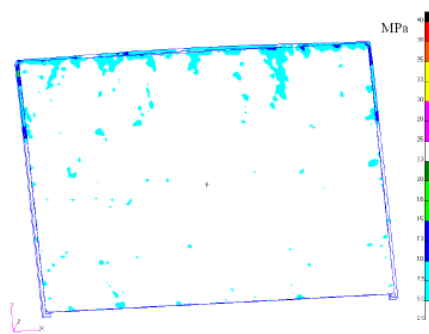


圖 11: -Y 方向衝擊模擬後玻璃組 (Panel)與膠框的應力分佈

圖 12、13 為 +、-Z 方向的應力分佈模擬結果，由於在 Z 方向時各部件接觸面積都較大，衝擊的能量便能被有效的分散，因此在 Z 方向的衝擊時模組各部件所受的應力使減小許多。X 與 Z 方向的結果來分析，由應力分佈圖可得應力集中處多發生於 Panel 與膠框的接觸面，各衝擊試驗方向的接觸面如圖 14 所示，而 X 方向衝擊時接觸面的最大應力在玻璃組 (Panel) 上為接近 45MPa，在膠框上則為 40MPa 左右，Z 方向衝擊時在玻璃組 (Panel) 與膠框上的最大應力都不超過 10MPa，而由於在 X 與 Z 方向的衝擊過程中，最大應力都未到達材料降伏，因

此預計在這兩方向的測試時模組並不會有破壞產生。

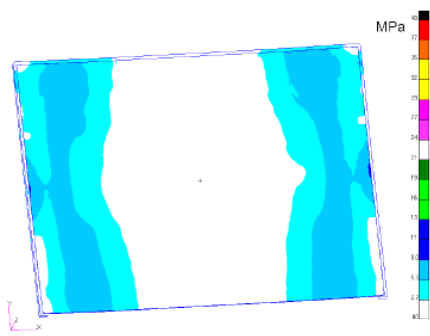


圖 12: +Z 方向衝擊模擬後玻璃組 (Panel)與膠框的應力分佈

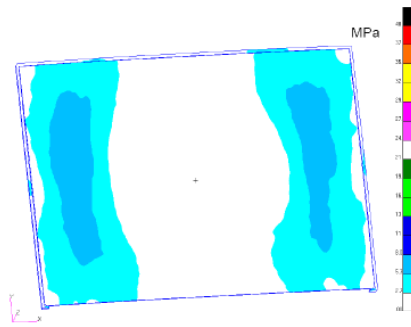


圖 13: -Z 方向衝擊模擬後玻璃組 (Panel)與膠框的應力分佈

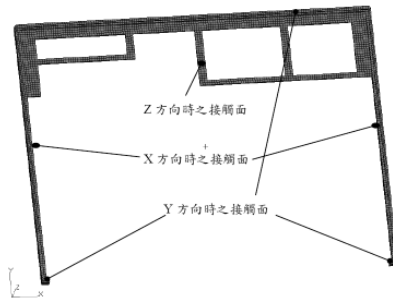


圖 14: X, Y, Z 方向的接觸面

總結以上的模擬結果，模組在進行各方向衝擊試驗時，只有在+Y 方向這組時才會有損壞情形來發生，由於在此方向衝擊時膠框受撞擊處為模組燈管側，此處空間相當有限，因此膠框在此的肉厚通常是不足的，所以當受瞬間撞擊時便有斷裂的可能。

驗證與比較

衝擊規格為 220G-2ms，圖 15 是 LCD 模組經+Y 方向衝擊試驗後，膠框強度將不足以抵抗衝擊，因此造成膠框脫離而造成 Panel 移位，產生漏光現象，且因底部膠框斷裂也會使得導光板跳脫進而撞擊燈管，燈管斷裂而無法發光。圖 16 是 LCD 模組經+Y 方向衝擊試驗後 LCD 模組內部受損之畫面。



圖 15 是 LCD 模組膠框脫離

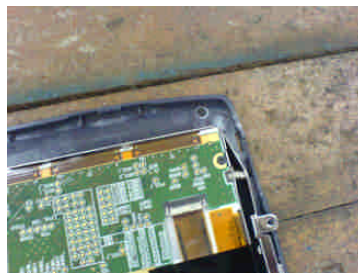


圖 16 是 LCD 模組內部受損

由衝擊試驗進行模組在各方向衝擊試驗後，只有在+Y 方向這組時有明顯損壞情形來發生，這和分析的預測大致吻合。

結論

由於 Notebook TFT-LCD 模組在輕、薄的限制，使得機構設計人員在設計整體無構時無法有效兼顧到強度的考量，而由本研究分析模擬所得之結果可讓設計者先了解整體架構較為脆弱的地方，進而加以補強以達預防之效果。由於光電產品的特徵尺寸通常都很小，在建構有限元素模型時，必須將網格切割到極細密的程度才能掌握其行為，加上設計變因參數多，需要龐大的運算量，本研究計畫利用平行運算技術可有效的縮短有限元素分析(FEA)時程。

計畫成果自評

本研究所預期完成之工作項目大致上都達成目標，透過系統的有限元素數值分析來進行模組膠框強度設計的靜態及動態模擬與分析，此了解將能縮短傳統嘗試錯誤法(try and error) 調訂製造參數的時間，進而提升產品的良率。本研究結果可提供 NB 廠商之參考，具體的研究成果歸納如下：

1. 傳統的衝擊試驗是以嘗試錯誤法 (Trial and Error)來進行，將設計完成的模組實品進行衝擊試驗，若試驗完成後模組在外觀或訊號的顯示上有任何問題，表示這模組便無法通過測試，但傳統的嘗試錯誤法 (Trial and Error)，無法讓設計分析時便能發現其問題點所在，只能作事後的修補且無法完全避免問題的發生，模組膠框強度設計的靜態及動態 CAE 模擬與分析能在產品設計分析時便能掌握其重點，能縮短開發的時程，同時開發的費用也就能有效的降低。
2. 由於光電產品的特徵尺寸通常都很小，在建構有限元素模型時，必須將網格切割到極細密的程度才能掌握其行為，加上設計變因參數多，需要龐大的運算量，本研究計畫利用平行運算技術有效的縮短有限元素分析(FEA)時程。
3. 經由 TFT-LCD 模組衝擊模擬分析與驗證，可實際解決產品結構開發問題。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利

 可技術移轉

日期：95年10月25日

國科會補助計畫	計畫名稱：筆記型電腦 TFT-LCD 背光模組衝擊模擬分析與驗證 計畫主持人：江毅成 計畫編號：NSC94-2218-E-034-001- 學門領域：固力機械
技術/創作名稱	T 筆記型電腦 TFT-LCD 背光模組衝擊模擬分析
發明人/創作人	江毅成
技術說明	中文：本專題研究計畫透過系統的有限元素數值分析來進行 TFT-LCD 模組膠框強度設計的靜態及動態模擬與分析，此了解將能縮短傳統嘗試錯誤法(try and error) 調訂製造參數的時間，進而提升產品的良率，經由模組衝擊及落下模擬分析與驗證，實際解決產品結構開發問題。 英文：The present research proposal has conducted the finite element analysis (FEA) of for the TFT-LCD module under shock test. Through the shock simulation and test, the time to set up the manufacturing parameters by the traditional “try and error” method can be shorten and the structure development problem for notebook TFT-LCD module can be practically solved.
可利用之產業及可開發之產品	NB 廠商 TFT-LCD 背光模組衝擊模擬分析
技術特點	本研究之貢獻是經由透過系統的有限元素數值分析來進行模組膠框強度設計的靜態及動態模擬與分析，此了解將能縮短傳統嘗試錯誤法(try and error) 調訂製造參數的時間，進而提升產品的良率。
推廣及運用的價值	傳統的衝擊試驗是以嘗試錯誤法 (Trial and Error)來進行，將設計完成的模組實品進行衝擊試驗，若試驗完成後模組在外觀或訊號的顯示上有任何問題，表示這模組便無法通過測試，但傳統的嘗試錯誤法 (Trial and Error)，無法讓設計分析時便能發現其問題點所在，只能作事後的修補且無法完全避免問題的發生，模組膠框強度設計的靜態及動態 CAE 模擬與分析能在設計分析時便能掌握其重點，能縮短開發的時程，同時開發的費用也就能有效的降低。

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。