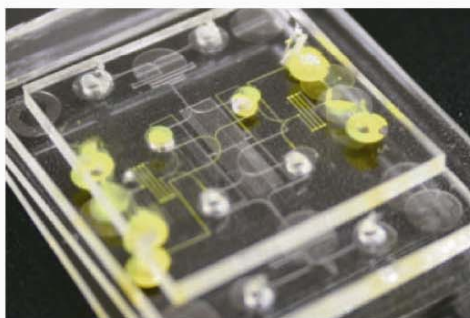




國研科技



技術發展類

- 福衛二號衛星延壽與操控技術之提昇
- 建置低成本、高效率第三代太陽能電池研發平台
- CMOS 微機電感測器 IP
- 分散式高速計算線上雲端/格網作業系統平台
- 衛星地面系統維運及任務操作的自主發展

科技服務類

- 地震應變與風險管理之技術研發與應用
- 啮齒類實驗動物病原檢測服務
- 遠距元件代工服務平台

學術研究類

- 16 奈米世代半導體元件
- 再生能源與介觀物質之物化機制高效能計算

October 2010

NARL QUARTERLY

28

| 專題企劃 | National Applied Research Laboratories

2010年國研院 傑出科技貢獻獎



編輯室報告



- 為提升本院科技研發能量，本院自 2007 年起設立「國家實驗研究院傑出科技貢獻獎」，獎勵對本院具有卓越貢獻之傑出科技研發人才。今年舉辦第四屆本院傑出科技貢獻獎之選拔，並選出三類別共計十組優勝個人或團隊。本期「專題企劃」單元特別介紹本屆得獎團隊，期與讀者分享他們的研發成果與研發心得。
- 本期「人物專訪」單元介紹本院台灣海洋科技研究中心高家俊主任，高主任於專訪中分享他對海洋研究的熱愛，同時也強調台灣在海洋事務上還有很大的進步空間。高主任以信任與尊重讓海洋中心同仁適才適所，齊心齊力在海洋研究領域打拼，相信高主任未來一定能帶領海洋中心開創出一番新格局。
- 本期「美藝鑑賞」單元展出為攝影作品 - Český Krumlov 冬季的雪景，攝影者為國家地震工程研究中心陳沛清先生。作品展現捷克南部古老小鎮 Český Krumlov，其橘紅色屋頂與處處潔白雪花相映成趣的美景，令人心嚮往之。
- 感謝各單位同仁踴躍投稿，限於篇幅，難免有遺珠之憾，無法刊登之文章將於往後陸續刊登。



歷經過去一年的努力，國研院不斷在蛻變中成長，且已顯現相當成果。

秉持「建構研發平台、支援學術研究、推動前瞻科技及培育科技人才」四大任務目標，本院積極整合十一個研究中心與籌備處之核心能量，以發揮跨領域合作綜效。於 99 及 100 年度中，為配合推動國家重要科技政策，本院共投入約 16% 之科研經費於六大新興及四大智慧型產業等相關研究課題中，目前更著手籌設「新竹生醫園區」之「生醫科技及產品研發中心」，並於「中興新村高等研究園區」規畫未來綠能科技應用技術之發展，相關經費比例亦將持續增加。

而在各項改革的驅策下，本院七個受評中心均順利通過本院及國科會再評鑑之初評、複評作業，並均獲審查委員高度肯定，認可各中心已彰顯其獨特及存在必要性而應持續維持營運。而經由此次評鑑，全院不僅體質大幅強化，管理制度也更趨完善。

正由於同仁的努力與付出，今年本院再度交出了亮眼的成績！如動物中心北部及南部設施不僅均獲實驗動物管理國際認證（AAALAC），亦成功建立了全球第一個以藥物可調控基因轉殖大鼠的技術平台；又如太空中心推動福衛五號與七號衛星之研發計畫、奈米元件實驗室發展「15 奈米元件關鍵技術研發平台」以及國網中心建置「科技研發服務雲端平台」等等，其成果均將對增進民生福祉有重要貢獻。此外，就各界關切之環境議題，海洋中心已協助地方政府瞭解蘭嶼珊瑚礁於八八風災後的受創情形，災防中心亦積極推動「防災社區」之建置，以協助強化我國整體之防災能力。

在本院即將邁入八周年之際，本人至盼全院同仁能凝聚共識，以創意展現活力，以績效爭取肯定，共同攜手邁步向前，再創新局。

院長



封面故事 NO. 28

為提昇國家實驗研究院科技研發能量，獎勵執行本院研發及科技服務任務，且成果具重大創新性、突破性及影響性之員工，今年續辦第四屆本院傑出科技貢獻獎選拔活動。該獎項分為技術發展類、科技服務類、學術研究類。期以激勵優秀研究人員共同追求卓越、創造更多優質的研發成果，俾對社會民生產生重大貢獻。

院長的話

專利上架

- 4** 單軸複數刀口演算法之 MTF 量測裝置
— 許家偉

專題企劃

2010 年國研院傑出科技貢獻獎

- 10** 2010 年國研院傑出科技貢獻獎選拔紀要
— 國家實驗研究院
- 12** **技術發展類 - 特優** 福衛二號衛星延壽與操控技術之提升
— 林辰宗
- 30** **技術發展類 - 優等** 建置低成本、高效率第三代太陽能電池的技術研發與平台
— 謝嘉民
- 37** **技術發展類 - 優等** CMOS 微機電感測器 IP
— 莊英宗
- 45** **技術發展類 - 優等** 分散式高速計算線上雲端/格網作業系統平台
— 潘怡倫、吳長興
- 56** **技術發展類 - 佳作** 衛星地面系統維運及任務操作的自主發展
— 國家太空中心 衛星操作控制組
- 67** **科技服務類 - 特優** 地震應變與風險管理之技術研發與應用
— 國家地震工程研究中心 震災模擬組
- 75** **科技服務類 - 優等** 嚙齒類實驗動物病原檢測服務
— 劉瓊文
- 79** **科技服務類 - 優等** 遠距離代工服務平台
— 陳豪育
- 86** **學術研究類 - 優等** 16 奈米世代半導體元件
— 黃建朝
- 92** **學術研究類 - 優等** 再生能源與介觀物質之物化機制高效能計算
— 張自恭、陳欣聰、盧建銘

尖端科技

- 104** GeSi/Ge 之研究以應用於應變通道 Ge MOSFET 元件製作
— 羅廣禮

科技交流

- 112** 以前瞻及技術地圖串聯完整政策規劃價值鏈
— 殷正華、蔡璞
- 116** 颱風定量降雨技術發展
— 于宜強、張智昇、陳永明、鄭兆尊
- 124** 臺美三層樓挫屈束制斜撐構架網路合作擬動態試驗方法
— 王孔君、陳家乾

人物專訪

- 130** 知足豁達 浪濤中體悟百味人生
專訪海洋中心高家俊主任
— 國家實驗研究院

科技小百科

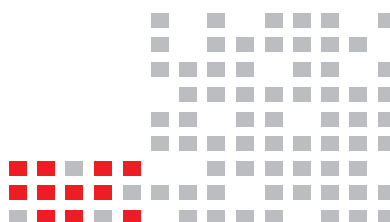
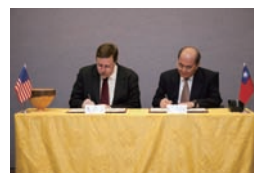
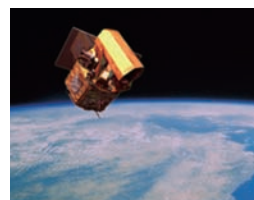
- 132** 淺談電腦輔助藥物設計
— 王焰增
- 134** 手機鏡頭光學品質檢測
— 郭慧君

活動報導

- 138** 走向優質健康的生活-本院儀器科技研究中心舉辦台灣電子醫療器材契機論壇
— 陳順源

各實驗室動態

- 142** 國家實驗研究院
- 142** 國家奈米元件實驗室
- 143** 國家實驗動物中心
- 143** 國家地震工程研究中心
- 144** 國家太空中心
- 144** 國家高速網路與計算中心
- 145** 國家晶片系統設計中心
- 145** 儀器科技研究中心
- 146** 科技政策研究與資訊中心
- 146** 國家災害防救科技中心
- 147** 台灣海洋科技研究中心
- 147** 颱風洪水研究中心籌備處



專利上架

Patent Showcase

單軸複數刀口演算之 MTF 量測裝置

文/圖 許家偉 儀器科技研究中心

國研院改制財團法人後，研發成果之推廣亦益形重要，本專欄將定期報導本院最新研發成果資訊與內容，以期建構本院與國內各界技術媒合平台，落實本院研發成果之應用及商品化。對本專欄之專刊技術有興趣者，請連絡國研院業務推廣室-蔡智華小姐 chtsai@narl.org.tw。

專利創作背景

由於行動電話終端市場需求提高，以及智慧型手機出貨量的成長，2010 年全球手機相機模組（CCM）市場需求高達 12.3 億顆，不僅較 2009 年成長 13.5%，更有持續增長的趨勢。由於手機相機裝置已成為當前手機開發必備的規格之一，隨著科技的進步及製程技術突破，手機相機感光元件的畫素也不斷提高，目前市場上主流規格已經由 3 百萬畫素起跳，而出貨量也已占總體市場的六成。相對於感光元件的畫素提升，與其搭配的相機模組光學設計也必須跟著精進，而手機相機鏡頭光學成像品質在生產製作上的檢測要求，也將會更加嚴格。因為台灣在整體手機鏡頭模組的供應鏈上扮演相當關鍵的角色，在龐大的出貨壓力之下必須兼顧其產品品質，有賴於更有效率、更加準確以及更加經濟的線上檢測設備來進行品質把關。

MTF（Modulation Transfer Function）調制傳遞函數，是目前市場上較被廣泛接受的成像光學元件品質檢驗標準，如圖 1 所示。MTF 的量

測曲線圖形除了可以用來與待測鏡頭原始光學設計值進行比對之外，更可依照應用需求檢測該鏡頭於不同空間頻率下的影像還原能力，比起單純利用解析力來做為鏡頭成像品質的評判，有更加全面及客觀的優點。依據手機相機模組的開發主流趨勢來看，鏡頭的成像品質要求除了落在光軸上的焦點位置之外，在離軸位置的成像品質也因近拍或廣角拍攝的需求，亦被列入出貨前的檢測規格之內。環顧目前現有市場成熟的 MTF 量測技術，符合國際量測規範之正投影 MTF 量測方式所開發的機台，因受限於手機鏡頭模組的短背焦及高感光元件解析度，使得在多角度的測量上有其開發難處。為了滿足高解析度的鏡頭成像質量測，需透過中繼鏡頭（Relay Lens）的設計來達到高量測空間頻率的要求，而一般設計是以單一取像相機搭配中繼鏡頭，利用多軸運動控制進行鏡頭軸上及離軸多點 MTF 量測，此一做法會有量測時間過長，檢測效率過低的問題，不符量產產品的線上檢測標準。

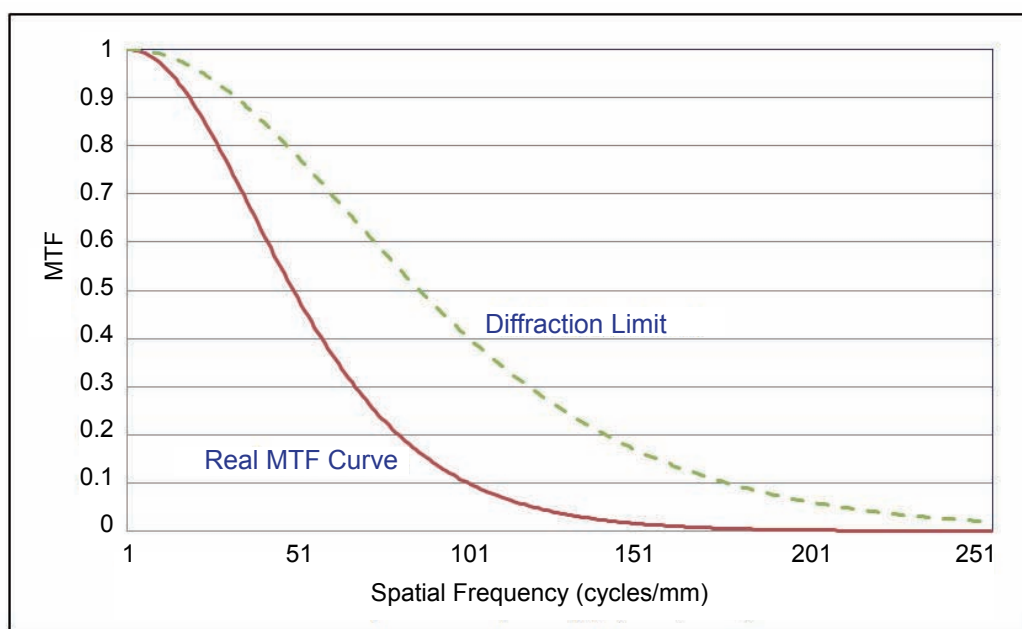


圖 1 MTF 曲線示意圖。

利用單軸及複數刀口演算法所開發的快速 MTF 量測技術是本院儀科中心整合多年光機電系統開發基礎，針對手機鏡頭特別研發的檢測方法。運用一個準直儀（Collimator），透過一特殊設計光學分光模組，投射出多個方向的平行光，作為離軸 MTF 量測的多點目標。如此於無窮遠物的量測情況下，只需一個單軸馬達驅動取像相機，即可同時進行軸上及離軸多點測量。其關鍵技術利用數位影像方式將成像圖案由斜刀口演算法處理，無須中繼鏡頭放大影像，便可提高量測空間頻率解析度，同時求出軸上及離軸之 MTF 量測值，可大幅縮短量測時間，有助於建立光學鏡頭相關量測儀器開發技術。本院儀科中心並依此技術開發出全球首套正投影多點同時量測之 MTF 量測機台，其優點為快速多點 MTF 量測、機台輕量化及成本低，符合產學研界需求。

專利原理及特色

單軸及複數刀口演算法之 MTF 量測裝置，主要是利用一專利設計的光學分光機構（如圖 2 所示），用以達成軸上及離軸平行光同時入射待測鏡頭之可行性。此專利創作之光學分光機構包含一個抗反射鍍膜的透鏡及數個表面鍍有可提高反射率鍍膜的平面反射鏡，利用此分光機構接收來自準直儀發出之光源，可將單一大口徑之平行準直光束分成一道軸上入射及多道離軸入射之準直平行光束。這些分光後的光束將同時入射位於分光機構上方待測鏡頭內，經由待測鏡頭聚光後，會將準直儀所投射出的刀口影像聚焦並成像於其焦平面上，此時在焦平面上便會有中央（軸上）及周圍數個斜刀口影像。此外，該分光機構上的數個平面反射鏡組，可依照測量需求調整其離軸光線之入射角度，即可在待測鏡頭的焦平面上不同離軸角度，進行離軸 MTF 的量測。

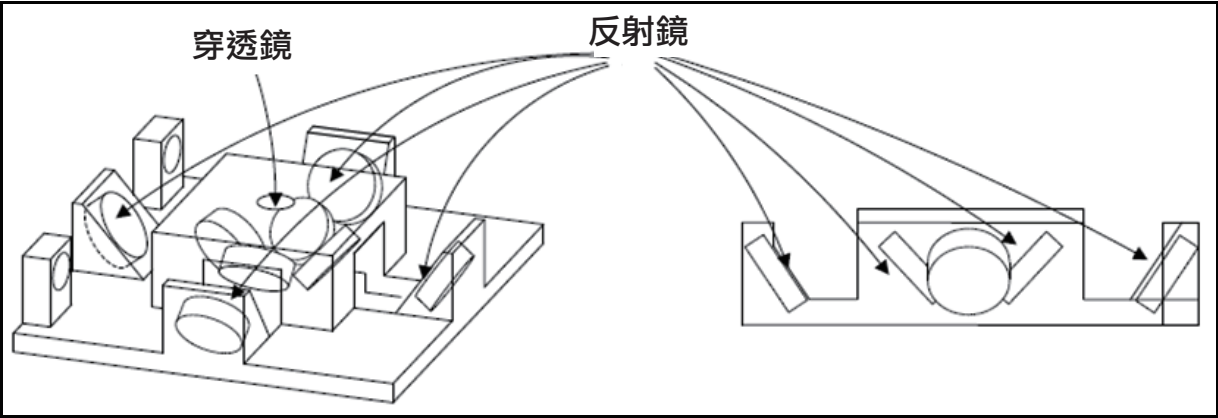


圖 2 專利設計之光學分光機構示意圖。

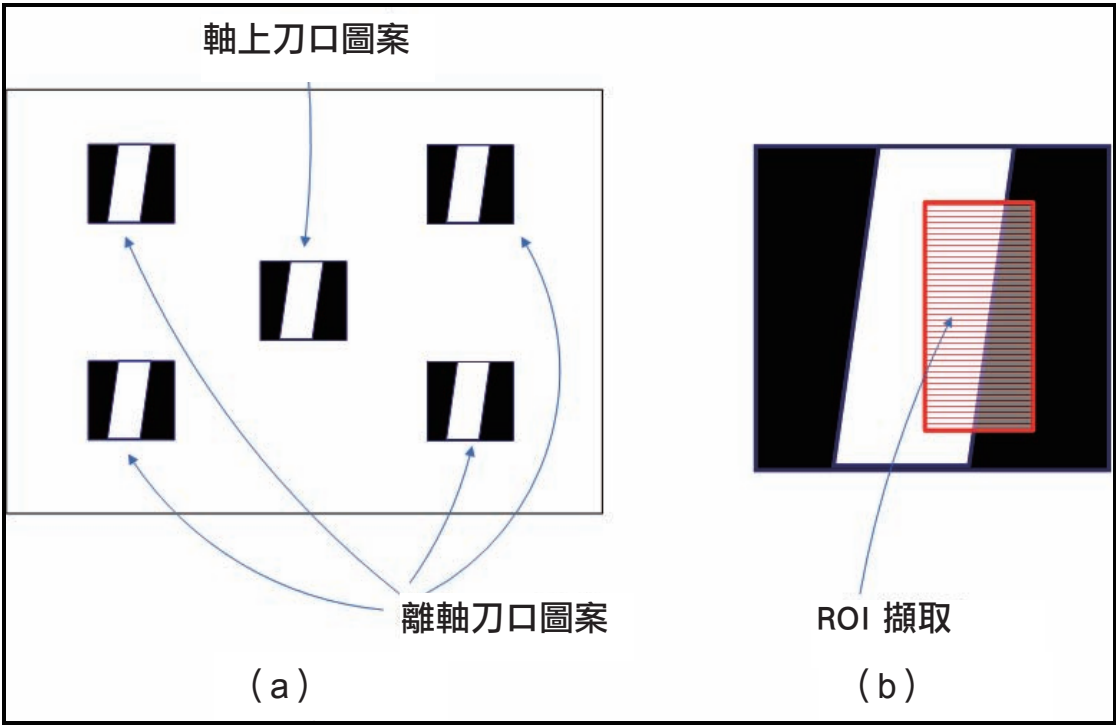


圖 3 複數斜刀口影像圖形及 ROI 區域影像擷取。

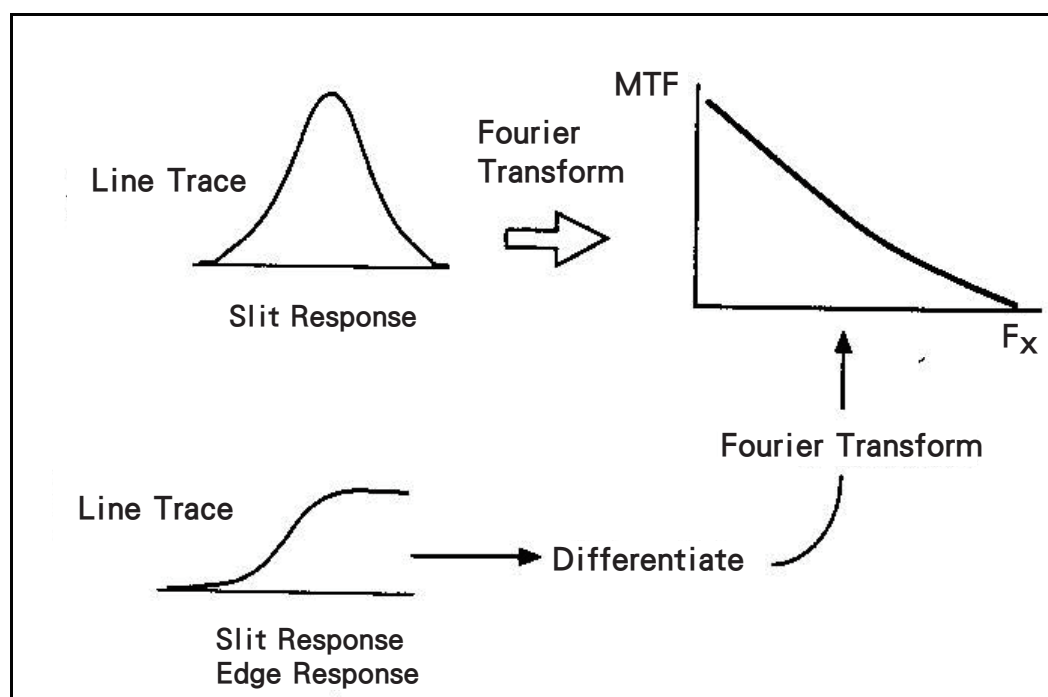


圖 4 MTF 刀口演算法計算流程示意圖。

本專利創作之另一目的在於實現可一次拍攝多點對焦點改進單一對焦點缺失。亦不需要對鏡頭進行微掃描提高解析度，以及過度依賴移動裝置控制移動精準度。對於無限遠物的 MTF 量測比較複雜，由於用於投射圖樣的準直儀只投射單一方向的光，對於無窮遠物而言，多點量測代表多個方向的平行光，代表需要多個準直儀。本專利僅運用一個準直儀，即可投射出多個方向的平行光，作為量測系統的多點目標。如此於無窮遠物的量測情況下，只需單軸移動裝置即可進行多點測量，大幅縮小其量測時間。

圖 3 為複數刀口影像成像圖形，取像相機可同時擷取待測鏡頭焦平面位置軸上及離軸之聚焦影像。圖 3 (a) 表示系統可設定包含一個軸上及四個離軸之五個待測斜刀口影像。其中，斜刀口影像可針對水平取樣區域及垂直取樣區域做處理。圖 3 (b) 為針對一 ROI 斜刀口影像畫

面，取得多條水平方向線內插運算邊緣函數曲線 (Edge Spread Function)，由微分處理得到線分布函數 (Line Spread Function)。最後，透過快速傅立葉轉換 (FFT, Fast Fourier Transform) 運算得到一 MTF 曲線波形圖。MTF 刀口演算法計算流程如圖 4 所示。

專利實作及應用

圖 5 為單軸及複數刀口演算法之 MTF 量測系統構示意图，利用準直儀產生光源，將光源照射上述專利設計光學分光機構，接著運用一架設於單軸電控馬達驅動之取像裝置，透過控制將該取像感光元件移至待測鏡頭焦平面位置。由取像裝置得到待測鏡頭焦平面上，軸上及離軸之五個斜刀口測試圖形，透過傳輸線材即時將待測鏡頭聚焦影像上傳至控制電腦，並以影像處理的方式進行斜刀口影像內差運算，於優化量測曲線及進行

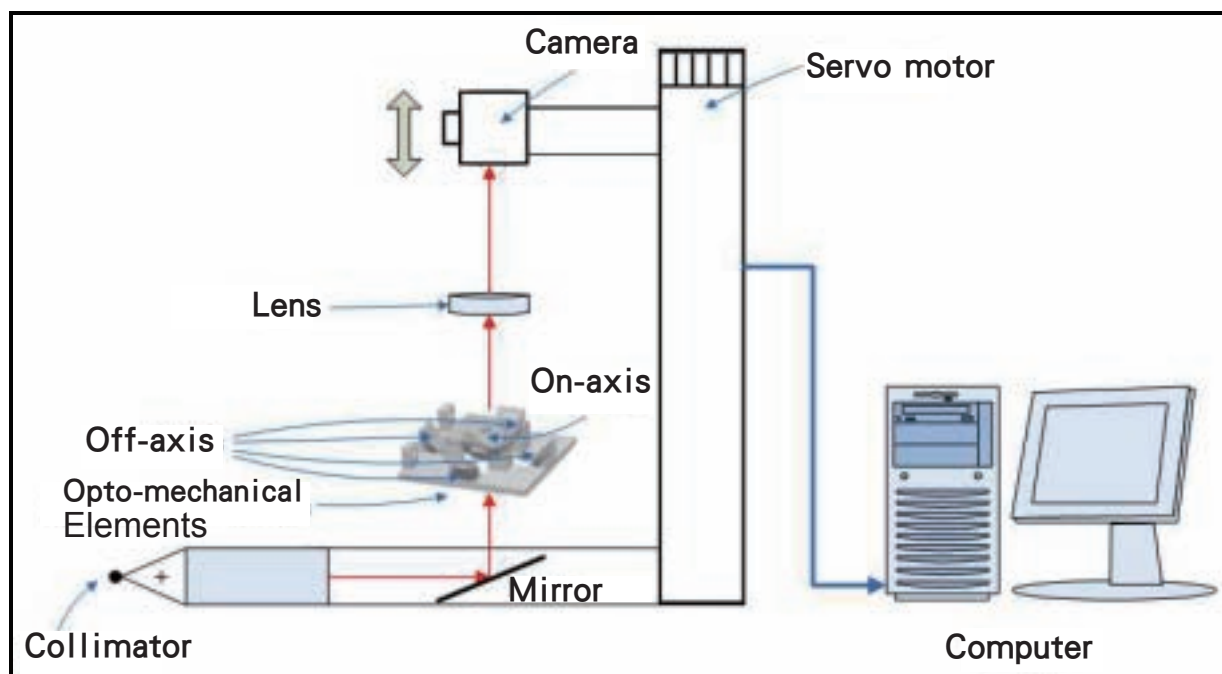


圖5 單軸及複數刀口演算法之 MTF 量測系統架構圖。



圖6 MTF 量測儀機台實體圖。

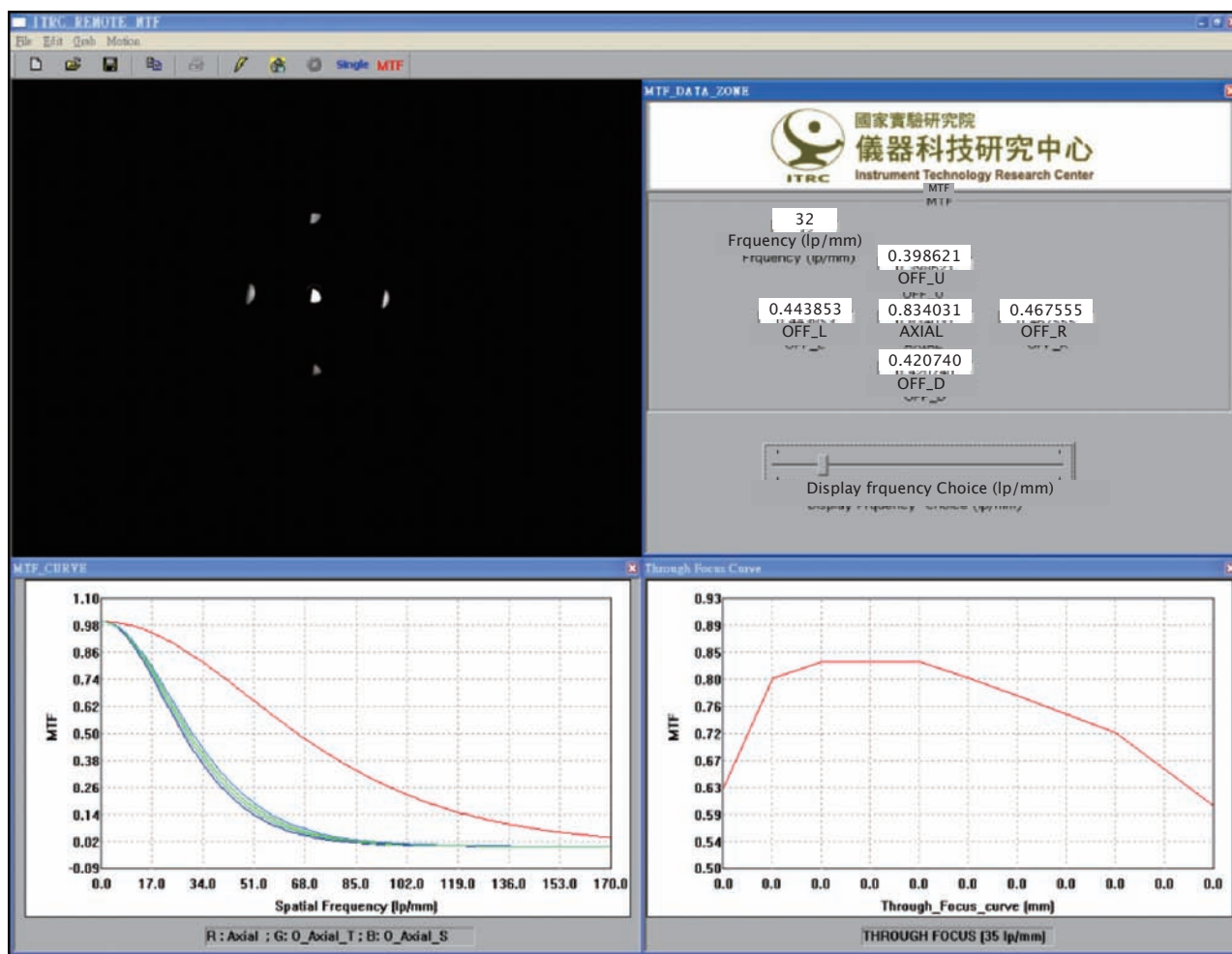


圖 7 MTF 量測儀操作軟體人機介面示意圖。

MTF 刀口演算法計算流程，最後便可求得軸上及離軸位置的 MTF 空間頻率曲線圖形。

圖 6 為本院儀科中心開發的視訊 MTF 機台實體照片圖，係將含有測試用斜刀口樣版的準直儀、大型平面反射鏡、專利設計之光學分光模組、待測鏡頭載台、取像相機及單軸驅動電控馬達整合為一視訊鏡頭品質量測系統。整個量測系統透過適當光路安排，可將機台空間做最有效率的應用，使得該機台在體積及重量上都較市面上現有機台都來的小，不僅適合產線上品管檢測使用，也適合用於一般實驗研究場合。

圖 7 為本院儀科中心自行開發之視訊鏡頭品質量測軟體人機界面程式，讓使用者即時看到所擷取出的影像畫面。人機界面視窗的左上角設置有一「即時影像顯示區」，將攝影機擷取的影像即時顯示。以單軸複數刀口演算法進行視訊鏡頭品質量測，可得到一條軸上 MTF 量測曲線及四條離軸 MTF 量測曲線顯示於左下角的人機界面視窗，並可由右上角的視窗輸入產品規格及檢測要求。此外，本程式可進行過焦量測（Through Focus），並對焦於最佳焦平面位置，右下角的人機界面視窗顯示本系統運算後得到的過焦量測曲線。

專題企劃

Special Report

2010 年國研院傑出科技貢獻獎

■ 2010 年國研院傑出科技貢獻獎選拔紀要

文 國家實驗研究院

國家實驗研究院為提昇科技研發能量，自 2007 年起設立「國家實驗研究院傑出科技貢獻獎」，共分為技術發展、科技服務、學術研究等三類別，以獎勵執行本院研發及科技服務任務，且成果具重大創新性、突破性及影響性之員工。期以激勵優秀研究人員創造更多優質的研發成果，對社會民生產生更大的貢獻。

2010 年為使各獎項評審標準更為明確，於 2 月 23 日通過並公布修訂之「國家實驗研究院傑出科技貢獻獎作業要點」，並開始接受「2010 年第四屆國家實驗研究院傑出科技貢獻獎」推薦。至 3 月底截止日止，總計收到 21 件由本院各實驗研究單位所推薦的個人或團隊，分別為學術研究類 5 件、技術發展類 9 件、科技服務類 7 件。為符合選拔公開、公正、公平原則，並以客觀選出具重大創造性、突破性及影響性之成果，乃由本院陳文華院長委請吳光鐘副院長擔任召集人，聘請學術研究單位學者專家等共 15 人，成立三類獎項之評審委員會，並開始進行評審選拔工作，評選分初審、複審兩階段。

各類獎項評審委員會隨即召開初審會議，進行所有申請案件評選，選出內容符合獎項原則且成果具體者進入複審。複審過程中，分別邀請三類別被推薦個人及團隊進行簡報，並接受評審委員問題答詢，最後依評審委員評選順序，選出三類別特優、優等及佳作之獎項。本屆共計 10 組專業團隊獲得獎勵，其中太空中心「福衛二號延壽與操控技術之提昇」及國震中心「地震應變與風險管理之技術研發與應用」分別獲得技術發展類、科技服務類之特優獎殊榮。各類獎項除頒發獎牌外，依得獎類別另頒發獎勵金，特優獎為新台幣參拾萬元、優等獎為新台幣拾伍萬元、佳作獎為新台幣伍萬元整。

在本院傑出科技貢獻獎選拔完成後，本院即刻展開遴選團隊以推薦參加「行政院 2010 傑出科技貢獻獎」甄選。該團隊之研究成果需展現出提升我國學術研究水準國際學術地位、強化我國產業技術研究成效及提升產業技術研發能力、增強國家科技實力等具體事蹟。經審慎評估後，本院推薦「台灣地震損失評估系統之技術研發與應用」與「福衛

二號衛星延壽與操控技術之提昇」等兩案參加「行政院2010傑出科技貢獻獎」甄選。

2007年，本院國家太空中心影像處理系統研發團隊曾以「高機動衛星高解析影像處理系統自主研發及國內外終端站建置」獲得「行政

院96年傑出科技貢獻獎」殊榮；2008年本院國家高速網路與計算中心，再度以「高效能計算平台企鵝龍（DRBL）與再生龍（Clonezilla）軟體的技術發展與推廣應用」獲獎。「行政院傑出科技貢獻獎」是我國科技研發的至高榮譽，為學研界所努力爭取的目標。

2010年國研院傑出科技貢獻獎得獎列表

得獎類別	技術發展類	科技服務類	學術研究類
特優	研究主題：福衛二號衛星延壽與操控技術之提昇 得獎單位：國家太空中心 團隊成員：林辰宗	研究主題：地震應變與風險管理之技術研發與應用 得獎單位：國家地震工程研究中心 團隊成員：葉錦勳、簡文郁、劉季宇、林主潔、陳緯蒼、洪詳瑗、黃李暉	從缺
優等	研究主題：建置低成本、高效率第三代太陽能電池研發平台 得獎單位：國家奈米元件實驗室 團隊成員：謝嘉民、戴寶通、沈昌宏、蕭育仁、游文謙、黃文賢	研究主題：噬齒類實驗動物病原檢測服務 得獎單位：國家實驗動物中心 團隊成員：劉瓊雯、張毓秀、匡芷慧、謝偉鈞、李亞恬、林禹勳、黃彥智、黃苑菱、梁善居、余俊強、施艾	研究主題：16奈米世代半導體元件 得獎單位：國家奈米元件實驗室 團隊成員：黃健朝、陳豪育、王浚淇、薛富國、吳政三、楊富量
	研究主題：CMOS微機電感測器IP 得獎單位：國家晶片系統設計中心 團隊成員：莊英宗、曾聖翔、蔡瀚輝、吳伯昌、方喬立、吳健福、賴有梁、邱進峯、洪英瑞、魏慶隆	研究主題：遠距元件代工服務平台 得獎單位：國家奈米元件實驗室 團隊成員：陳豪育、蔣秋芬、蘇旺申、林必窮、周勝鴻、吳政三、許倬綸、彭豐洋	研究主題：再生能源與介觀物質之物化機制高效能計算 得獎單位：國家高速網路與計算中心 團隊成員：張自恭、陳欣聰、盧建銘
佳作	研究主題：分散式高速計算線上雲端/格網作業系統平台 得獎單位：國家高速網路與計算中心 團隊成員：潘怡倫、吳長興、游錫恩、劉嘉言、陳惠珊、鄭國陽、黃維誠	從缺	從缺
	研究主題：衛星地面系統維運及任務操作的自主發展 得獎單位：國家太空中心 團隊成員：陳伯傳、楊儒木、黃慶豐、王元瀚、張書銘、林世昌、彭錦益、林俊寬、邱鴻麟、鄭俊郎		

技術發展類 — 特優

福衛二號衛星延壽與操控技術之提昇

文/圖 林辰宗 國家太空中心

福衛二號任務簡介、代表性成果、與衛星現況

任務簡介

福爾摩沙衛星二號簡稱福衛二號，為我國的第一枚遙測衛星，其任務以滿足國內需求為主，應用於國土觀測、災害調查、環境監測及作物普查等方面。自 2004 年 5 月 21 日發射以來，已屆滿五年任務壽命，期間不但為台灣留下珍貴的影像紀錄，亦在全球發生重大災害時，第一時間提供受災地區緊急影像拍攝服務及資料，為台灣在國際人道救援上盡一份心力。

福衛二號總重 760 公斤，外形呈六邊形，直徑 1.6 公尺，高 2.4 公尺。衛星攜帶遙測照相儀（Remote Sensing Instrument, RSI）和高空大氣向上閃電儀（Imager of Sprite and

Upper Atmospheric Lightning, ISUAL）。福衛二號影像解析度黑白 2 公尺、彩色 8 公尺，每天上午 10 點左右通過台灣，在災害調查、環境監測、及作物普查方面特別有用。

2004 年 5 月 21 日衛星於美國加州范登堡發射場成功發射，2004 年 6 月 2 日完成衛星早期軌道操作進入任務軌道。2004 年 6 月 4 日遙測照相儀拍攝到第一張遙測影像，2004 年 7 月 4 日高空大氣向上閃電儀首次觀測到高空大氣發光現象。福衛二號因其軌道高及視角大，所以能充分發揮每日再訪（Daily Revisit）特性，展現舉世無雙的廣域、緊急、動態、極限四種獨特取像能力，同時福衛二號也是當今世上唯一可以每日對全球任何地區取像的遙測衛星。

代表性成果

福衛二號於 2004 年發射以來對於平均每月發生一次之國際大型災害事件，幾乎每次都以第一時間拍攝到影像。以下列出代表性成果，也反映福衛二號發射以來所拍攝的影像在國內外造成衝擊的幾個事件。

2004 年敏督利颱風

敏督利颱風於 2004 年 7 月 2 日登陸台灣，是

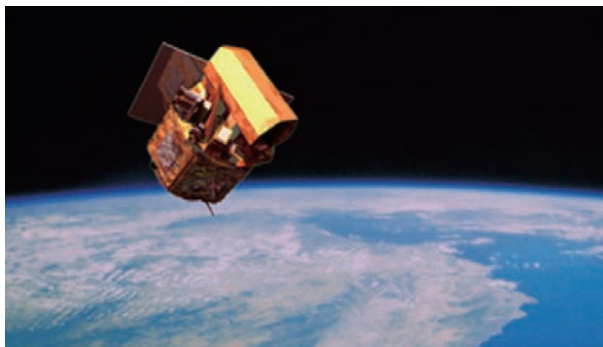


圖 1 太空軌道上的福衛二號衛星。

福衛二號發射後第一次國內災害事件。颱風連續幾天帶來豪雨，造成台灣中南部地區重大災害。太空中心隨即更改原定取像排程，每天針對台灣中南部地區取像，提供災區影像協助進行各項救災工作。

2004 年南亞海嘯

福衛二號於災後一個月內之取像範圍包括泰國西岸、印尼蘇門答臘、印度東岸、斯里蘭卡、安達曼尼科巴群島等地，透過外交管道及研究單位免費下載影像，及時提供災後搜救參考。

2005 年卡翠娜颶風

福衛二號提供的影像可看出紐奧良的淹水區域與發生火災之情形。

2006 年吉尼號漏油

本院國家太空中心當日在新聞報導後，隨即展開緊急取像排程，於事件發生後第一時間，福衛二號順利照得台灣東岸影像。吉尼號漏油事件發生後，包括環保單位、地方政府、軍方、學界、民間團體等各界分別由陸地、海面、海底、空中全面監測，福衛二號也從太空加入調查行列，創下台灣第一次海域污染求償成功的範例。

2007 年美國南加州大火

福衛二號影像由於拍到火苗，廣為媒體引用。該影像不只對救災幫助很大，也一直是解說火勢蔓延的經典教材。

2008 年四川強震

由於福衛二號具有獨特的每日再訪取像能力，且主要災區正好在福衛二號第二軌道涵蓋範圍

內，太空中心於災害發生當晚立即發動福衛二號緊急排程。由於福衛二號曾拍過同地點兩年前之歷史影像，經比對後即可評估災情，因此廣為研究機構與媒體引用。

2009 年莫拉克颱風

2009 年，莫拉克颱風重創台灣，為中南部帶來至為慘重的災情，多處山區村落遭到土石流摧毀湮滅。透過福衛二號拍攝的衛星影像比對分析，高屏地區災變前後的地貌改變一覽無疑。此次水災，行政院國科會運用福衛二號遙測影像，協助災後重建工作，並號召國內相關領域的專家學者進行全面性的災區勘查，針對水利、坡地與土石流等重大災點進行深入的資料收集分析，並提出建議作為後續復原重建參考。

福衛二號在每次國際重大災害事件發生的第一時間裡，就能夠提供關鍵之福衛二號影像；成果不僅屢獲國內外媒體報導，也在許多重要的國際期刊上發表，更獲聯合國「地球觀測組織（GEO）之全球系統觀察系統（GEOSS）災害管理工作小組邀請合作。

衛星健康現況

福衛二號衛星發射自今超過六年，均能依照規劃順利執行任務。衛星反應輪、衛星電池、與太陽電板等幾個會隨時間而劣化的衛星關鍵元件，均未發生預期般的劣化程度，因此預估衛星可以繼續操作數年。當然，在發射至今的六年來仍有一些關鍵的操作狀況發生，但也都在太空中心各工作團隊合作下順利解決問題。

第一次遭遇的重大操作問題發生在發射後一年

內的姿態判定演算法的實現問題，造成衛星偶而會發生當機現象，因而稍微影響任務操作。但在上傳飛行軟體修補程式碼後，此問題已經不再發生。

第二次遭遇的重大操作問題發生在 2006 年 2 月，同樣的狀況也發生在 2006 年 10 月，其原因因為姿態控制系統中，四顆陀螺儀的第一號陀螺儀因為雜訊過高而遭到衛星飛行軟體判定為失效。在太空中切換四顆陀螺儀的操作架構，並切換使用備份（Redundant）電力供應單元與資料處理單元後順利解決問題，繼續正常地執行任務。

第三次遭遇的重大操作問題發生在 2009 年 11 月，第三號反應輪與主要衛星電腦（Primary Satellite Computer）之間的通訊介面失效，並同時發現三顆反應輪無法執行任務之問題。目前衛星以備份（Redundant）衛星電腦與四顆反應輪進行全性能的任務操作。三顆反應輪無法執行任務操作之問題，也在修改姿態控制演算法與參數後順利解決，若日後任一顆反應輪發生劣化現象或失效時，衛星仍然能夠以三顆反應輪繼續執行任務。

衛星任務產值的提升則發生於 2006 年，在整合「衛星最小姿態轉換演算法」至地面影像排程系統後，衛星任務產值大幅提升，同時也大幅降低影像排程的人為操作錯誤。

衛星姿態控制系統簡介

如果說飛行軟體是衛星的靈魂、遙測酬載是衛星的眼睛、衛星電腦是大腦、電力系統是心臟，那麼姿態控制系統便是衛星的四肢，它使衛星具

備行動力與執行任務的能力。衛星在太空環境運行時，姿態控制系統用於穩定衛星並控制衛星的方向，其功能至少包含：

1. 在衛星自火箭分離後穩定衛星的姿態。
2. 將衛星太陽能板指向太陽以產生電能，衛星得以正常運作。
3. 將遙測酬載或通訊天線指向所需之方位。
4. 變換衛星姿態以利於衛星酬載操作或軌道轉換。

因此，姿態控制系統必須配備感測器（Sensor）以判定姿態，配備致動器（Actuator）以控制姿態。

常用的衛星姿態控制硬體包含：

1. 追星儀（Star Tracker）：提供衛星姿態資料。
2. 陀螺儀（Gyro）：提供衛星角速度資料。
3. 全球定位系統接收機（GPS Receiver）：提供衛星位置、速度、與時間等資料。
4. 磁力計（Magnetometer）：提供地球磁場向量資料。
5. 太陽感測器（Sun Sensor）：提供太陽方向資料。
6. 反應輪（Reaction Wheel）：主要的致動器用以控制衛星姿態。
7. 磁力矩棒（Magnetic Torque Rod）：輔助的致動器，主要用以控制反應輪轉速或輔助控制衛星姿態。

福衛二號是高精度高機動性的遙測衛星，姿態控制系統的關鍵技術包括：（1）衛星與載具分離後，使翻滾中的衛星穩定下來，使太陽能板指

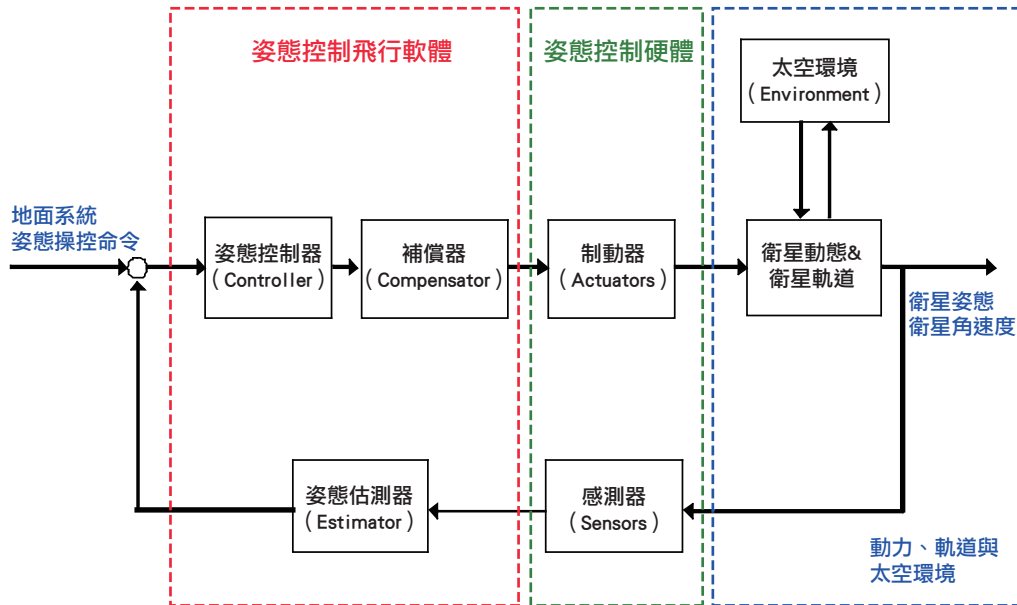


圖 2 典型的衛星姿態控制系統方塊圖。



圖 3 常用的衛星姿態感測器。

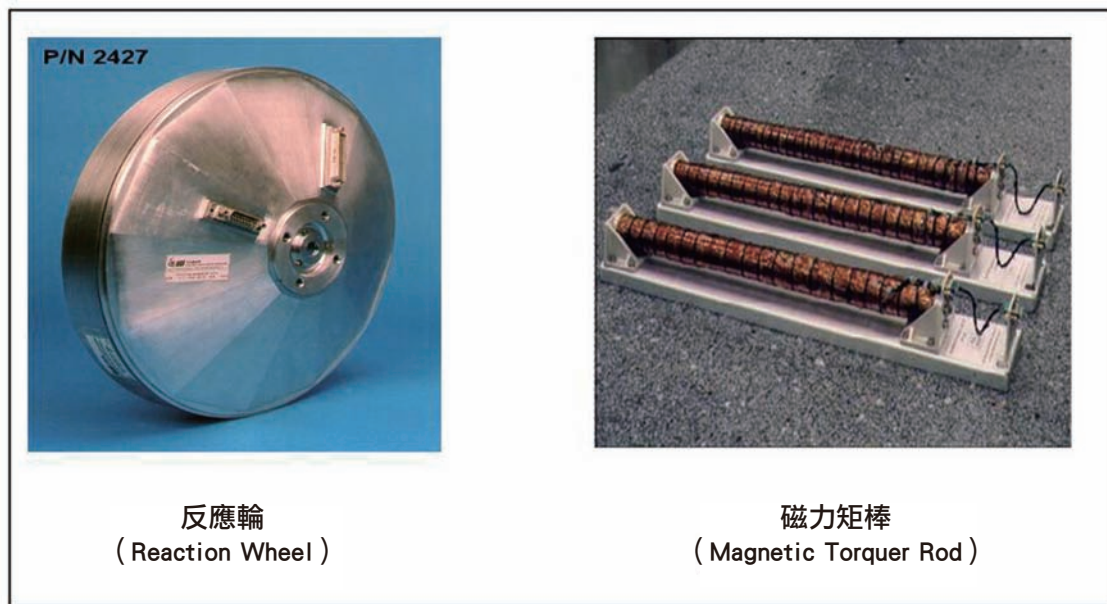


圖 4 常用的衛星姿態致動器。

向太陽取得太陽能以供應衛星電能；（2）在遙測拍照前快速且精準的變換衛星姿態到達拍照定點，使得取像時間加長，增加取像張數與覆蓋面積；（3）遙測拍照時精準的定位，使得取像精準，提升影像品質；（4）根據任務需求轉換衛星軌道。

研究成果

本項研究成果關係著福衛二號衛星延壽與操控技術之提昇，研發期間自衛星整合測試階段，經過早期衛星軌道任務操作，而至最近福衛二號已經執行任務超過六年。主要內容包含三項衛星研發與操控技術之提昇：

1. 發現與確認反應輪極性錯誤因而拯救衛星任務：福衛二號衛星整合測試階段時，我們發現在衛星測試規劃（Test Plan）無法發現的反應輪極性錯誤問題。在積極尋找比對反應輪單體之設計與測試資料、衛星系統介面設計資料、飛行軟體軟硬體介面資料及姿態控制次系統之定義資料

等，並配合使用自主發展的姿態控制分析模擬軟體確認反應輪極性錯誤之嚴重性後，經由修改控制參數，因而避免衛星與載具發射分離後，衛星姿態完全無法控制而導致衛星失效的致命災難。

2. 精進衛星影像排程系統提升任務產值：衛星設計原廠遞交的操作手冊建議以保守的方式操作衛星，因此衛星無法發揮其所有的機動力。太空中心因為掌握整個姿態控制次系統的設計細則，因此重新分析與推導「衛星最小時間姿態變換演算法」，並整合至衛星影像排程系統後，大幅縮短每次衛星變換姿態取像所需時程，使得福衛二號的取像產出大幅超越原始預定值。

3. 解決反應輪設計問題延長衛星任務壽命：福衛二號在2009年底發生第三顆反應輪異常時，同時也發生衛星無法以其餘三顆反應輪執行任務操作。太空中心迅速判定反應輪本體仍為正常，而是資料傳輸介面失效。三顆反應輪無法執行任

務操作之問題，也藉由太空中心發展的姿態控制分析模擬軟體，迅速判定為衛星原廠的設計瑕疵所致。在建構高準確度的反應輪動態模擬模型與精細的摩擦力模型後，在極短的時間內調整姿態控制參數與設計新型控制演算法後，修正衛星原廠設計無法以三個反應輪執行任務之問題。並在衛星操作團隊協助下，實際上傳衛星控制參數，成功完成測試與驗證。

發現與確認反應輪極性錯誤因而拯救衛星任務

衛星姿態控制系統由於以下兩個特性，因此扮演著任務成功與否的關鍵：

1. 姿態控制系統是衛星中最複雜的系統，包含許多艱深的演算法與大量的計算需求。
2. 在地面測試時，無法完全實現太空的環境與狀況，因此許多部分必須仰賴模擬，例如，動力方程式、軌道方程式、太空環境、與姿態控制硬體之反應與行為。

雖然，硬體極性錯誤常常是衛星任務失敗的原因，但是對新設計的衛星系統而言，極性錯誤仍然持續地發生。原因之一是姿態控制系統是一個整合機械、電氣、與控制的複雜系統，為了有效設計與驗證此系統，姿態控制系統需要有極富經驗的工程人員，並且不能發生一絲錯誤。

福衛二號衛星姿態控制系統的驗證非常嚴謹，其步驟為：

1. 純軟體非即時環境下使用真實飛行軟體，測試演算法的性能與軟體的正確性，所有的硬體與太空環境等均以軟體模擬。
2. 真實飛行電腦搭配真實飛行軟體，以測試飛

行軟體與飛行電腦間的完整性（Integrity），所有的姿態控制硬體與太空環境等均以軟體模擬。

3. 使用衛星工程發展模型（Engineering Development Model）搭配真實飛行軟體，以測試衛星姿態控制系統的完整性，使用部分姿態控制硬體，其餘的姿態控制硬體與太空環境等仍以軟體模擬。

4. 使用真實衛星進行系統完整性的測試，但在此步驟僅測試幾個代表性的狀況（Test Cases），並不仔細驗證系統的性能。由於衛星是在地面上進行測試，衛星動力學、太空環境、與硬體極性等，仍必須以軟體進行模擬與判讀。

由於許多部分仍然仰賴模擬，因此仍然潛藏著不確定性。例如，進行步驟三與步驟四測試時，反應輪旋轉時在外觀上是無法分辨其轉向，甚至是否旋轉也都無法分辨。因此，使用地面測試設備（姿態控制測試器）讀取反應輪輸出的電氣訊號，便成為辨識反應輪轉向或極性的最佳方式。

圖 5 為反應輪、衛星電腦、電力控制單元、與姿態控制測試器之間的電氣連接方式。福衛二號反應輪極性錯誤之原因，在於設計原廠定義反應輪電氣訊號準位與其轉向關係時，發生系統介面定義錯誤。例如，圖 5 的“轉向訊號”準位為“高”時，表示順時鐘轉向，但是卻錯誤地定義為逆時鐘轉向。設計原廠在衛星電腦與姿態控制測試器上，同時發生定義錯誤導致測試結果完全正常。更糟的是該錯誤完全無法在地面測試階段發現，只有在衛星與火箭分離後，衛星姿態控制系統開始運作時才會顯現。

至於，反應輪極性錯誤對衛星與姿態控制系

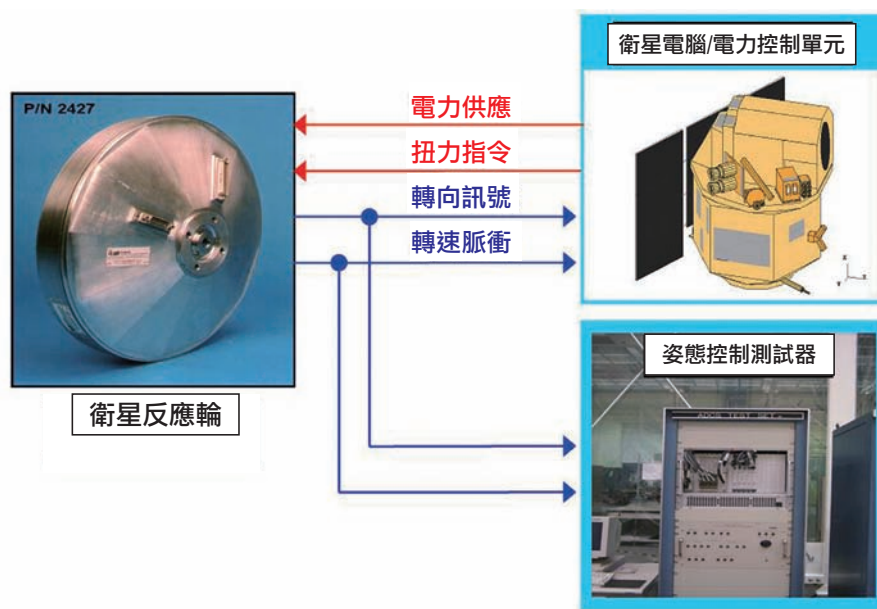


圖 5 反應輪資料擷取方式。

統的影響為何呢？由於姿態控制分析模擬軟體一直被世界各國與衛星發展廠商列為重要的智慧財產，因此我們必須同時並盡快發展此軟體以確認問題與問題的嚴重性。圖 6 為發展完成的軟體之人機介面，在此軟體中，我們實現福衛二號姿態控制系統的所有演算法、姿態控制硬體的模擬模型、太空環境、與軌道暨力學等等。

模擬結果顯示，衛星將在與火箭分離後數小時內，因為電力耗盡而失效。圖 7 為在正確極性與錯誤極性的兩個狀況下，衛星太陽能板能否對準陽光以順利充電的狀況，圖中顯示在正確極性下，太陽能板正對向太陽其充電效率為 100%，而在錯誤極性下，太陽能板與太陽方向間之夾角約為 75 度，充電效率降為約只有 26%，因此無法滿足衛星的電力需求。

經過包含衛星設計原廠與太空中心各技術單位確認問題存在與其嚴重性後，修正飛行軟體參數與姿態控制測試器參數後得以解決問題。

發展完成的姿態控制分析模擬軟體則作為發展雛型，經適度修改後繼續用於福衛三號計畫與福衛五號計畫。

精進衛星影像排程系統提升任務產值

福衛二號衛星每日經過台灣上空兩次，一次約為早上 10:00 左右，另一次約為晚上 21:00 左右。因此，一天只有一次拍攝台灣影像的機會，而且衛星飛行速度極快，通過台灣上空且可能取像的時間約僅有 8 分鐘。這 8 分鐘尚且包含衛星操作、衛星姿態轉換等時間，因此取像時間更形珍貴。衛星姿態轉換時間的節省，則意味著取像時間增加與任務產值的提升。

福衛二號衛星具備高機動（High Agility）的特性，能以最快 2 deg/sec 的速度轉動。此外，福衛二號衛星具備三度空間姿態轉換一次到位的「最小時間姿態轉換演算法」，在進行三度空間姿態轉換時，不須一軸接續一軸轉動才能完成所需之三度空間姿態轉換。

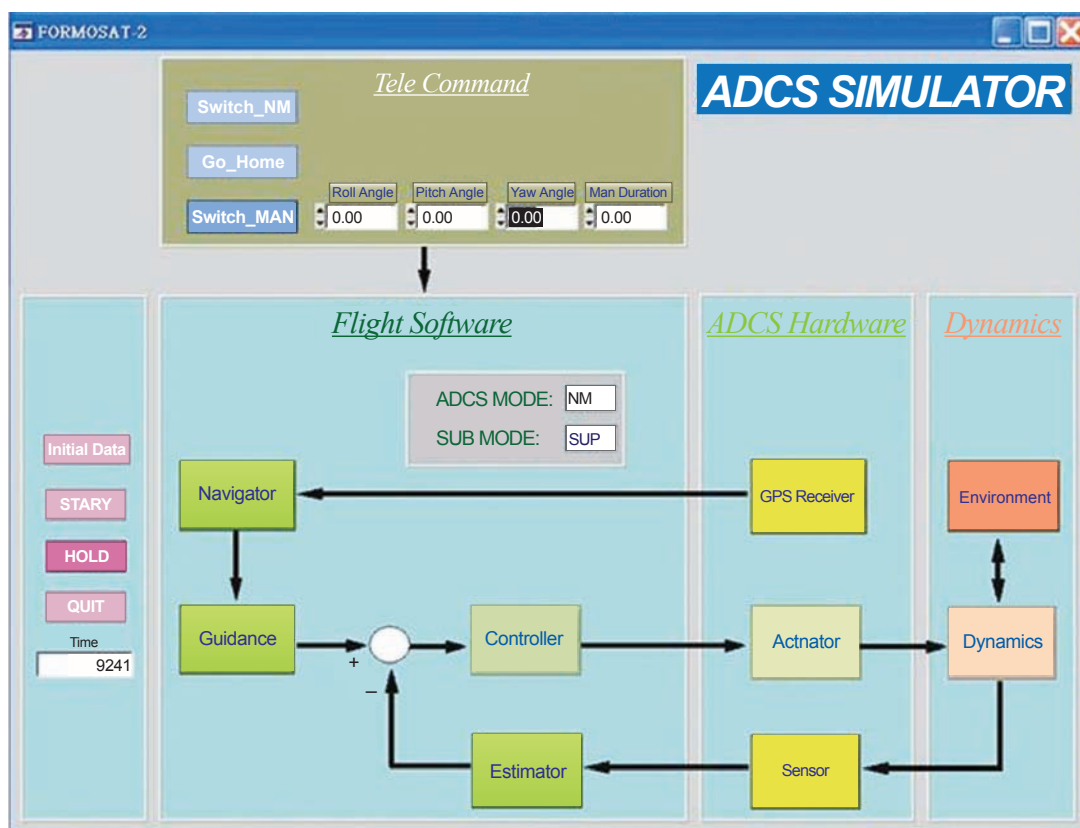


圖 6 姿態控制分析模擬軟體之人機介面。

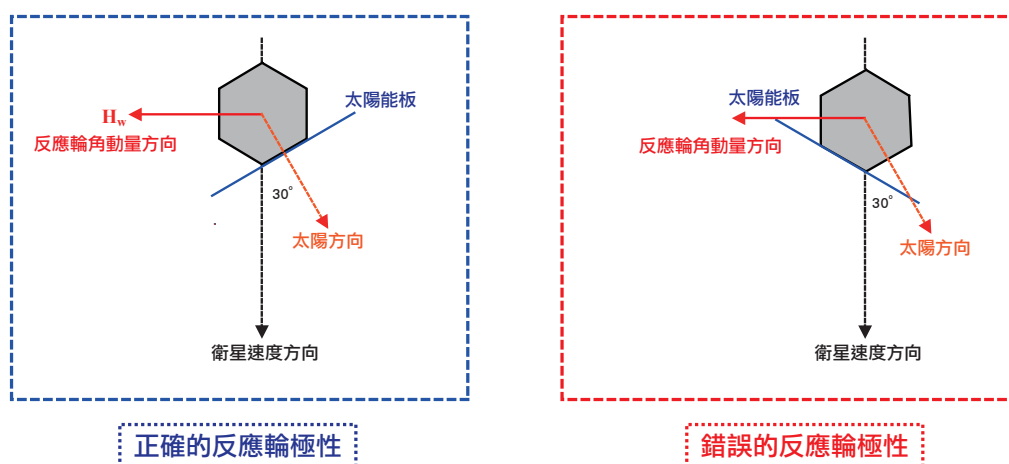


圖 7 錯誤的反應輪極性造成電能輸入不足。

圖 8 顯示傳統姿態轉動方式，必須加速-定速-減速三個週期才能完成三軸姿態轉動，而福衛二號只需一個加速-定速-減速週期，因此執行姿態

轉動的時間可以大幅縮短。但是「最小時間姿態轉換演算法」相對複雜，衛星設計原廠在遞交飛行操作手冊時，並未建議太空中心以此方

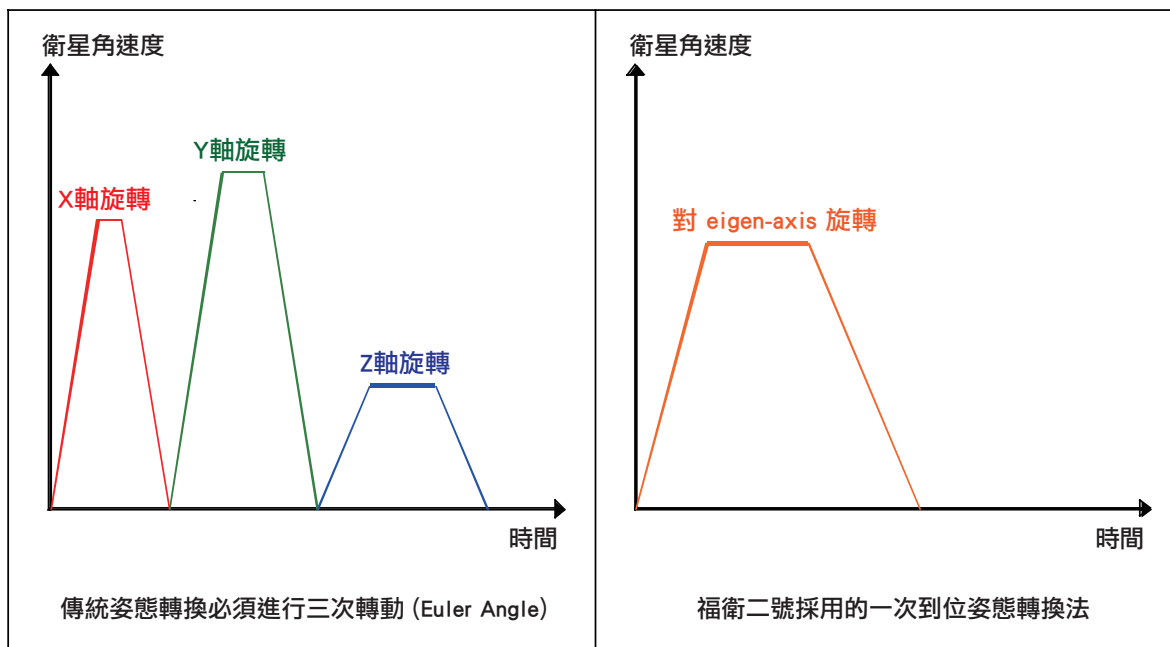


圖 8 兩種姿態轉動操作之示意圖。

式操作衛星，仍然建議採用傳統尤拉角（Euler Angle）方式轉動衛星。因此，衛星雖然具備高機動性，但是地面操作時仍然無法發揮其最大的性能。

為了讓衛星發揮其所有性能，我們重新推導「最小時間姿態轉換演算法」，撰寫 Matlab 程式碼，分析能節省的姿態轉換時間，最後並改寫程式整合到「衛星影像排程系統」，經過多次除錯後，衛星終於可以發揮其最大的任務價值。

福衛二號姿態轉換可分成三類：

1. 太陽指向姿態轉換到取像姿態。
(SUP → FIP)
2. 取像姿態轉換到另一個取像姿態。
(FIP → FIP)
3. 最後一個取像姿態回到太陽指向姿態。
(FIP → SUP)

由於第三類姿態轉換後不進行取像任務，因此並不需要節省姿態轉換時間。

SUP → FIP 最小姿態轉動時間計算

SUP → FIP 姿態轉動為太陽指向姿態與第一次取像之間的姿態轉動。太陽指向姿態基於 ECI (Earth Centered Inertial) 座標系統，以衛星之 ECI 位置向量與 UTC 時間為輸入值而計算出， Q_{ECI1} 。衛星取像時之姿態須基於 LVLH (Local Vertical Local Horizontal) 座標系統， Q_{LVLH} 。 Q_{LVLH} 必須配合取像起始點之 ECI 位置與速度向量轉換為 ECI 姿態， Q_{ECI2} 。當然 Orbital Motion 也必須考慮，因此最小姿態轉動時間之計算必須經過數次之疊代 (Iteration)。同樣地，若以最差情況考慮 Orbital Motion，可以簡化程式複雜性且只須疊代一次即可。計算出之姿態轉動時間亦不為最小值，但差異小於 1 秒。

FIP → FIP 最小姿態轉動時間計算

FIP→FIP 姿態轉動為兩次取像之間的姿態轉動，故其相對於 LVLH 座標系統之姿態為已知，分別為 Q_{LVLH1} 與 Q_{LVLH2} 。由於執行姿態轉動之時間為未知，且取像時之姿態須基於 LVLH 座標系統，故必須考慮 Orbital Motion，因此

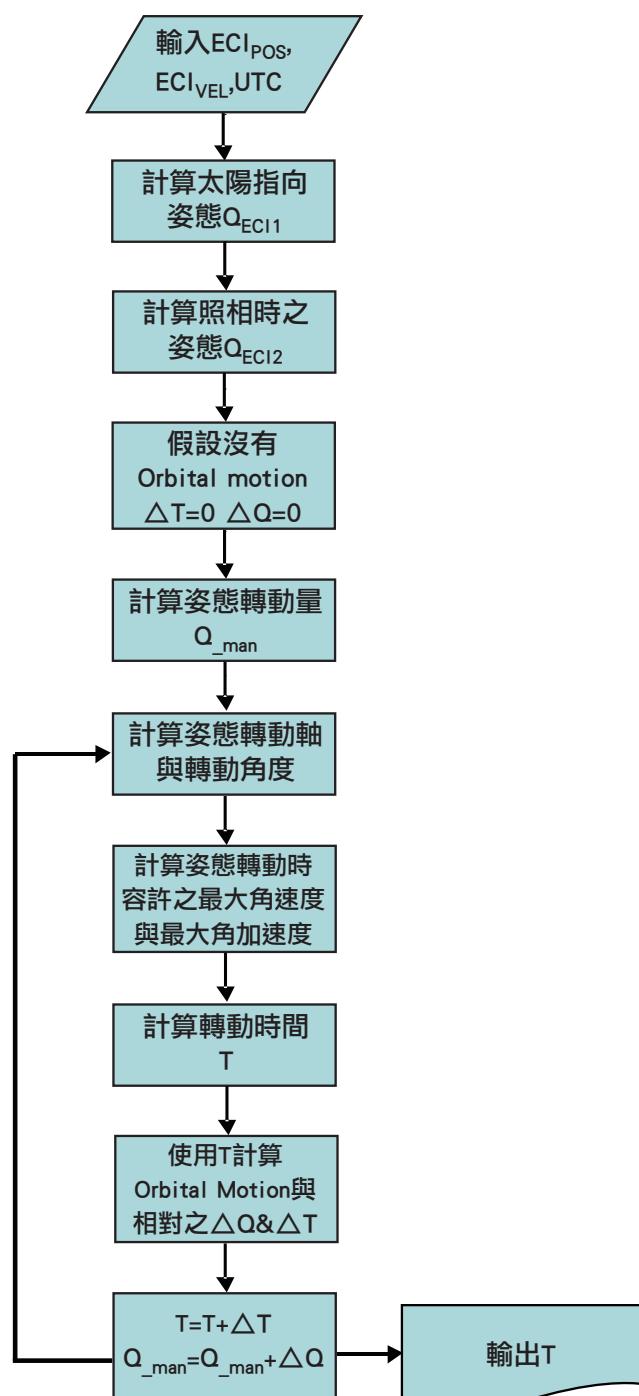


圖 9 SUP → FIP 姿態轉動時間計算流程圖。

最小姿態轉動時間之計算必須經過數次之疊代 (Iteration)。MATLAB 分析程式顯示，若以最差情況考慮 Orbital Motion，即 Orbital Motion 方向與轉動軸同方向且角度相加，可以大幅簡化演算法複雜性且只須疊代一次即可。當然計算出之姿態轉動時間即不為最小值，但差異小於 1 秒，為可接受之範圍。

以 MATLAB 實現最小時間姿態轉換演算法，並和飛行操作手冊建議值比較後，獲得的數據分別為：

1. 若衛星欲對 Roll 旋轉 40 度，目前操作方式需時 51 秒，衛星最大能力約為 33 秒，兩者相差 18 秒。
2. 若衛星欲對 Pitch 旋轉 40 度，目前操作方式需時 50 秒，衛星最大能力約為 35 秒，兩者相差 15 秒。
3. 若衛星欲對 Roll 與 Pitch 各旋轉 40 度（以 Euler Angle 定義姿態之方式），目前操作方式需時 101 秒，衛星最大能力約為 58 秒，兩者相差 43 秒。

若 Yaw 軸不旋轉的情況下（實際衛星進行取像任務時 Yaw 轉也極少轉動），對特定 Roll 角度與特定 Pitch 角度旋轉，所節省的時間如圖 10 所示。

解決反應輪設計問題延長衛星任務壽命

福衛二號在 2009 年 11 月，發生第三號反應輪與主要衛星電腦之間的通訊介面失效，導致衛星任務暫時中斷。在隨後的衛星恢復操作

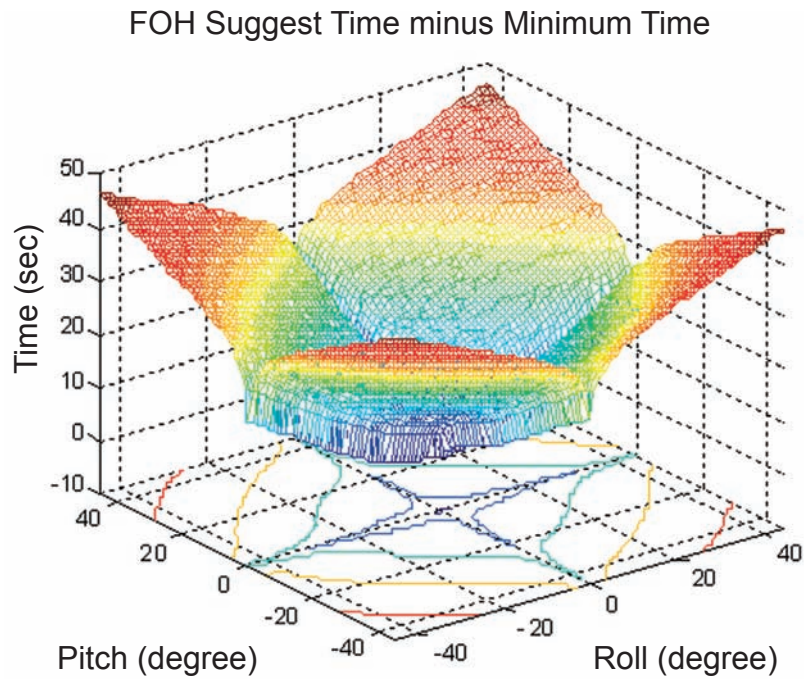


圖 10 姿態轉動節省的時間 – 任何 Roll/Pitch 角度。

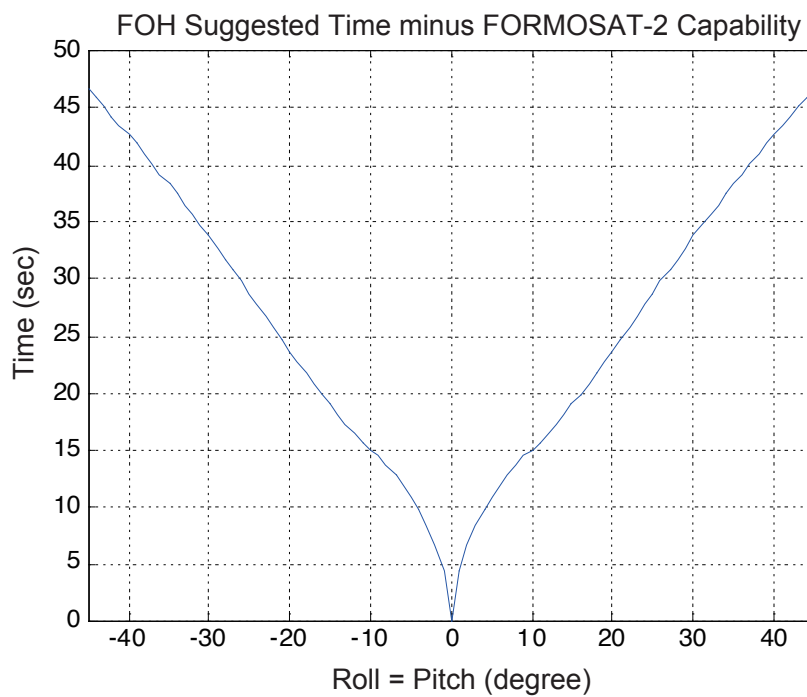


圖 11 姿態轉動節省的時間 – 當 Roll=Pitch。

(Recovery Operation) 時，發現三顆反應輪無法執行任務之現象。

理論上，三個線性獨立的向量可以形成三度空間的基底 (basis)，因此三個不共面的反應輪可以進行三度空間的姿態控制。福衛二號反應輪的架構設計是任意三顆反應輪均不共面，因此可以容忍任意一顆反應輪失效時，姿態控制系統仍能正常運作，但是衛星的機動性將稍微降低。

由於第三號反應輪與主要衛星電腦之間的通訊介面失效，目前以備份電腦搭配四顆反應輪執行任務。但是考慮以下兩個因素，三顆反應輪無法執行任務的問題必須解決：

1. 反應輪為旋轉元件，其中的軸承會慢慢磨損，因此終究會有一顆反應輪失效而必須以三顆反應輪操作衛星。
2. 若備份衛星電腦或其介面損壞，衛星必須恢復主要電腦搭配三顆反應輪操作。

反應輪通訊介面失效

福衛二號反應輪具備高輸出扭力與極低磨擦力等特性，此特性可用以判定第三號反應輪失效是由於轉速介面失效。

根據衛星與反應輪在地面時的測試資料，反應輪在不輸入扭力指令下，由角動量 2.5 Nms 慢慢降低到完全停止，約需 10 分鐘。但飛行資料顯示在 2009-323-21:29:33 時，角動量仍有 2.7 Nms，但在 128 秒後其角動量幾乎為零，這在物理上是不可能的。又根據飛行資料的扭力指令，在這 128 秒內並未輸入很大的反向扭力指令。因此，可以判定第三號反應輪本體仍然正常，失效部分是其與主要衛星電腦間的轉速介面電路。

三顆反應輪無法操作衛星

根據圖 13 衛星反應輪的飛行數據可以得知，在太陽指向姿態階段，反應輪磨擦力估測值有發散現象。

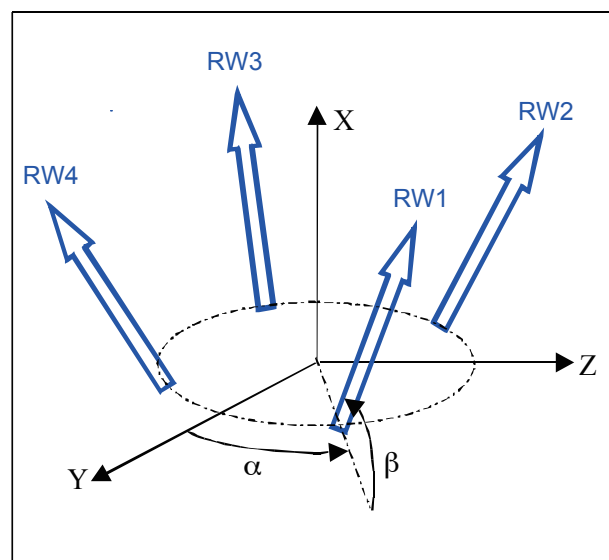


圖 12 福衛二號反應輪架構圖。

表 1 第三號反應輪失效時的各項飛行數據

時間	角動量 (Nms)	扭力指令 (Nm)	估測之摩擦力 (Nm)
2009-323-21 : 27 : 25	2.7138	0.0065813	-0.0044595
2009-323-21 : 29 : 33	2.7164	-0.0053561	-0.0044458
2009-323-21 : 31 : 41	0.084362	-0.014764	0.028695
2009-323-21 : 33 : 49	0.069481	-0.0033726	0.031484
2009-323-21 : 35 : 57	0.05063	-0.0094335	0.033944

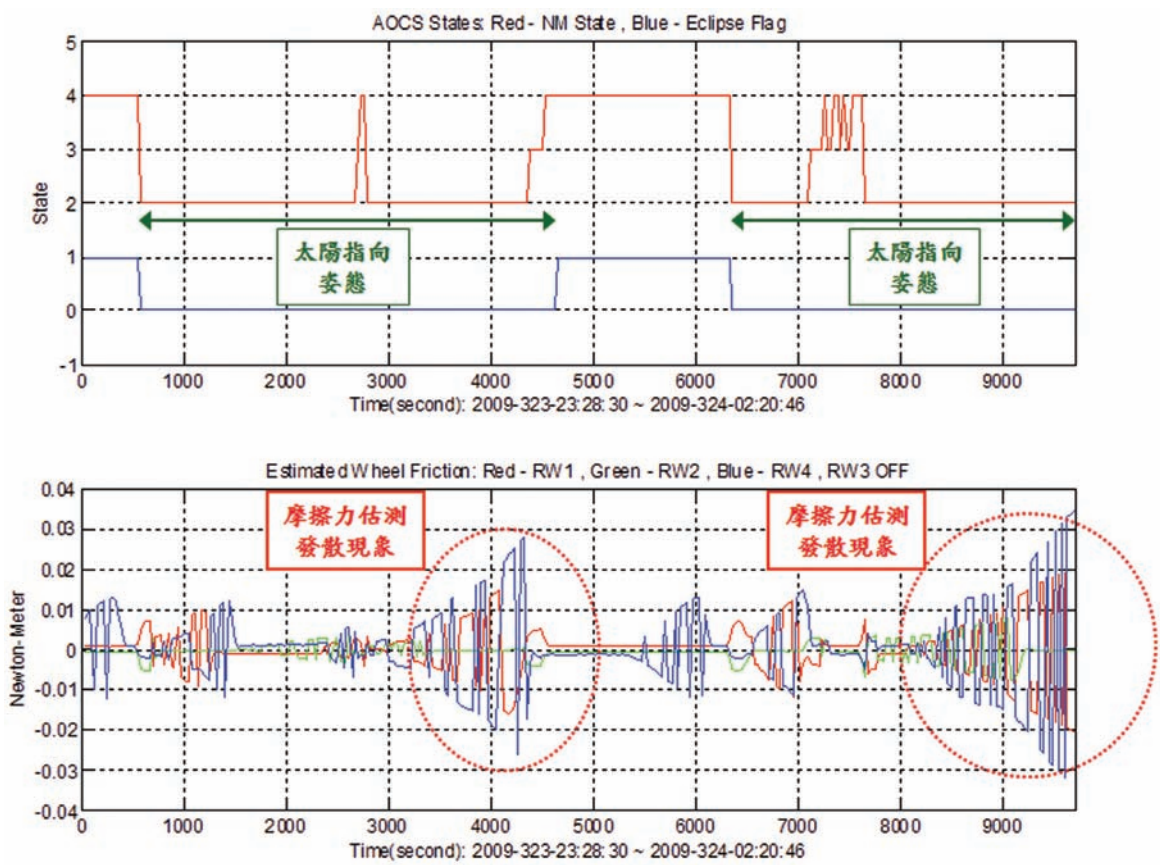


圖 13 衛星失效前的反應輪飛行數據。

由圖 13 得知，在三顆反應輪架構下，且在太陽指向姿態下（反應輪的操作點為零轉速），三顆反應輪軟體演算法估測的磨擦力均有發散現象。由於反應輪在零轉速時，其摩擦力之主要來源為高非線性的靜摩擦力，又摩擦力估測器為一

個線性卡爾曼（Kalman）濾波器，因此三顆反應輪無法操作衛星之原因可能為線性摩擦力估測器無法估測高非線性的靜摩擦力，因而造成估測值發散，造成飛行軟體判定三顆反應輪中又有一顆失效而判定衛星失效。

圖 14 為典型的反應輪摩擦力特性圖，可知在零轉速時，真實的摩擦力是一個不連續的函數。但是對線性控制系統而言，就只能假設它是平滑連續函數（紅色曲線）。因此，線性估測器在反應輪轉速接近零轉速時，必須特別小心處理以避免發散現象。由於卡爾曼濾波器已經廣為使用於航太領域，其技術已經相當成熟，因此我們假設衛星上的摩擦力估測器發散現象導因於零轉速時的處理問題。

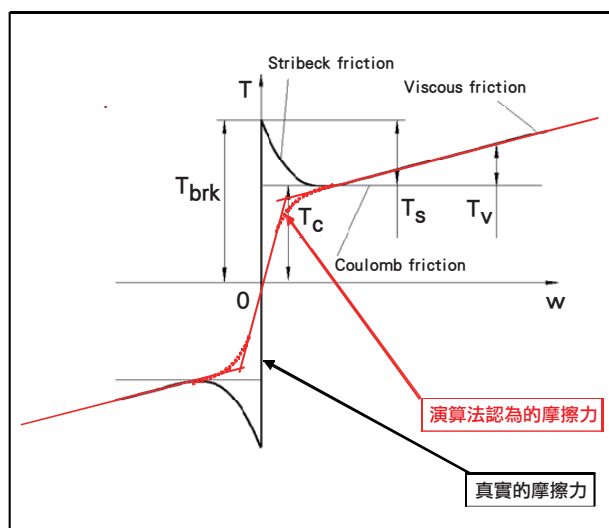


圖 14 典型反應輪摩擦力特性。

複製反應輪摩擦力發散之現象

當我們以飛行軟體程式碼，搭配衛星原廠遞交之粗略反應輪模擬模型，在三顆反應輪的架構下進行衛星姿態控制系統模擬時，並無法複製摩擦力估測器發散的現象。因此，發展高逼真度反應輪模擬模型以確認問題原因，與用於問題解決有其必要性。福衛二號反應輪的速度回授訊號為數位脈衝訊號，而不是簡單的類比速度訊號。反應輪每轉動一週產生 108 個脈衝訊號，在接近零轉速下的微動狀況下是沒有脈衝訊號輸出，因此飛行軟體無法判斷速度，反應輪輸入的扭力

只能估計為摩擦力。因此，精確地模擬反應輪在接近停止時，脈衝訊號的細部行為是關鍵之一，圖 15 為我們建構的模型與 Matlab 模擬程式碼的關鍵部分。

其次，我們使用衛星飛行時反應輪摩擦力估測數據，配合真實摩擦力模型，以確實產生接近真實狀況之摩擦力，並用於衛星姿態控制系統模擬。

圖 17 顯示在使用目前衛星飛行軟體程式碼，配合高逼真度反應輪模擬模型，可以複製出真實衛星摩擦力估測的發散現象，因而確認三顆反應輪無法正常操作的原因是反應輪摩擦力估測演算法之設計瑕疵。

飛行軟體控制參數之調整

衛星飛行軟體的修改必須線上（Online）進行，而且必須衛星設計原廠提供軟體簽章（Signature），軟體修改才能被衛星接受。

雖然，在經過確認摩擦力估測演算法之設計瑕疵後，我們完成各種解決策略之評估與驗證，包含：

- 設計一個新式的 Sliding-Mode 摩擦力估測演算法
- 將原來的反應輪比例（Proportional）控制器更改為比例積分控制器（Proportional-Integration）
- 調整摩擦力估測演算法門檻（Threshold）
- 調整摩擦力估測演算法增益（Gain）

但考慮到各種解決策略的性能、任務操作衝擊、與費用（修改軟體程式碼需要設計原廠提供

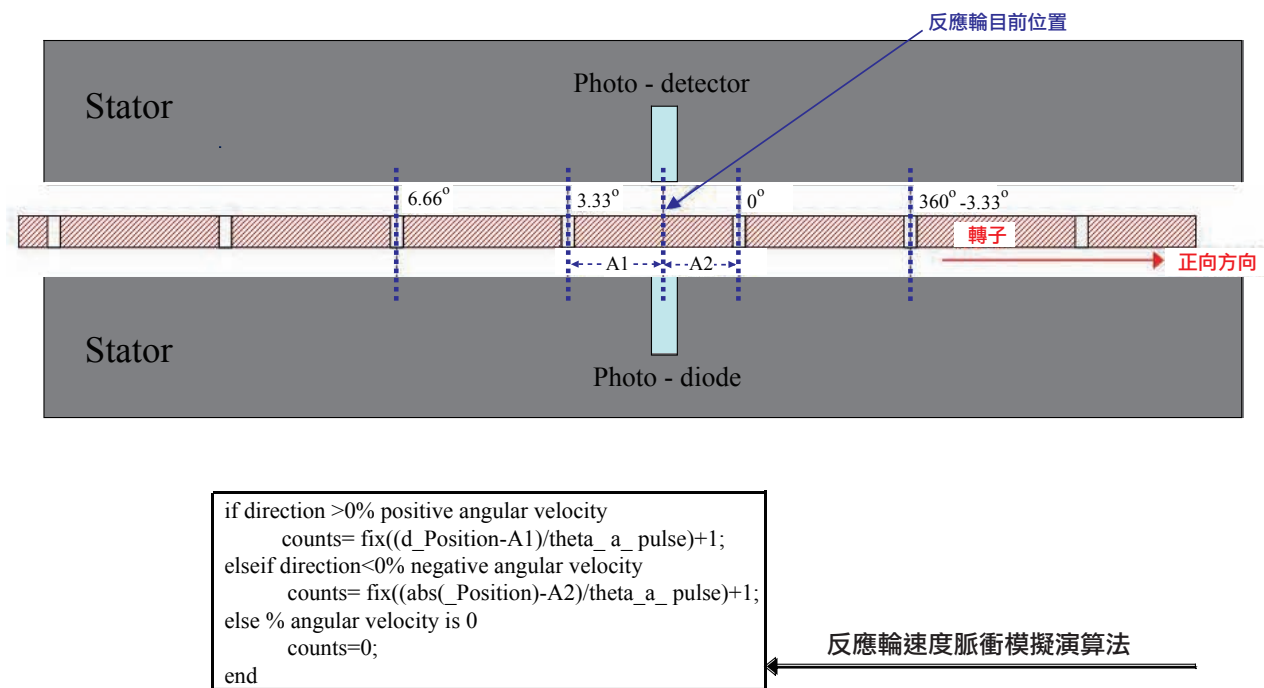


圖 15 高精準度反應輪速度模擬模型。

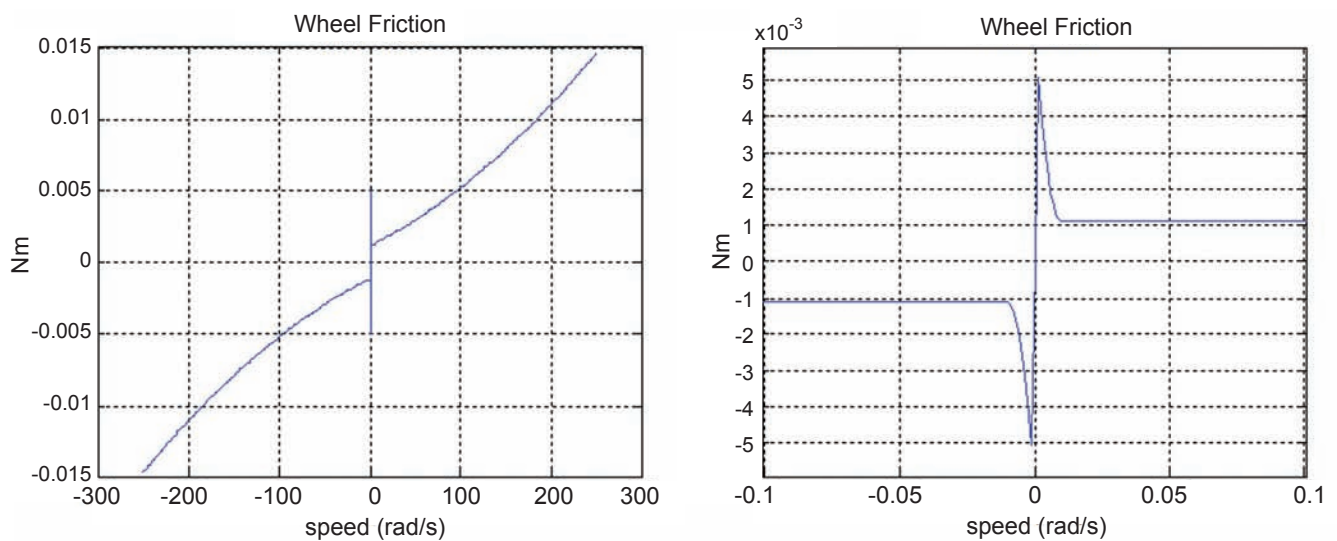


圖 16 反應輪摩擦力對比於轉速曲線圖。

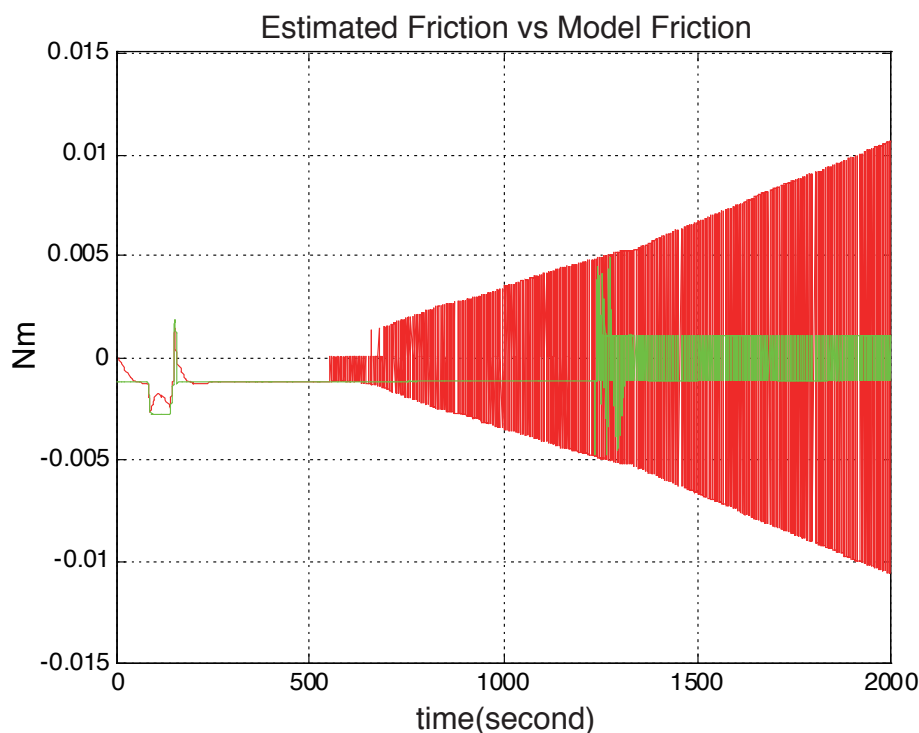


圖 17 軟體複製出來的摩擦力發散現象。

軟體簽章，因此可能需要費用）等，最後，我們決定以調整控制系統操作點的方式，避開摩擦力估測發散的問題，幸運的是調整操作點只需要更改控制參數而非程式碼。

圖 18 顯示在三顆反應輪下的原始控制系統操作點，三顆反應輪的操作點均在零轉速，因此演算法易因為靜摩擦力的高非線性特性而發散，導致姿態控制系統失效。當調整操作點至操作點（I）或操作點（II）時，反應輪因為具有轉速，摩擦力特性因此偏離其高度非線性區域，演算法不再產生發散現象。

研發心得

1. 開發姿態控制分析模擬軟體，用於福衛二號姿控系統設計之獨立驗證（IV&V）與確認衛星反應輪極性錯誤之嚴重性。由於衛星姿態控制系統之特殊性，使它在地面測試階段時無法完全被驗

證，因此非常仰賴分析與模擬。分析模擬軟體之高逼真度與正確性，因而與衛星任務是否成功有高度關聯。至目前為止，姿態控制分析模擬軟體仍為世界各國輸出管制項目，並為各衛星設計大廠之重要智慧財產項目。因此，欲進入太空產業研製衛星，姿態控制分析模擬軟體是必須發展的關鍵技術之一。目前，開發完成的姿態控制分析模擬軟體除了用於福衛二號計畫，也作為其他計畫姿態控制軟體發展之雛型，經適度修改後繼續用於福衛三號計畫與福衛五號計畫。至於反應輪極性問題，在福衛三號計畫時，我們也特別設計了一個衛星反應輪極性測試項目，證實能有效防止反應輪極性錯誤。此測試項目，將來也可用於福衛五號與福衛七號衛星測試。

2. 根據福衛二號衛星「最小時間姿態變換演算法」，重新推導演算法並經過定量分析後，將此演算法整合至福衛二號衛星影像排程系統，因此賦予影像排程系統使用衛星所有性能的機會。

	H _{ref} (Nms)	I _{sat} * Ω _{est} (Nms)		H _{wheel} (3D,Nms)		SUP Ω _{sheel} (4D,rad/s)	
		SUP	GAP	SUP	GAP	SUP	GAP
原始操作點	0	0	0	0	0	0	2.95
	0	0	-0.3	0	-0.3	0	-2.95
	0	0	0	0	0	---	---
						0	0
調整後 操作點 (I)	-0.2007	0	0	-0.2007	-0.2007	12.07	7.88
	-1.1714	0	-0.3	-1.1714	-0.8369	-12.07	-7.88
	0.0835	0	0	0.0835	0.0835	---	---
						5.17	5.17
調整後 操作點 (II)	-0.4014	0	0	-0.4014	-0.4014	24.14	19.96
	-2.3428	0	-0.3	-2.3428	-2.3428	-24.14	-19.96
	0.1670	0	0	0.1670	0.1670	---	---
						10.34	10.34

圖 18 改變控制參數以調整系統操作點。

對大部分的遙測衛星任務而言，由於空中衛星系統與地面影像處理系統是由不同廠商所發展，因此在操作衛星執行遙測任務時，通常無法發揮衛星所有的性能。在福衛二號任務上，太空中心投入許多人力參與衛星設計與進行獨立驗證，因此充份了解衛星設計的每個細節。另外，又自主發展衛星影像處理系統，因此具備整合「最小時間姿態變換演算法」至地面衛星影像排程系統之機會，在運用衛星所有能力後遙測影像產出可提升三至四成。此「最小時間姿態變換演算法」，在經過細部修改後，目前預計用於福衛五號任務，以發揮福衛五號衛星的最大潛能。

3. 福衛二號與其上一代的 SPOT 系列遙測衛星相比，俱備重量小與消耗功率低等誘人特性，其原因在於大量採用新型硬體與先進軟體演算法，例如，新型反應輪與反應輪摩擦力估測演算法。由於姿態控制系統之特性，包含地面無法充份驗證與依賴軟體模擬等特性，因此在使用新型

硬體與先進演算法時必須非常小心，並充份驗證與測試，即使如此仍然避免不了潛在的疏失。福衛二號衛星使用新型反應輪，由於系統介面定義疏失，發生反應輪極性錯誤，幾乎造成任務失敗。又由於首次使用卡爾曼反應輪摩擦力估測演算法，造成衛星無法以三顆反應輪執行任務之設計瑕疵。反應輪是衛星的主要姿態致動器，它具有會損耗的旋轉軸承，因此其壽命是受限的。在未來數年中，某一顆反應輪失效的情況是預期會發生的。因此，必須解決三顆反應輪無法執行任務之限制，以延長衛星執行任務之壽命。同時，由於福衛五號衛星姿態控制系統繼承福衛二號之部分設計（包含反應輪估測演算法），因此也同時解決福衛五號潛在之問題。目前，操作點改變之備案設計已經上傳衛星，通過實際操作驗證，日後若發生任一顆反應輪失效，太空中心可以上傳備份設計，使用三顆反應輪繼續執行任務操作。

致謝

在處理反應輪極性錯誤時：福衛二號衛星整測團隊提供設備協助進行量測與進行技術討論，使問題能加速確認。

在整合「最小時間姿態變換演算法」時：影像處理團隊主導排程系統 Offline 測試與協助衛星 Online 測試時的問題處理；衛星操作團隊即時提供衛星健康狀態資料，使得可以快速地完成系統除錯。

在解決原廠反應輪設計問題延長衛星任務壽命時：衛星操作團隊即時提供衛星健康狀態資料，得以順利完成系統除錯；衛星設計團隊、影像處

理團隊與衛星操作團隊等協助下，共同完成衛星測試。

參考資料

- [1] 苗君易、吳岸明、林新發、陳乃宇、林喆，「福衛二號五年任務成果」，www.narl.org.tw
- [2] 林辰宗，「福衛二號最小姿態轉動時間分析」，ME-2005-MEMO-020
- [3] Wiley J. Larson and James R. Wertz, "Space Mission Analysis and Design," Microcosm Inc., 1992
- [4] James R. Wertz, "Spacecraft Attitude Determination and Control," Microcosm Inc., 1978
- [5] Arthur Gelb, "Applied Optimal Estimation," The M.I.T. Press, 1979
- [6] Y140200020055, "Reaction Wheel Assembly for LEOSTAR End Item Data Package," IAI, Electronics Group, TAMAM Division

研發團隊簡介

- **林辰宗先生**，1995年起服務於太空中心，為太空中心派至美國 TRW 公司參與福爾摩沙衛星一號研製的種子學員之一。他參與第一期太空計畫的所有衛星計畫，包含次系統設計，整合測試，與任務操作，目前兼任太空中心飛行控制組組長，專長是衛星姿態控制與導航接收機。



「福衛二號衛星延壽與操控技術之提昇」得獎者林辰宗組長（左）與陳文華院長於頒獎典禮合影留念。

技術發展類 — 優等

建置低成本、高效率第三代太陽能電池的技術研發與平台

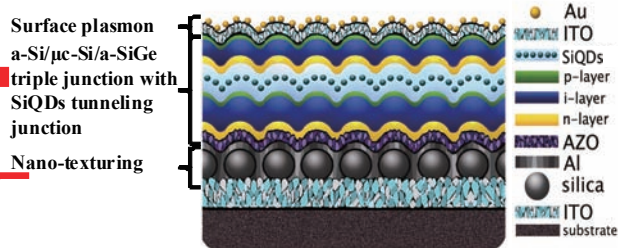
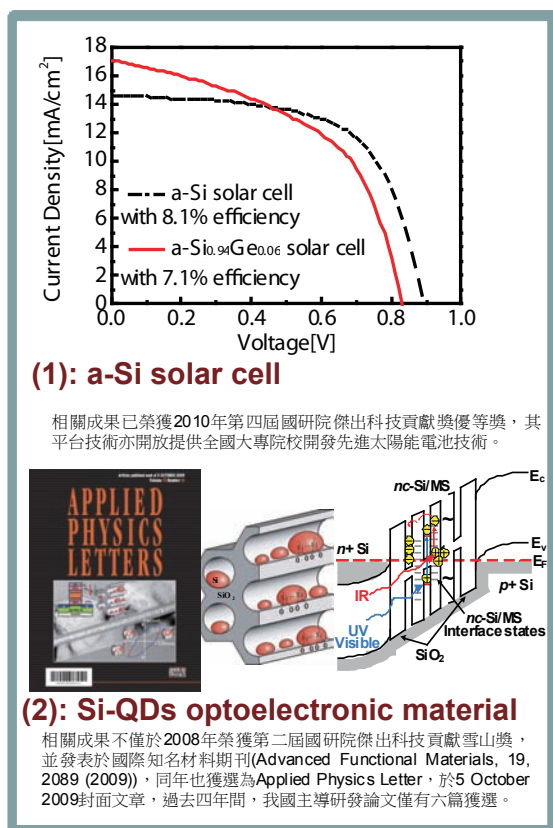
文/圖 謝嘉民 國家奈米元件實驗室

研究簡介

由於能源消耗遽增，導致嚴重溫室效應，如何利用新科技開發無（低）碳再生能源技術是二十一世紀科學界重要的使命。太陽能無疑是最大無碳能源的供給來源，於再生能源中僅太陽能電池能將太陽光直接轉換為電能，因此最受重視。

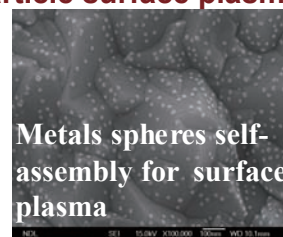
為了讓太陽能電池普及化，太陽能技術在科學上必須有革命性之突破才能於 2030 年達到累積光伏特產品 4TW，模組單價低於 0.3USD/Wp 之目標。因此現今的太陽能電池技術之研發方向專注在低溫、快速及可大面積化之製程技術，並以提高太陽能電池轉換效率為目標。為此本團隊根基於 NDL 過去所累積的、積體電子

第三代矽薄膜太陽電池



(3): Metal nano-particle surface plasmon

首度整合奈米金粒子至非晶矽太陽能電池中，其光電轉換效率高達 7.6%，相較於 Stanford university 於國際知名期刊 (Nano Letters, 2010) 發表之 4.7% 光電轉換效率，已超越世界領先研究團隊之水準



(4): Nano-texturing

為大量製造、低成本及低溫製程之表面粗化自組裝技術，首度結合至薄膜太陽能電池。

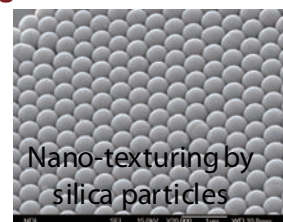


圖 1 第三代矽薄膜太陽電池核心技術包含：（1）能隙漸變矽基（ $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}\text{-Si-Si}_y\text{C}_{1-y}$ ）薄膜；（2）新型人造工程化矽量子點超晶格光電光伏特材料；（3）（4）具光捕捉功能性之高密度奈米顆粒薄膜。

(固態電子領域) 知識、技術能量、並結合新興奈米薄膜技術、及顯示器大面板技術開發具各式奈米材料之高效率、低成本第三代太陽能電池研發平台，以具量產價值之矽薄膜太陽能電池平台為基礎，並結合矽量子點材料及新穎奈米粒子技術以提高太陽能電池轉換效率，其主要研發核心項目(圖1)包括：(1) 建置高效率、能隙漸變矽基($\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}\text{-Si-Si}_y\text{C}$) 薄膜太陽能電池研發平台；(2) 開發新型人造工程化之矽量子點超晶格光電、光伏特材料；(3) 開發具光捕捉

功能性之高密度、奈米金屬顆粒薄膜、應用於第三代矽薄膜太陽能電池。

研發成果與具體貢獻

基於 NDL 深厚之積體電路知識及製程技術，本團隊應用高密度電漿薄膜技術於矽薄膜太陽能電池技術。不同於傳統製程方式使用 PECVD，本團隊以高密度電漿技術製備能隙漸變薄膜系統 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}\text{-Si-Si}_y\text{C}_{1-y}$ ，可有效的增強光伏特元件吸收寬頻太陽光能的利用率。高密度電漿

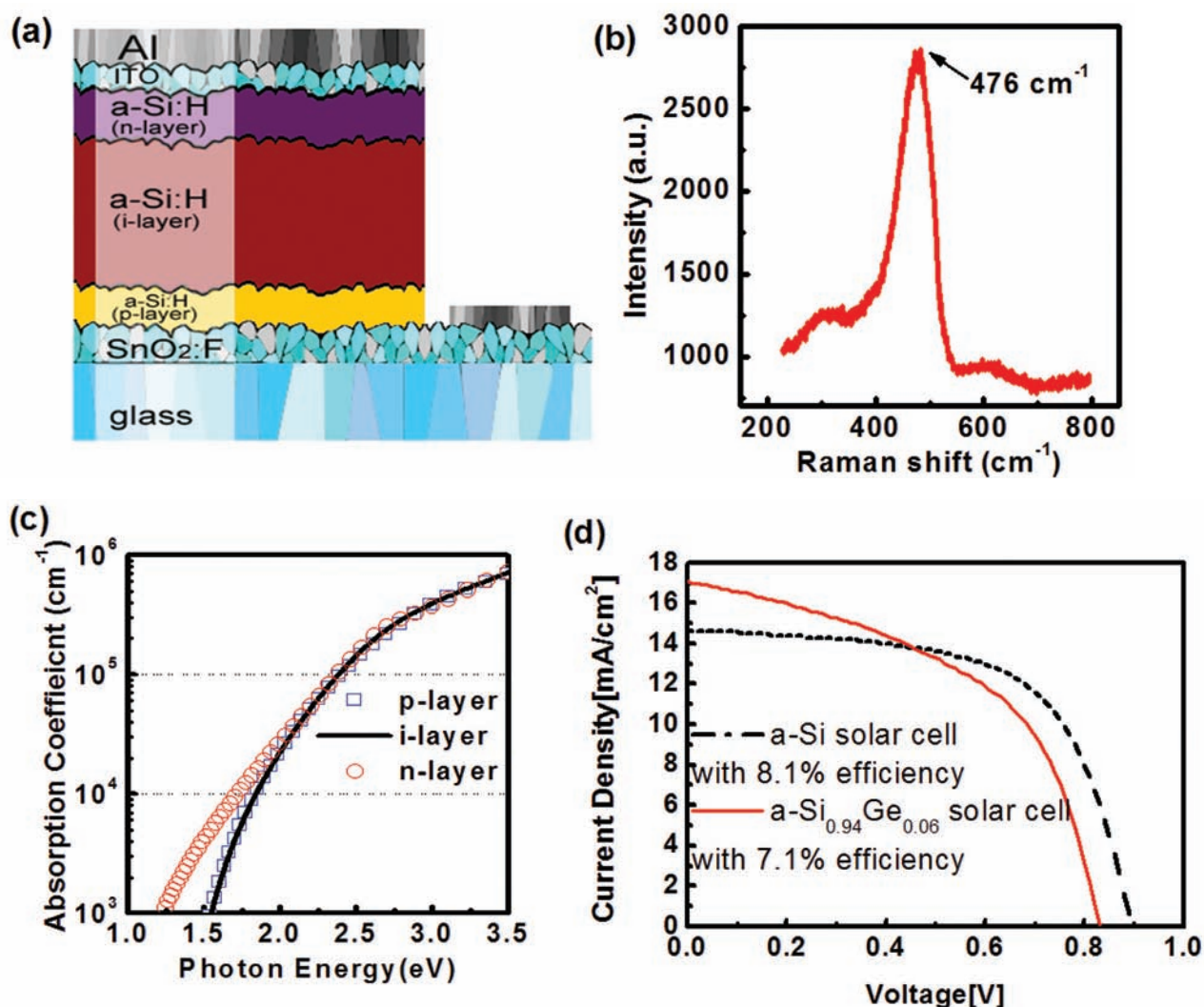


圖2 (a) 非晶矽薄膜太陽能電池結構示意圖；(b) 拉曼光譜顯示矽薄膜特性為非晶結構；(c) 非晶矽 p-i-n 薄膜具有高光吸收特性；(d) 目前團隊以高密度電漿技術所製作的單接面非晶矽太陽能電池的轉換效率已達 8.1%，銻化矽薄膜太陽能電池轉換效率可達 7.1%。在薄膜太陽能電池的薄膜成長、製程整合及分析已有相當好的基礎。這些低熱預算、高導電性和高沉積速率薄膜製備技術大為增進高效率多接面 SiGeC 太陽能電池的可行性。

技術具低溫成長、低離子轟擊、高沉積速率及可大面積化特性，應用於太陽能電池之研發，其具量產價值高。本團隊首創以高密度電漿技術製作高效率單接面非晶矽太陽能電池，其轉換效率已達 8.1%（圖 2），已進入世界一流團隊之水準，全球知名可提供矽薄膜太陽能電池 turn key 技術之廠商 oerlikon，其單接面非晶矽太陽能電池轉換效率為 10%。此外為了提升薄膜太陽能電池的實用性，軟性基板的應用亦是相當重要。軟性基材具有輕、薄、可彎曲、易攜帶、不易碎裂等使用優點，但軟性基板的耐熱性較差，因此低溫製程更顯重要。本團隊已成功的以 60°C 的製程溫度製作非晶矽薄膜太陽能電池，其轉換效率已達 4.1%。這樣低的熱預算和高沉積速率薄膜技術開啟了高效率多接面可撓式 SiGeC 太陽能電池的可行性。

新型人造工程化之矽量子點超晶格光電、光伏特材料，有助於進一步提升太陽能電池轉換效率：先前我們利用可大量生產的積體電路、和面

板工業技術發明了奈米矽量子點光電材料，其技術上是成長矽量子點超晶格材料於奈米孔洞氧化矽模板中。這種材料由矽與氧元素所構成，其製造流程簡便且可於低溫（ $<400^{\circ}\text{C}$ ）下製備，因此是一種綠色環保材料（圖 3）。

矽量子點超晶格薄膜觀察到增強紫光至紅外之光電響應、光激子共振增強穿隧效應、及與金屬介面間有著似蕭基特整流效應、進而增強光伏特效應。並實際應用於量產型矽晶太陽能電池，絕對轉換效率可由 15% 提升到 15.35%。此外利用矽量子點之量子井侷限效應及量子點形成的 mini-bands 提高載子的傳輸，形成類似於堆疊型太陽能電池多重接面的多重能階結構，亦有利於吸收全光譜太陽光及及載子傳輸收集。應用 NDL 發展之矽奈米技術，已成功研發低成本、可大面積化之新穎高光電響應之矽量子點超晶格材料，將有利於發展第三代矽薄膜高效率太陽能電池。

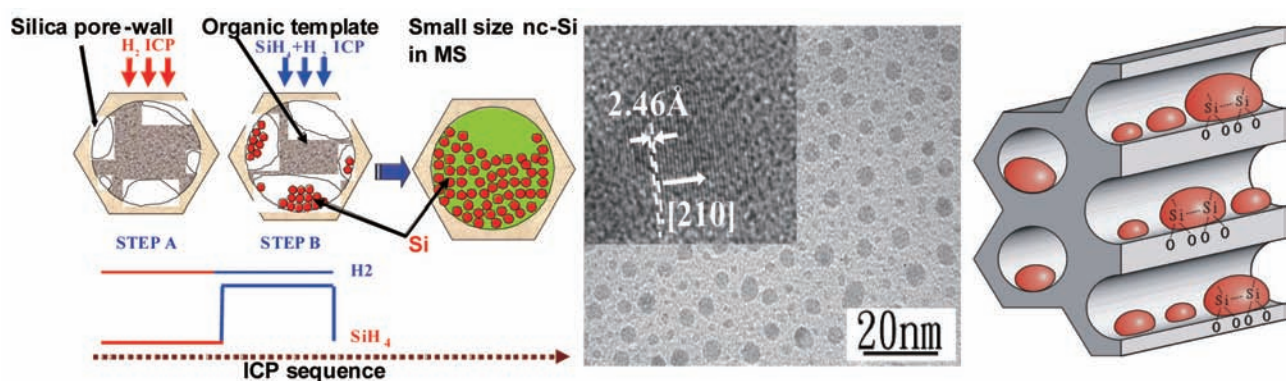
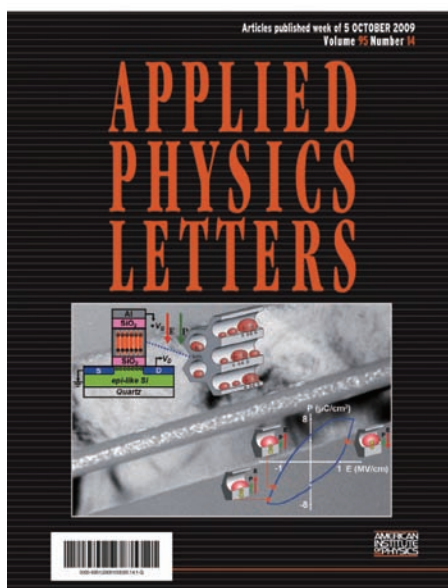


圖 3 我們利用可大量生產的積體電路、和面板工業技術發明了奈米矽量子點光電綠色環保材料。於 2008 年榮獲第二屆國研院傑出科技貢獻獎雪山獎。

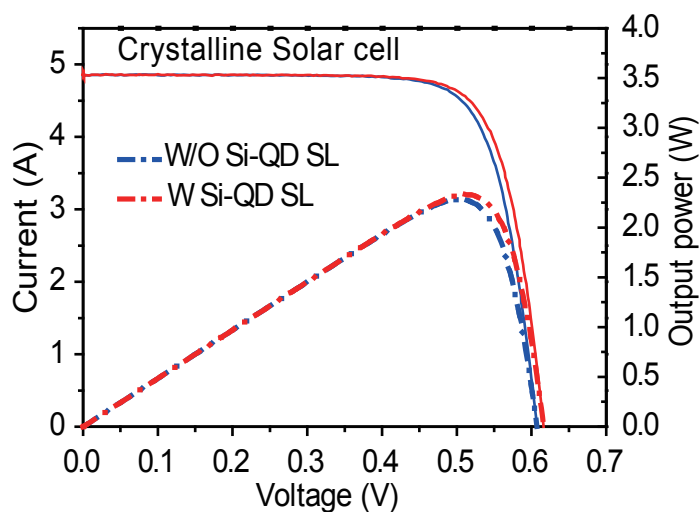
在 2009 年，我們將此光電功能性矽量子點超晶格材料搭配開發多年的雷射加工技術於應用於低熱預算電晶體。於光偵測器元件方面，成功地增強近紅外光電響應。藉由電晶體的增益響應機制，在 $1.55\mu\text{m}$ 光通訊波長可量測到高達 2.8 A/W 的光電響應，如此表現對光儲存、光通訊及光伏特元件有重大助益。其成果不僅口

頭發表於 CLEO 2009（每年台灣獲邀口頭報告僅將近 20 篇），也刊登於國際知名物理應用期刊 Applied Physics Letter。於綠色節能記憶體元件，開發出世界上首度直接由電場來儲存資料到奈米矽量子點的綠色奈米儲存元件，因為不須利用電流來儲存資料、因此非常省電，這項奈米儲存發明對具有數十億至數百億美金

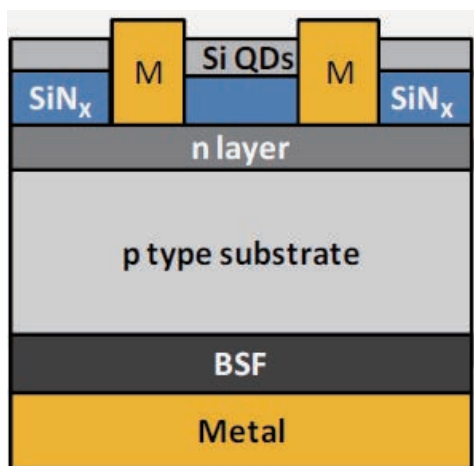
(a)



(b)



(c)



(d)

	Jsc [A]	Voc [mv]	Cell eff. [%]
W/O Si-QD SL	4.85	607	15.35
With Si-QD SL	4.85	616	15.70

圖 4 (a) 開發出世界上首度直接由電場來儲存資料到奈米矽量子點的綠色奈米儲存元件，獲選為 Applied Physics Letter，於 5 October 2009 封面文章；(b) (c) 為結合矽量子點超晶格薄膜至量產型矽晶太陽能電池之結構圖與 I-V 圖；(d) 為結合矽量子點前後之短路電流、開路電壓變化及絕對轉換效率由 15.35% 提升至 15.70%。

市場規模非揮發性記憶模組產業極有貢獻，因此不僅口頭發表於 CLEO 2009，同年也獲選為 Applied Physics Letter，於 5 October 2009 封面文章，過去四年間，我國主導研發論文僅有六篇獲選（圖 4）。

具光捕捉功能性之高密度、奈米粒子薄膜：可有效增加光散射（降低薄膜太陽能電池所需厚度以降低製造成本）及光吸收（增進入射光收集量，提升轉換效率）以開發第三代太陽能電池。利用已開發之具大量製造與低溫製程特性之各類型奈米粒子合成與自組裝技術，已可廣泛用於合成不同尺寸（10~150nm）之奈米金、銀、金銀合金與二氧化矽奈米粒子（300nm~500nm），並可有效調控奈米粒子表面密度（ $10^8/\text{cm}^2 \sim 10^{11}/\text{cm}^2$ ），以獲得最佳之近場光學增強效應、散射效應及波長響應等光捕捉特性（圖 5）。

具光捕捉功能性之高密度、奈米粒子薄膜並可大面積製作於各類不同太陽能電池之基板上（如 glass、ITO 及矽晶片），其製程靈活性高，並已成功應用於矽晶及矽薄膜太陽能電池。成功應用奈米金粒子分佈於 4cm^2 異質結構太陽能電池方面，可提高 5% 的短路電流、15% 填充係數及 19% 的光電轉換效率（效率由 4.7%→5.6%）（圖 6）。在 4cm^2 面積的單層自組裝效益下已優於相關 Solar cell 國際期刊發表之最高光電轉換效率增加率（ 1cm^2 面積下增強 20% 光電轉換效率）；而在薄膜太陽能電池方面，為全世界首度整合粗糙化表面及奈

米金屬效應於非晶矽薄膜太陽能電池內，並成功達到 7.6% 光電轉換效率，相較於 Stanford University 於國際知名期（Nano Letters，2010）發表之 4.7% 光電轉換效率，已超越世界領先研究團隊之水準。而此具大量製造、低溫製程及大面積特性之奈米粒子合成/自組裝技術，除應用於矽基太陽能電池外，未來將可應用於可撓式基板材料上，有效提昇太陽能電池的應用價值。

研發成果之貢獻

提供學術界一穩定且高效率之第三代矽薄膜太陽能服務平台

自 2009 年底起、推出非晶矽薄膜太陽能電池第一階段服務平台，提供轉換效率 >5% 之非晶矽薄膜太陽能電池製程，可供學術界進行矽薄膜材料、太陽能電池元件、及新穎奈米技術之研究。委託案件至平台開放以來（四個月）服務案件不斷，服務的對象包括交通大學、中央大學、台灣師範大學、高雄第一科技大學、虎尾科技大學等，顯示服務平台之成功。

結合產業界開發具量產價值之大面積太陽能模組技術

這些技術是以低溫電漿、奈（微）米製造技術為基礎，而衍生低成本、高效率第三代太陽能電池技術，因此可深化、擴大國研院研發能量及服務範圍。具體績效包括「科冠能源科技股份有限公司」開發薄膜型太陽能電池製程模組。

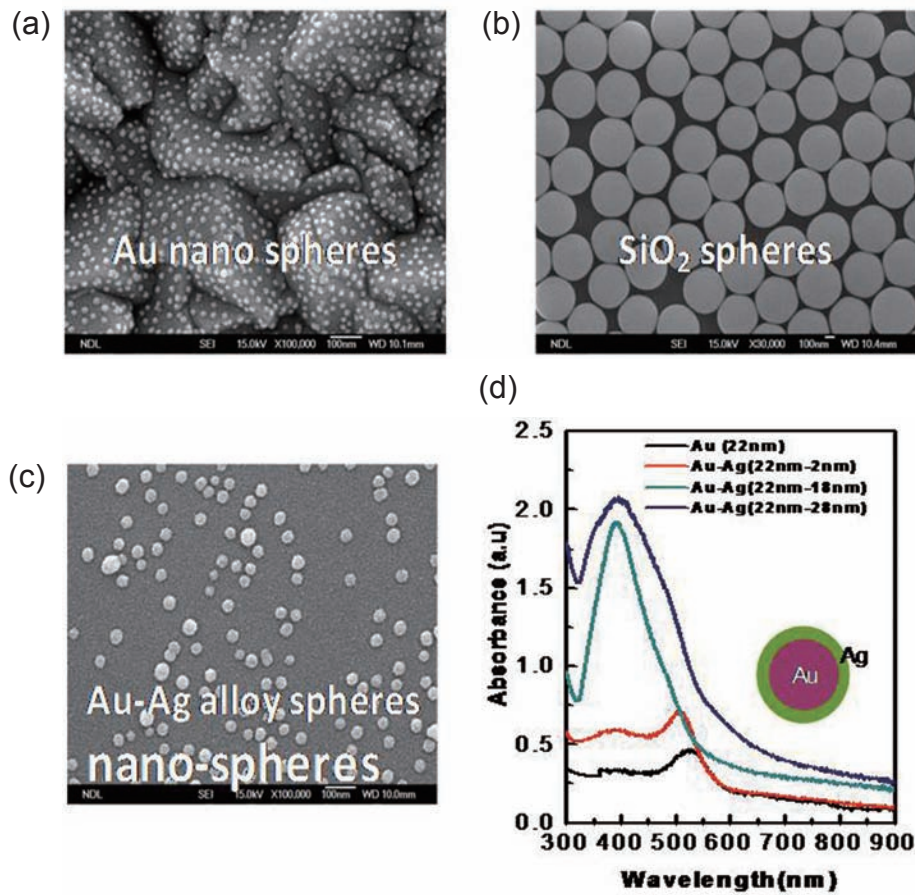


圖5 利用低溫化學合成不同尺寸之（a）奈米金粒子；（b）金銀合金奈米粒子；（c）以低溫溶膠-凝膠法（Sol-gel）合成之二氧化矽奈米小球，並均勻組裝於各類型太陽能電池基板；（d）吸收光譜圖。

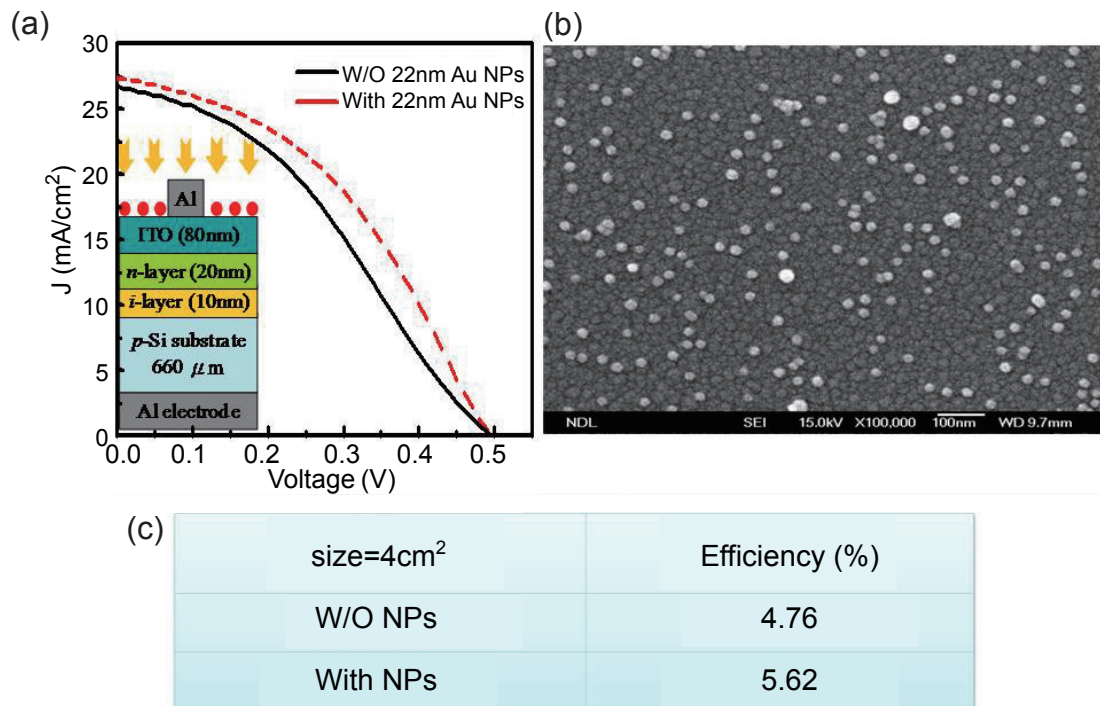


圖6（a）利用熱線式化學氣相沈積技術並結合低溫自組裝合成奈米金粒子薄膜技術之太陽能電池結構與I-V圖；（b）均勻分佈於ITO上之奈米金粒子，已成功提高（c）太陽能電池短路電流、填充系數及轉換效率。

研發團隊簡介

- **謝嘉民**先生為國立交通大學光電所博士，現任國家奈米實驗室奈米能源與光電元件組研究員及組長，專長為矽量子點光偵測、光伏特元件、矽奈米結構化鐵電記憶體、低熱預算、面板或奈米電晶體。
- **戴寶通**先生為美國南加大電機工程博士，現任國家奈米實驗室研究員兼技術長，專長為奈米材料、奈米電晶體、太陽能電池。
- **沈昌宏**先生為國立清華大學物理所博士，現任國家奈米實驗室奈米能源與光電元件組副研究員，專長為矽晶、矽薄膜及 CIGS 薄膜太陽能電池、III-V 半導體。
- **蕭育仁**先生為國立成功大學材料所博士，現任國家奈米實驗室奈米能源與光電元件組副研究員，專長為有機無機薄膜太陽能電池、光電材料元件製作及研發、低維度奈米材料製備及應用及超高電容儲能陶瓷材料。
- **黃文賢**先生為國立交通大學環境工程所碩士，現任國家奈米實驗室奈米能源與光電元件組副技術師，專長為奈米粒子合成及自組裝技術。
- **游文謙**先生為國立交通大學電子物理研究所碩士，現任國家奈米實驗室奈米能源與光電元件組副技術師，專長為奈米電晶體、矽奈米結構化鐵電記憶體。



「建置低成本、高效率第三代太陽能電池研發平台」研發團隊與吳光鐘副院長於頒獎典禮合影留念。左起：沈昌宏博士、謝嘉民組長、吳副院長、戴寶通技術長。

技術發展類 — 優等

CMOS 微機電感測器 IP

文/圖 莊英宗 國家晶片系統設計中心

研發簡介

隨著半導體技術深入生活每一層面，結合無線、感測、應用軟體之智慧型終端元件將成為未來生活的利器。在不久的未來，可能在我們日常生活中實現。藉由 IC 設計技術不斷的創新，將使我們的生活更聰明與便利。以生醫感測為例，由人體產生的生理分子會順著晶片中通道流動，因為在通道裡有各式各樣不同的感測器，可偵測到不同的分子，再經過晶片上電路的處理及運算後，所產生的個人生理資料可經由晶片上的天線傳遞至家中的無線收發器。個人生理資料與戶外環境感測器的訊號可透過家中的無線收發器，一同傳送到醫院的資料處理中心，經過處理判斷後，會將生活上的建議傳回家中，並顯示在顯示器上。

目前感測器晶片仍為整合元件製造廠（IDM，如 ADI、Intel、STM 等）的天下，便宜、微小化、快速整合能力將成為次世代技術發展的決勝關鍵。因此，若能結合 CMOS 製造及電路設計模組化（IP）技術，將可有效運用台灣半導體產能及無晶圓設計能量的優勢，誠如張忠謀先生於今年三月間接受電子時報採訪時所表達的「…摩爾定律也已走到最後階段。在此情況下，提供製

程技術的半導體製造服務業和設計業者應該互相合作，即時在各項重要取舍中做出決定，開發出更多超越摩爾定律（More than Moore）的產品應用…」，結合感測、綠能的智慧化電子將是台灣電子產業發展的另一項里程碑。

本院國家晶片系統設計中心致力於 CMOS 微機電（MEMS）感測技術，本技術即為此半導體創新產業關鍵之一，其技術特點包含：（1）整合 CMOS 及感測器的製程平台；（2）整合設計驗證平台及；（3）IP 化的驗證技術。這些特點不僅涵蓋了設計和製造一顆感測器晶片的方法，更進一步地包涵了感測器晶片 IP 的驗證方法。

此 CMOS 微機電（MEMS）感測器 IP 技術以簡單的 CMOS 微機電（MEMS）製程步驟，發展相關設計、驗證流程，以製作多樣化的感測器整合晶片。本院晶片中心於製程開發、晶片切割、封裝及可靠度方面已有相當不錯的成果，並進行關鍵性專利的佈局。目前已取得 4 件台灣與美國專利，另有 2 件專利申請中。論文部分亦已有 12 篇發表於國內外知名會議及期刊。應用晶片中心所建立的 MEMS 結構和 CMOS 電路之共模擬環境，已完成二件 CMOS 加速計 IP 並技

轉給交大/矽導中心，再由矽導中心提供業界進行功能性之驗證使用。依此可知晶片中心已擁有開發 MEMS 產品之量產技術能力。

以下為晶片中心完成智慧感測單晶片設計的流程與相對開發的獨特技術。

智慧感測單晶片設計平台

對於發展智慧感測單晶片而言，其最基本應包含兩大部分，其一是感測微結構本身，另一方面即是讀取電路。由於感測器讀取電路具有相對於其他如數位/類比轉換器不一樣之跨領域之需求，要同時找到懂得 MEMS 製程，又懂機械設計與類比及數位電路設計的人相對不多，因而對非感測器之 IC 設計公司而言，要獨自設計感測器之讀取電路會遇到瓶頸。除此之外，異質整合時的設計跟模擬經驗也不是傳統 IC 設計公司之專長。此外，往往對一個最佳化的感測器設計而言，感測器特性往往需要後端電路予以修正，而也只有經驗豐富的 IC 設計公司才能解決。所以，最佳的解決方案是建立一個同時包含了感測微結構跟讀取電路之感測器模組（Sensor

IP），其輸出訊號將是處理過的類比或甚至是數位訊號。

一個感測系統之設計是從訂定系統規格開始的，當然在訂定規格之前還必須針對市場規模、競爭者之優劣點、設計成本、設計時間等作一個詳細之評估。假若已訂定感測器 IP 或感測器整合晶片的規格，接下來便要進行晶片設計。設計 CMOS MEMS 感測器的初期於 MEMS 感測器設計者和感測電路設計者一起討論感測器使用的模式（電容式、電壓式等）、信號大小、偵測變動信號大小等後，先分別就各自的部份進行感測器結構或電路設計，待各自完成設計時，需要做微機電結構和 CMOS 電路之共模擬，以確認整個晶片的性能。於確認晶片性能符合需求後，便可進行晶片布局，詳細的步驟請參考圖 1。

於 MEMS 設計流程中，一般商業化的軟體可支援其中的結構設計、建立 3D 模型、模擬 MEMS 結構行為及 MEMS 結構與簡單電路的共模擬。晶片中心於智慧感測單晶片設計平台的特色為領先全球萃取出世界前兩大 CMOS 晶圓代

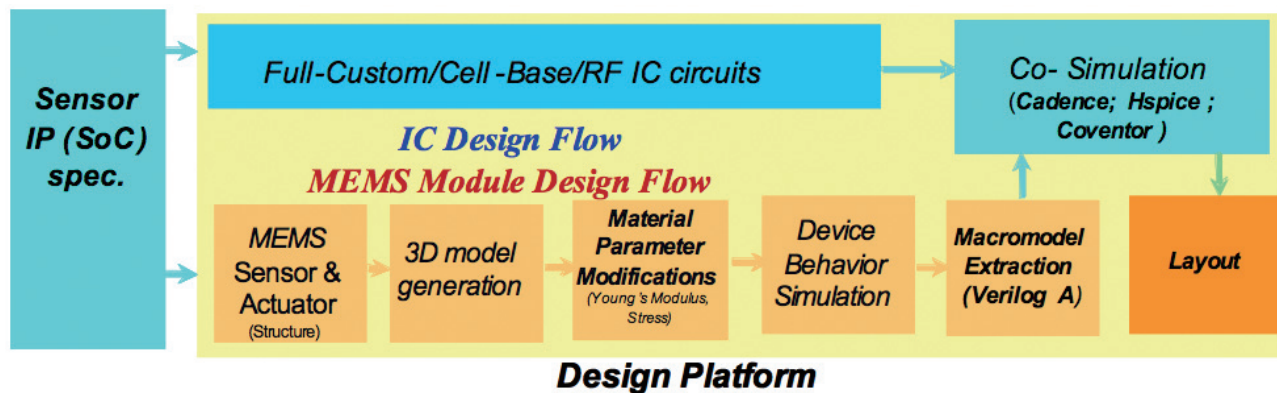


圖 1 智慧感測單晶片設計平台。

工廠之材料參數，有了晶圓廠之材料參數才可得到正確之 MEMS 結構行為模擬結果。此外，晶片中心建立之微機電結構和 CMOS 電路共模擬環境，可完整的以電路型式進行共模擬驗證，極有利於感測晶片技術推展。

智慧感測單晶片製程平台

建立三軸式可量產型之 CMOS MEMS 後製程平台，目前晶片中心已開發之 CMOS MEMS 整合型製程，除包含二軸、三軸式感測器應用外，亦包含可應用於無線通訊整合的製程：

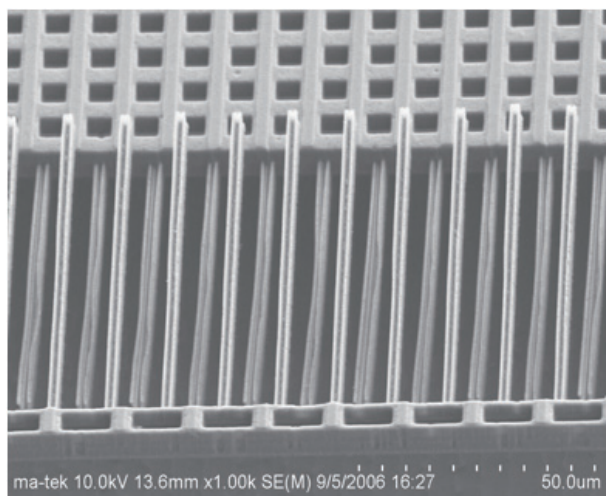
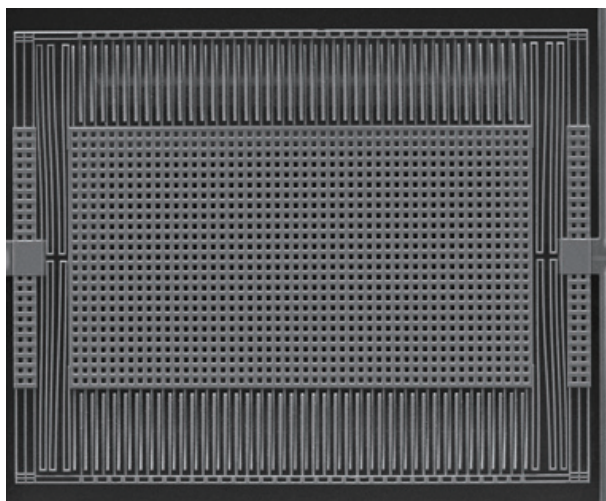


圖 2 單軸加速度計。

(a) Front side CMOS MEMS 製程

此製程最大的特色為 MEMS 製程不會破壞電路區的可靠度，並且已取得台灣 (I293787) 及美國專利 (US Patent 0105543A1)。包含以 $0.35\mu\text{m}/0.18\mu\text{m}$ 為前端的 CMOS 製程，主要的特色為具備可調變摻雜類型的複晶矽層與多層的鋁金屬層，可應用於微機電中的壓阻結構或電容式感測元件等。在此後製程中，透過光阻及犧牲層的保護，感測器的讀取電路可避免遭受蝕刻過程的傷害，以便實現感測器和讀取電路整合於單一晶片上。此技術實現之感測器已可驗證應用於加速度計 (圖 2)、溫度感測器、質量感測器等應用。

(b) Inter-oxide etch CMOS MEMS 製程

在上述的製程中，由於無法將矽基板拿來當電極板使用，因此無法製作出平面 (z-axis) 的感測器。同樣基於電路區的可靠度的考量及未來量產的需求，晶片中心目前正與國內晶圓廠一起開發 CMOS 堆疊層之橫向蝕刻技術，該技術將有助於智慧感測單晶片平台利用釋放的平板電容架構作 Z 軸方向的感測機制，應用範圍包含三軸的加速度計 (圖 3)、開關、麥克風、壓力計、指紋感測器等。預計將於 2011 年開發完成，將使得晶片中心智慧感測單晶片平台具有多選項的設計能力，讓設計者能針對不同的感測機制與原理來選擇更有效率的製造方案。

智慧感測單晶片切割/封裝平台

經過 CMOS MEMS 製程後，MEMS 結構已經懸浮，假若沒有經過適當的保護，MEMS 結構很容易受到破壞，造成斷裂。為了防止晶片

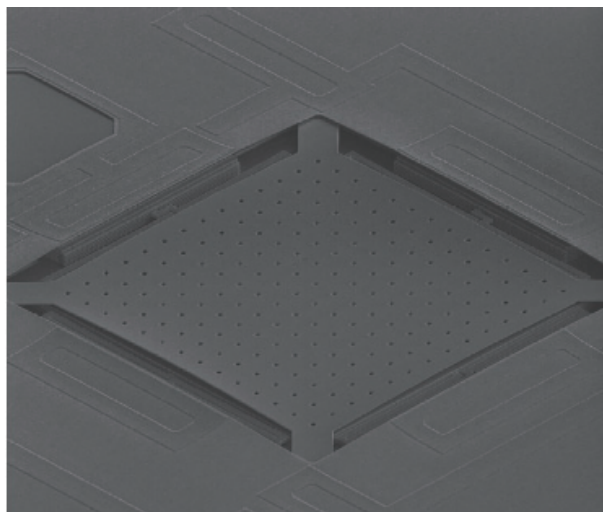


圖 3 加速度計（z 軸）。

中的 MEMS 結構受損，晶片中心目前有兩種作法：

（a）以光阻保護 MEMS 結構

於 CMOS MEMS 製程後，MEMS 結構已經懸浮，接下來直接於晶圓廠塗佈一層光阻，光阻的特性具有黏稠度，且有相當的流動性，不只可以填充於 MEMS 結構下方的孔隙中，還可以将整個 MEMS 結構保護住，避免於後續之切割或封裝的過程中受到破壞。當設計者拿到切割完的晶片後，可以參考晶片中心去除光阻的流程將光阻去除。如圖 4 所示，晶片上利用光阻保護 MEMS 結構及去除光阻後的情形。這個創新的做法已分別於 2005 及 2007 年取得美國（US7435663）及台灣專利（I291725）。

（b）直接於晶圓上量測

於 CMOS MEMS 製程後，會保留一片完整晶圓，不做切割。假若有些結構的強度較差，經過塗佈光阻的過程後會斷裂時，便可使用此晶圓做晶片中 MEMS 結構的量測。

Die Level

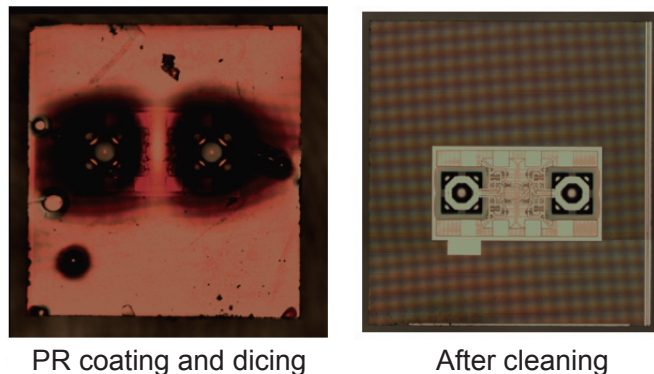


圖 4 光阻保護 MEMS 結構及去除光阻後的晶片。

目前的作法可解決 MEMS 結構受到破壞造成斷裂的問題，但是這種作法在大量生產時是很不方便的，而且強度較差的 MEMS 結構並無法用光阻保護。因此晶片中心現正積極地開發晶圓級封裝（Wafer-Level Package, WLP）技術，透過此技術，MEMS 結構於 CMOS MEMS 製程後馬上可以用蓋子將結構密封起來，以達到保護的目的。

CMOS 加速度感測器 IP 設計範例

以下將利用此技術來實現一個 CMOS 加速度器 IP，此 IP 的規格和市售之 ADI 加速度器相去不遠。

如圖 5 所示，一個簡單的電容式加速度感測器包含兩大部分：機械結構跟讀取電路。而機械結構部份是由一個質量塊（Mass）、彈簧（Spring）跟電容（Sensing Capacitor）所構成，質量塊跟彈簧是用來對於當物體產生加速度運動時做出相對應的位移運動所需，而指叉狀電容結構會隨質量塊之運動而有不一樣交連面積

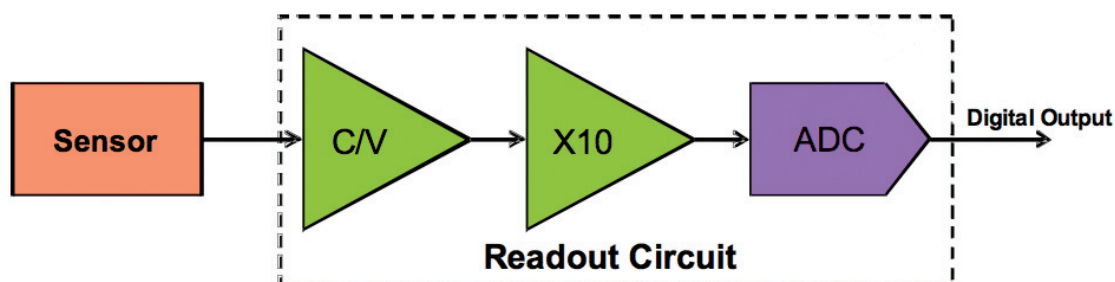


圖 5 加速度感測器功能方塊圖。

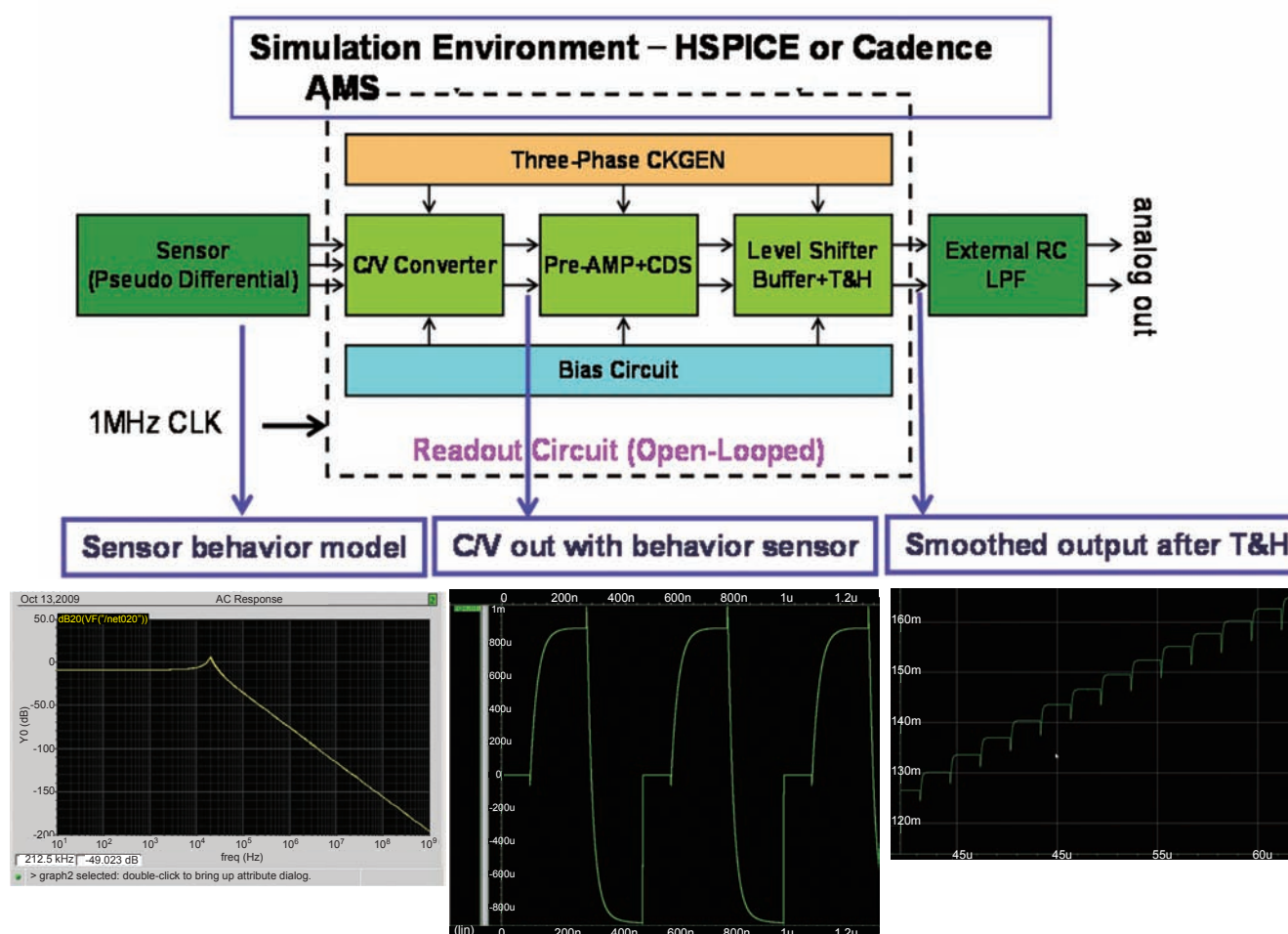


圖 6 加速度感測器功能方塊圖。

因而產生電容值變化。讀取電路部份的話，其最主要的功能即是去擷取並放大指叉狀電容產生的微小電容值變化量，並以電壓的形式為輸出以供下一級的類比/數位轉換器輸入之用。

在加速度器中有一個很重要之參數—共振頻，在此我們可以用類似像電路系統中之二階頻率響應來描述，如圖 6 左下圖所示，最後將用 Verilog-AMS 實現 G-Sensor 結構之行為模

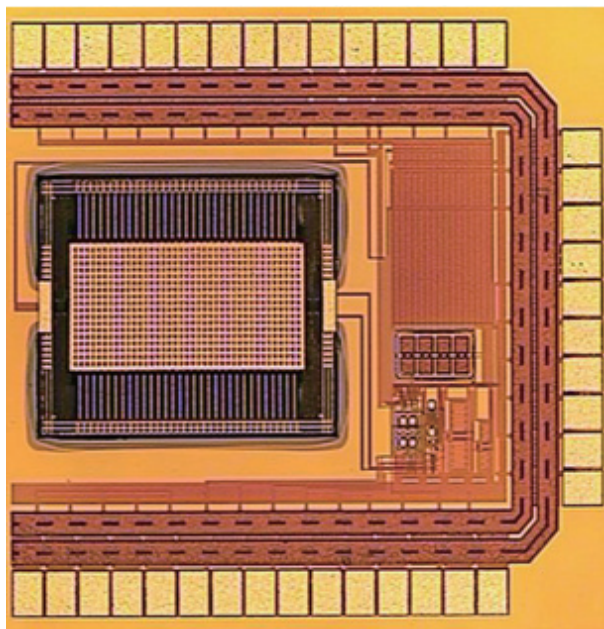


圖 7 CMOS 加速度器單晶片上視圖。

型。讀取電路主要由一個 C-V 轉換電路和後端之放大電路所構成。完整之 C/V 轉換輸入共模電路模擬結果如圖 6 中下所示。若再加上後端之放大電路等電路便可得到圖 6 右下圖之波形。

此 CMOS 加速度器單晶片已完成製作，圖 7 為晶片上視圖，左半部為加速度器，右半部為讀取電路。圖 8 為於不同的加速度下晶片訊號輸出波形。

研發心得

於 1999 年，葛羅斯（Neil Gross）即於商業周刊（Business Week）針對 21 世紀的 21 項新的概念中提到全球感測網這個概念：「未來的地球將披上一層電子皮膚，這一層電子皮膚會以網際網路為骨架，並使用它來傳達感覺，這層皮膚也正被縫合在一起，它是：上百萬個電子感測器所組成，包含溫度計、壓力計、空氣塵染偵

測器、照相機、麥克風、葡萄糖感測器、心電圖感測器、腦波感測器等，這些感測器無時無刻地觀察與監控城市、瀕臨絕種的動物、大氣層、船舶、高速公路上的交通、載貨的卡車車隊、我們的日常對話、身體狀況、甚至是我們的夢」。隨著電子科技技術的進步，正朝向這個目標邁進。要實現此全球感測網，需要有許多輕、薄、短、小、成本低、耗電少、整合度高及可靠度高的感測器元件。目前製造感測器的製程方法並不統一，而且都掌握於國外的整合元件製造廠的手中；此外，目前的感測器晶片和其它已可執行運算、無線傳輸、電源管理等功能之 CMOS 晶片並無法整合。台灣的長處在 CMOS 技術，若能和感測器技術結合，擁有成本及尺寸上的優勢，它也有能力做到 IP 化，以縮短研發時間，加速市場導入。目前感測器晶片製程正由 4、6 吋廠轉到 8 吋廠，CMOS 微機電感測器 IP 技術將可提供國內成熟 8 吋廠之新產能。在 IC 設計方面，很多公司已負擔不起最先進之 40 或 65 奈米製程，想往感測晶片發展又受制於 IDM 廠，智慧感測 IP 將可協助無晶圓廠（fabless）IC 設計公司快速地擴充現有產品之功能及應用，和系統廠一起跨入未來智慧感測應用市場。預期未來產品將會朝整合型感測器（Multi-Sensors）的模組化趨勢來發展，CMOS 微機電感測器 IP 技術中提供的標準化 CMOS MEMS 製程及發展感測器 IP 不只可協助國內電子產業快速地跨入目前火熱之消費性市場，亦可為未來新興的感測晶片應用市場（生醫、儲能等）作準備，能繼 3C 應用之後，於感測應用晶片市場上再創世界第一。



圖 8 於不同的加速度下晶片訊號輸出波形。

研發團隊簡介

- **魏慶隆**先生為德州理工大學電機工程所博士，2007 年起服務於國家晶片系統設計中心，曾為晶片系統設計中心特聘研究員兼主任，目前為國立中央大學電機系台積電傑出講座教授，專長為類比混合訊號電路系統之設計、測試、及偵錯；高可靠度系統設計與分析。
- **邱進峯**先生為交通大學電子工程研究所博士，1996 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為研究員兼副主任，專長為類比混合訊號電路系統之設計、類神經網路。
- **莊英宗**先生為成功大學電機工程研究所博士，1998 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為研究員兼晶片組組長，專長為射頻系統晶片設計、CMOS 感測應用及系統封裝整合技術，並負責規劃建置新竹及台南之異質晶片系統量測實驗室。
- **蔡瀚輝**先生為成功大學電機工程研究所碩士，2006 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為研究員兼晶片組課長，專長為 CMOS 微機電感測應用系統技術、CMOS 生醫微機電感測器開發及應用。
- **曾聖翔**先生為清華大學電子工程所碩士，2002 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為副研究員兼微機電技術課課長，專長為微機電系統暨感測器之模擬設計與分析。

- **吳伯昌**先生為交通大學電信工程研究所碩士，2007 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為副研究員兼技術課長，專長為數位/類比混合訊號電路系統之設計、模擬與分析。其主要負責之工作為感測器讀取電路之設計以及通用感測器讀取平台之建立與驗證。
- **方喬立**先生為雲林科技大學電子資訊工程所碩士，2004 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為副研究員，專長為類比混合訊號電路系統之設計、測試、及偵錯。
- **吳健福**先生為國立成功大學電機工程所碩士，2005 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為副研究員，專長為類比混合訊號電路系統之設計、測試。
- **賴有梁**先生為台灣大學機械工程所碩士，2004 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為副研究員，專長為 MEMS 量測、機械材料參數萃取。
- **洪英瑞**先生為交通大學電子工程所碩士，2005 年起服務於國家晶片系統設計中心，目前為助理研究員，專長為射頻電路與微機電射頻元件之模擬設計與分析。



「CMOS 微機電感測器 IP」研發團隊與吳光鐘副院長於頒獎典禮合影留念。左起：莊英宗組長、吳副院長、蔡瀚輝課長。

技術發展類 – 佳作

分散式高速計算線上雲端/格網作業系統平台

文/圖 潘怡倫、吳長興、游錫恩 國家高速網路與計算中心

研究簡介

高速計算（HPC）與叢集計算（Cluster）平台對許多需要「科學計算」的研究人員並不陌生，而且需求量日益增加。但是一直以來高速計算與叢集計算的使用介面環境存在著幾項問題，造成科學家與高速計算之間有了距離。其主要原因就是因為高速計算平台缺乏友善的介面、需要複雜的指令、再加上不熟悉的環境以及資源分散等問題，讓每一個需要計算能量來做科學運算的研究人員相當頭痛與不適應，因此無法有效率地進行科學模擬。此外，另一個問題，就是科學研究人員往往無法很方便的使用分散於其他單位的空間遠端計算資源，因而，造成設備重複投入、計算資源閒置與電能無謂消耗等許多環境議題產生。

為解決上述問題，本院國家高速網路與計算中心之分散式計算技術團隊自力研發提出一個「分散式高速計算線上雲端/格網作業系統（Cloud/Grid WebOS）」平台（Distributed High Performance Computing Cloud/Grid WebOS Platform），其串連並整合異地與異質之計算資源，來提供雲端暨格網計算服務。並且該平台軟體架構採用現行的開放源碼軟體與系統，再加上自行開發的中介軟體，降低軟體購置

費用，來給予使用者一個簡易、輕巧、人性化的計算桌面環境。使用者可以利用這個平台快速自動化佈建與提交工作，並使用分散式電腦叢集計算環境，進行高效能計算與省能計算。

研發心得

此平台是使用 AJAX 技術，讓原本呈現文字資訊網頁變成如同作業系統桌面一般（參考圖 1），可以依照使用者不同而擁有各自的應用程式，並且這個平台能夠使用國內外常見之瀏覽器包括：Firefox、Google Chrome、Safari 等瀏覽使用，具有跨平台與通用性；從一般使用者使用的角度出發，不管使用者原先是使用何種作業系統，在使用者使用瀏覽器登入平台後，呈現的是能貼近使用者預期的一致性的操作環境（如同作業系統的桌面一般），這是有別於過去任何網頁程式所不能提供給使用者的便利性；在專業使用上，科學計算研究人員（如：奈、微米元件程式模擬、高能物理模擬、生物醫療模擬等），此平台上的簡單且高度客制化的線上應用程式（Widgets），對他們最大幫助的就是縮短軟體建置（參數設定）與高速計算主機設定前置處理的流程、自動搜尋並提供強而有力的分散式計算資源及計算結果分析與遠端 3D 成像以減少資料搬移的時間…等，大幅提升科學模擬的效

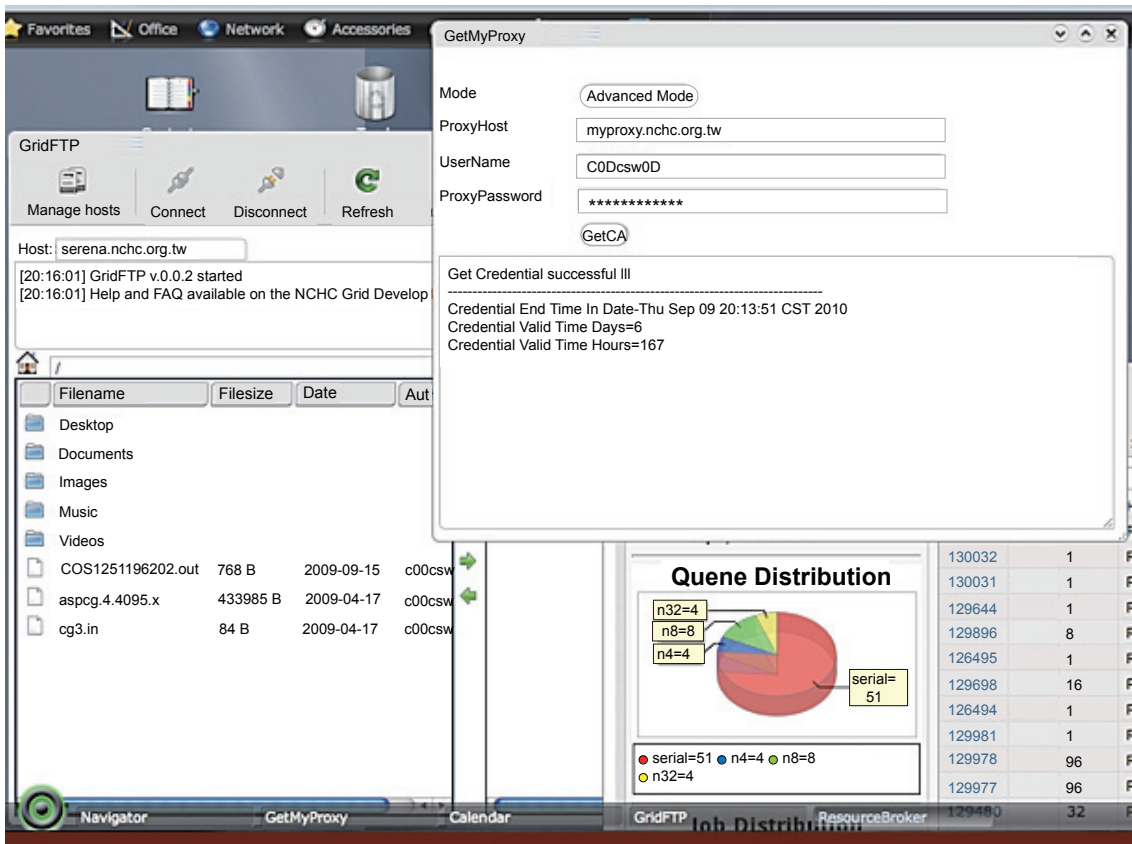


圖 1 Cloud/Grid WebOS 平台，網路平台示意圖。

率，更降低科學家使用高速計算之門檻，提供一條直達高速計算資源的捷徑。藉由該平台讓高速計算不再難以親近，繼而演化成隨取計算（Computing On-demand）資源，如下圖 2 所示。

本團隊自力研發出多個建構於線上作業系統（Web-based Operating System）上的雲端/格網應用程式（Cloud/Grid Widgets）；即使使用者不熟悉任何與格網相關的專業知識或指令，只要透過這些線上應用程式，依照其指示便能夠輕鬆地運用格網環境中的資源來處理一連串複雜的工作。能夠讓使用者透過簡潔的圖形化介面來輕鬆定義每一項任務的詳細屬性，強大的功能讓原本抽象的工作流程視覺化。除此之外，底層架構的部份本團隊還設計提供資源探索者

（Resource Broker），能夠自動地挑選最適合的資源來處理目前工作流程中的各項任務；另外還提供排程管理器負責同時處理多個工作流程或是多個任務，以減少不必要的等待時間，並使格網環境中的資源利用率達到最佳化。

分散式高速計算線上雲端/格網作業系統平台具有以下幾項特點：

「分散式高速計算線上雲端/格網作業系統（Cloud/Grid WebOS）」平台

提供自動化、有效率、快速佈署雲端/格網環境。本系統實作結合日前火紅的雲端計算（Cloud Computing）/格網計算（Grid Computing）、Web-based Operating System（Web OS）兩項技術，透過設計完善

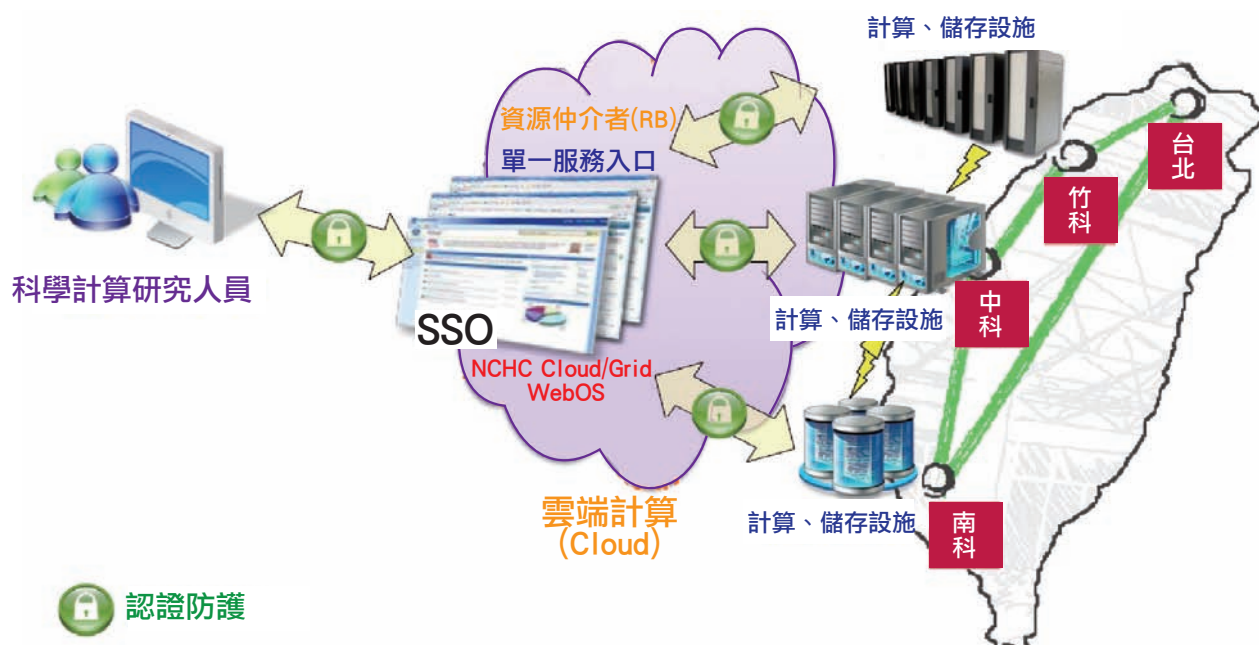


圖 2 分散式高速計算線上雲端/格網作業系統 (Cloud/Grid WebOS) 平台示意圖。

的圖形化使用者介面來進行計算工作提交、狀態監控、資源監控及遠端 3D 呈像等多項功能，改善傳統的文字指令型操作模式。對使用者來說僅登入網頁，即可擁有網頁化作業系統，並使用各項所設計之線上雲端/格網應用程式 (Cloud/Grid Widgets)，是一項相當創新的體驗。

縮短計算資源與使用者的距離

以現行雲端/格網計算中介自由軟體為基礎，連結異地叢集 (Cluster) 計算資源，將計算能量進行串連整合，讓使用者可以隨手取得計算能量，同時降低存取計算能量之複雜度。

客製化線上應用程式

提供許多客製化線上雲端/格網應用程式 (Cloud/Grid Widgets)，引導使用者在不同需求下，能夠有彈性地安裝、使用各項計算所需之服務。

自動化動態分配資源技術

透過資源探索者中介軟體即時分析資源狀況，並依照資源的使用率以及其歷史資料來自動計算權重，再搭配使用者工作需求，挑選最適合的資源供使用者計算使用，來達成具彈性並可自動化動態分配資源，進而促成資源共享閒置資源有效利用的目的。因此本團隊串連國家高速網路與計算中心、成功大學之高效能叢集主機計算資源，達成資源共享，節省不必要的電耗。

- 國網中心大型服務主機：IBM 1350 Cluster 共 2048 CPUs
- 國網中心大型服務主機：Formosa 2 HPC Cluster 共 340 CPUs
- 第三地主機等

計算結果分析與結果呈像

不管使用者的計算工作在何處計算資源上進行計算或模擬，本團隊所設計的資源探索者中介

軟體，會自動將所有計算結果，包含計算的中繼檔、最後的輸出檔、標準輸出檔及錯誤輸出檔等，一起壓縮成壓縮檔，並且傳輸至 Cloud/Grid WebOS，讓使用者按下按鍵輕鬆下載。此外本團隊也設想到輸出檔過於龐大的問題，也提供 Web VNC 3D 自動呈像，讓使用者不需將大量計算結果搬回，即可即時看到運算完的結果，請參考下圖 3。

異質計算平台間檔案傳輸

不需使用傳統文字介面進行檔案傳輸，僅需本團隊所設計之網頁檔案傳輸，便可將資料傳送於異質異地計算環境內，請參考下圖 4。

如前所述，該平台可以成功解決資源閒置、資源分散所造成的浪費問題，更可以改進過去研究人員所使用傳統文字介面時的高電耗成本、高研究成本、檢測提交工作時程冗長與特定環境限

制等缺點，研究人員只需要專注自身專業領域的研發，而不需要額外的心力去學習計算環境的使用。因此快速且精準科學的計算環境 — Cloud/Grid WebOS 平台，絕對是研究人員所期望的研究平台，其利用雲端暨格網服務技術，再配合針對非資訊領域之科學家做客製化的計算模擬服務，藉此提昇分析科學計算模擬現象之效率與品質。為達成快速與精準貼近科學研究使用流程之目的，目前「分散式高速計算線上雲端/格網作業系統（Cloud/Grid WebOS）」平台結合了多個領域的專業技術模擬工具 — 高能物理模擬、奈微米元件模擬、醫療呼吸流場模擬、流體力學數值模擬、核能計算模擬…等，並且本研發團隊在各主要模擬功能上，都盡量簡化設定及操作，來便捷科學計算研究人員的使用，減少非其專業領域相關功能上之負擔，對科學模擬研究人員方面都具有相當程度的利多。

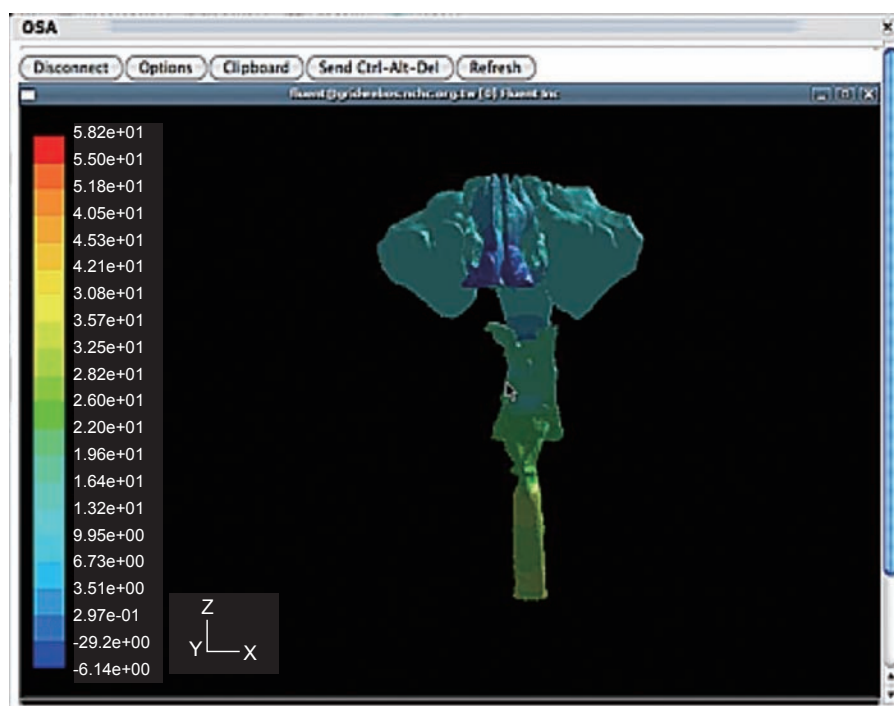


圖 3 由 Cloud/Grid WebOS 平台直接觀看 3D 繪圖。

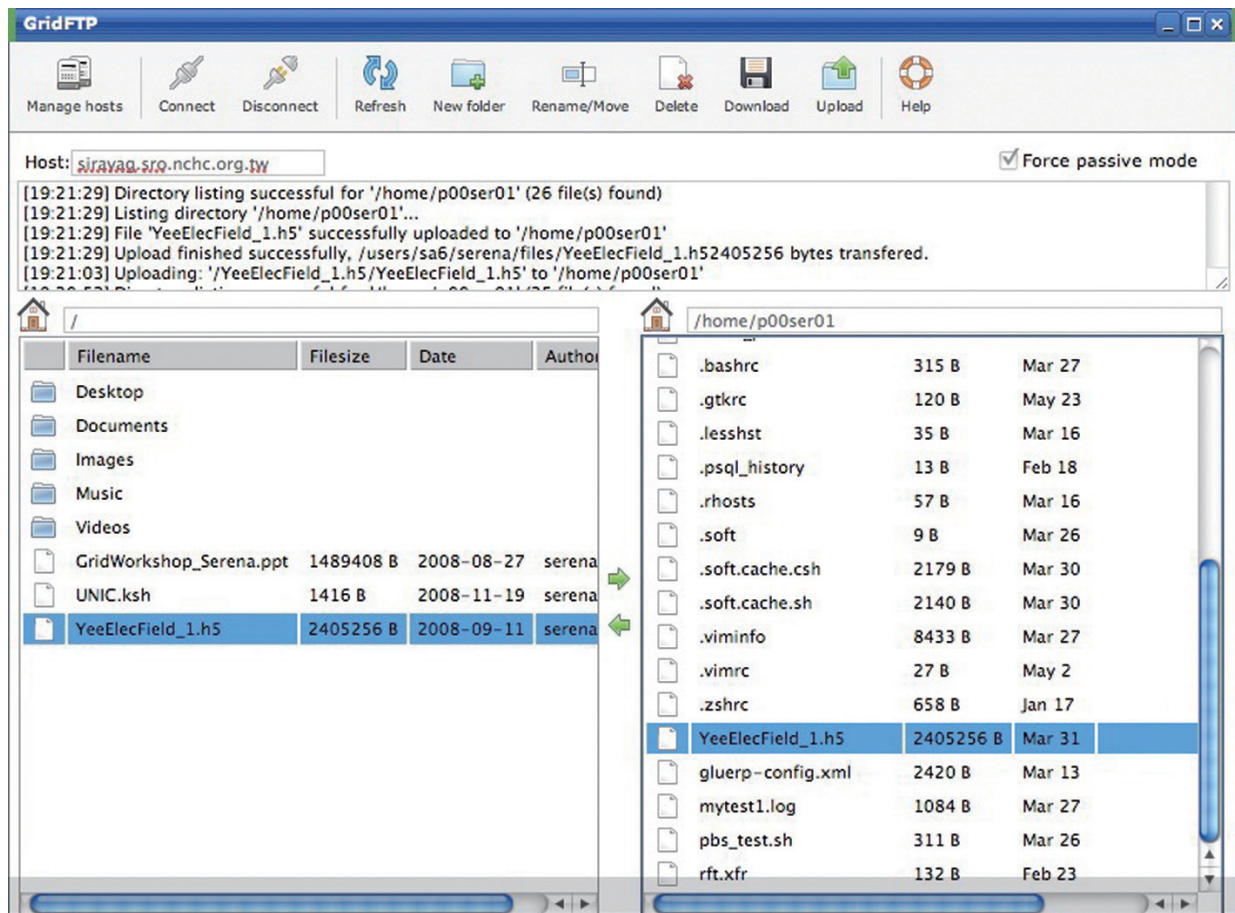


圖 4 Cloud/Grid WebOS 平台進行異質計算平台間檔案傳輸。

研發成果與具體貢獻－國內科學計算應用及服務

中央大學物理所卓越計畫之實際應用－高解析度雷射電漿模擬

在本計畫中，本平台整合了高解析度雷射電漿模擬程式，將大尺度的電漿模擬計算，透過資源探索者配置至具有大型儲存空間的 HPC 計算資源上執行，使用者無需煩惱儲存空間不足之問題，透過 Grid Widget 的監控，使用者可以很方便的瀏覽模擬的結果。

國網中心醫療團隊呼吸窘迫症模擬

本平台整合國網中心醫療團隊的呼吸窘迫

症模擬程式，透過該平台的介面進行模擬工作提交，透過所研發之資源探索者自動化配置計算資源並完成計算工作，再透過線上應用程式（Widget），將模擬後處理的成像結果送回使用者端。整個模擬流程均透過網頁就可以執行完成，大幅降低研究人員使用上的複雜度。

經濟部學研聯合計畫－通用型平行化多重物理低溫電漿模擬軟體研發計畫

本計畫產出一套簡易使用、快速模擬一般氣體和低溫非熱平衡電漿流動之功能，提供全球學研界使用。而此平台「分散式高速計算線上雲端/格網作業系統（Cloud/Grid WebOS）」便可將

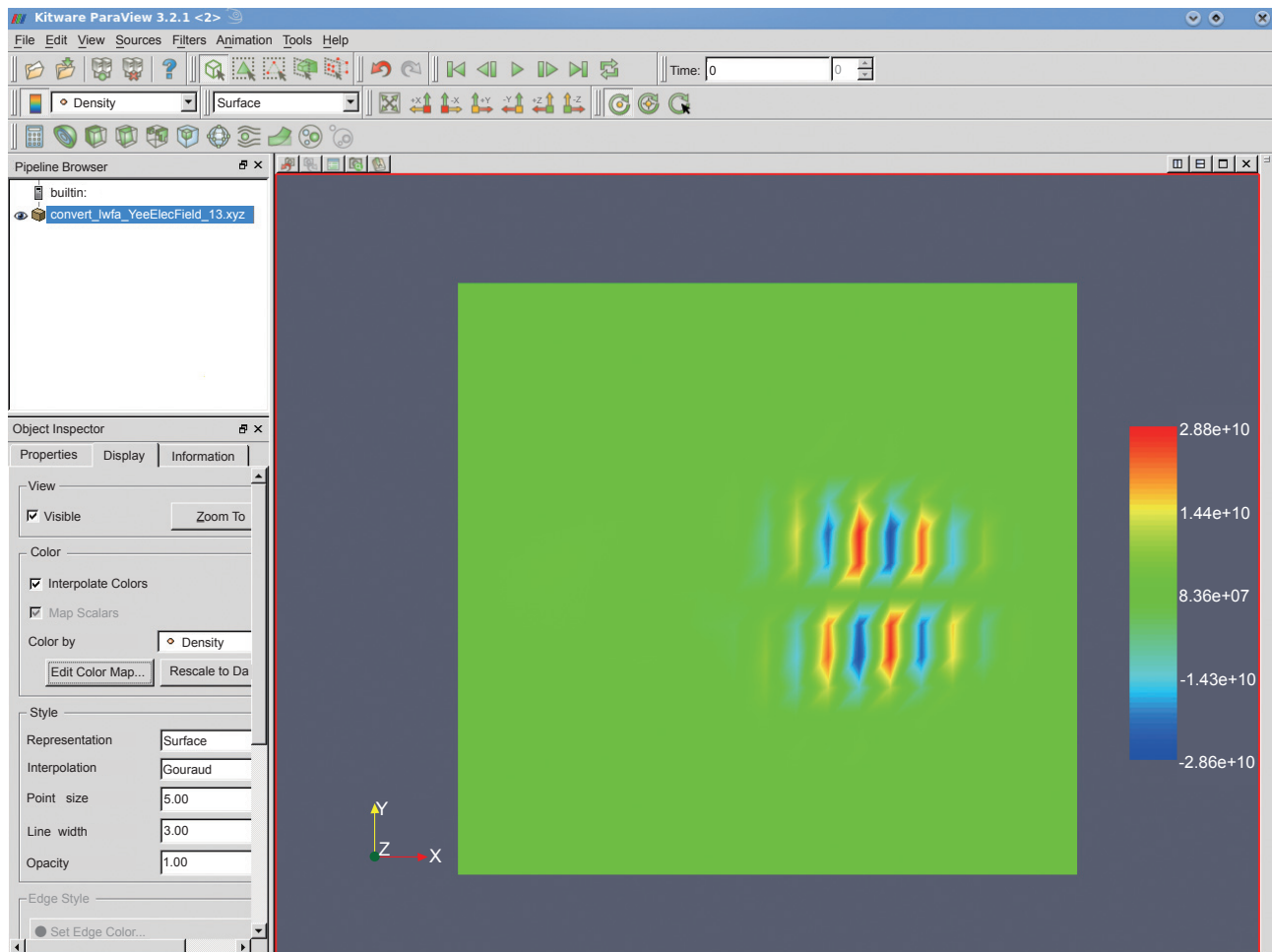


圖 5 Cloud/Grid WebOS 平台進行 2D 雷射電漿模擬。

該計畫之計算需求與功能，藉由所設計之高速計算服務整合計算能量加以完成。

「模式與模擬服務平台」先導性建置計畫

本計畫主要是與奈米中心進行合作，建置了一個先導性的奈米元件線上模擬服務平台。透過此一平台的雛型建立，有效地整合計算資源及奈米模擬軟體資源。使用者可藉由網頁瀏覽器提交計算工作（奈米 CMOS 元件量子效應水丁格－泊松方程式數值模擬及矽太陽能電池特性抗反射層暨電性模擬），運作上，使用者不需知道實際運算主機出於何處，運算環境則主動調度資源進行運算。透過此一示範性平台的建立，來整合學研能量，推行與深化奈、微米電子程式的開發與軟

體的使用，有助於奈米元件技術的發展。

研發成果與具體貢獻－國外科學計算應用及服務

加入 Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly (PRAGMA) 國際組織進行技術合作：建立國際合作實驗格網計算平台，目前共有 15 個國家，29 個學研單位加入此學術研究計算平台。此外，該平台於 2009 年之際，也已發佈於 PRAGMA Application 之中（請參考圖 12），更成功建立起國際合作及交流的管道，同時也顯著提昇台灣於分散式計算領域之地位與能見度。

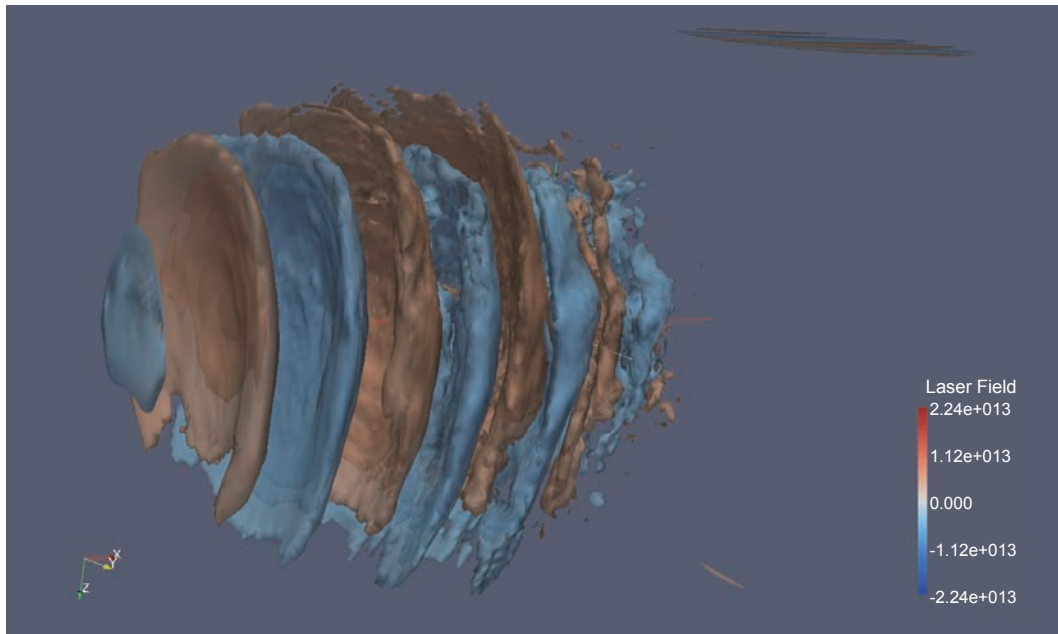


圖 6 Cloud/Grid WebOS 平台進行 3D 雷射電漿模擬。

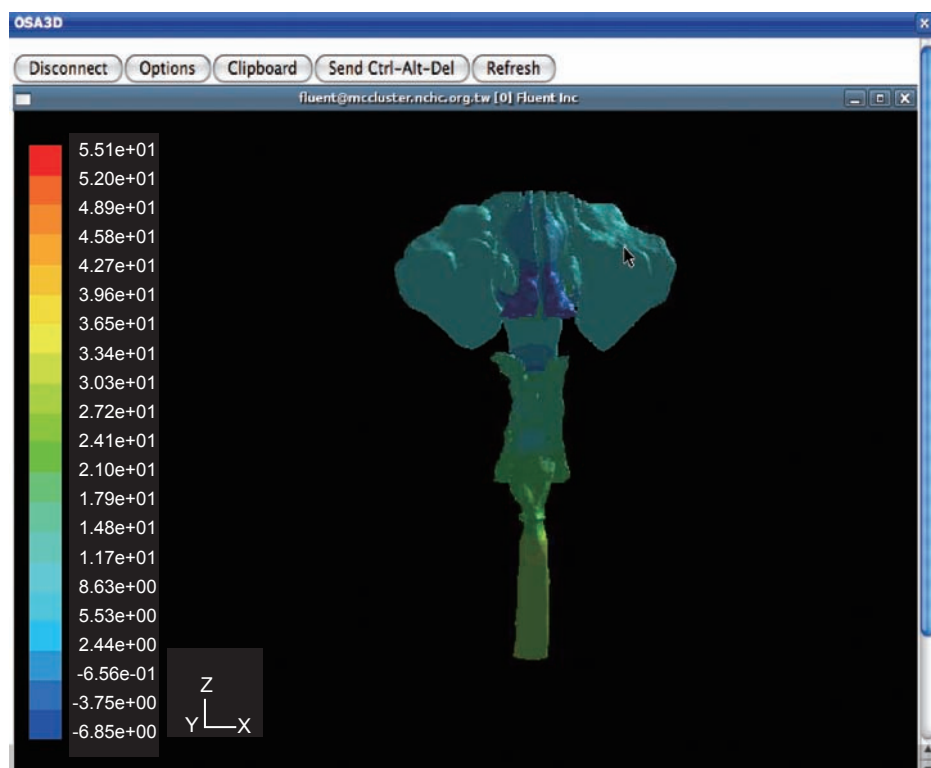


圖 7 Cloud/Grid WebOS 平台進行呼吸窘迫症模擬結果。

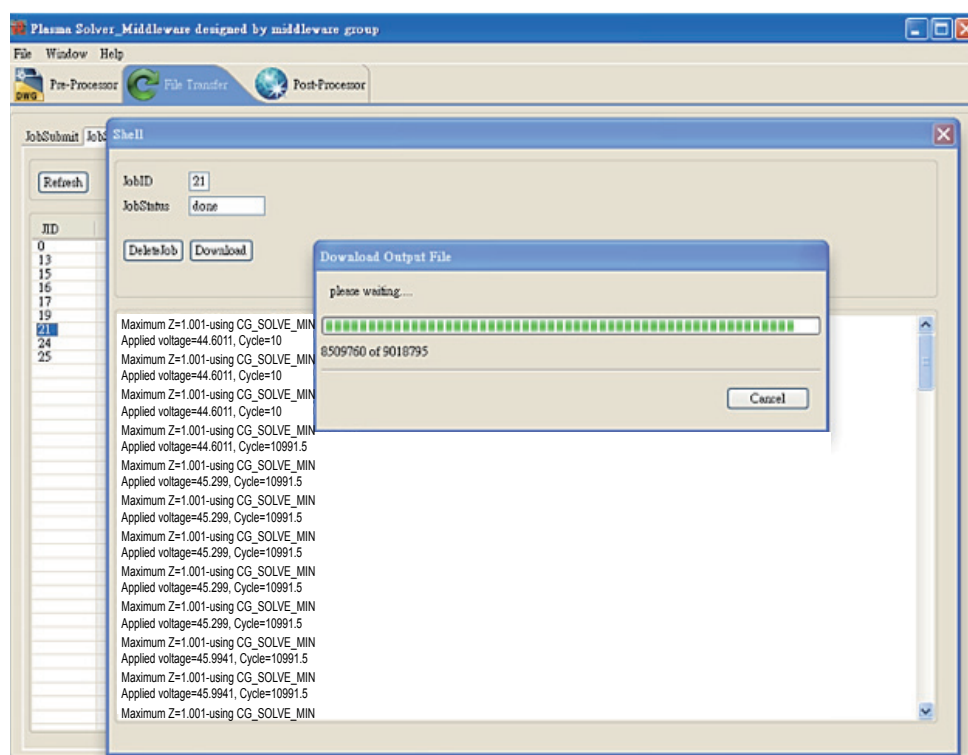


圖 8 低溫電漿模擬下載過程。

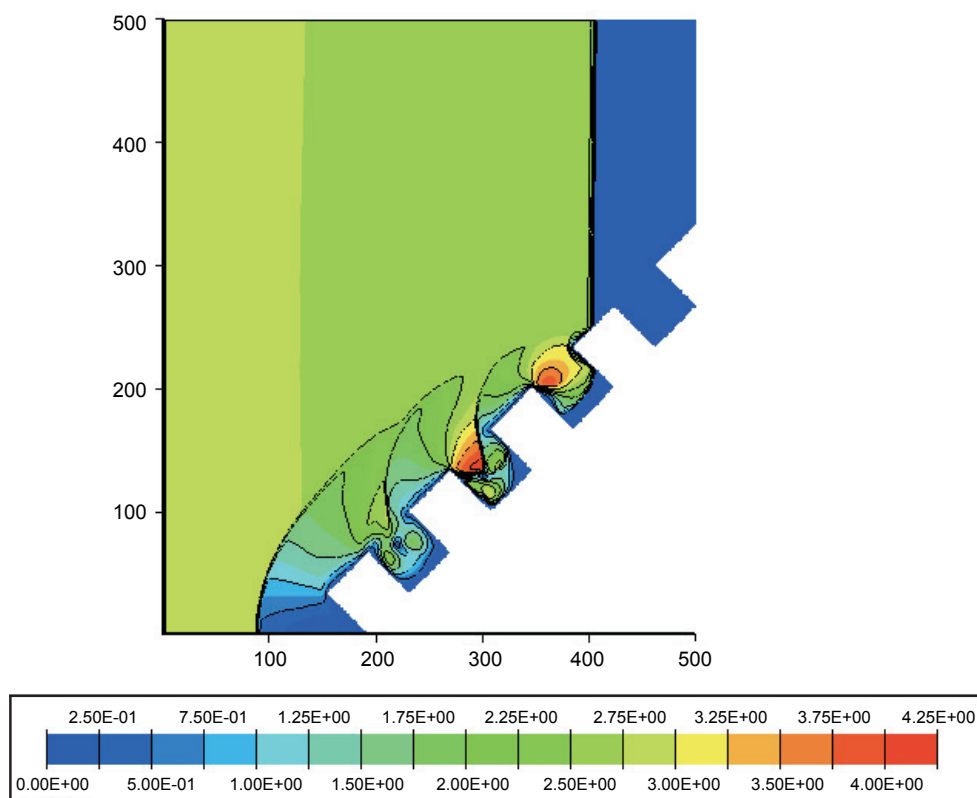
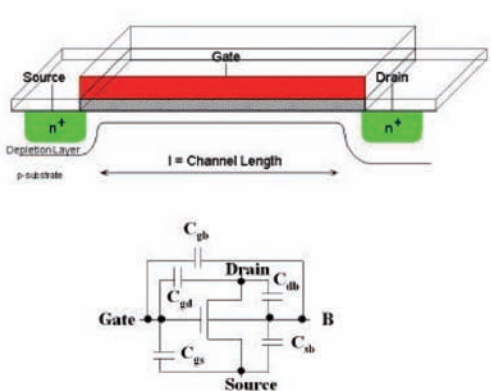


圖 9 Cloud/Grid WebOS 平台進行低溫電漿模擬。

Solar Simulation

開始模擬

請填寫下列參數開始模擬



Temperature (K):

Substrate doping concentration (cm^{-3}):

Oxide thickness (cm):

Consider poly depletion?
(1:yes, 0:no):

Poly doping (- : n-type, + : p-type):

Vfb:

Dvc:

Silicon Voltage (Start):

Silicon Voltage (End):

Number of voltage steps:

Implant:

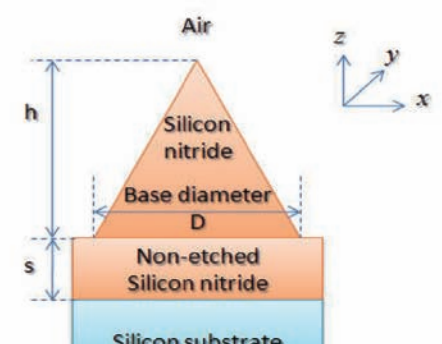
立即模擬

圖 10 Cloud/Grid WebOS 平台－水丁格線上應用程式（Widget）參數輸入模擬。

Solar Simulation

開始模擬

請填寫下列參數開始模擬



Material refractive index(n_c):

Shape:

Height of SWS (h): to (nm)

Non-etched part of SWS (s): to (nm)

Base diameter (D): (nm)

Substrate:

Wavelength (range): to (nm)

Layers (1~100):

Voltage range (-1.0 ~ 1.0): to (Volts)

Emitter thickness: (um)

Base thickness: (um)

Acceptor Conc. (N_A): (cm^{-3})

圖 11 Cloud/Grid WebOS 平台－太陽能電池線上應用程式（Widget）參數輸入模擬。

致謝

本團隊很榮幸能得到 2010 年的國家實驗研究院傑出科技貢獻獎佳作。本平台多年來以高速計算深耕經驗，至今已累積五年以上的分散式計算平台開發經驗，目前本團隊也持續針對雲端中介軟體進行理論研究及實際系統開發。其中要感謝中央研究院原分所汪治平教授、國立中央大學陳仕宏教授、國立中央大學前校長劉全生教授等人，以及國立交通大學吳宗信教授等人；更要特

別感謝國網中心主任江國寧博士與副主任黃維誠博士對本團隊的大力支持，不論是在實驗設備等軟硬體資源，以及相關學研單位的合作交流及推廣，也協助本團隊與 PRAGMA 國際格網組織進行中介軟體研發交流，大大的提升本團隊之研發能量。也感謝國家高速網路與計算中心及本團隊成員對此一平台之研究開發及推廣。

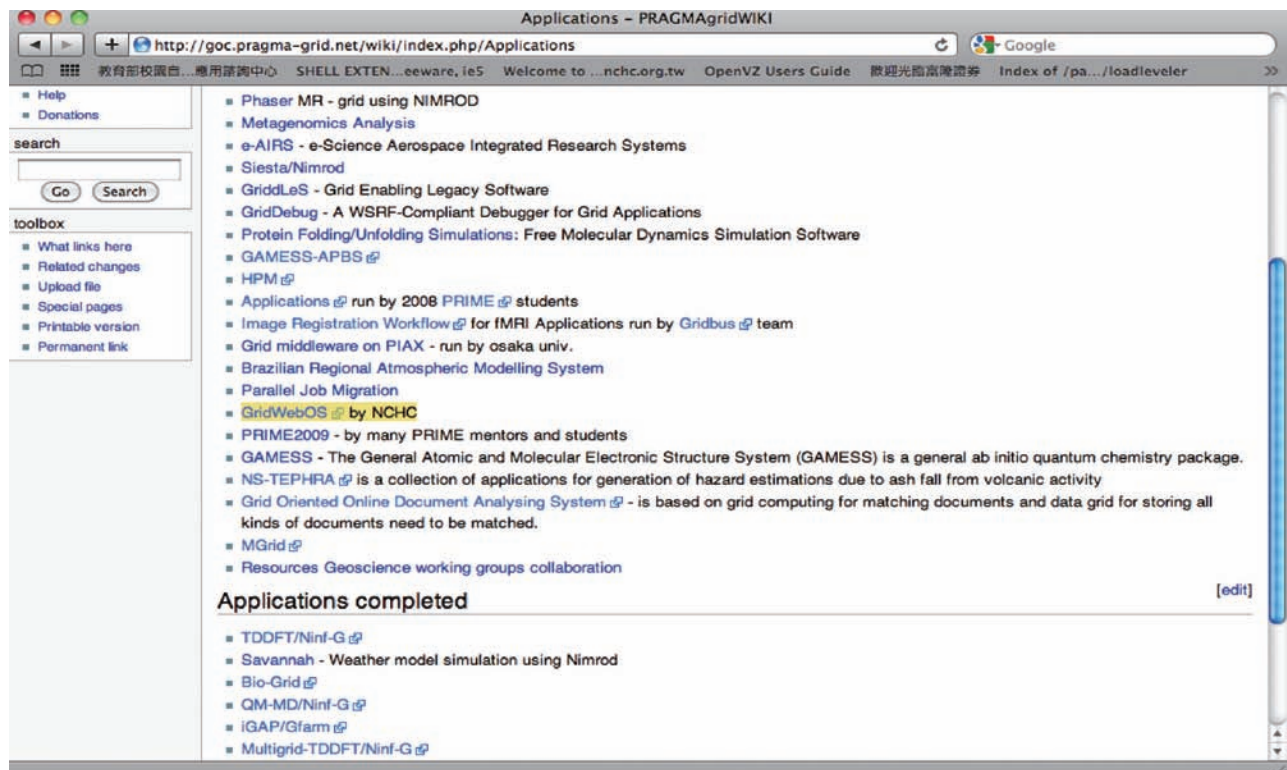
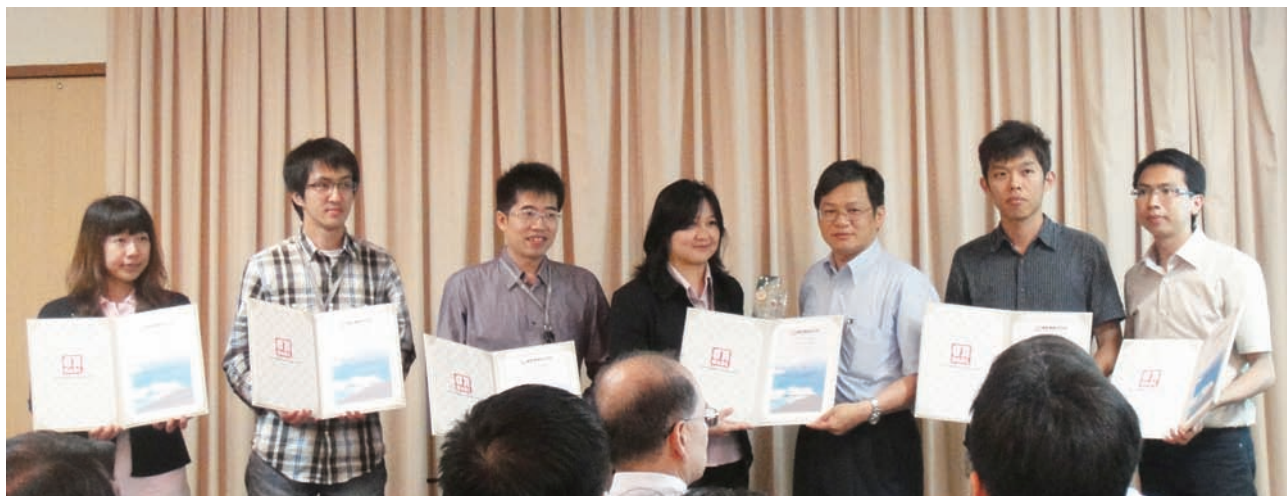


圖 12 PRAGMA Testbed Applications。

研發團隊簡介

- **潘怡倫**小姐為國立中正大學資訊管理研究所碩士，現任國家高速網路與計算中心計算軟體組副組長/助理研究員。
- **吳長興**先生為國立東華大學資訊工程研究所碩士，現任國家高速網路與計算中心助理研究員。
- **游錫恩**先生為國立台灣師範大學資訊工程研究所碩士，現任國家高速網路與計算中心助理研究員。
- **劉嘉言**先生為國立中正大學電機工程研究所碩士，現任國家高速網路與計算中心專案助理研究員。
- **陳惠珊**小姐為國立成功大學電通研究所碩士，現任國家高速網路與計算中心助理研究員。
- **鄭國陽**先生為靜宜大學資訊管理研究所碩士，現任國家高速網路與計算中心專案助理研究員。
- **黃維誠**博士為美國伊利諾大學（University of Illinois at Urbana-Champaign）航空太空工程學系博士，現任國家高速網路與計算中心高速計算事業群副主任/研究員。



「分散式高速計算線上雲端/格網作業系統平台」研發團隊於頒獎典禮上與王永和副院長合影留念。左起：陳惠珊小姐、劉嘉言先生、吳長興先生、潘怡倫副組長、王副院長、游錫恩先生、鄭國陽先生。

技術發展類 — 佳作

衛星地面系統維運及任務操作的自主發展

文/圖 衛星操作控制組 國家太空中心

研究簡介

本院太空中心衛星操作控制組（以下簡稱衛操組或本組），主要負責福衛星系任務操作及衛星地面系統（包括衛星操控系統與衛星地面站）維持與運轉。太空中心衛星地面系統由國外合約商所統包建置，過去十年來維護及更新升級都是仰賴原廠技術支援服務。雖然相對於整體衛星任務的經費，所佔比例不大，但歷年累積的經費支出，亦相當可觀。故基於成本考量，本組致力於建立國內自主能量，減少對原廠依賴，進行現有衛星地面系統維運及未來衛星任務升級工程。本計畫主要績效指標，可分成三大項：第一項為衛星操控系統自主；第二項為衛星地面站系統維運及自主更新；第三項為衛星操作工程精進。

過去地面操控系統委託原廠執行更新與升級工程，以支援新衛星任務，單就軟體修改及技術服務費用，以福衛二/三/五號衛星地面系統升級時為例，每次約需 150 萬美元以上。經本組技術突破及團隊合作努力下，未來福衛三號後續星系計畫之地面系統升級費用，將會有極大幅度（70% 以上）縮減。另，衛星地面站年度維運經費縮減及國內自主技術能量建立，亦可充分反應出執行本計畫之具體成效，經統計五年來，共節省公帑高達台幣 9,000 萬元以上。

衛星操控系統自主

NSIS（NSPO Spacecraft Information System）是 NSPO 因應福衛五號計畫需求，由本組負責開發建立的資料庫系統，具備 CAD/TAD 資料建置、維護管理、版本控制、資料分享、資料轉換等功能。NSIS 資料不僅可支援福衛五號衛星，亦可涵蓋未來 NSPO 所有自主設計的衛星。另，NSIS 亦為資料分享中心之要角，可有效進行版本控制，使各次系統人員都能同時取得即時的衛星資料。

EPOCH T&C Stream Process 研發

為減少對 EPOCH 原廠美商 ISI 的依賴，自主修改福衛二號 EPOCH T&C Stream Process，以支援福衛五號 EDM 測試，進而從中累積關鍵性技術能量，希望未來能自主開發 EPOCH T&C Stream Process 可支援後續其他衛星計畫，並大幅降低未來的委外（原廠）支出經費。

ISI 所遞交的 EPOCH T&C Stream Process Source Code，只有 Telecommand 的部份，並非核心程式。藉由程式修改及衛星指令資料庫的技術，便可量身訂做出專屬 Telecommand

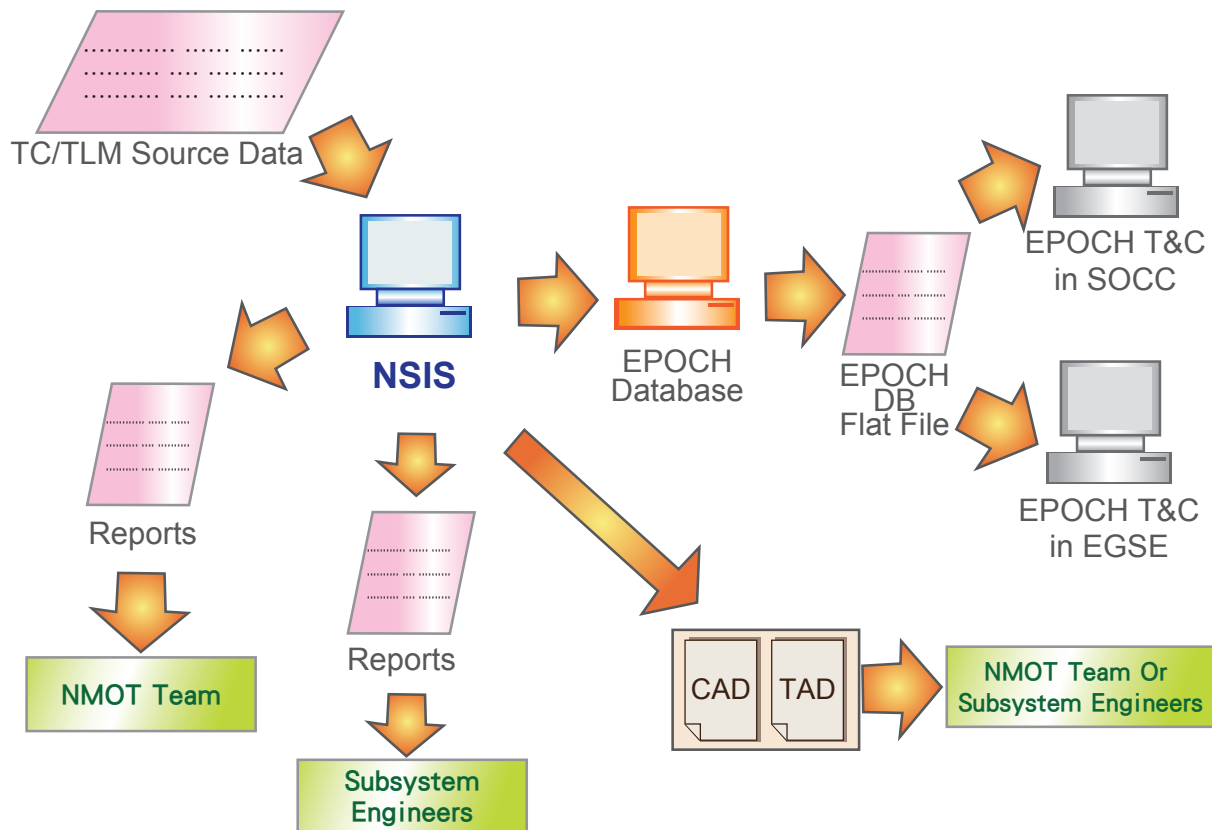


圖 1 國家太空中心衛星資訊系統（NSPO Spacecraft Information System，NSIS）。

格式（包括非 CCSDS 格式）。關於新型 Telemetry Coding Type 問題，雖然目前 ISI 並沒有提供任何相關的 EPOCH T&C Stream Process Source Code 供修改，但可利用 EPOCH T&C 中，所提供的 API/Toolkit 來開發 Onboard Client 程式，配合 Pseudo Telemetry Point 功能，即可解決新型 Telemetry Coding Type 問題。然而對操作者本身，在使用上並不會感受到 Pseudo Telemetry Point 與 Telemetry Point 兩者間的差異。

若需修改 Telemetry 資料格式時，並使原有 EPOCH T&C Stream Process 得以持

續使用或擷取特殊的 Telemetry 資料，提供自主開發 Stream Process 來使用，則可直接將 EPOCH T&C API/Toolkit 所開發出、新的 Ground Stream Process 插入在原有 EPOCH T&C Stream Process 與 Baseband（Cortex/Avtec）間，即可 Telemetry 資料修改或擷取工作。

若需更換新的 Baseband 設備時，可在原有 EPOCH T&C Stream Process 與新 Baseband 之間插入新開發的 Ground Stream Process 來扮演原有 EPOCH T&C Stream Process 與新 Baseband 的「翻譯者」角色，使原有的 EPOCH T&C Stream Process 得以

繼續使用，無須再仰賴原廠提供新的 EPOCH T&C Stream Process。

同樣地，未來若須更新 TT&C M&C Computer 設備時，則可以自主開發 Ground Stream Process 來直接取代原有的 EPOCH T&C Stream Process 即可。

指令遙傳核心技術的雛型系統研發

目前指令遙傳核心技術雛型系統已能與福衛三號衛星模擬器連線驗證成功，並具備操控衛星之基本功能。其關鍵性技術，未來除可作為衛星操控軟體系統及 EGSE 系統使用，並可當做衛星測試時之監控系統。

系統架構

● 遙傳 (Telemetry)

福衛三號發展系統之衛星遙傳資料，透過前端處理設備 (Avtec) 給使用者，使用者可依照個人需求，選擇觀察點 (Telemetry Point)，依使用者選擇項目，產生資料庫命令 (SQL CMD) 給 NSOC 資料庫，搜尋所需之遙傳資料封包格式，操控軟體則依照回傳之遙傳資料封包格式，解譯由前端處理設備傳送之遙傳資料並顯示於畫面上。

● 指令 (Command)

使用者輸入指令及參數，操控軟體依照命令名稱，產生資料庫命令傳送給 NSOC 資料庫，搜

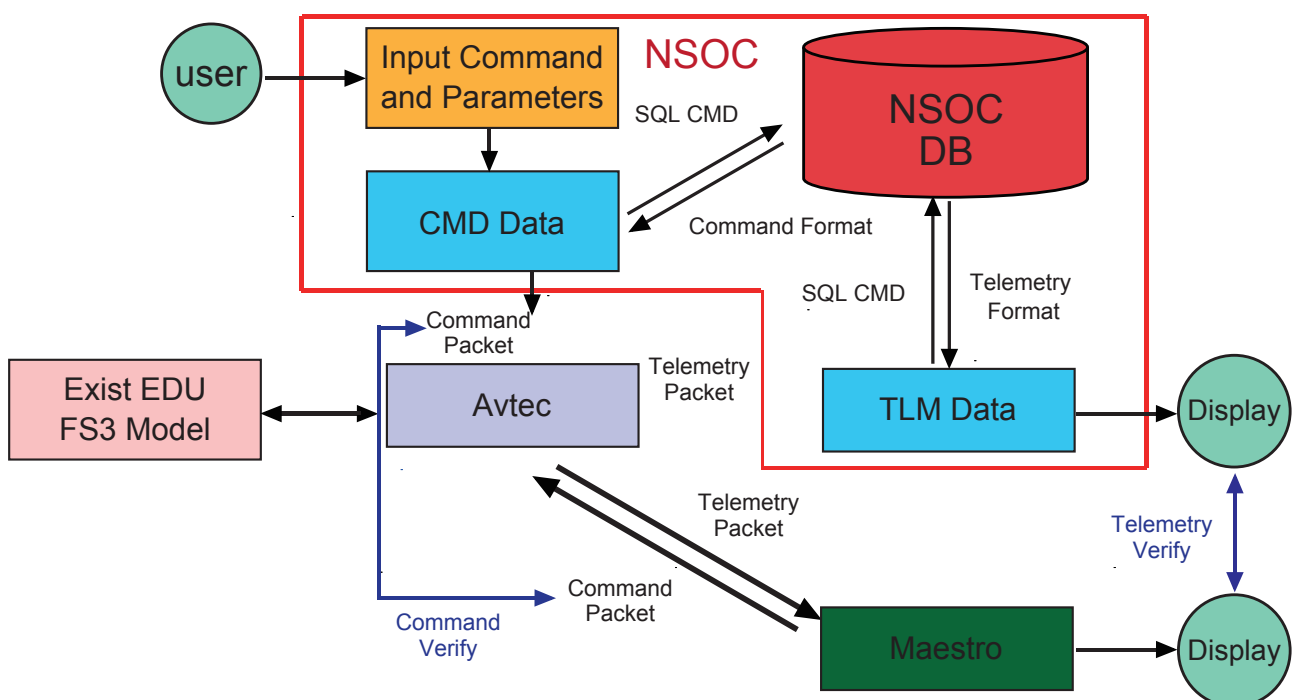


圖 2 NSOC 系統架構圖。

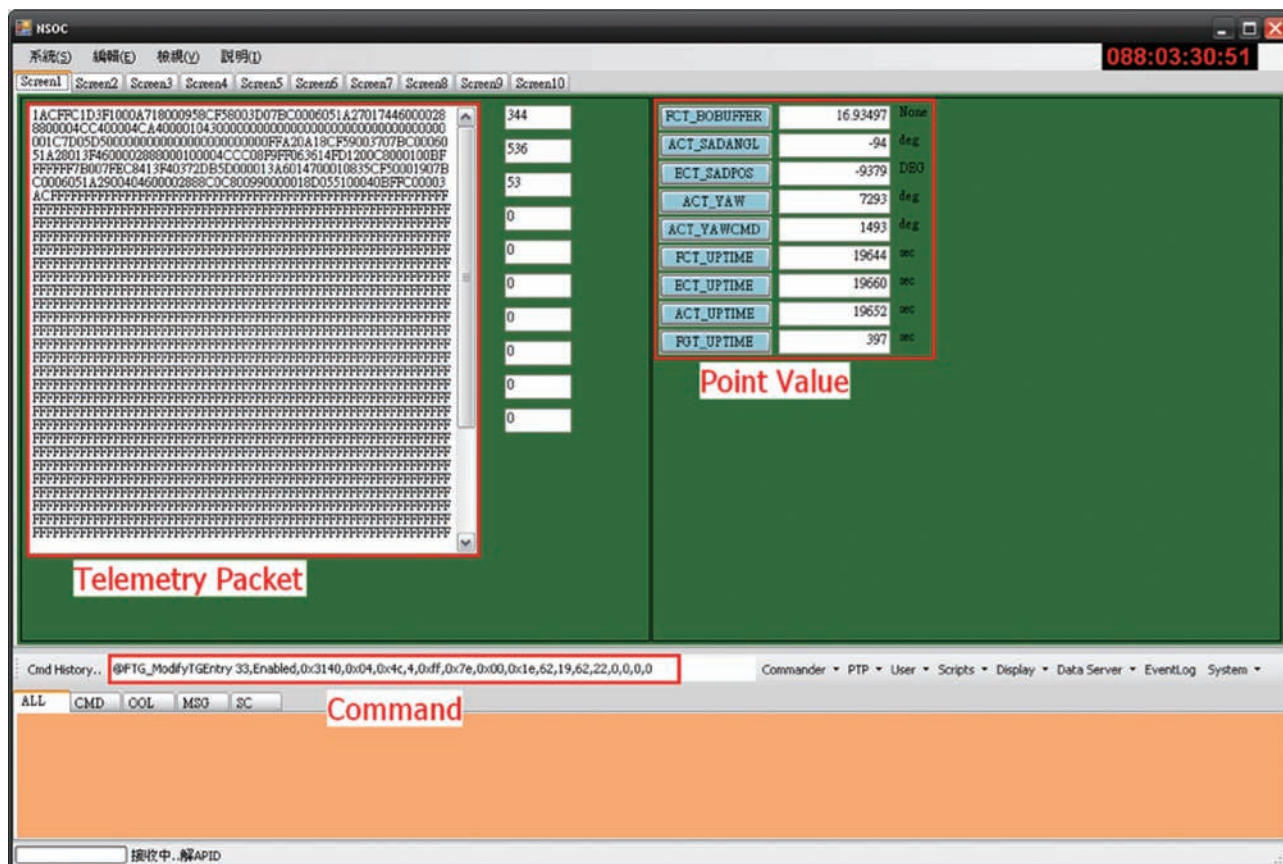


圖3 指令遙傳核心技術雛型系統（軟體顯示畫面）。

尋所需之指令資料封包格式，操控軟體則依照回傳之指令資料封包格式，檢查使用者輸入參數及大小是否符合格式規範，再封裝成指令封包，並回傳送給前端處理設備後，即發送指令給衛星。

衛星健康資料 Trending 系統研發

為產生衛星健康資料（SOH）之短/中/長期健康趨勢圖表，提供衛星次系統工程師分析衛星健康狀況，Trending 系統是由衛操組自主研發，能完全取代現有系統 ABE（由地面系統合約商 ISI 提供），建立 PC/Linux/MySQL/Web 平台之研發能量，以建置高效能、低成本、易維護、高擴充性之系統，系統發展初期是以福衛二號及福衛三號為測試對象，最終目標為同時

滿足福衛二號/三號/五號及後續衛星任務計畫之 Trending 需求。截至目前研發成果，除可應用於福衛二號及三號長期的趨勢分析，其處理速度與效能亦已遠遠超越現今使用的 ABE 系統。

Trending 雛型系統發展

福衛二號及三號均已發射多年，現有 ABE 系統無法產生中長期之衛星健康趨勢資料。另，Trending 系統自主研發之時程，為配合衛星計畫規劃，預計於 2010 及 2011 年底，陸續完成福衛二號及三號之 Trending 雛型系統，以便提供衛星每日及中長期之健康趨勢分析，並驗證其系統架構及系統設計。Trending 雛型系統主要分為 4 個次系統，其中包括 Retrieve

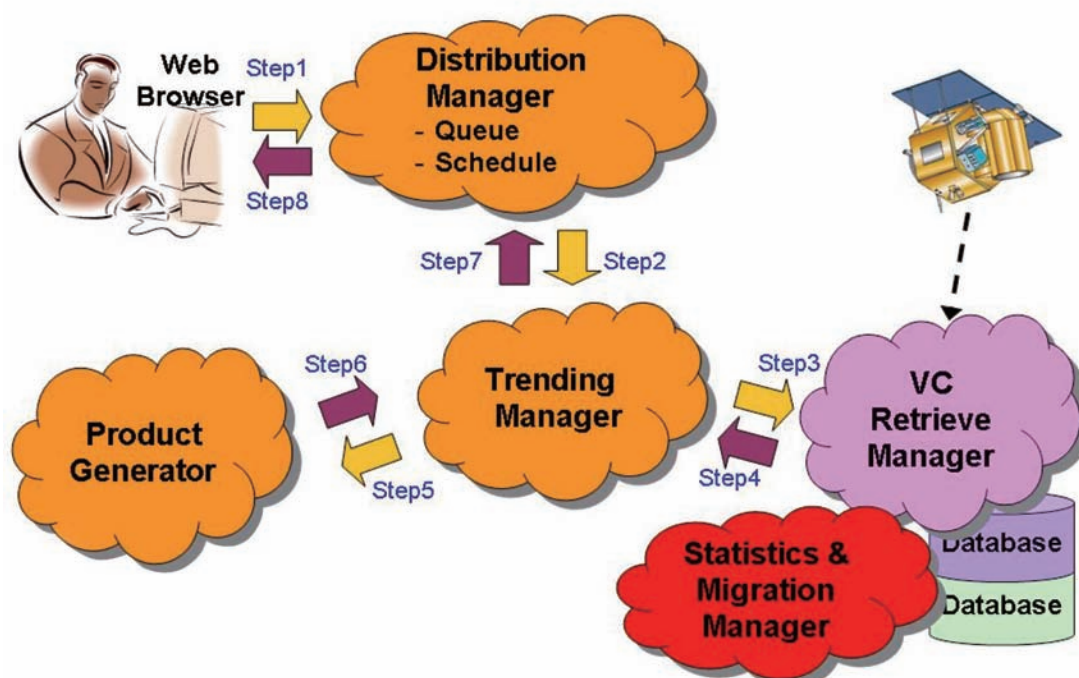


圖 4 Trending 系統示意圖。

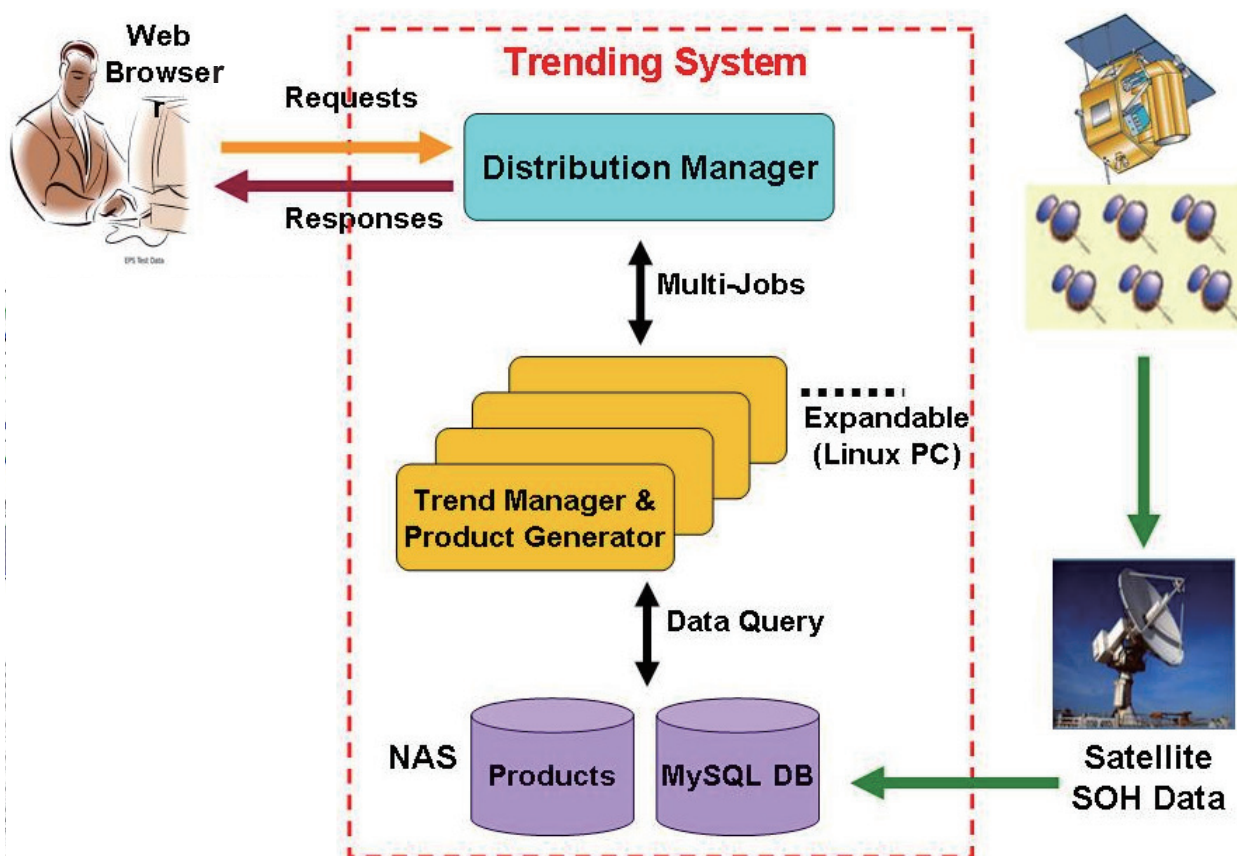


圖 5 Trending 系統架構圖。

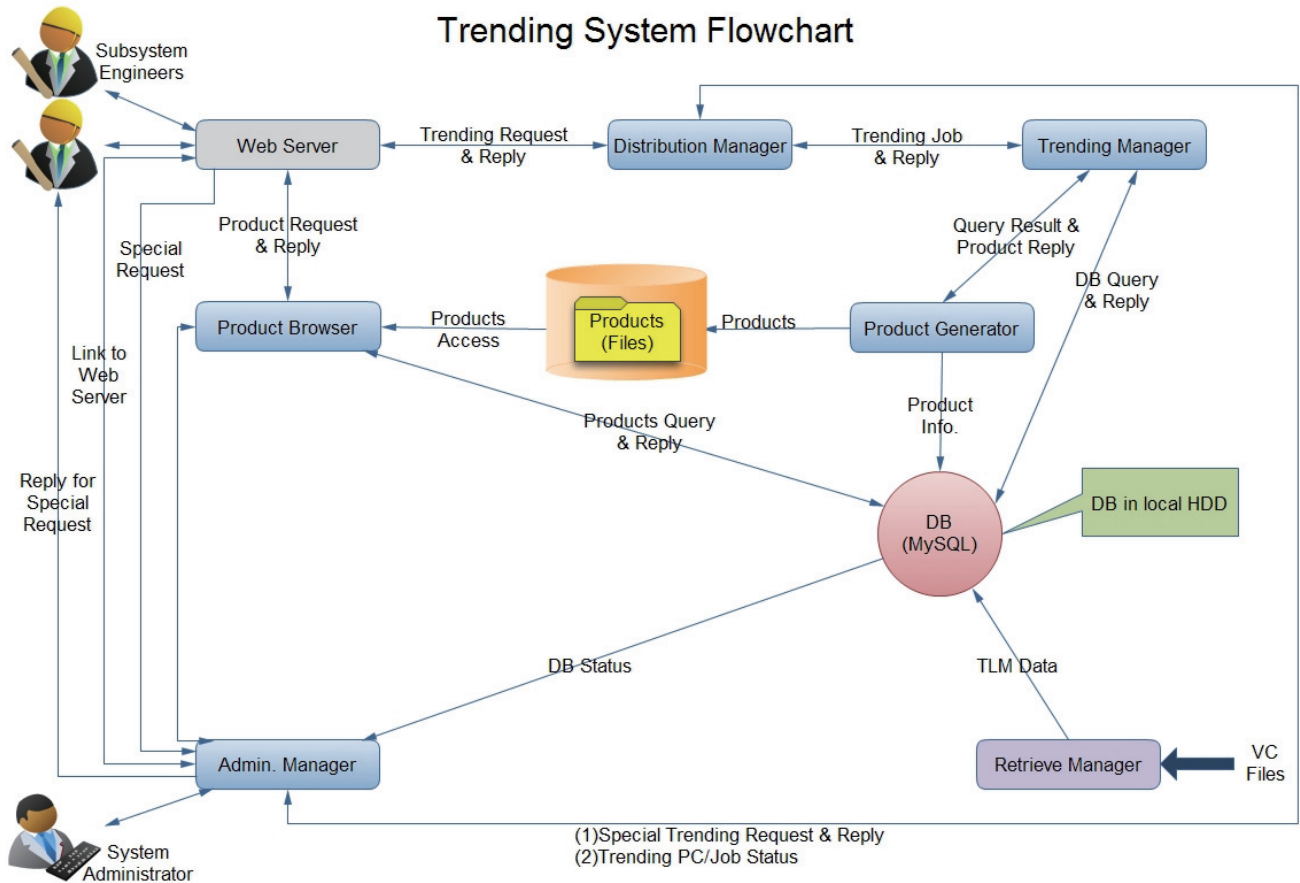


圖 6 Trending 系統流程圖。

Manager、Distribution Manager、Trending Manager 及 Product Generator。

在完成此 4 個次系統研發後，Trending 系統之主要核心技術皆能完全掌握，系統效能及擴充性將再進一步獲得驗證，目標是在福衛五號發射前（2014 年），能完成整個系統程式開發。

Trending 雛型系統之效能測試結果

- 以天為單位的資料量，由 MySQL DB 擷取得到的原始資料為 7384 筆，經過相同時間合併後，其輸出資料為 1893 筆，由 TM（Trending Manager）負責處理，所需時間約 0.7 秒，加上 PG（Product Generator）

約需 3 秒將資料轉換成趨勢圖（Plot，JPG 格式），其單筆資料處理速度約只需 3.7 秒即可產生。若以目前福衛二號實際操作為例，每日約需處理 50 筆資料，以目前的 Trending 雛型系統執行效能，只需 3 分鐘就能完成，相對於現有 ABE 系統之效能提高 5 倍以上。

- ABE 系統最大的限制是無法產生超過 15 天以上的圖表資料，現已無法滿足中長期衛星趨勢分析需求。目前 Trending 雛型系統在中長期的資料處理能力上已超出 ABE 甚多，因目前仍受限於 PC 硬體限制，未來增加 CPU 執行速度及記憶體容量時，將可有效提升處理速度。

衛星地面站系統維運及自主更新

本院太空中心之衛星地面站，從民國 1996 年建置完成，運轉至今已達 14 年之久，主要是支援太空中心之衛星任務，想當然爾，衛星維運成本精減為一重要績效指標。在精的方面，將致力於建立自主能量，進行現有系統的維運及升級作業；然而在實的方面，則是減少對原廠的依賴，大幅縮減系統維運及升級之經費。

建立自主能量降低維運成本

初期衛星地面站發生重大系統故障事件時，皆由原廠緊急到站維修，單次維修費用高達新台幣百萬元以上，既無時效性可言亦不符合經濟效率。基於成本考量近年來，本組人員積極努力、已自主維修多起重大系統故障事件，並將原屬例行性維護保養工作，逐漸由國外原廠技術轉移至國內專業廠商，使得年度之維護經費大幅降低。

天線系統重大故障事件之自主修復成果

最近五年內，中壢、台南及新竹地面站，陸續發生設備或系統性之重大故障事件，並導致天線無法正常運轉，皆由本組人員自主修復，並建立其檢修技術報告，提供同仁於未來處理類似事件之參考。經統計，所節省維修費用超過 330 萬元。

衛星操作工程精進

衛星動態視覺化開發

結合衛星實際的軌道資料、姿態、連結 Satellite

Tool Kit、Matlab 及網頁瀏覽器，開發視覺化展示的多元化軟體技術，並以福衛三號衛星資料為測試標的，透過網頁來瀏覽衛星的運行狀態（如圖 7 所示），可應用 PlayBar（含前進、快轉、倒退及慢速等）功能，無需使用原廠提供之 License，即可達成基本操作功能（如綠色橢圓所示），亦可藉由各種角度來觀察衛星姿態（如黃色橢圓所示）。另於網頁操作功能列上，亦新增影像擷取（可儲存成 JPG、BMP）與動畫的錄影（可儲存 AVI、WMV）等功能鍵。

衛星監測系統研發

研發 Web-based 衛星監測系統，有二大優點，一、在於衛星 L&EO 期間，操作人員可透過網路監測衛星即時狀態，有別於先前同仁，必須在多重任務操控中心 24 小時待命監看衛星狀態，除可彈性調度人力外更可節省人力成本。二、藉由使用衛星監測系統程式，可分散衛星指令及遙傳操控主系統之負荷，減少因頻繁操作該主系統或資料流量過載，進而提高當機風險。本系統除可即時顯示衛星 SOH 及 Trending 資料及提供線上回溯查詢功能外。另，亦提供操作排程計畫（Pass Plan）自動上傳及電子佈告欄功能，作為使用者資訊公告、傳遞及討論平台。

衛星監測系統，可分成四大主軸，其中包括即時資料顯示、歷史資料列表、電腦重置事件位置圖示與動態歷史資料圖示，分述如下：

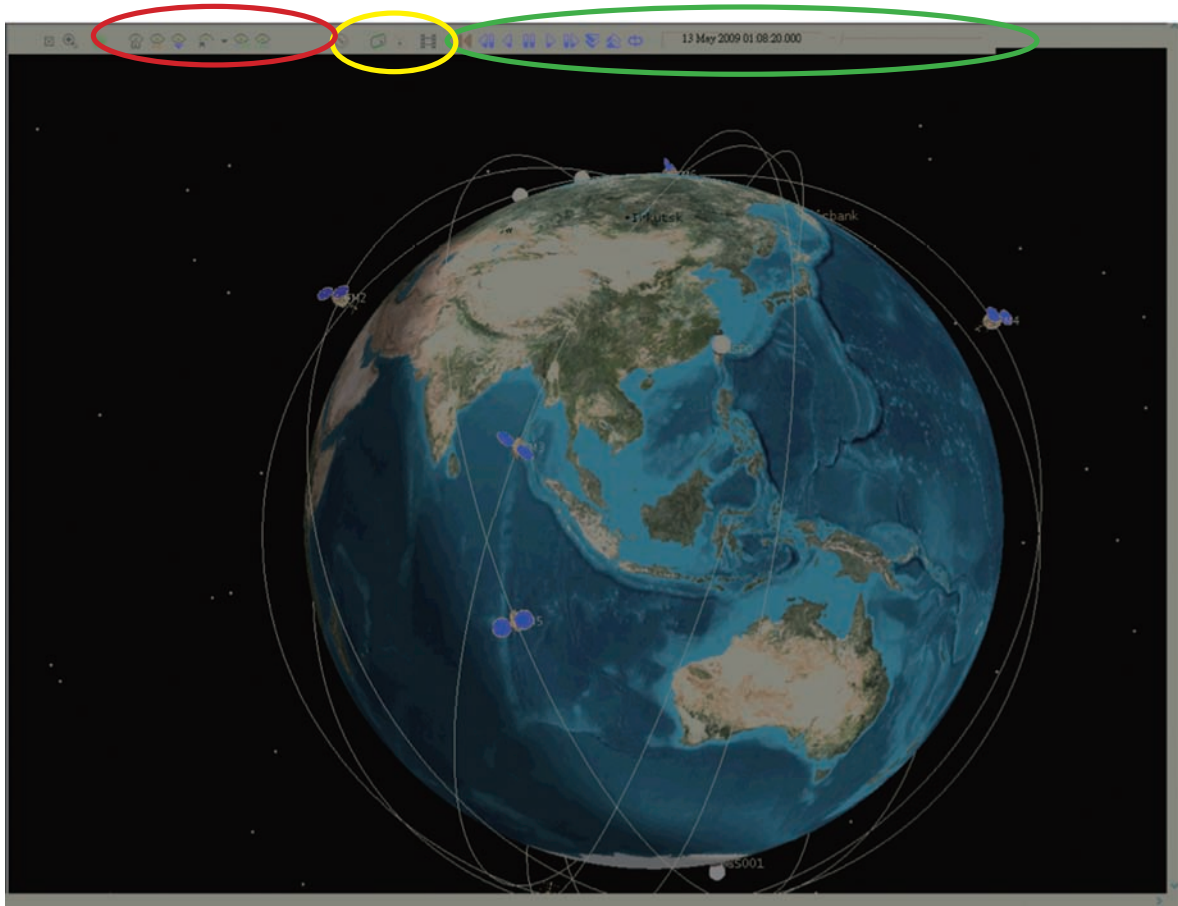


圖 7 衛星動態模擬圖。

即時資料顯示 (Real-time Data Display)

即時資料顯示是經由 VCO 將資料送出至

Web 網站，再經由 PHP 程式送資料至資料庫 (MySQL) 裡，當執行任務操作時，可即時查看 SOH 資料。

FS-3 Real-Time Now Time:2010/3/11 19:39:30 UTC Time:2010/3/11 11:39:30 Login IP:140.110.226.155										
	Last Update Time	SOC	MOD	Gox	Roll	Pitch	Yaw	SunBeta	BatTemp	GoxTemp
FM1	2010/070/09:22:00	12.2	Nadir_Yaw	ON	5.64	3.79	17.07	50.67	4.25	20.84
FM2	2010/070/10:04:00	12.8	Nadir_Yaw	ON	5.20	-2.55	-177.37	-61.74	18.84	16.28
FM3	2010/070/10:03:00	14.2	Nadir_Yaw	ON	12.79	0.95	-1.77	58.27	14.00	27.88
FM4	2010/070/10:29:00	11.8	Nadir_Yaw	ON	-0.11	0.10	-178.62	-3.00	11.79	27.01
FM5	2010/070/09:46:00	15.2	Nadir_Yaw	ON	-0.25	-0.93	178.02	-76.01	14.21	37.87
FM6	2010/070/10:29:00	14.1	Nadir_Yaw	ON	0.54	0.31	-179.93	-27.43	21.69	33.80

圖 8 福衛三號即時健康圖表。

Query Conditions

Satellite :

Julian Day : ~ (yyyyddd)~(yyyyddd)

Query

圖 9 福衛三號歷史資料查詢畫面。

在查詢功能方面，使用者可依衛星或時間做查詢，其視窗畫面如圖 9 所示。

歷史資料列表（History Data Display）

彙整衛星至今所有 Trending 資料，可讓使用者快速流覽並查看衛星歷史資訊，其建構方式是使用 PHP 分別將資料寫入 MySQL，並以列表方式顯示。

電腦重置事件圖示（Computer Reset Event Plot）

彙整衛星至今所有發生電腦重置事件的經緯度位置，應用影像處理技術，同步轉換於世界地圖上，以利使用者判讀。

動態歷史資料圖示（History Dynamic Plot）

因歷史資料是以列表方式呈現，無法依使用者需求，只顯示某時段區間之 Trending 資料，為了改善此缺點，所開發出的動態圖示功能，藉由滑鼠操作，即可顯示出該時間點及時段的 Trending 資料，供使用者查閱。另，可依使用者需求選擇，以週/月/季/半年/年來顯示。

Att_RMS							BetaAngle						
BatTemp							GOX_ON						
Att_Rms	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	Angle	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6
2009-306	11	3	2	3	3	1	2009-306	17	-83	51	-37	-56	-61
2009-305	15	2	3	2	3	2	2009-305	15	-80	49	-40	-53	-64
2009-304	1	3	6	3	15	2	2009-304	12	-77	47	-42	-50	-67
2009-303	2	3	3	2	5	2	2009-303	10	-75	46	-45	-47	-70
2009-302	2	3	5	2	5	1	2009-302	7	-72	44	-48	-44	-73
2009-301	1	4	5	2	7	2	2009-301	4	-69	42	-51	-41	-75
2009-300	2	4	13	2	8	2	2009-300	2	-66	40	-53	-39	-78
2009-299	1	9	9	3	12	1	2009-299	-1	-64	37	-56	-36	-80
2009-298	1	0	11	4	19	2	2009-298	-4	0	35	-59	-33	-82
2009-297	2	0	11	17	7	1	2009-297	-6	0	33	-62	-30	-84
2009-296	1	0	7	2	16	1	2009-296	-9	0	30	-64	-27	-84
2009-295	2	0	11	2	2	1	2009-295	-12	0	28	-67	-24	-83
2009-294	3	0	2	1	3	1	2009-294	-14	0	25	-70	-21	-81
2009-293	3	0	4	4	3	1	2009-293	-17	0	23	-72	-18	-79
2009-292	2	0	2	1	2	1	2009-292	-20	0	20	-75	-15	-76
2009-291	6	0	2	4	2	2	2009-291	-23	0	18	-77	-12	-73
2009-290	5	0	3	5	4	2	2009-290	-25	0	15	-79	-10	-71
2009-289	13	0	2	3	2	2	2009-289	-28	0	12	-80	-10	-68
2009-288	4	28	3	2	2	1	2009-288	-31	-30	10	-81	-4	-65
2009-287	3	7	1	2	2	1	2009-287	-34	-28	7	-81	-1	-62
2009-286	2	4	2	4	2	2	2009-286	-36	-25	4	-80	2	-59
2009-285	3	1	2	2	1	3	2009-285	-39	-22	1	-78	5	-57
2009-284	11	2	3	2	2	2	2009-284	-42	-19	-1	-76	8	-54
2009-283	6	2	2	4	2	2	2009-283	-44	-16	-4	-74	11	-51

圖 10 福衛三號歷史資料列表。

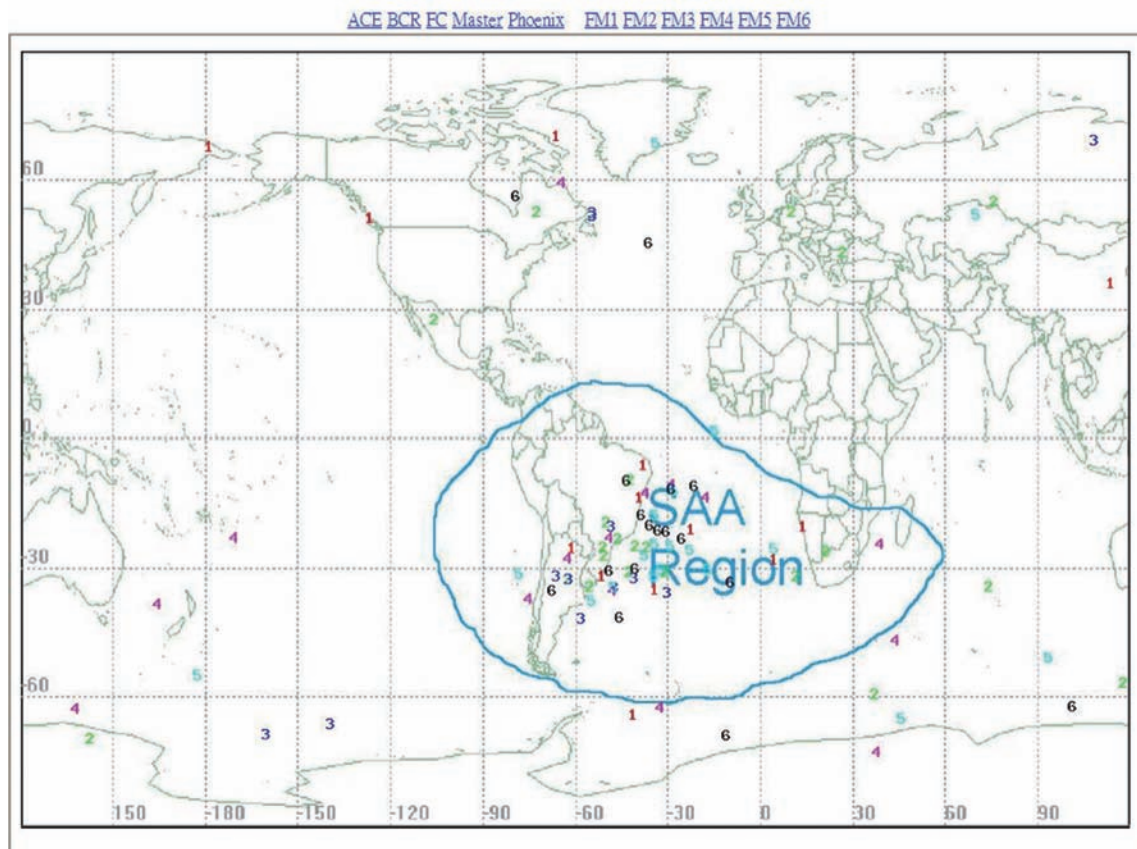


圖 11 福衛三號電腦重啟事件位置圖。



圖 12 福衛三號動態歷史資料圖。

研發團隊簡介

- **陳伯傳先生**，督導衛星操控統自主發展專案。負責操控系統組內既有技術與廠商之 IT 技術，並負責衛星 SOH 資料 Trending 系統開發。
- **楊儒木先生**，督導地面站維運。修復 XAS 因地震導致天線座標偏移問題及 XAS 伺服系統之訊號控制電路板（Signal Control Distribution Board）。
- **黃慶豐先生**，建構 SOCC 安全且經濟的地面通訊網路，有具體的成效。
- **王元瀚先生**，負責自主建置 EGSE EPOCH T&C 進行衛星測試及指令運傳核心技術的雛型系統開發。
- **張書銘先生**，負責衛星動態視覺化、地面遠端監控技術及衛星監測系統研發，有具體的成效。
- **林世昌先生**，推動及執行中壢站射頻與伺服驅動系統更新工程及修復中壢站天線控制器（Antenna Control Unit）。



「衛星地面系統維運及任務操作的自主發展」研發團隊與王永和副院長於頒獎典禮合影留念。左起：王元瀚先生、楊儒木先生、黃慶豐先生、陳伯傳先生、王副院長、林世昌先生、張書銘先生。

科技服務類 — 特優

地震應變與風險管理之技術研發與應用

文/圖 震災模擬組 國家地震工程研究中心

研究簡介

地震災害防治工作可概分為工程和非工程兩類的途徑。工程手段泛指地震前兆觀測，地震即時監測和早期預警系統的研發和應用，既有與新建結構物的耐震能力確保和提升，研發新材料、新元件、新工法…等。以工程手段固然可提升結構物的耐震能力，但通常需耗費龐大的人力和經費，對於現今社會中的弱勢族群受益有限，因此無法確保整體社會之人命和財產的安全。為更進一步減少地震可能引致的災害和損失，必須配合其它非工程的手段，譬如識別易致災地區、進行防災教育宣導和演練以強化社區抗災能力、擬訂地區災害防救計畫和應變措施、規劃緊急救援避難道路和設施、研擬地震風險分散、移轉和管理策略…等。為使所規劃或擬訂的防震減災對策能具體落實執行，並且兼顧經濟和效率等因素。這些非工程手段必須以地震災害境況模擬所推估的數據為基礎，以避免決策錯誤或準備不足。

「震災境況模擬技術」結合地理資訊系統來處理、展示和查詢具空間資訊的圖形物件；並藉由地震災害潛勢分析、工程結構物損害評估、人員傷亡推估、二次災害模擬和社會經濟損失評估等最新研發的定量分析模式與參數值，探討地震對自然環境和人文社會的衝擊，評估地震可能引

致之各項災害的數量規模和空間分佈情況。研究團隊近年來致力於震災境況模擬的軟體開發，目前已開發適用於個人電腦與伺服器的軟體—台灣地震損失評估系統（Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES），並應用 TELES 在地震防災、緊急應變與風險管理上。

研發成果之應用與貢獻

震災境況模擬需整合跨領域的學術研究及應用最新資訊科技，為國震中心的核心技術之一，圖 1 為該技術在地震應變與風險管理之應用示意圖。

地震緊急應變

為因應政府與相關單位在地震應變階段的緊急需求，國震中心以震災境況模擬為基礎，發展地震早期損失評估技術。該技術乃根據中央氣象局的地震報告電子郵件的內容，自動啟動評估程序，在短時間內獲得可能致災的範圍、災情數量與分佈等資訊；並將評估結果即時以簡訊和電子郵件方式通知應變人員，提升地震應變的效率。應用地震早期損失評估可大量縮短政府掌握災情之時間，以 1999 年集集地震為例（參考圖 2），假設當時已完成地震早期損失評估與震

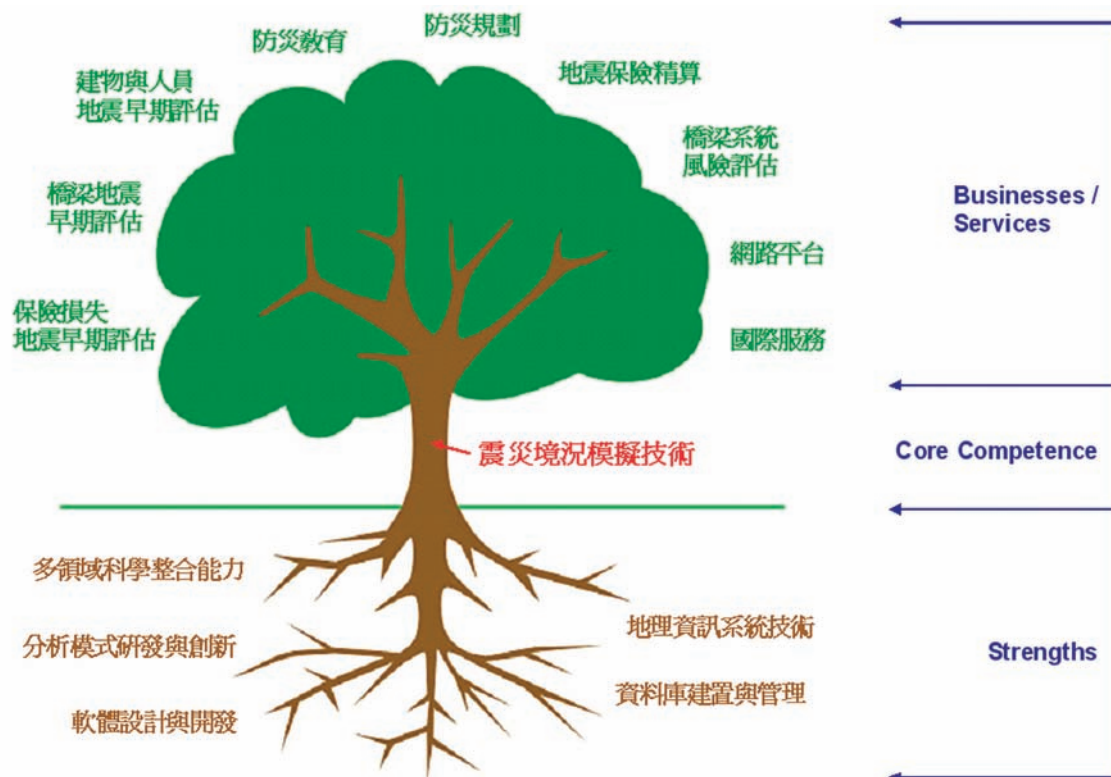


圖 1 以震災境況模擬技術為基礎的地震應變與風險管理之應用。

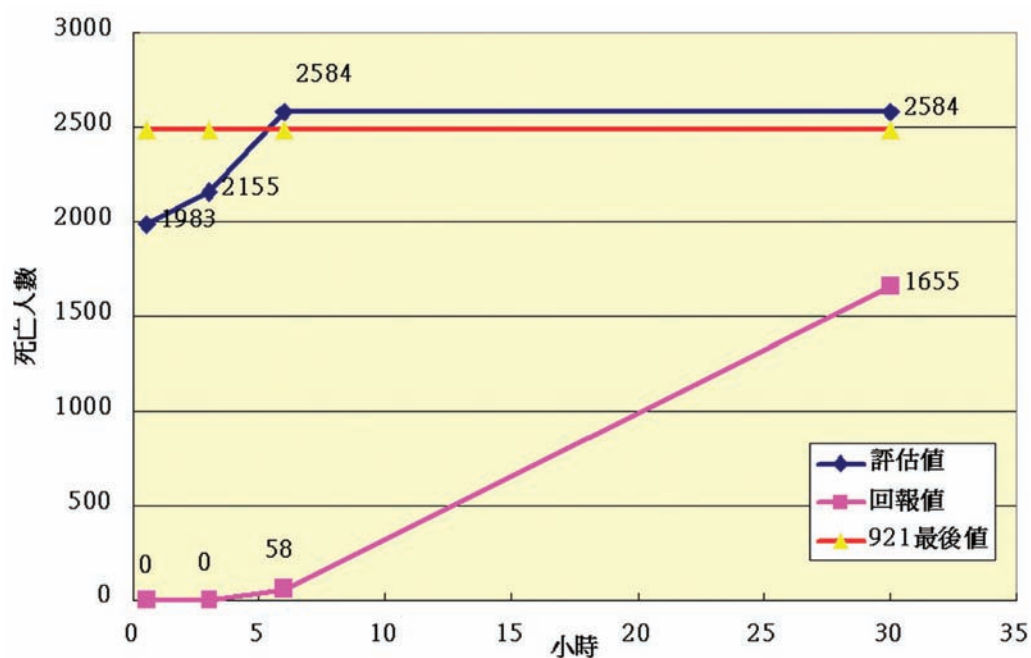


圖 2 震災境況模擬推估與實際回報傷亡人數時效之比較。

根據中央氣象局之地震速報系統（電子郵件）：

日期：2010/ 3/ 4

時間：8:18:52.90

芮氏規模：6.40

震央經度：120.7300

震央緯度：23.0000

震源深度：5.00 公里

最大震度：5

震央在 高雄縣桃源鄉

台灣地震損失評估系統的推估結果：

需警戒的村里數 79

預估傷亡人數

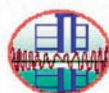
1 (1-3)

預估住宅地震險理賠金額 (百萬元)

2.6 (1.8 - 4.5)

台灣地震損失評估系統

Taiwan Earthquake Loss Estimation System



國家地震工程研究中心

National Center for Research on
Earthquake Engineering

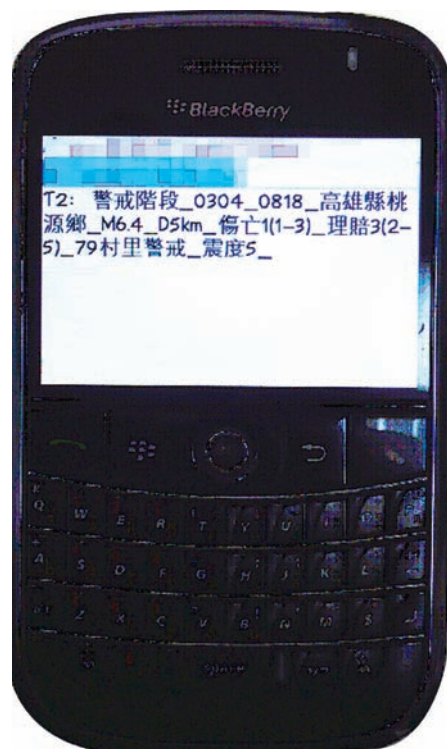


圖 3 2010 年 3 月 4 日高雄甲仙地震之地震早期損失評估結果。

災境況模擬技術，國震中心可於收到中央氣象局之地震報告電子郵件後即時獲得早期傷亡評估結果；於震後 6 小時內，以人工輸入經專業判斷的震源參數，可獲得較精確的傷亡評估結果。

未來台灣地區若發生類似集集地震的大規模震災，政府已有能力在短時間內掌握可能的災情規模與各項資源需求，例如建築物全、半倒、橋梁損害、人員傷亡、避難、救援與醫療資源需求、保險理賠金額等數量。目前國震中心已成功地將地震早期損失評估技術推廣應用到國內政府單位或財團法人。以 99 年 3 月 4 日發生在高雄甲仙、規模 6.4 之地震為例，於震後五分鐘內本系統已評估出可能有災情，並即時以簡訊通知應變人員待命（如圖 3 所示）。

地震風險管理

風險評估為風險管理、防災規劃與因應對策研擬的重要參考數據。由於地震發生的時間、地點和規模具極大的不確定性，加以實際風險暴露資料的脆弱性和數量分佈也具極大的不確定性，因此引致的損失、傷亡或其它可量化的風險也有許多的不確定性。為合理反應評估對象（含人員、建築物、橋梁或高科技廠房等）在未來特定期限內承受的地震風險，有必要結合震源機率模型、風險暴露資料、地盤特性和工程結構物的易損性等，進行一系列推測地震事件的境況模擬。結合機率理論和統計分析結果，可得到評估對象受地震影響的風險程度。國震中心目前將地震風險評估技術應用在地震保險、公路橋梁補強與維生線系統上，相關成果績效說明如下：

研發自有的地震保險風險評估模型，保障兩百萬戶家庭權益

我國自 2002 年實施政策性的住宅地震基本保險以來，截至 2009 年底投保戶數達 217 萬戶。由於住宅地震保險涉及國內數百萬保戶的權益福祉，因此對地震風險評估模型所需資料之精確性和分析參數之合理性須完整掌握，國震中心協助財團法人住宅地震保險基金開發自有地震保險風險評估系統，地震基金可根據該模型的估算結果，請國外再保公司參考該結果，避免被收取不合理的再保險費率。

運用風險評估技術，進行省道公路橋梁耐震補強排序

根據統計結果，省道橋梁計 2830 座，其中橋齡 40 年以上者達 248 座，符合現行規範者僅約 23%，屬無耐震韌性設計者（1987 年以前設計者）高達 65%。由於未經耐震設計，加以時

間和環境引致的老劣化現象，省道公路橋梁為儘早進行耐震補強以維護用路人的安全，交通部公路總局乃自 2005 年至 2008 年委託台灣世曦公司進行「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究」。在該委託計畫中，國震中心與專家學者共同研發公路橋梁的震損評估模式。根據風險評估結果，台灣地區的省道公路多跨橋梁於補強後的年平均損失可減少新台幣 5.8 億元，約佔補強前之年平均損失的 60%（參考圖 4），本研究結果不啻降低政府財政負擔，更降低風險、提高可行性。

協助維生線系統業者，強化地震風險管理與應變能力

國震中心近幾年持續發展自來水、電力、瓦斯系統之損害與損失評估模式，以及系統震後服務效能分析技術等。累計的服務對象包括台電公司（全省輸變電系統）、大台北瓦斯公司與欣欣瓦

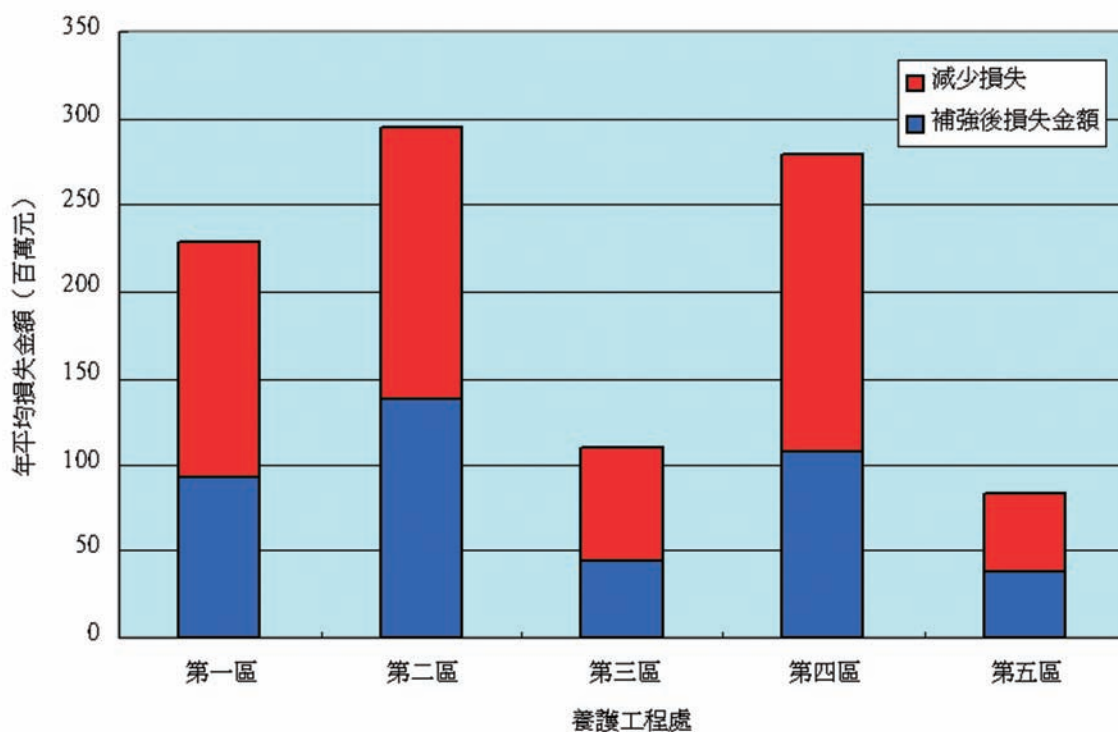


圖 4 公路總局管轄之省道多跨橋梁於補強前後之年平均損失的比較。

斯公司（地下管線系統）、台北市自來水事業處（供水系統）、交通部港灣技術研究中心（港灣構造物）等。運用震災境況模擬技術已協助業者辨識系統運轉之耐震弱點、推估模擬地震作用下之損害與損失的數量與分佈。如進行地震風險評

估，可概估不同災害規模的回歸期，進一步協助設定地震災害的防護規模，研擬防救災基本方針與緊急應變對策，強化公民營事業單位的地震風險管理能力。

地震防災規劃

行政院災害防救委員會暨國家科學委員會為協助台灣地區各縣市更新地區災害防救計畫，提供各縣市政府技術經驗與部分資源，乃於 2005 年至 2007 年委託國家災害防救科技中心執行「協助地方政府擬訂地區災害防救計畫中程計畫」。該計畫要求各縣市政府與防災協力機構須利用國震中心研發的 TELES 內建的分析模式與資料庫進行震災境況模擬，並以評估結果作為震災防治整備、資源規劃和因應對策擬訂時的依據。近幾年，內政部建築研究所持續補助學術單位（參考圖 5），進行都市防災空間系統規劃的相關研究。在各項資源需求推估方面都直接採用或參考 TELES 評估的結果。

研究成果之國際水準

目前國震中心在震災境況模擬技術的研發與應用上已達相當的水準，近年許多國家或學術機構陸續邀請研發團隊進行國際交流或技術轉移。

韓國

2006 至 2008 年間，韓國地質資源研究所執行首爾市與蔚山市之地震損失評估，韓國瓦斯公司（KOGAS）委託進行之液化天然氣接收站之地震風險評估等研究，曾三度要求國震中心應用 TELES 軟體協助其進行相關分析工作（參考圖 6），並提供震損評估相關諮詢服務。此外，韓

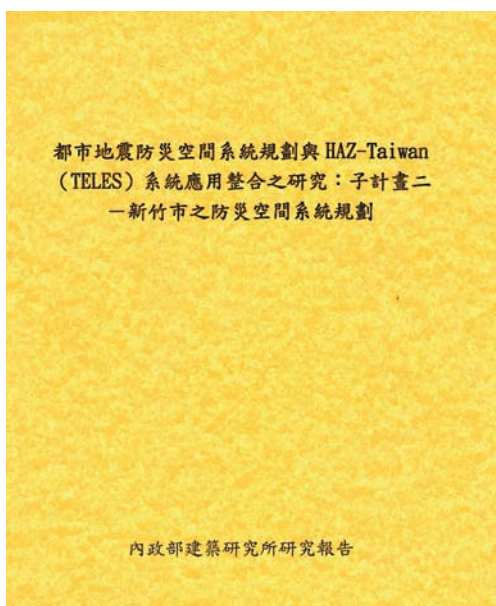


圖 5 震災境況模擬技術應用於地區災害防救計畫和防災空間規劃。

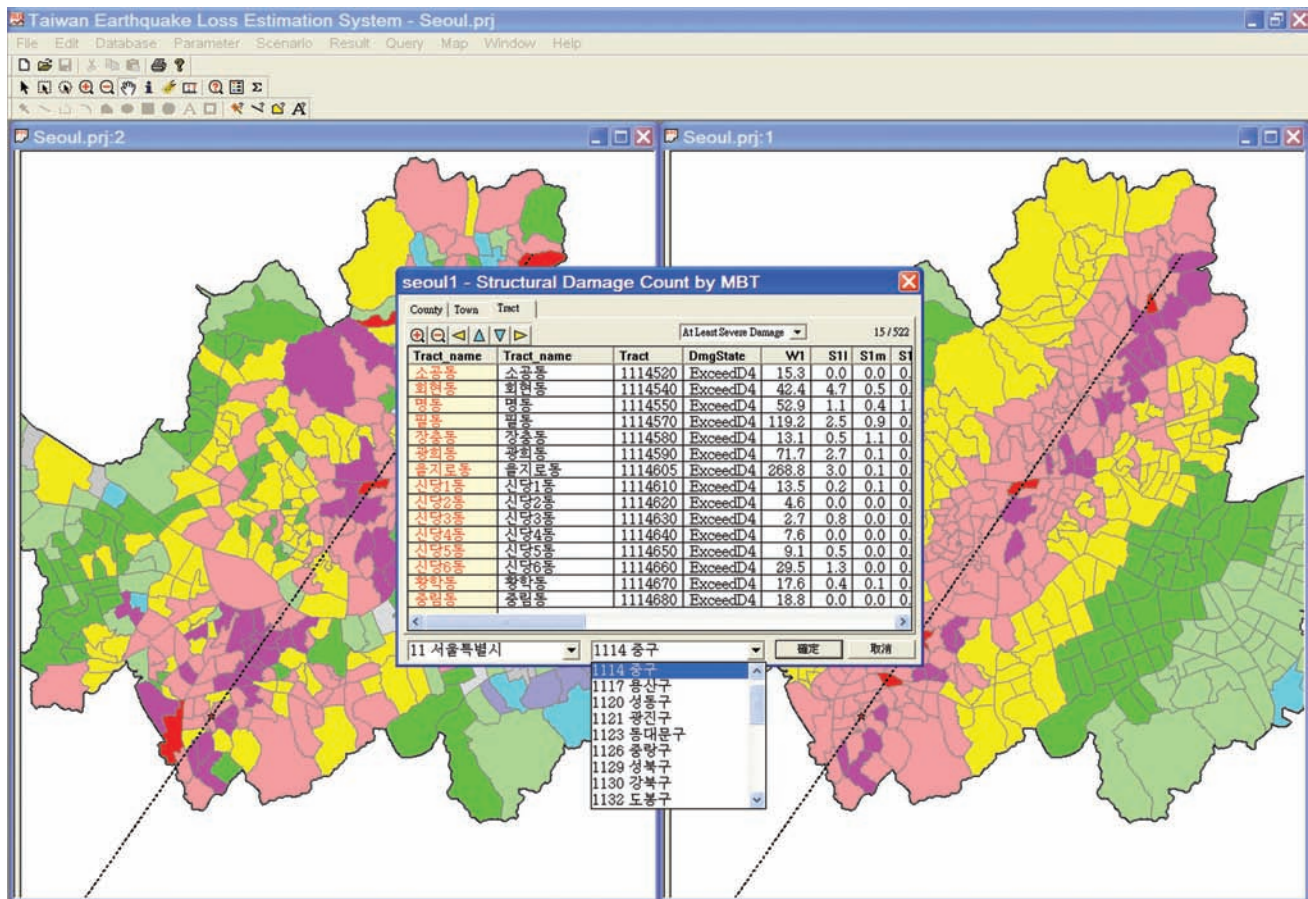


圖 6 應用TELES 協助進行韓國地區之震災境況模擬。

國原子能研究所（KAERI）執行該國電力設施地震易損性分析研究計畫，亦於 2007 年訪問國震中心，並請求提供 TELES 震損評估經驗分享與諮詢協助。基於以上特殊貢獻，韓國防災學會理事長權旭博士特別於 2009 年 8 月 26-28 日率團來訪，與國震中心正式簽署合作備忘錄，進一步加強雙方未來在地震災害防治與風險管理方面的合作交流。

印度

印度的 Institute of Seismology Research (ISR) 對引進國震中心所研發的地震損失評估

系統（TELES）有相當強烈的意願，並希望據此發展震害防治與救援之相關策略與體系。國震中心與 ISR 雙方已簽訂合作備忘錄，透過國科會進行三年的台印合作計畫。該計畫將針對上述各種參數進行研究，並協助 ISR 實質導入 TELES 系統，建立印度 Gujarat 省之地震損失評估系統，擬訂震害防治與救援之相關策略與體系，再進一步建立全印度之地震損失評估系統。

新加坡

新加坡為國際保險及再保險業於亞洲的商業中心。新加坡南洋理工大學（The Nanyang

Technological University, NTU) 於 2009 年獲得歐盟及世界保險協會委託，研究建置及更新東南亞地區之 Global Earthquake Model (GEM)，並於 2010 年 1 月成立 Institute of Catastrophe Risk Management (ICRM)。ICRM 開幕時舉辦研討會，邀請國際上在巨災風險管理領域上著名的教授、學者、保險業高階主管及相關研究機構代表參加。國震中心亦受邀出席，並與其他學者專家交換在地震風險評估研究的心得（圖 7）。ICRM 之主任、同時也是南洋理工大學工學院院長潘則建教授希望國震中心能協助 ICRM 建置東南亞地區之 GEM。

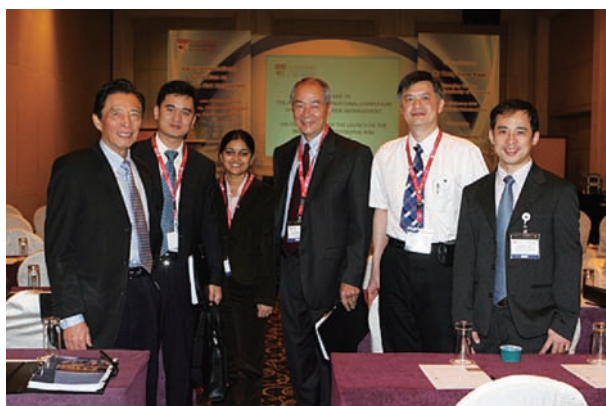


圖 7 國震中心代表在 ICRM 開幕研討會中與各國專家學者經驗交流。

印尼

印尼中央政府 National Coordinating Board for Disaster Management (BAKORNAS PBP)、University Muhammadiyah Yogyakarta (UMY)、University Gadjah Mada (UGM)、Institut Teknologi Bandung (ITB) 等單位，對引進國震中心所研發之地震災損評估系統 (TELES) 有相當強烈

的興趣（圖 8），希望據此發展該國的震害防治策略與體系。國震中心與 UMY、UGM 曾研提國際合作計畫並發表文章。ITB 近來也表示極大的興趣，正洽談合作計畫中。TELES 對於協助開發中國家進行地震損失評估、藉以擬訂地震災害防治策略有極大助益，可作為台灣進行實質外交之科技利器。



圖 8 國震中心團隊與印尼政府交流地震減災經驗。

研發團隊簡介

- **葉錦勳**博士為國家地震工程研究中心研究員兼震災模擬組組長，負責參與引進 HAZ-Taiwan 計畫；研發台灣地震損失評估系統（TELES）；收集建置多種本土化資料庫、分析模式與校正參數值，並整合於 TELES；完成地震早期損失評估和風險評估模組，並應用於防災實務和保險業。
- **簡文郁**博士為國家地震工程研究中心研究員，負責發展台灣地區的強地動預估模式、震後地震動 Shake Map 快速評估模式、建築物能耐曲線參數、校舍震損評估模式與參數。協助研擬區域地震與活斷層之地震活動機率模型。
- **劉季宇**博士為國家地震工程研究中心副研究員，負責研發自來水、電力等維生線系統之震災境況模擬技術，協助事業單位進行震後服務效能分析與風險評估。
- **林主潔**博士為國家地震工程研究中心副研究員，負責協助應用地震早期損失評估於防災實務和保險業，進行國際交流及 TELES 之技術轉移。
- **陳緯蒼**先生為國家地震工程研究中心助理研究員，負責協助推廣地震早期損失評估與風險評估於防災實務和保險業，進行國際交流及 TELES 之技術轉移。
- **洪祥瑗**小姐為國家地震工程研究中心助理研究員，負責協助收集、校正維生管線、公路橋梁資料庫，研發地下管線震後災損率推估模式，協助推廣地震早期損失評估系統。
- **黃李暉**先生為國家地震工程研究中心助理研究員，負責協助收集、維護工程鑽孔資料、強地動紀錄、國中小校舍及省縣道公路橋梁等資料，進行分析模式之參數更新。



「地震應變與風險管理之技術研發與應用」研發團隊於頒獎典禮與陳文華院長合影留念。左起：洪祥瑗小姐、陳緯蒼先生、簡文郁博士、陳院長、劉季宇博士。

科技服務類 — 優等

嚙齒類實驗動物病原檢測服務

文/圖 劉瓊雯 國家實驗動物中心

研究簡介

國內現況分析

目前國內生物醫學相關研究人員與生技產業使用實驗動物者甚多，從 2002 年起國內動物的使用量即維持在 100 萬隻以上，約占全球使用量的 2%。其中嚙齒類實驗動物就佔了 73.7%。做為試驗最前端的材料，這些動物的健康品質不僅影響著使用動物的成本，更甚者影響我國研究成果的公信力與從業人員的健康風險。

健康監測之必要性

好的實驗動物品質是完成動物試驗極重要的基礎，實驗動物品質包含健康品質（微生物狀態）與遺傳品質。在健康品質方面，特定病原的感染可以引起動物的疾病，但大部分卻多為無症狀的感染，就算極有經驗的從業人員也無法從外觀判斷動物的實際狀態。縱使無症狀出現，大部分的病原仍會影響到動物實驗之數據及研究品質，另外，動物在遭遇試驗或其他的壓力時，也可能因此產生疾病症狀、放大生理反應、甚至死亡情形。

為確保研究品質、飼育資源不浪費、動物交流的順暢，確認於動物的健康品質相形重要。一般進行藉由例行性健康監測的方式，達到定期偵測該族群內是否有特定病原之污染。目前國內提

供檢測服務的機構不多，大多零星分佈在學校與研究機構中，其規模與項目均不甚完整。本中心之「嚙齒類實驗動物診斷實驗室」所提供之健康監測病原檢測服務，為目前國內規模最大且服務項目最為完整的檢測平台，包含血清學、細菌學、寄生蟲學與分子生物學四大類服務：其中血清學測試主要是著重於抗體抗原反應的 ELISA（Enzyme-linked immunosorbent antibody assay）與 IFA（Indirect Fluorescent Antibody test）測試；細菌與寄生蟲學則分別使用培養與鏡檢方式；對於培養不易、培養耗時、動物對其無法產生抗體、尚未產生抗體或無法以鏡檢方式鑑別的病原感染，則應用 PCR（Polymerase Chain Reaction）方式，以特有之核酸引子增幅辨認該病原之特定 DNA 序



圖 1 罹患眼瞼炎之小鼠，患處經檢驗證實具 *Pasteurella pneumotropica*、*Staphylococcus* Spp 存在。

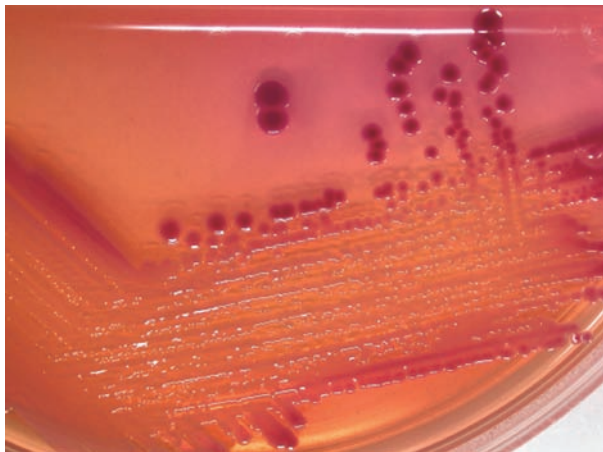


圖 2 *Citrobacter rodentium* 於 MacConkey 培養基之型態。

列，再利用電泳或序列分析藉以達到鑑定結果。

我們服務的顧客包括北、中、南、東各大研究機構與學校，這些機構均為我國生醫研究發展的重鎮，藉此平台我們協助國內各單位確保其動物健康無虞，並提供其不可或缺的服務。基於精益求精的態度，近五年來亦做了許多努力與精進，如下：

1. 技術：四大類服務檢測項目的開發擴充，增加檢測能量，目前所提供的服務項目已達國際組織 FELASA (The Federation of European Laboratory Animal Science Associations) 的要求與建議，顧客若依這些項目監測，其動物之健康品質將符合國際水準；另外在改良現有技術，節省成本、增加檢測容量與時效上，亦有顯著成效。

2. 服務：成功開發線上服務系統，提供無時差服務。其中除了最重要的報告即時查詢系統、估價系統，並解決人工接單衍生之問題外，於每年定期進行的顧客滿意度達 8.7 分（滿分 10 分）。

3. 效率與準確：報告時效的加強，由最初的



圖 3 大鼠蟻蟲卵。

20 天逐年減至 3 天左右；有效的實驗室管理，簡化流程並符合準確的要求；利用實驗室間比對或能力試驗，確保所服務的測試系統不偏移。

4. 品質：實驗室之品質與測試系統均依 ISO 17025 (International Organization for Standardization) 規範運行，且經過公正的第三者認證組織 TAF (Taiwan Accreditation Foundation) 嚴格的評估程序，通過認證與展延。另於 2010 年起也參與由「International Council of Laboratory Animal Science」(ICLAS) 為各國診斷實驗室舉辦的 PEP 計畫 (Performance Evaluation Program for Diagnostic Laboratories)，這一切努力，均有助於使實驗室之檢測數據更具公信力與說服力。截至目前，本實驗室亦是全台唯一通過 TAF 認證的「啮齒類實驗動物診斷實驗室」。

透過這些改變，自 2005 年起本實驗室之顧客數均以 20~30% 的比例成長、年度重複送檢次數更有顯著的增長，因此自籌收入亦以大於 50% 的幅度成長，最明顯的顧客回饋是：近期兩年都有將近 96% 的顧客願意繼續使用本實

驗室之服務！

研發心得

本實驗室目前僅編制 6 人，在有限資源下與此小而美之編制，不管是報告時效與品質的自我要求，能維持此平台並發展成現有規模，實屬不易。例如在線上服務介面上，難避免會出現許多突發的異常需排除，在時效與顧客急迫的需求下，測試人員要在例行實驗空檔中擠出時間，與廠商溝通完全非所學的領域（本實驗室現有工作人員均屬生命科學相關科系，無電腦程式與資訊

相關背景），過程不甚順利，但最後可看到問題一一獲得解決，並於近三年皆維持良好的客戶滿意度，著實令人欣慰。

除了自我要求與努力，顧客數的成長也說明對此技術平台的肯定，也因此「本院 100 年度指導委員會」特別要求本中心配合「國科會生物處」指導，協助全國各大實驗動物中心提升品管，解決動物品質差異懸殊之問題。希望未來此平台亦可順利協助國內動物品質升級，鞏固國內生醫研究之基礎。

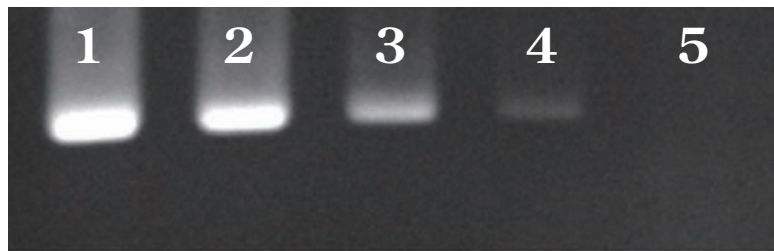


圖 4 *Helicobacter* spp 之 PCR 电泳圖。2~4 為陽性控制組，5 為陰性控制組，1 則為盲樣檢體具陽性結果。

核定送檢日期	預定完成日期	完成日期	總價
Dec. 15, 2009	Dec. 25, 2009		
細菌學報告	寄生蟲報告	組織病理報告	血液生化報告
開啓	開啓	開啓	未送檢

圖 5 線上系統報告查詢頁面。



圖 6 本實驗室之認可編號與合法使用之認證標誌。

研發團隊簡介

- **梁善居**先生為美國阿拉巴馬大學比較醫學博士，1999 年起服務於國科會國家動物繁殖及研究中心與國研院實驗動物中心，目前為實驗動物中心主任。
- **余俊強**先生為美國阿拉巴馬大學實驗病理學博士，2005 年起服務於國研院實驗動物中心，目前任職國立成功大學醫學院教授。

- **黃彥智**先生為國立臺灣大學獸醫學博士，1989年起服務於國科會國家動物繁殖及研究中心與國研院實驗動物中心，為該中心研究員，現職技術服務組長與認證實驗室主管。
- **劉瓊雯**小姐為國立成功大學微生物暨免疫學研究所碩士，2006年起服務於國研院實驗動物中心，目前為該中心副技術師，現職病原檢測區長與認證實驗室報告簽署人。
- **張毓秀**小姐為國立台灣大學農業化學研究所與英國 Royal Veterinary College, University of London 雙碩士，1992年起服務於國科會國家動物繁殖及研究中心與國研院實驗動物中心，目前擔任助理技術師一職，負責細菌學檢測與環境監測業務。
- **匡芷慧**小姐為私立長庚大學基礎醫學研究所碩士，2006年起服務於國研院實驗動物中心，目前為該中心助理技術師，負責血清學與分子生物學檢測業務。
- **謝偉鈞**先生為私立慈濟大學醫學研究所碩士，2007年起服務於國研院實驗動物中心，目前為該中心助理技術師，負責細菌學、分子生物學與認證業務維持。
- **李亞恬**小姐為國立陽明大學寄生蟲研究所碩士，2007年起服務於國研院實驗動物中心，目前為該中心助理技術師，負責寄生蟲學與分子生物學檢測業務。
- **施艾**小姐為美國 State U. of New York at Buffalo Medical Technology 碩士，2005年起服務於國研院實驗動物中心，目前為該中心副技術師，現職技術服務副組長。
- **林禹勳**先生為中興大學生命科學研究所碩士，2006年起服務於國研院實驗動物中心，擔任國防役助理研究員，目前任職產業界。
- **黃苑菱**小姐為國防醫學院解剖學研究所碩士，2006年起服務於國研院實驗動物中心，目前為該中心技術員，負責該中心南部設施檢測業務。



「啮齒類實驗動物病原檢測服務」研發團隊於頒獎典禮與吳光鐘副院長合影留念。左起：謝偉鈞先生、李亞恬小姐、張毓秀小姐、劉瓊雯小姐、吳副院長、梁善居主任、匡芷慧小姐。

科技服務類 — 優等 遠距代工服務平台

文/圖 陳豪育 國家奈米元件實驗室

前言

為提供學研界優良的設備及環境以進行先進微電子及奈米製造研究，國家奈米元件實驗室致力於全國性奈米製造核心設施的建置與提供產學研界一個最佳的核心設施營運服務（Core Facility Service），並藉以加強與學界的合作研究及人才培育所需之實作訓練。為了在開放式實驗研究環境運作下，提供國內產、學、研得以透過國家奈米元件實驗室所建構之共同研發平台，以各種合作計畫模式交換不同領域的研究成果與技術。透過由 97 年客戶服務量統計分析結果，以電子電機學系，材料物理，機械應力，光電能源為主要用戶，並配合政府提倡之創新研發、人才培育的發展主軸，推動新興奈米元件領域的研究，如奈米光電、奈米能源、奈米生醫微機電技術。為能滿足學研界在高階半導體製程的元件製造需求與達到跨領域研究的整合元件技術，提升國家奈米元件實驗室的前瞻價值，國家奈米元件實驗室利用現有實驗室的設備資源，建置遠距元件代工服務平台。藉由此服務平台可結合國內研究機構在各領域的專家，如生物、光學、電子、機械、電路設計或系統等方面，透過此共同研發平台，以各種合作計畫模式交換不同領域的研究成果與技術，來達到跨領域研究的整合元件技術。由於奈米科技與半導體製程環境建置經費昂

貴，且需專業的技術團隊提供長期維運。透過國家奈米元件實驗室的服務平台來進行研究，不僅可減少重點科技領域經費的重複投資，亦可透過國家奈米元件實驗室的專業團隊使各使用單位獲得最佳的技術諮詢與服務，是此平台的建立的目的與價值。除此之外，使用國家奈米元件實驗室元件製程服務平台的碩博士生，可熟悉各項業界所需基本技能，畢業後即可立即投入職場為業界所用，減少業界教育訓練的時間與成本。

研究心得

遠距元件代工服務平台的基礎是建立在國家奈米元件實驗室之開放式實驗研究環境運作下，於較具彈性的實驗研究環境中，為前瞻性但尚無法量產的技術，或仍在理論階段的各種實驗研究進行測試。使用國家奈米元件實驗室的元件代工服務平台可開發包含奈米 CMOS 元件、奈米生醫元件、微機電元件及奈米光電與能源等重要核心技術，並透過工廠生產管理系統（MES）以提供遠距服務，其運作模式如圖 1 所示。透過資源的整合應用，有效縮短各實驗室各自製程開發的時間與節省經費，並可提升整體服務的質與量，預期達到資源整合、分工合作及提升整體研發能量的目的。目前已建置完成以下四大服務平台包括：

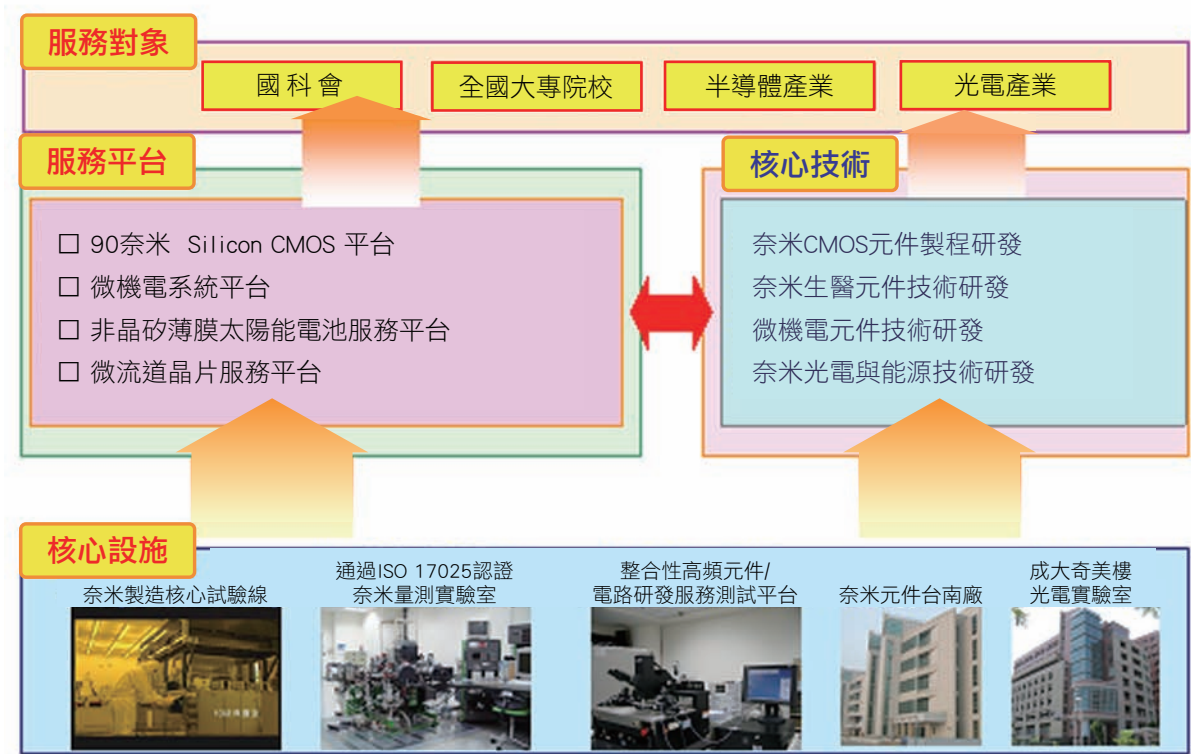


圖 1 遠距代工服務平台。

90 奈米 Silicon CMOS 平台

在電子元件製程服務方面，由於目前業界技術已進入奈米的時代。國家奈米元件實驗室利用現有設備，以工程改善及新創意的手法全面提升本實驗室的各項製程技術能力，將實驗室的 0.35 微米元件技術能力，推進到 90 奈米 CMOS 元件（如圖 2）以提供 0.35 微米與 90 奈米 CMOS 元件製程服務平台。此外，由於矽基材元件已從 More Moore 時代發展到 More Than Moore 時代，在單一領域元件技術應用層次已無法滿足目前及未來滿足高價值性的元件研究、開發及應用，但跨領域研究的複雜性及進入門檻是相對較高且不容易。為能滿足及達到學研界在高階半導體製程的元件製造需求與達到跨領域研究的整合元件技術，國家奈米元件實驗室建置 CMOS 元件代工服務平台，

提供學術界作為學術研究與人才培訓。除可提供學術界進行高效能先進元件與跨領域研究之研發基礎，期望能延伸元件研發服務能量。藉由此平台技術來開發不同元件與應用例如奈米線感測器（NW FET Sensor）與 CMOS-MEMS 整合技術等。使用者在與負責接單人員討論完後，可在 MES 自動化申請流程上申請下線流程進行元件製作。

微機電系統平台

微機電技術利用類似半導體之製程技術，經由長膜、微影、蝕刻等過程，製作出懸浮結構，經由電路的控制產生機械運動等行為。國家奈米元件實驗室之微機電平台涵蓋面型微加工技術（Surface Micromachining）及體型微加工技術（Bulk Micromachining）。主要提供包

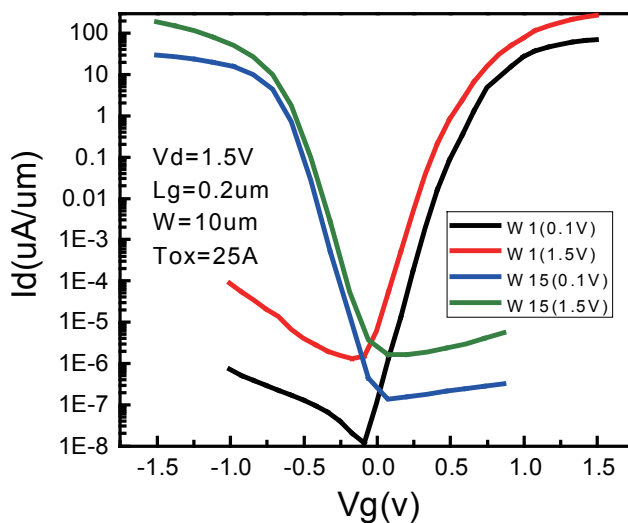
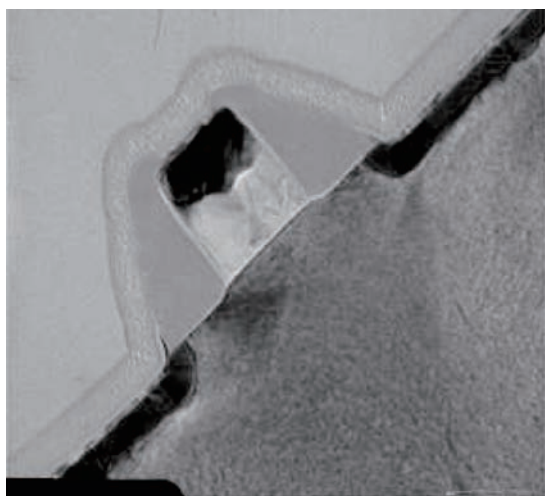


圖 2 90 奈米元件剖面圖與電性結果。

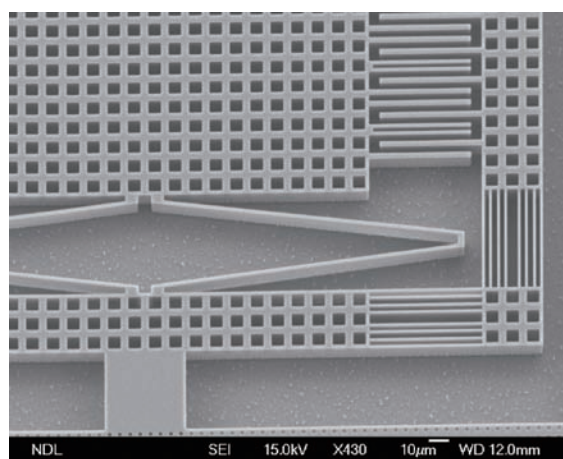
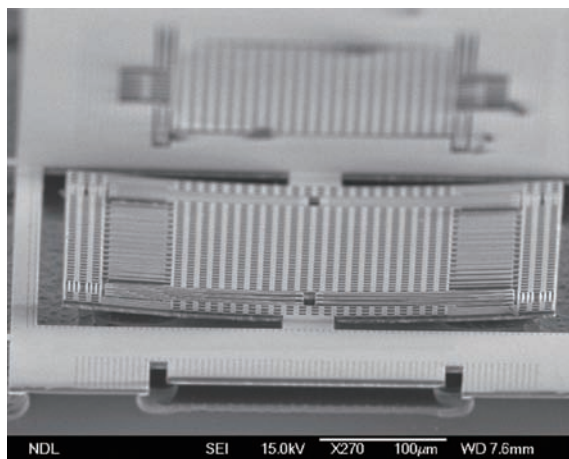


圖 3 金屬微加工製程與 SOI 微加工製程之產品。

含：金屬微加工製程（Metal Micromachining Process），如圖 3 所示；與 SOI 微加工製程（SOI Micromachining Process），如圖 3 所示。在金屬微加工製程部份，總共約 100 道製程。在 SOI 微加工製程部份，總共約 8 道製程。此平台具備有高度靈活性的後製程提供給學研界使用，提供學研界可以較不受限於標準製

程晶圓廠嚴格之設計法則規範，並且可搭配需求給予更高靈活性之製程選擇進而發揮其強大之設計能力與創意，有效縮短研究開發時程與提升研究能量。

非晶矽薄膜太陽能電池服務平台

太陽能電池是目前開發中重要的能源產業。各

國目前積極推動太陽能產業政策，也帶動太陽能電池研發與產業的快速發展。非晶矽薄膜太陽能電池是結合擴散、清洗製程及成長薄膜的方式，達成太陽能發電晶片的製作，可應用於發電廠、家庭屋頂、隨身攜帶等。國家奈米元件實驗室利用現有設備，整合相關製程技術，開發出此服務平台可提供學界進行研究。目前的技術包括以

下：（1）玻璃基板；（2）摻雜 P N type 半導體技術；（3）透明導電膜技術；（4）金屬導線；（5）雷射刻劃結構。使用者在與負責接單人員討論完後，在 MES 自動化申請流程上，填寫委託代工單，完成送出後約一個月的時間就可以拿到所需之晶片（如圖 4），以進行後續之測試及實驗。

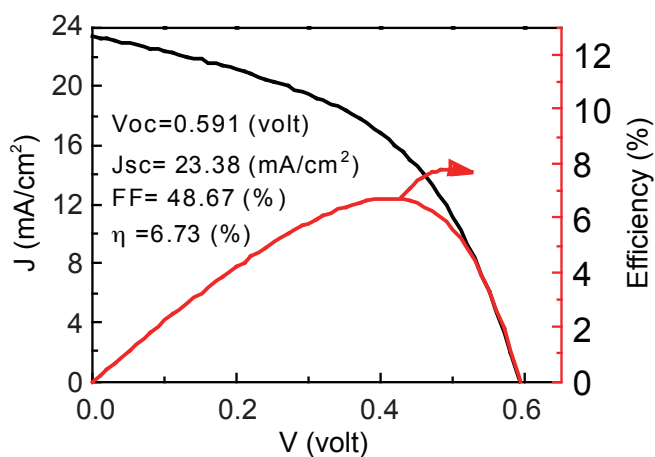
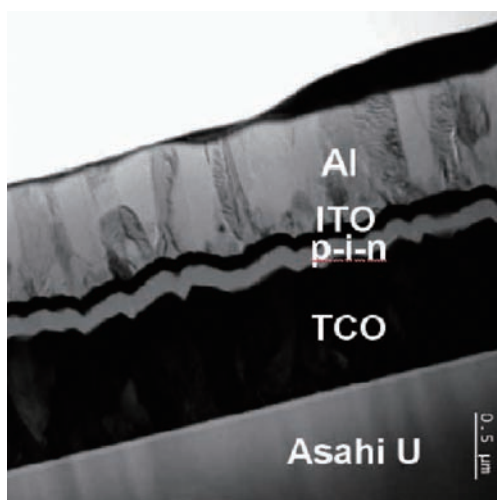


圖 4 玻璃基板上做單層太陽能電池結果。

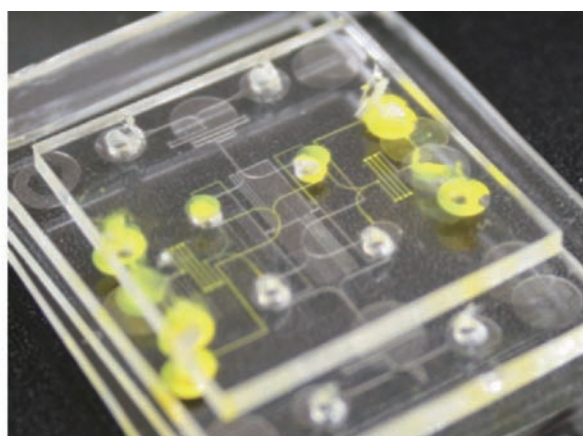
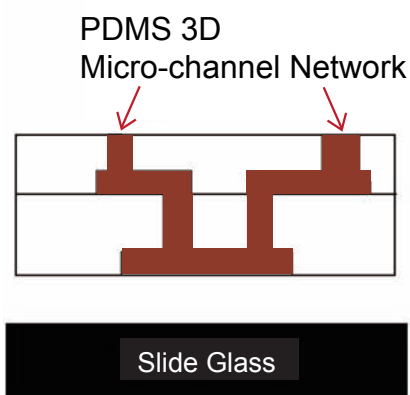


圖 5 三維立體生物晶片微流道結構。

微流道晶片服務平台

由於近幾年來在微製造與分子生物領域的快速發展，使得結合半導體製程技術與生物科學的跨領域應用日益重要。微流道（Micro-fluidic）晶片是結合微影製程、蝕刻及電漿處理表面的方式，達成微流道晶片的製作，可應用於微混合器、生醫分析晶片、微生化反應器等，國家奈米元件實驗室台南廠利用現有設備，整合相關製程技術，開發出此服務平台以提供學界研究之用，縮短各實驗室各自製程開發的時間與經費。目前的技術包括以下：（1）玻璃基板與 PDMS 微流體通道接合技術；（2）具微小電極（Al，Cr/Au..）之玻璃基板與 PDMS 微流體通道接

合技術；（3）矽基板/SiO₂/SiN_x 與 PDMS 微流體通道接合技術；（4）PDMS 柱狀微結構；（5）三維立體生物晶片（Bio-MEMS）微結構（如圖 5），使用者在與負責接單人員討論完後，在 MES 自動化申請流程上，填寫委託代工單，完成送出後約一個半月的時間就可以拿到所需之晶片，以進行後續之測試及實驗。

MES 遠距服務

除了四大平台外，國家奈米元件實驗室自 2009 年 8 月正式導入生產管理系統（MES，Manufacturing Execution System），藉以有效管理與追蹤在製品的生產狀態（圖 6），同

奈米實驗室-MES系統 - Microsoft Internet Explorer

在製品查詢

委託單維護

機台查詢

扣留

取消進站

指定重工流程

解除扣留

RunCard/借機

請輸入批號:		請輸入車號:	F_99-CF-				歡迎連絡 7659 蔣秋芬(09338134)				
批號	批號型態	申請單號	製程序號	工作站	自行操作	異動時間	生產等級↑	機台	狀態	申請人	
09907228	連續製程	F_99-CF-series_0873	008	Coating-(I-line)	N	2010/08/27 14:58:44	General		Wait	吳鴻佑	
09907080	連續製程	F_99-CF-series_0808	001	LaserMarker		2010/07/14 14:06:52	General			洪敏峰	
09908256	連續製程	F_99-CF-series_0970	004	CMP-後段	N	2010/08/27 18:45:55	General			陳弘根	
09907229	連續製程	F_99-CF-series_0872	003	Coating-(I-line)	N	2010/08/17 11:07:16	General		Wait	吳鴻佑	
09903112.03	連續製程	F_98-CF-series_0974	013	Clean-STD	N	2010/06/19 17:33:51	General		Wait	吳俊鵬	
09908073	連續製程	F_99-CF-series_0918	014	E-gun	N	2010/08/26 20:03:54	General			黃俊瑜	
09907232	單站製程	F_99-CF-T23_0199	002	PVD-Ti	N	2010/07/28 10:07:06	General		Wait	李政勳	

批號: 09907141 : 09907141

即時RunCard記錄		生產狀況說明		系統屬性		客製屬性		歷史記錄		子單元	
序號	分批	製程步驟	設備	製程參數/量測參數	片數	時數	刻號	備註	進站人員	進站時間	進站狀態
001	0	LaserMarker	M11		8	0.5	09907141-01~08		cslee	2010/07/16	
002	0	Clean-SC-1	C05-SC1	Time(m):10	8	1			joycefan	2010/07/19	
003	0	Clean-STD+HF	G-STD+HF		8	1.5		dip到不沾水	sjchen	2010/07/20	
004	0	H-Wet-Oxide	T03-05	Thick(A):5000	8	6.5			cslee	2010/07/20	
005	0	Measure-Thickness	量測		8	0			OP	Skip	
006	1	Clean-STD	G-STD		4	1	01-04;		sjchen	2010/07/21	
	2	Clean-STD	G-STD		4	1	05-08;		sjchen	2010/07/21	
007	1	H-a-Si	G-a-Si	Thick(A):500	4	5	01-04;	程式500C500A	cslee	2010/07/21	
	2	H-a-Si	G-a-Si	Thick(A):1000	4	6.5	05-08;	程式500C1000A	cslee	2010/07/21	
008	1	Measure-Thickness	量測		4	0	01-04;	程式500C500A	cslee	Skip	
	2	Measure-Thickness	量測		4	0	05-08;	程式500C1000A	domstudent	Skip	

圖 6 工廠生產線產品管理與遠端線上產品進度查詢。

時提高工廠的效能及產能，並具有簡化申請作業與遠端申請及線上修改之優點，以落實製造資訊管理及提昇實驗室使用效率，並且讓使用者可以很快速及方便的從網頁中檢視委託代工製程的最新進度。透過導入 MES 系統的機會，架構奈米實驗室主要及關鍵的作業流程，以符合實際生產之需求，同時透過資料收集、即時訊息回饋、完整的流程監控、資源管理等提升生產效率及品質，強化實驗室的管控。此外，透過 MES 系統的操作，遠距學研單位使用者可進行單一或連續製程之委託服務申請與標準參數設定，透過系統所提供的委託追蹤功能亦可及時瞭解委託件預計處理天數與目前處理情形。系統有別於一般業界所使用之制式自動化生產系統，MES 是專為本實驗室量身訂作之客製化系統，具有相當的包容性及彈性，可供多變且複雜的實驗性製程設定。使用者可透過網際網路撰寫專屬個人的實驗流程及申請委託服務，並且可隨時隨地因應實驗進度及結果變更及修改製程參數，所有的實驗過程皆有歷史記錄可查詢，使用者透過系統資料收集、回報，對於個人的實驗更能有效率的掌握。系統自 2009 年 8 月上線以來，共接受了約 2700 件之申請委託，使用者遍佈遍佈全國可不受地理因素的限制。

總結

綜合本遠距元件代工服務平台上線提供的服務與效益如下：

1. 邁向國際化代工實驗室：國家奈米元件實驗室服務範圍不僅遍及全國各大專院校及業界，透過網路更可遠及國外。代工服務平臺結合 MES 系統的遠距服務提供整合性開放式實驗研究平臺，便利使用者不須親自到實驗室來即可完

成送件、審核、下線、修改、暫停、收件等作業，有效節省資源及時間。委託件也能透過網路查詢掌握最新資料並隨時管控。

2. 縮短審核時間及提高服務效率：MES 上線以前，平均審核一件服務件需費時 3 個工作天，目前使用 MES 系統審核平均一件 1 個工作天。除提高審核效率，委託代工服務績效也較前一年同期成長了將近 25%。

3. 提高實驗成功率：透過平台的建立與系統內定的必要配套實驗及防污染機制避免因使用者或是人工審核可能產生的失誤及污染產生，相對提高實驗的成功率。

4. 提高使用者滿意度：MES 系統提供多種標準製程範本及最新技術平台供使用者免費設定採用。系統也收集完整的製程參數可供使用者設定，縮短實驗者獨自摸索的時間。

5. 提供完整的報表及分析：由於 MES 有完整、詳盡的資料收集功能，包括使用者資料建檔、生產過程的各項記錄、量測資料的收集與及時的警報系統。管理者很容易可從報表得到最完整的訊息，並經過生產資料分析可進一步提升服務效率與品質。

6. 無紙化的作業流程：MES 系統目前朝向無紙化的目標努力，以符合節能減碳之政策。

研發團隊簡介

- **陳豪育**先生為交通大學電子工程所碩士，現為國家奈米實驗室奈米元件新竹廠代工服務與製程整合組組長。
- **蔣秋芬**小姐主修企管，現為國家奈米實驗室奈米元件新竹廠代工服務與製程整合組助理技術師。
- **蘇旺申**先生為清華大學微機電系統工程研究所博士，現為國家奈米實驗室副研究員。
- **林必寯**先生為中正大學物理研究所碩士。
- **周勝鴻**先生為清華大學化學所碩士，現為國家奈米實驗室奈米元件台南廠組長。
- **吳政三**先生為淡江大學航空工程系學士，現為國家奈米實驗室奈米元件新竹廠微影與光罩製作組組長。
- **許倬綸**先生為義守大學材料工程系學士，現為國家奈米實驗室奈米元件新竹廠蝕刻磊晶與微機電製作組助理技術師。
- **彭豐洋**先生為交通大學統計所碩士，現為國家奈米實驗室資訊系統小組助理研究員。



「遠距元件代工服務平台」研發團隊由陳豪育組長(左)代表領獎，與吳光鐘副院長合影留念。

學術研究類 — 優等

16 奈米世代半導體元件

文/圖 黃健朝 國家奈米元件實驗室

研究簡介

隨著積體電路邁向高密度、體積小的演進。為達到細微化與高解析度最小線寬的要求，使得半導體製程日益複雜，技術演進的難度也越來越高。如圖 1 所表示，過去元件世代中只要購買相對應的機台就能輕易達成微縮的目的（有如大象微縮成小象，製程演進變化不大），但這個情況預計在 22 奈米世代後將會結束，當元件進入 16 奈米時代，對於元件結構、元件材料、關鍵模組技術在技術藍圖中已無明確的定論（有如小象微縮成象鼠，製程演進變化將是非常巨大），所產生的新物理特性與製程挑戰下，元件關鍵技術的自主性將會變成產業競爭力重要的一環。

對未來元件所面臨的挑戰，本院國家奈米元件實驗室專注以創意研發方式，以現有設備成功開發出突破目前傳統光學及電子束微影限制的新成像技術，將之命名為「奈米噴印成像技術（Nano Injection Lithography, NIL）」，藉此技術成功製作出符合 16 奈米世代且為目前世界最小的功能性 6T-SRAM 晶胞，該晶胞大小為 $0.039\mu\text{m}^2$ 。此奈米噴印成像技術不僅可以省去光罩製作成本，在無光阻化設計下更可以大幅地增加線寬解析度，而線寬粗糙度也能降至低於 2nm（3-sigma 標準差），去除了傳統光學及電子束微影所產生近階效應的衝擊。

技術研發之重要性

半導體是資本高度密集的工業，對於握有關鍵技術和專利的國家，將會形成高附加價值的知識產業及聚落，反之則會成為重視成本的製造工業。然而握有技術和專利者，若不從事製造生產一樣能夠收取權利金來賺錢，相對上沒有技術和專利的業者，容易在投入大量資金及人力後，一旦遇到環境或授權業者態度的改變，會使整個產業瞬間豬羊變色而面臨生存危機，有如光碟片業者過去遭遇到專利擁有者提出高額的授權權利金，到最近 DRAM 產業面臨金融海嘯環境，DRAM 業者損失以千億元計使產業造成重大打擊，這些充分凸顯技術自主的問題，而特別在高產值 CMOS 半導體領域的傷害，更加明顯。若以台灣過去所扮演技術跟隨者的角色，在大數生產技術的關鍵性專利已被國外大廠所擁有，對於國內業者生產過程不管虧損多少，所支付權利金卻是一毛都不能減少的困境。

成果創造性及影響性

技術的創新

依照國際半導體技術藍圖的規劃，2017 年預計開始進入 16 奈米的元件世代，其中微影技術是被認為此世代最重要的製程開發技術，特別目前研發中的超紫外光（EUV）與電子束（e-beam）曝光技術，但是兩者仍存在許多難

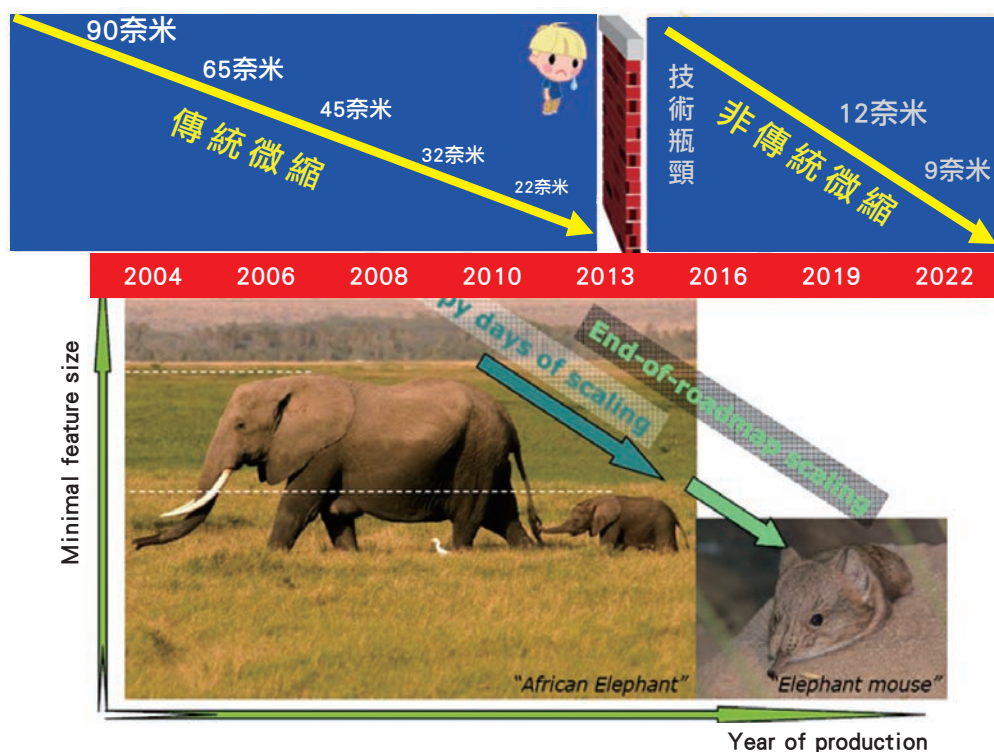


圖 1 電晶體元件微縮演變趨勢。

題尚待解決。而對於使用光阻與光罩進行製程的 EUV 技術，機台設備單價高達 20 億台幣以上，而 EUV 量產光罩製作相當困難且一套光罩售價將高達 2 億台幣以上，歸屬於非常昂貴的微影製程生產技術，所以無需光罩的電子束微影技術（Electron-Beam Lithography）就開始具備吸引力。這兩種微影技術都必需透過光阻作為成像媒介，其曝光過程時鄰近圖像成型易受到光學近接效應（Proximity effect）或電子散射影響的干涉作用，對於得到高密度與高解析度的成像從而產生許多嚴格的挑戰。

為了突破這個瓶頸，國家奈米元件實驗室開發出無需使用光罩與光阻的成像技術，稱為奈米噴印成像技術（Nano Injection Lithography，NIL）。奈米噴印成像技術原理是利用控制電子束的能量與噴入基板表面的氣體由其化學反應來

產生薄膜材料，使用此薄膜沉積作為抵擋蝕刻過程所需的硬阻擋層（Hardmask），而電子束輔助化學反應可以根據不同應用而選擇使用不同的前驅氣體，產生不同性質的薄膜材料，如氧化物（oxide）或是金屬（如鉑或鎢）薄膜。由於沒有一般傳統成像技術的近接效應，能夠提供快速、高鑑別率和高密度的硬阻擋層圖形（圖 2），而後只需對硬阻擋層圖形直接做蝕刻製程便完成整個奈米線成像結果，利用該技術可從目前超過 10 個製程步驟的傳統光學成像及 5 個製程步驟的傳統電子束成像，降低到僅需 1 個微影製程步驟（圖 3）。綜合該技術所提供三個關鍵特色：無需使用光罩和光阻、去除光學及電子束產生的近接效應及大幅簡化傳統微影成像製程步驟。讓 16 奈米元件除了製作成本昂貴的 E-Beam、EUV 機台及模具製作困難的奈米壓印等成像技術外，有了新的選項。

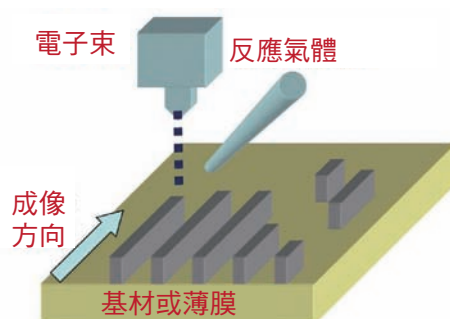


圖2(a) NIL原理：硬阻擋層直接成像

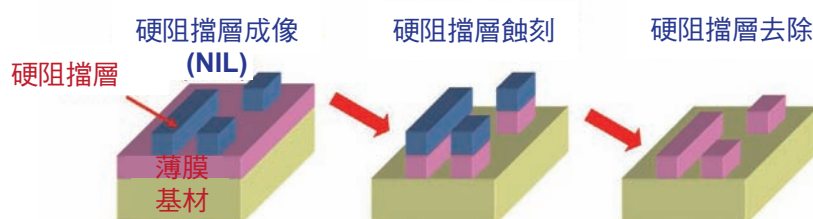


圖2(b) NIL製作奈米線的流程

圖 2 奈米噴印成像技術（NIL）原理。

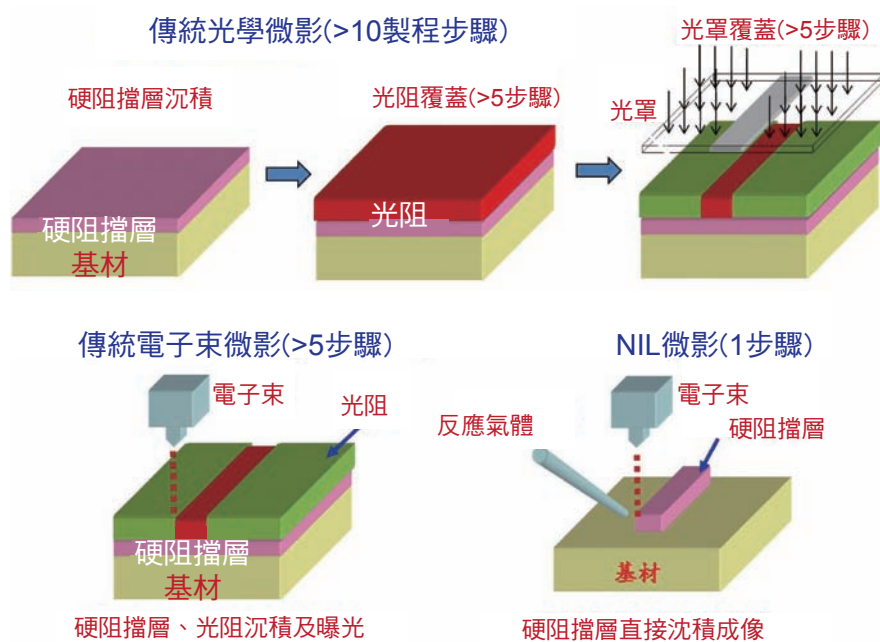


圖 3 微影成像的製程步驟比較。

世界最小 6T-SRAM 功能性晶胞

國際半導體技術藍圖提到幾種非傳統式的元件結構，能夠改善短通道效應與降低製程變異所產生臨限電壓變動問題，包含超薄矽通道層的完全

空乏型絕緣層上矽（Fully-Depleted SOI）電晶體與多閘極電晶體如 FinFET 鰭式電晶體或奈米線元件，這些元件都具有較傳統平面式元件更好的短通道效應及較低的電性變異。基於多閘極電

晶體優異的短通道效應抑制特性，與 top-down 製程製作的多閘極奈米線有機會成為高密度邏輯電路或是 More than Moore 應用的主要元件結構。而奈米噴印成像技術具有較低線寬不均勻度的優點，該技術可讓 18 奈米閘極長度能達到低於 2 奈米（3-sigma）線寬不均勻度，有助於提升奈米線元件製作的穩定度。圖 4 所示為奈米線元件主動區及金屬連線的奈米噴印成像製作成果及靜態隨機存取記憶體（SRAM）閘極陣列元件的結構圖。

對於採用奈米噴印成像技術能製作出高穩定性的低臨限電壓（ V_{th} ）的 N 通道電晶體和高臨限電壓（ V_{th} ）的 P 通道電晶體元件，與操作在 1.5 伏特動態晶胞電壓的 $0.039\mu\text{m}^2$ SRAM 單元晶胞運作成果（圖 5 所示），此晶胞

大小大約只有 22 奈米 SRAM 的 40% 左右。為實現這種小單元尺寸的 SRAM 並提供具可運作的特性，改進元件設計和 SRAM 單元電路操作是相當重要，對此我們採用動態操作電壓調節的概念，目的是為增強小單元尺寸 SRAM 的靜態雜訊容忍度。使記憶體的讀取操作過程中瞬間提高記憶晶胞的電壓，以提升儲存節點電荷量來增大靜態雜訊容忍度。圖中模擬結果說明在元件與製程條件最佳化後，這個動態操作電壓調節技術將可在較低的操作電壓時仍可提供足夠的靜態雜訊容忍度，對於未來在降低操作電壓以減少晶片功率損耗的趨勢，這種利用電路輔助的設計將有助於晶片密度的提升。

成果的影響性

由於 SRAM 元件技術是國內外業者用來開發

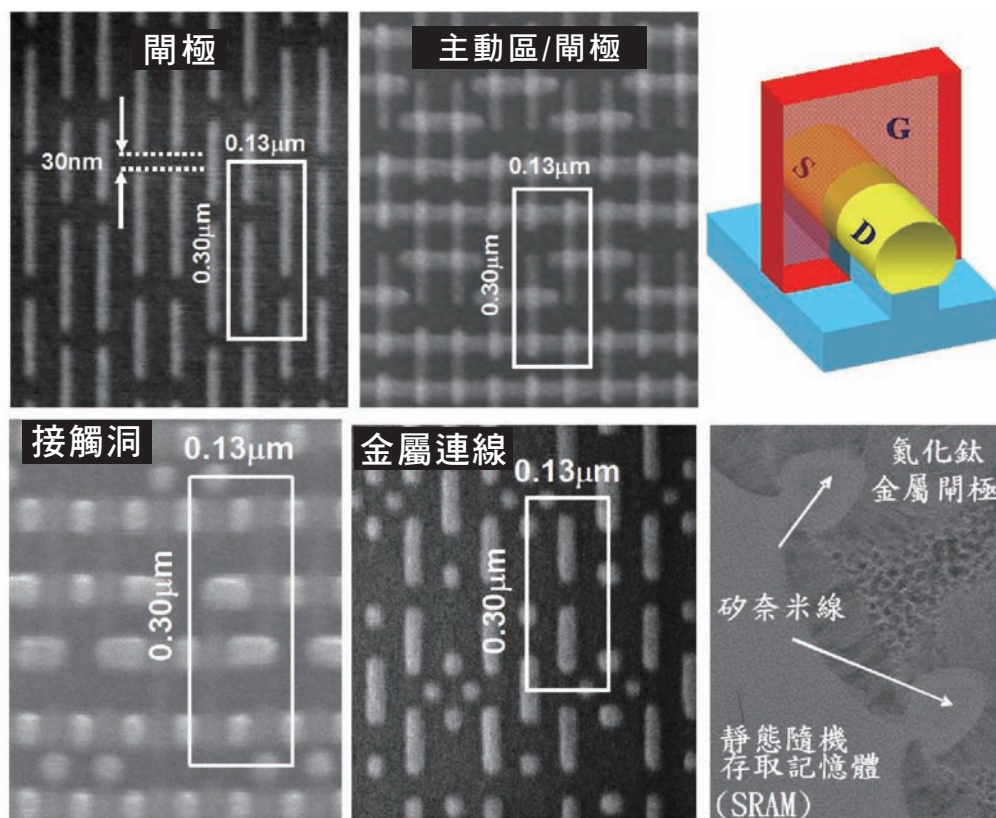


圖 4 NIL 成像製作 SRAM 及元件結構圖。

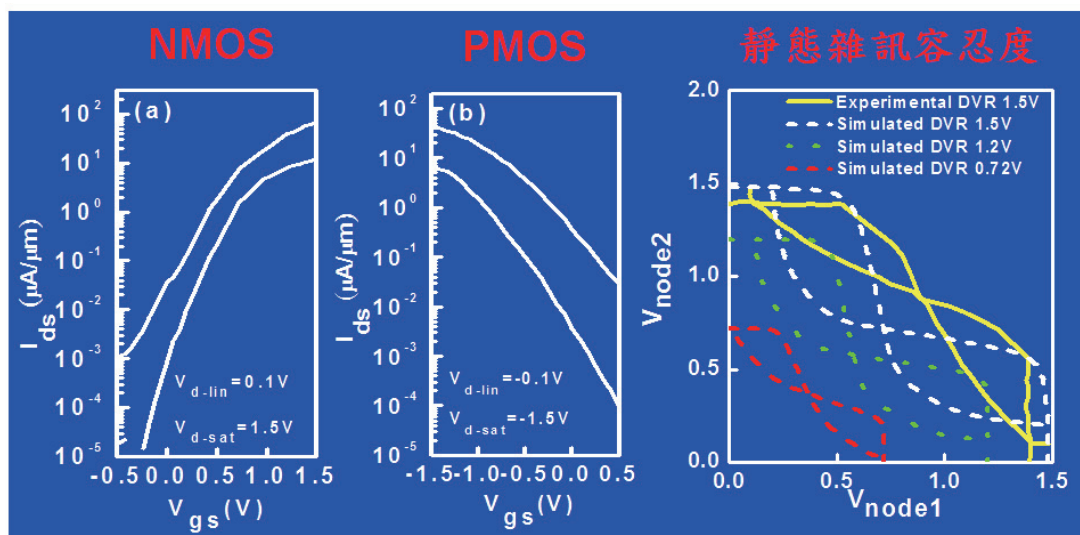


圖 5 SRAM 元件電性及靜態雜訊容忍度。

每個世代技術的標準測試平台指標，我們使用前述技術所製作的 16 奈米世代靜態存取記憶體晶胞大小已具備微縮到 $0.039\mu m^2$ ，這是目前世界上所發表文獻中最小的六個電晶體式靜態存取記憶體（6T-SRAM）功能性晶胞，實驗成果也發表於 2009 年國際電子元件會議（IEDM），並獲得到 IEEE spectrum、EETimes、法新社、日經 BP 電子報、電子時報、經濟日報、中國時報等二十多家國內外媒體報導此技術成果，特別是法新社以專文介紹國家奈米元件實驗室、IEEE spectrum 雜誌的專訪（2009 年 12 月刊出）及科學人雜誌專文介紹此技術成果（2010 年 3 月份刊出）。在業界部分，漢辰科技（AIBT）的鄧念濤總經理首開先例，捐贈造價上億元的「高電流離子植入機」予國家奈米元件實驗室，在捐贈記者會也明確表示對國家奈米元件實驗室的 16 奈米元技技術有相當期待及需求，由於高電流離子植入機為半導體製程具關鍵性的機台，也是學術研究單位所缺乏的實驗機台，對實驗室有相當助益。在創意研發方式所自行開發出的奈米噴印技術（目前正在申請國內外專利），相較於一般傳統微影光學，完全不須使用光阻及光

罩，若此技術能完成量產開發，對半導體製程預計可省下 EUV 光罩每套約 1-2 億費用、光阻材料及相關設備的投資。這些都可看出 16 奈米元件技術相關研究能具有高度前瞻性與應用性，也可成為對國內學研界技術研發的服務平台，並協助及強化學研界的研發能量，期許能為國內奈米電子、材料與跨領域整合的研究領域，若能夠事先對開發技術的專利佈局，進一步提升對國際學術的影響力與產業技術開發的貢獻。

研發心得

研發貴於創意，而創意的實現需要許多人的不斷努力及克服困難，才有落實的可能性，使得到的研發成果能夠對學術界或產業界產生影響及貢獻。在前瞻 CMOS 製程平台技術，NDL 的 16 奈米 $0.039\mu m^2$ SRAM 是以實驗室自行開發的電子束奈米噴印微影技術來製作完成，並於 2009 年國際電子元件會議開會前已獲得到 EE Times 及 IEEE Spectrum 的報導，且會議中竟立即獲得 Invited Talk 學者報告的引用，也完成在 IEDM 會議中少數能夠來自純學術單位所發表的元件技術開發平台，同時讓實驗室利用這次機

會取得國際半導體公司及學術界的重視，成為未來元件技術開發的重要里程碑及最好的宣傳。在完成不錯的初步成果後，期許團隊同仁能夠進一步努力朝向如 Intel 對每一個元件世代都會利用其獨特創新及研發能力，讓其技術一直遙遙領先其他競爭業者，充分展現出研發最高價值的表徵，這也對於快速及高度競爭的 CMOS 產業，訴說著唯有保持創新能力才是確保永續競爭力的最佳寫照。

誌謝

研發團隊簡介

- **黃健朝**先生為國立清華大學材料科學工程研究所博士，現為國家奈米元件實驗室副研究員兼任廠長。
- **陳豪育**先生為國立交通大學電子工程研究所碩士，現為國家奈米元件實驗室元件代工製作與製程整合組組長。
- **陳俊淇**先生為國立清華大學原子科學研究所碩士，現為國家奈米元件實驗室微影與光罩製作組助理工程師。
- **薛富國**先生為國立交通大學工學碩士，現為國家奈米元件實驗室蝕刻與磊晶組助理工程師。
- **吳政三**先生為淡江大學航太工程系學士，現為國家奈米元件實驗室微影與光罩製作組組長。
- **楊富量**先生為英國劍橋大學材料科學研究所博士，現為國家奈米元件實驗室主任。



「16 奈米世代半導體元件」研發團隊與本院吳光鐘副院長於頒獎典禮合影。左起：陳豪育組長、黃健朝廠長、吳副院長、楊富量主任。

學術研究類 — 優等

再生能源與介觀物質之物化機制高效能計算

文/圖 張自恭、陳欣聰、盧建銘 國家高速網路與計算中心

研究簡介

本院國家高速網路與計算中心長期以來，一直非常重視與民生脈動議題息息相關的高效能計算模擬，尤其深耕於「再生能源」與「介觀科學」之研究課題，終於在 2010 年孕釀出甜美豐碩的研究成果，進而榮獲了第四屆國家實驗研究院傑出科技貢獻獎優等之榮譽。綜觀這些研究成果，無論是在學理上或是應用上，都有極大的貢獻與突破，不但產出許多質優量多的學術論文，也因此而獲得了很多學術計畫的經費挹注與產學研合作的發展契機，一方面增加了國網中心的自籌款與曝光率，另一方面也贏得了國際合作的肯定與機會。

由於石化能源供需的窘迫，以及地球暖化效應的擴大，全世界無不極力地積極開發新能源或是提出節能減碳的方法，以期為人們解決能源短缺與溫室效應的困境。因此，本團隊立基於國網中心具有高效能電腦與高速網路之優勢，針對現有再生能源之光電轉換效率偏低的課題，運用量子物理化學之計算原理，深入探討「再生能源」之研究課題—（1）「太陽能電池計算模擬」：由第一原理出發，運用國網中心優異的 VASP、Materials Studio 和 Gaussian 等套裝軟體，研究各種含有氮、硼、硫等氣體在二氧化鈦

（ TiO_2 ）固體表面的化學反應機制，進而瞭解染料太陽能電池（dye sensitized solar cells）的運作機制。二氧化鈦薄膜表面摻雜氮、硼、硫等分子的過程中，氣體與薄膜表面的交互作用情形，可以藉由量子計算的結果，結合實驗分析來設計高轉換效率、低污染和具經濟效益的太陽能電池；（2）「固態燃料電池計算模擬」：藉由第一原理和分子模擬方法，探討氧氣（ O_2 ）在陰極和電解質的還原反應與反應機制，可以進一步瞭解氧氣在電解質和陰極的相互作用情況以及反應動力學，有助於設計高效率、低污染和具經濟效益的固態燃料電池。

在「介觀科學」研究方面，由於材料的應用層面漸趨於輕薄短小化，導致物質的介觀行為與性質日趨重要。然而，介觀物質的特性與巨觀材料的性質差距很大，因此介觀尺度下的力學、熱學及電性等方面的應用及研究便成為重要的研究課題。本團隊除使用多種勢能（例如：L-J、Morse、Tight-binding、Molière、Tersoff 等古典分子動力學勢能）建立不同物質的模擬系統外，更致力於分子動力學計算技巧的突破，除了擴展時間尺度為全尺度（多尺度模擬），以及空間尺度至真實尺度（平行運算演算法）之外，並且進一步引用適用於奈米尺度的量子計算，和量

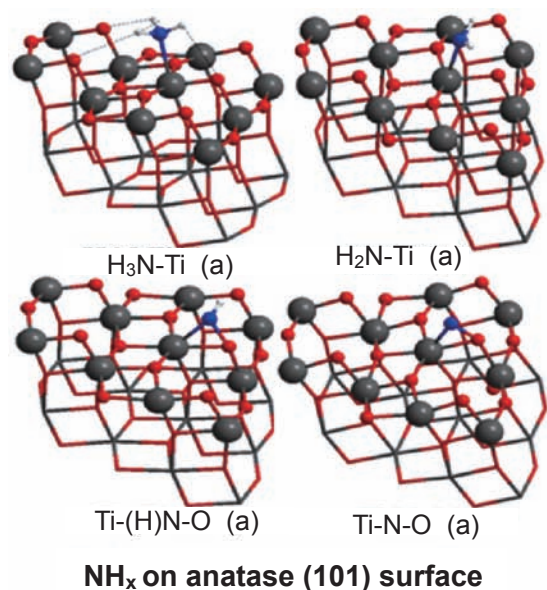
子分子動力學與量子化學結合，成為探討奈米、光電、能源計算等基礎物理化學特性與性質之有力數值模擬工具。

本團隊充分運用國網中心既有的設備優勢，並以主導性的學研合作等方式開發與建置模擬計算平台，不但兼顧產學研發，同時亦針對能源科技發展提供解套的實際方針。由於本團隊長期以來，在量子力學以及分子動力學的模擬計算方面具有豐富的研究經驗與技巧，再加中心領導階層的睿智與支持，而能凝聚能量於「再生能源與介觀物質之物化機制高效能計算」之研究課題，進行深入的基礎與應用研究，終能達成創新研究，並推廣以計算模擬為主之設計分析方法，進而促成產學研界之產能提升與模擬計算之技術昇級。

此兩項研究成果如下：

再生能源科技計算

太陽能電池計算模擬



由於二氧化鈦 (TiO_2) 可以促進分子的解離，進而能將太陽能有效地轉換為電能，因此它是光觸媒 (photo catalysis) 的熱門材料，同時亦是染料敏化太陽能電池 (dye sensitized solar cells) 的重要材料之一。傳統的染料 (dye) 是有機分子，壽命短且價格貴，其性質也不穩定，而無機分子則具有穩定性高且光電轉換效率佳之特性，因此無機染料便成為目前嶄新的研究趨勢。以無機染料作為固態二氧化鈦薄膜表面的敏化層 (sensitizer)，由於其內部的羧酸官能基 (RCOO)，是電子轉換機制的重要關鍵，因此研究各種含有氮、硼、硫等分子之物質在二氧化鈦固體薄膜表面的化學反應機制之課題，便成為目前最為炙手可熱的研究主題。例如：無機材料氮化銦 (InN) 吸附在二氧化鈦薄膜表面之時，可以加寬吸收光譜的區域，從 370 奈米增加到 390~800 奈米 (可見光區)，因此可以大幅增加二氧化鈦薄膜的光電轉換效率，因此在二氧化鈦表面摻雜三甲基銦 (Trimethyl Indium, TlIn)、氫氮酸 (Hydrazoic acid, HN_3) 或

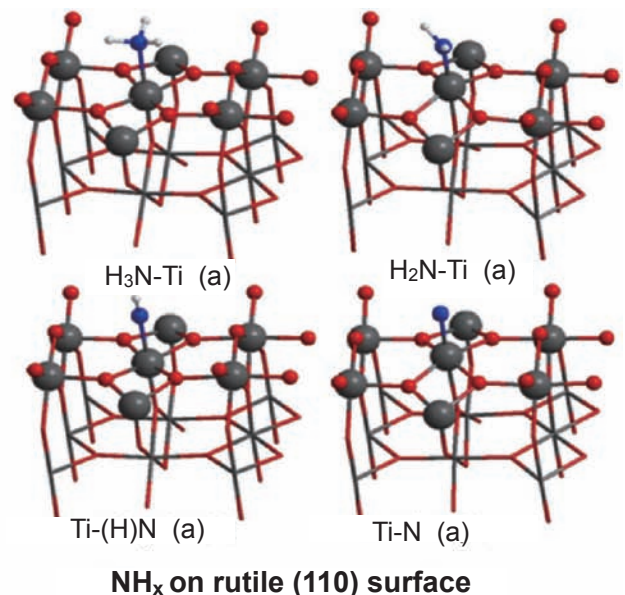


圖 1 氮氫化物片段分子在二氧化鈦銳鈦礦 (101) 表面以及二氧化鈦金紅石 (110) 表面所形成的可能吸附物。

是氨氣 (NH_3)，形成氮化鈦的化學反應機制，便成為重要的研究課題。

本團隊乃由第一原理出發，運用國網中心 VASP、Materials Studio 和 Gaussian 等套裝軟體，聚焦於氮元素於二氧化鈦表面上的吸附情形，以及其吸附後的能階改變、物化性質與電子轉移機制，進而瞭解太陽能電池提昇光電轉換效率的奧秘。圖 1 為氮氫化物 (NH_x ， $x = 0 \sim 3$) 片段分子 (fragment) 在二氧化鈦銳鈦礦 (anatase) (101) 表面以及二氧化鈦金紅石 (rutile) (110) 表面所形成的可能吸附物 (adsorbate)，其中氫氮基 (NH) 與氮原子 (N) 是以雙芽吸附結構在二氧化鈦銳鈦礦 (101) 表面吸附，例如： $\text{Ti}-(\text{H})\text{N}-\text{O}(\text{a})$ 與 $\text{Ti}-\text{N}-\text{O}(\text{a})$ ，其吸附能分別為 41.7 和 44.9 kcal/mol，而其他片段分子則以單芽吸附結構吸附於二氧化鈦表面，例如： $\text{H}_3\text{N}-\text{Ti}(\text{a})$ 、 $\text{H}_2\text{N}-\text{Ti}(\text{a})$ 、 $\text{Ti}-(\text{H})\text{N}(\text{a})$ 、 $\text{Ti}-\text{N}(\text{a})$ ，其吸附能分別為 28.4 (28.0 kcal/mol for rutile)、24.5 (30.2 kcal/mol for rutile)、14.7、2.4 kcal/mol，因此可知，雙芽吸附結構的吸附能遠較單芽吸附結構來的大。圖 2 為氮氫化物於二氧化鈦銳鈦礦 (101) 表面以及二氧化鈦金紅石 (110) 表面的位能曲面圖 (potential energy surface)，說明各種狀態間轉換之時所需的能量。由此可知，氨氣在二氧化鈦銳鈦礦 (101) 表面以及二氧化鈦金紅石 (110) 表面之吸附分解反應 (adsorption dissociative reaction) 大多為吸熱反應 (endothermic)，此乃源於氨氣分子間之氮氫鍵結 (N-H) 具有較強的鍵結能之故，所以製造製程上，建議採用電漿 (plasma) 或是電磁波 (microwave) 來

打斷氮氫鍵結，使得氨氣分子容易在二氧化鈦表面形成氮元素。圖 3 的能態密度 (density of state, DOS) 圖中，觀察到二氧化鈦表面的氫氧基 (hydroxyl) 可以使其共價帶變寬而增加氮氫化物的吸附性，進而幫助整個化學反應之進行。

燃料電池計算模擬

固態燃料電池的組成可分成三個部分：陽極 (anode)、陰極 (cathode) 和電解質 (electrolyte)。目前最常見的陽極材料為鎳-鈮安定性氧化鋯 (Ni-YSZ)，而鈣鈦礦 (Perovskite) 中的鐳錳氧化物 (LaMnO_3)，則為常用的陰極材料。以鎳 (Ni) 為陽極材料，雖然同時具有優異的催化性和高導電性，但是依然會衍生出許多缺點，例如：容易被硫或碳化物污染，而降低其轉換效率。降低操作溫度至 $500 \sim 700^\circ\text{C}$ 的範圍，雖然可以減少成本，但是反而使得還原氧氣以及傳遞氧離子的速度變慢，因此，開發新的陰、陽極材料，即為提昇固態燃料電池之轉換效率的迫切課題。藉由計算模擬方法，探討氧氣 (O_2) 在陰極和電解質的還原反應與反應機制，可以進一步瞭解氧氣在電解質和陰極的相互作用情況以及反應動力學，有助於設計高效率、低污染和具經濟效益的固態燃料電池。

本團隊以量子化學計算軟體 (VASP) 執行密度泛函理論計算 (density functional theory, DFT) 來探討氧氣和鐳錳錳氧化物 ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ， $0 < x < 1$) 之間的相互作用力，依據不同的吸附構型得知，氧氣吸附在 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ (110) 表面的吸附能為 $-0.66 \sim -2.52$ eV 之間，然而氧氣吸附在 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ (110) 表面的吸附能則

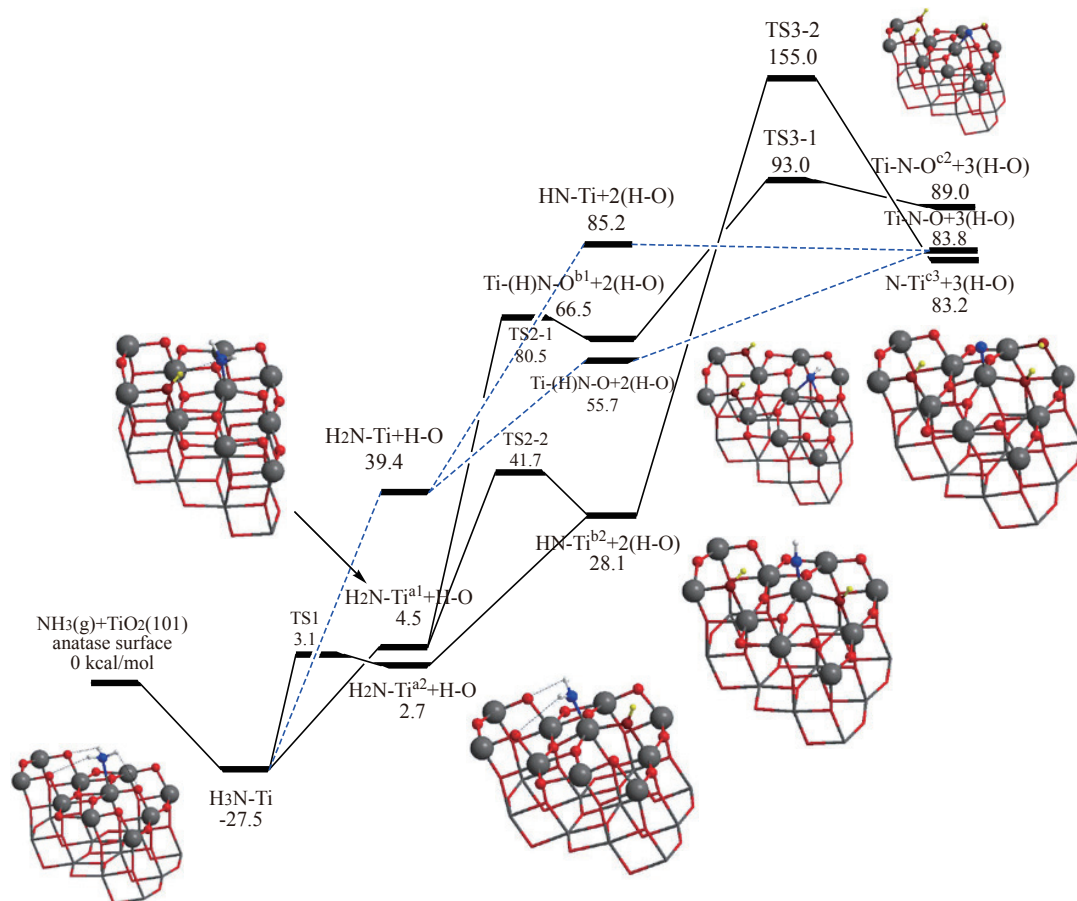
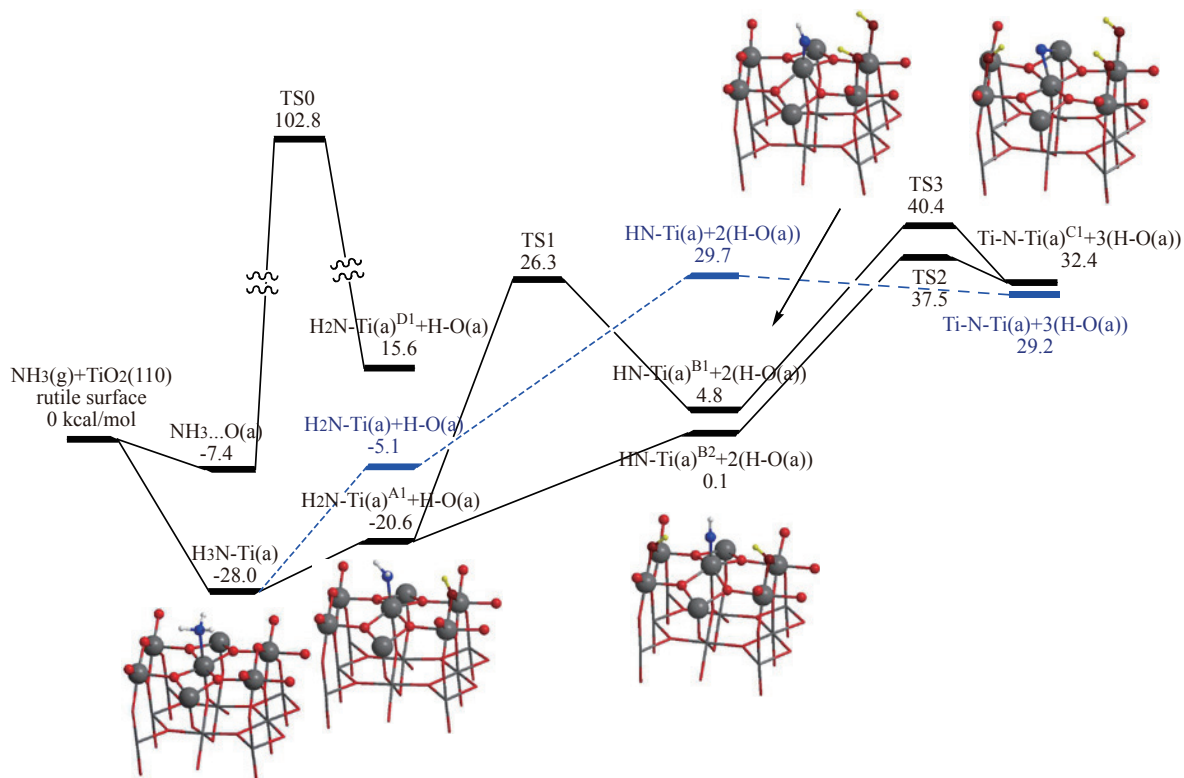
NH₃ on anatase (101) surfaceNH₃ on rutile (110) surface

圖2 氮化物於二氧化鈦銳鈦礦（101）表面以及二氧化鈦金紅石（110）表面的位能曲面圖。

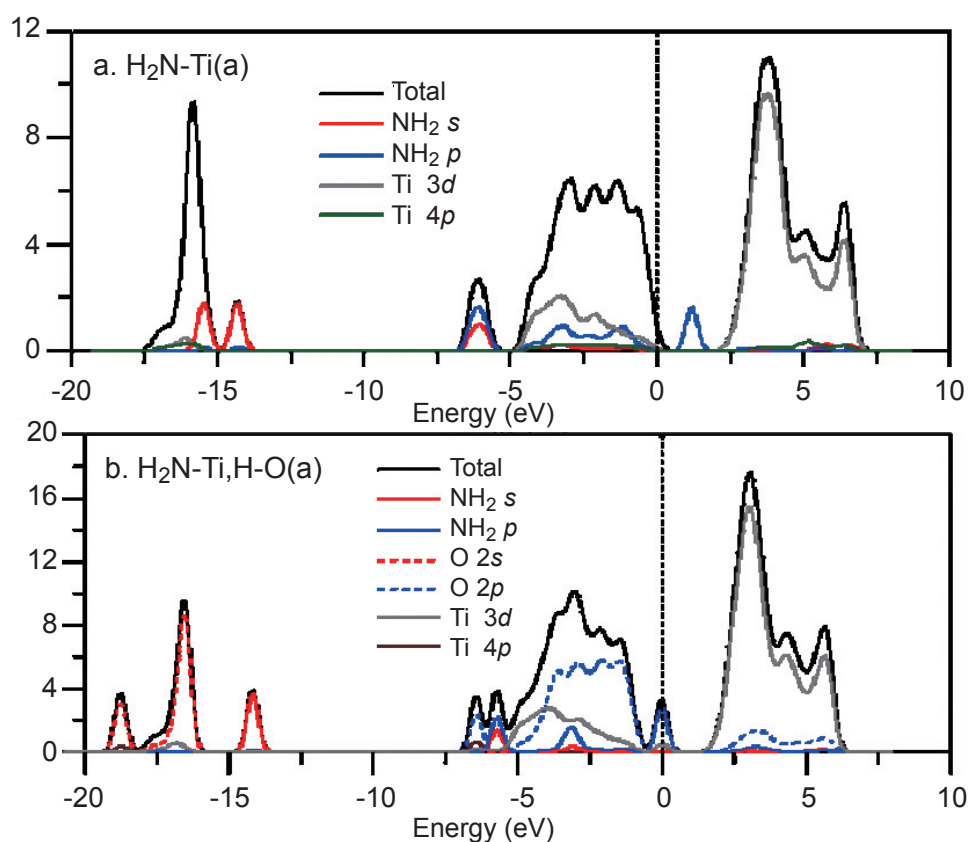


圖 3 H₂N-Ti (a) 和 H₂N-Ti, H-O (a) 的能態密度圖。

為 -0.47~-2.17 eV 之間。由於氧—錳 (O₂—Mn) 原子的鍵結比氧—鋇 (O₂—Sr) 的鍵結還強，顯示錳原子比鋇原子對氧氣的還原比較有活性的，而模擬結果亦和實驗上所觀察到的結果一致。除此之外我們也研究氧氣和含有缺陷的 La_{1-x}Sr_xMnO_{3-y} (y=0.065, 0.10, 0.15 or 0.20) 材料之間的相互作用力，結果發現氧氣和含有缺陷的 La_{0.75}Sr_{0.25}MnO_{3-y} 表面間的相互作用力比其在完整表面更強，表示含有缺陷時對於氧氣的還原反應有正向的影響。另外在氧氣和完整或含有缺陷的 La_{0.75}Sr_{0.25}MnO₃ 和 La_{0.75}Sr_{0.25}MnO₃ (100) 表面的相互作用力的研究上，我們也發現到相同的現象。

圖 4 利用微動彈性帶 (Nudged Elastic Band) 方法，得到氧氣在完整 La_{0.75}Sr_{0.25}MnO₃

(110) 表面的還原反應的位能曲面圖。第一步開始於氧氣個別地吸附在錳和鋇的原子而形成超氧化 (superoxo-like) 中間物 (如圖中 Mn-super 和 Sr-super)，並且放熱 1.32 和 0.66 eV，這些超氧化中間物幾乎不需要能障就可以異構化形成更穩定的過氧化 (peroxo-like) 中間物 (如圖中 Mn-O₂-P, Sr-O₂-P 和 Mn-Sr-O₂-P)，之後過氧化中間物解離成兩個氧離子，這整個吸附/解離全反應為能量上最有利的 (energetically favorable) 並放熱 5.91 eV。同樣的我們也考慮了氧氣在缺陷 La_{0.75}Sr_{0.25}MnO₃ 表面的還原反應，我們發現當有氧缺陷時，氧氣除了可吸附在錳和鋇的原子上之外，亦可直接的吸附在氧缺陷的位子，此步驟為放熱 3.87 eV。而有氧缺陷時，吸附在錳和鋇的原子上的反應放熱出更多能量，因此含有缺

陷的 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ 材料可以增強對氧氣的還原及解離反應。本研究亦研究氧氣在不同摻雜鋇 (Sr-doped) 的 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ 材料的反應，其結果和在 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ 材料相似。除此之外，我們也計算了氧氣在鑷鋇錳氧化物 (100) 表面的還原反應，如圖 4 所示，氧氣在

其表面的反應是無法和 (110) 表面競爭的，因為反應需跨過較高的能障所致。

同時，我們研究氧離子在此材料的擴散機制，藉由此機制可以從陰極擴散到電解質，再到陽極跟氫氣反應產生水和電能。氧離子的擴散機制可分為兩部分：(1) 表面擴散；(2) 體擴散。圖

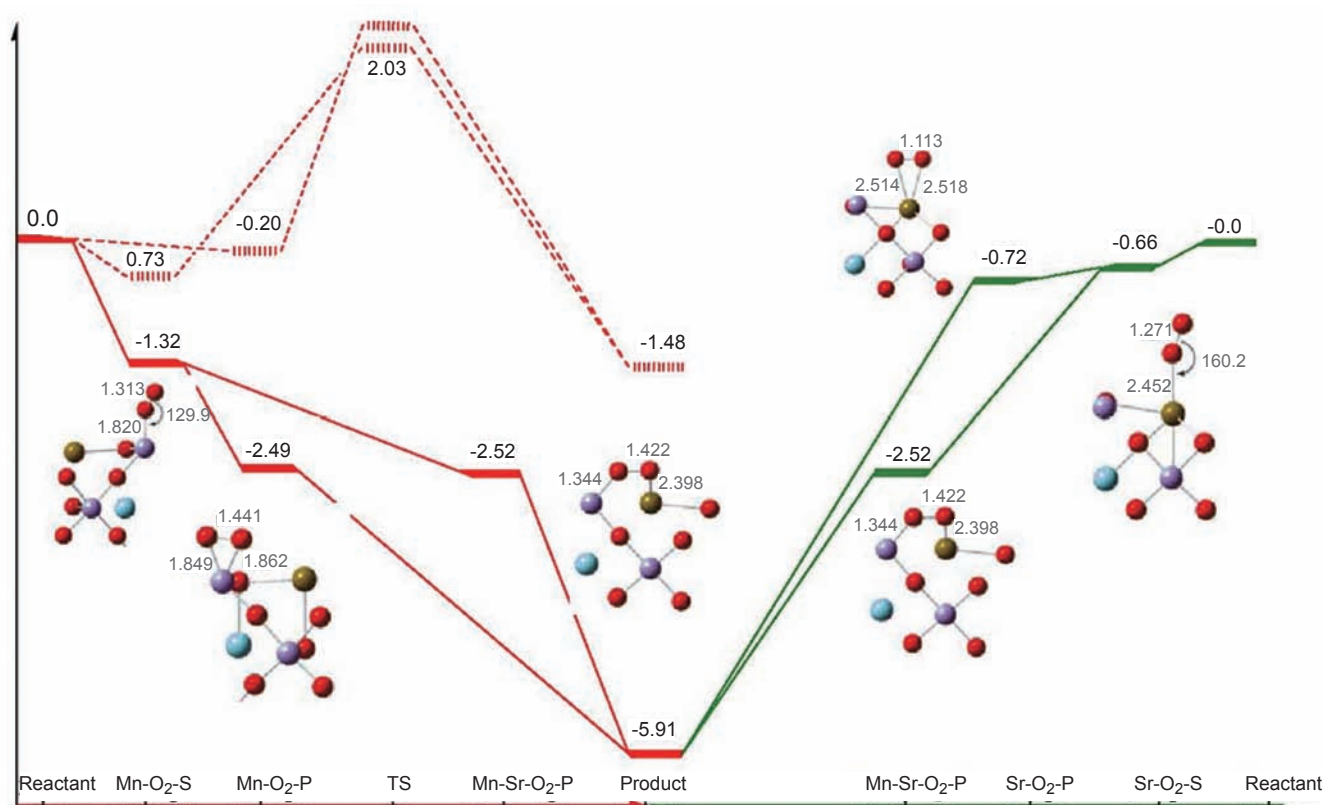


圖 4 氧氣在完整 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ (110) 表面的還原反應之位能曲面圖，虛線部分為 (100) 表面。

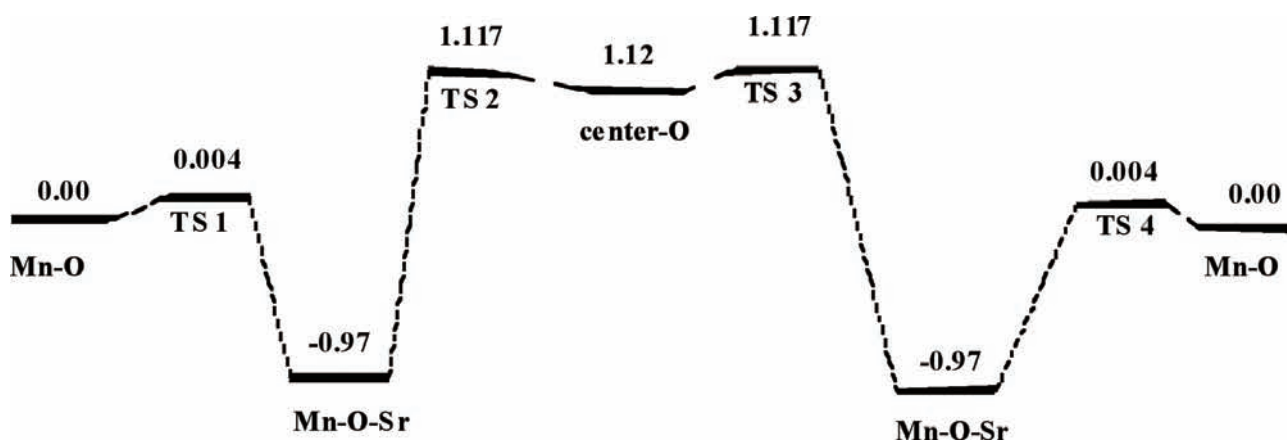


圖 5 氧離子在 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ 的表面擴散反應之位能曲面圖。

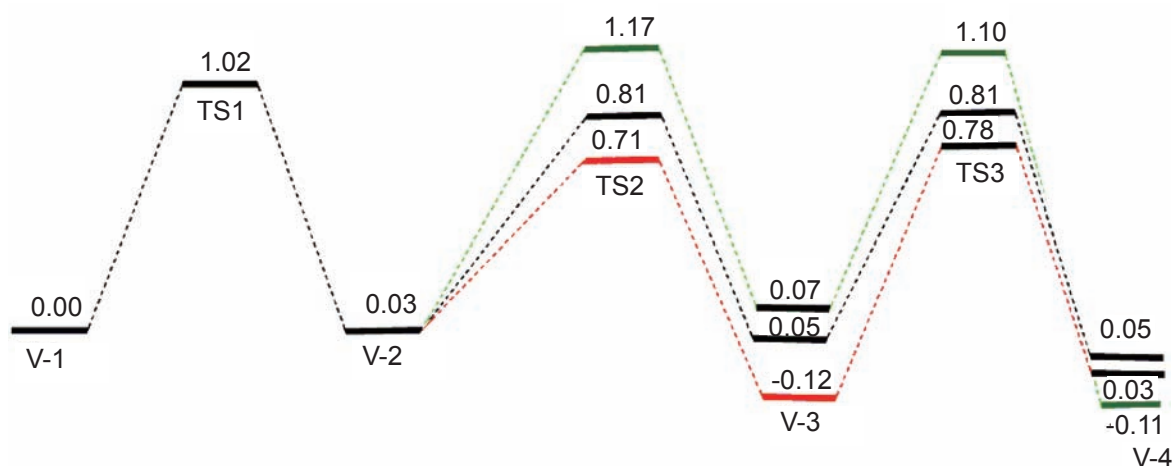


圖 6 氧離子在 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ 的體擴散反應之位能曲面圖。

5 和圖 6 分別為氧離子在 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ 材料表面擴散和體擴散機制的位能曲面圖。從圖中可知，氧離子的表面擴散之能障為 2.00 eV 左右，而氧離子的體擴散能障則為 0.75~1.12 eV，因此我們得知氧離子主要是以體擴散機制為主。我們依據這些最有可能的還原以及擴散路徑，進一步計算其速率常數，如圖 7 所示，並印證了氧空缺增加了氧氣的還原動力學（reduction kinetics），並且印證氧離子主要是經由體擴散機制傳遞到電解極的，而不是經由表面擴散。

介觀材料之基礎物化性質研究

1959 年，諾貝爾物理獎得主費因曼教授（Prof. Richard P. Feynman）於美國物理學會年會上曾提出「在原子的層級上製造出某些東西是有可能的，這個技術不但不會牴觸任何的物理定律，而且這類技術的發展是可以實現的」；然而直到 1980 年代，肇因於分析儀器的進步，例如：電子掃描穿隧顯微鏡（scanning tunneling microscopes, STM）、原子力顯微鏡（atomic force microscopes, AFM）及近場光學顯微鏡（near-field microscopes, NFM）等儀器的發展，提供了介觀尺度下分析

以及操控原子和分子所需的眼睛及手指，才算是真正邁入了「介觀科學」的時代。在 1989 年，艾格勒博士（Dr. Eigler, IBM, California）曾在低溫下以掃描穿隧顯微鏡於鎳的表面將 35 個獨立的氙原子（Xenon）排列成「IBM」三個字母，才算是確立了人們具有在介觀世界操控原子的能力。目前，在介觀世界中最受矚目的材料，即是「奈米碳管」（carbon nanotube, CNT），世界最頂尖的期刊在近幾年內就有超過兩萬篇以上的相關論文刊出，而談論到此主題的網站或網頁更是高達二十萬個。

在日常生活中，電氣爐邊的碳細絲就可以發現奈米碳管，但是數量很少且不受重視。直到 1991 年，日本 NEC 公司的飯島澄男博士（Dr. Sumio Iijima）在利用碳電弧放電法合成碳六十（ C_{60} ）分子之時，偶然於陰極處發現針狀物的碳細絲，分析其結構之後發現這些碳原子所構成的中空管狀體，直徑約為數奈米至數十奈米，長度可達數微米的中空管狀多層結構，即是後來世人所稱的奈米碳管，這是繼碳六十在 1985 年被諾貝爾化學獎得主柯洛托爵士（Kroto）等人發現之後的一項劃時代之重要發現。隨著介觀科學

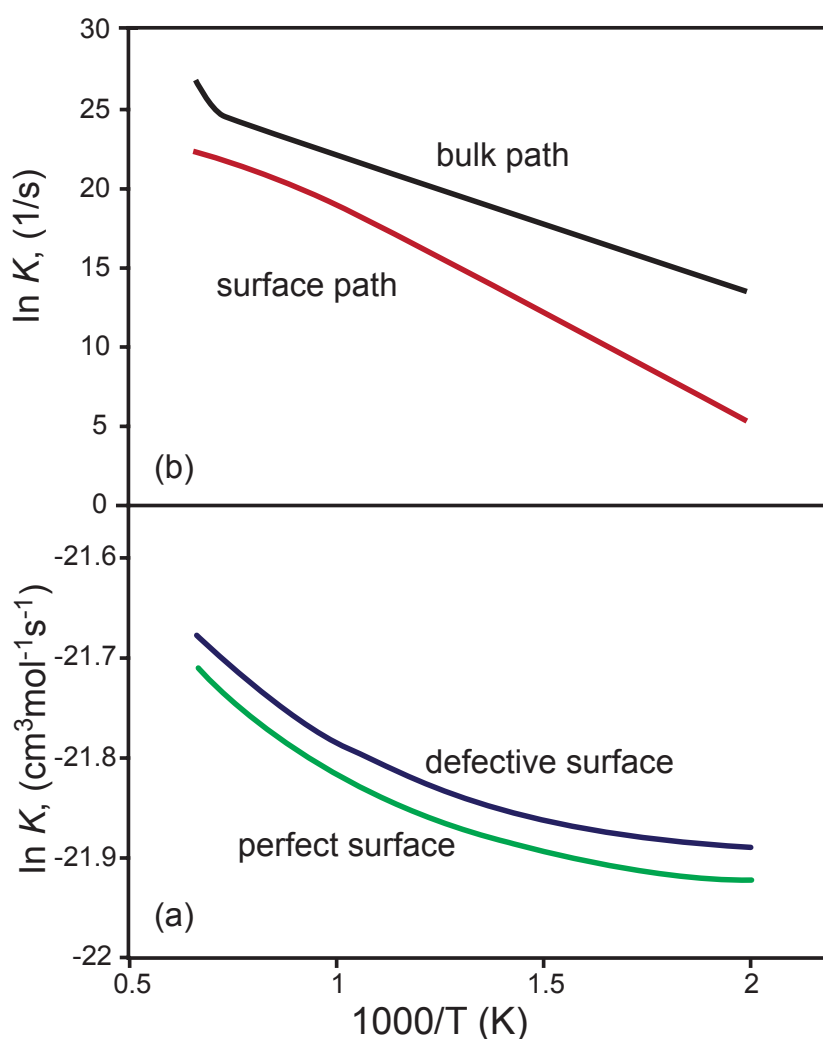


圖 7 氧離子在 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$ 的體擴散以及表面擴散之速率常數。

時代的來臨，奈米碳管也風雲際會地聲名大噪，並被稱為本世紀最重要的介觀科學之指標材料。

由於奈米碳管的價格居高不下，所以有不少相關研究是以計算模擬的方式進行，有量子化學（quantum chemistry, QC）、量子分子動力學（quantum molecular dynamics, QMD）、分子動力學（molecular dynamics, MD）以及有限單元法（finite element method, FEM）等，其中以分子動力學方法較為快速，而且所得之結果與實驗相較亦有相當的準確性，因此是較受青睞的數值模擬方

法。本團隊除使用多種勢能建立不同的模擬系統之外，更致力於計算技巧的突破，除了擴展時間尺度為全尺度，以及空間尺度至真實尺度之外，並且進一步引用適用於奈米尺度的量子計算，和量子分子動力學與量子化學結合，成為有力的數值模擬工具。

奈米碳管的各種物理性質之中，挫屈（buckling）是非常重要的研究課題。挫屈乃是彈性體在承受壓縮負荷之下的一種不穩定現象，在巨觀世界中經常引發重大的事件，例如：橋樑瞬間崩毀、建築物突然倒塌、鐵軌變形而使

火車出軌等。在使用奈米碳管顯微碳針偵測物體表面與量測力學性質之時，挫屈也經常會伴隨著發生，因此在工程與科學的應用上尤其重要。在幾何上，奈米碳管的結構類似於圓柱薄殼，但是它不具有連體（continuum）的特性，而是分散地由一顆顆碳原子所鍵結而成，因此其挫屈行為不能被當作巨觀現象來比擬。圖 8 即是本團隊模擬雙壁奈米碳管承受壓縮負荷產生挫屈變形的結果，除此以外，還深入探討奈米碳管挫屈時的熱機行為、挫屈變形形態、挫屈應變、楊氏係數等問題，並提出以尺度效應來分類奈米碳管的挫屈形態，進而瞭解奈米碳管的長柱挫屈、短柱挫屈、雙層效應、多層效應、溫度效應等現象，並運用加載/卸載的行為而獲得奈米碳管的楊氏係數，其結果並與早期利用懸臂樑自由振動的概念而獲得的數據一致。

本團隊亦對大氣污染源的消除有深入的研究。碳氧化物（ CO_x ）、氮氧化物（ NO_x ）為汽、機車排放的主要污染源之一，因此要使燃油引擎所有的轉運範圍皆達到其控制標準，需加入觸媒轉換器將碳氧化物與氮氧化物轉為無污染的氣體。我們以理論計算的方法來研究過渡金屬作為還原的催化劑的反應機制及其催化性。第一部

份，我將先探討過渡金屬原子和小分子在氣相中的反應（gas-phase reactions）。第二部份，探討碳氧化物與氮氧化物於金屬表面或金屬氧化物表面催化劑的反應。藉由這兩部分研究來了解其反應機構和影響反應性的因素，例如：配合基（ligand）、溶劑（solvent）等，進而希望能設計更新更有效率的催化劑。圖 9 即為二氧化氮（ NO_2 ）在鐵（111）表面的吸附與裂解反應。此外，藉由奈米團簇的相關研究，來瞭解其化學反應機構和影響反應性的因素，以及其物理特性，進而設計更新更有效率的催化劑，在奈米元件的製造、化學工業、能源開發、環境保護等領域中，均有極高的應用價值。圖 10 為乙烯（ C_2H_4 ）在金（Au）奈米及金（111）表面的氧化反應。

在半導體製程方面的研究，是本團隊深耕已久的研究重點。半導體產業是近幾年來讓台灣崛起於世界的新興產業，也是兩兆雙星的重點產業。由於互補式金屬-氧化層-半導體（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor, CMOS，簡稱互補式金氧半導體）元件能以表面技術製作於矽基板之上，而使得集成技術（integration technique）

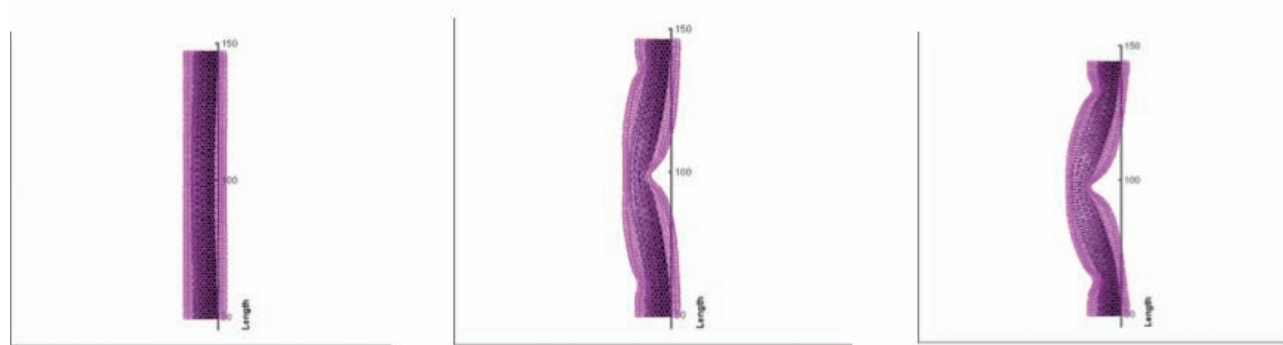


圖 8 雙壁奈米碳管承受壓縮負荷產生挫屈變形的示意圖：（a）挫屈前；（b）挫屈進行中；（c）挫屈後。

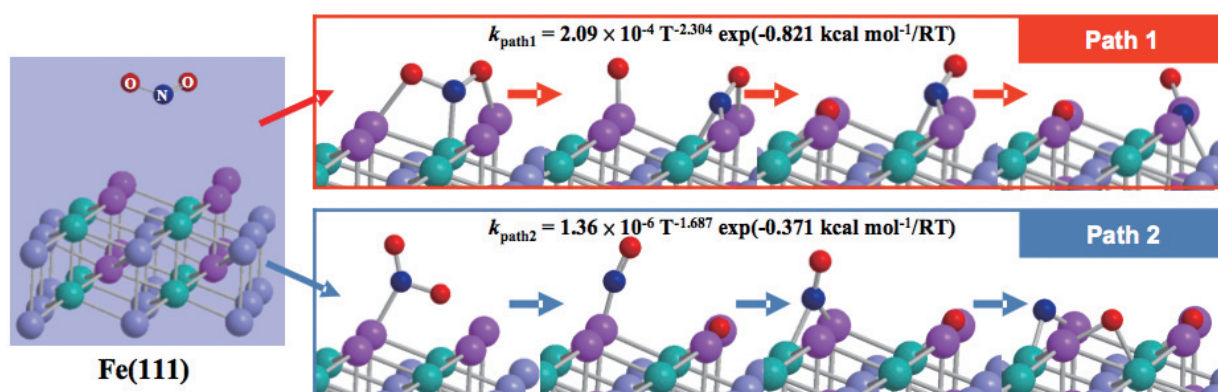


圖9 二氧化氮在鐵（111）表面的吸附與裂解反應。

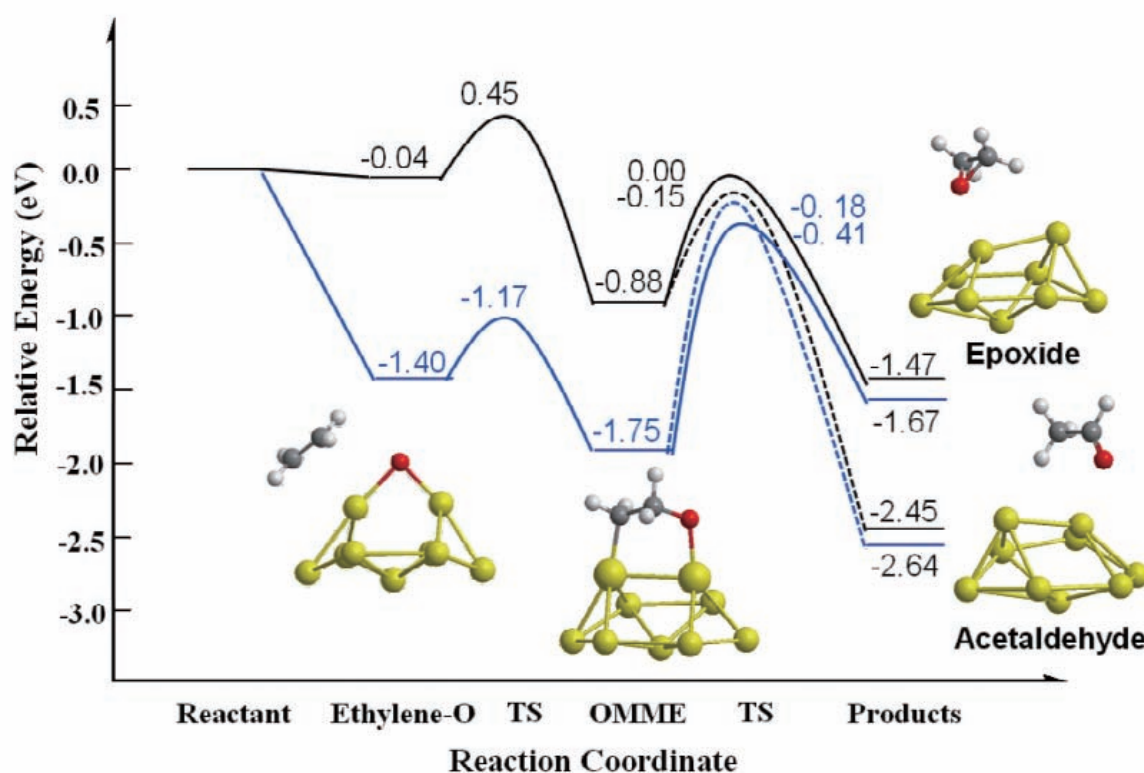


圖10 乙烯在金奈米及金（111）表面的氧化反應。

得以突飛猛進，隨著其線寬逐漸縮小到介觀尺度，半導體薄膜製程技術的精確控制便顯得日益重要。半導體物理汽相沉積（Physical Vapor Deposition, PVD）薄膜製程之量產技術大多採用濺鍍（Sputtering）製程，並經常佐以準直管（collimator）、氬離子助鍍（ion assisted sputtering）、長距離濺鍍、電漿

（Plasma）助鍍等方式，使其鍍膜品質穩定且可靠度提昇，因此對製程參數（包含入射動能、入射角度、基板溫度、沉積速率等）的觀察與了解，對薄膜品質的機制（表面粗糙度、空孔填充率等）有相當重要的影響，亦對於薄膜製程的改善有良好的建議之依據。由於半導體薄膜製程在學理上屬於介觀物理的範疇，因此分子動力學方

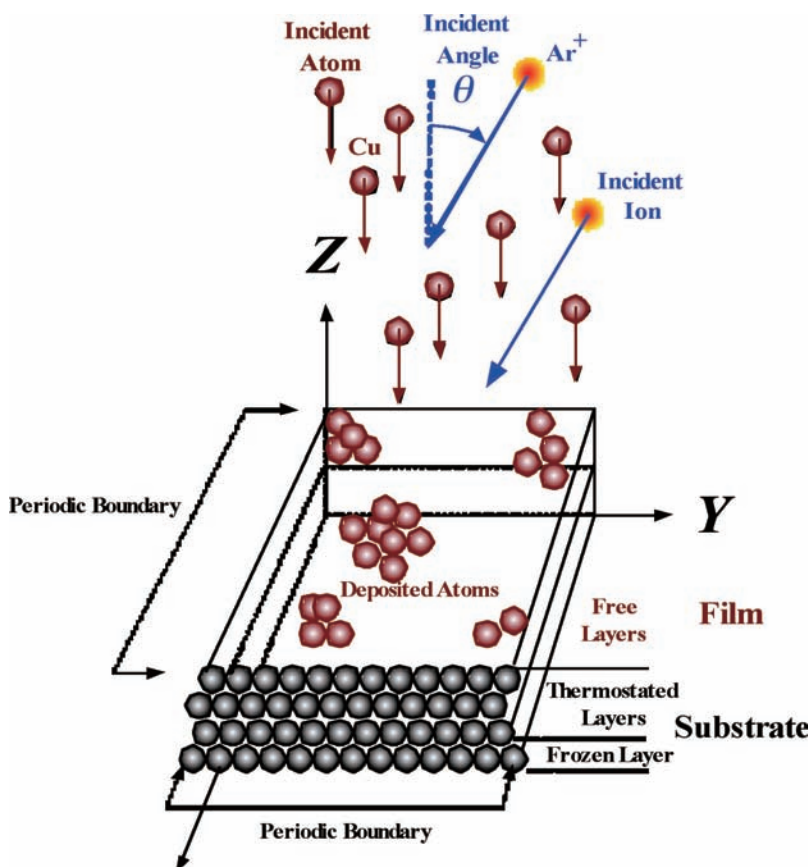


圖 11 氬離子輔助濺鍍製程示意圖。

法便成為模擬的最佳工具。圖 11 為氬離子輔助濺鍍製程示意圖，藉由計算模擬的方法，可以獲得氬離子助鍍銅薄膜的最佳製程條件（包含入射動能、入射角度、沉積速率等）。

研發心得

電腦模擬計算的能力是無遠弗屆的，不論在學術與產業的研究與應用，都能提供研發人員一個很好的設計平台與工具。本團隊以國網中心的高速計算硬體設施及豐沛的軟體資源，聚焦於「再生能源與介觀物質之物化機制高效能計算」的研究課題（此項目亦為我國目前致力發展的重點科技：太陽能、再生能源、奈米科技等），進行跨領域的模擬研究，對於國網中心在科學研發與學術研究，均有質與量上的貢獻。除了奠定國網中

心之高效能研發能力與實力之外，亦與交大林明璋院士有 3 個合作計畫，並積極舉辦與參加相關研討會以及研究學群（例如理論中心的 CMR 社群），促成學研聯盟，並多次受邀至各學研單位做專題演講（例如：各大專院校、理論中心、中國科學技術部中國科學院半導體研究所半導體超晶格國家重點實驗室等），促成學術交流，並推廣與宣揚國網中心模擬計算能力與能量，增加國內外之學術交流與合作。

最後感謝國網中心所提供良好的研究環境、優異的軟硬體設施，並在中心領導階層之支持下，代表國網中心出線參賽，終致獲得優等的榮譽。謹將這份榮耀獻給全中心，希望未來能更加努力為國網中心爭取更高的榮譽與肯定。

研發團隊簡介

- **張自恭**先生為國立成功大學機械工程博士，現任國家高速網路與計算中心研究員兼系統與網路技術組組長。專長為光機系統模擬、光電工程、微奈米機電、薄膜工程、半導體製程、奈微米科技、量子化學模擬、能源計算模擬、太陽能光電、有限單元法、工程逆向問題、分子動力學等。
- **陳欣聰**先生為國立台灣師範大學化學所博士，現任國家高速網路與計算中心科學計算應用組副研究員。專長為物理化學、量子化學模擬、能源計算模擬、表面物理化學計算、材料化學計算、氣相化學反應計算。
- **盧建銘**先生為國立成功大學工程科學博士，現任國家高速網路與計算中心科學計算應用組副研究員兼副組長。專長為分子動力學、半導體製程模擬、奈米碳管與碳簇模擬、微/奈米元件模擬、計算材料、場發射計算等。



「再生能源與介觀物質之物化機制高效能計算」研發團隊於頒獎典禮上與吳光鐘副院長合影留念。左起：陳欣聰博士、張自恭組長、吳副院長、盧建銘副組長。

尖端科技

State-of-the-art Science
and Technology

GeSi/Ge 之研究以應用於應變通道 Ge MOSFET 元件製作

文/圖 羅廣禮 國家奈米元件實驗室

摘要

我們首次在 Ge 基版上成長出了高品質的富含 Ge 的 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ ($0 \leq x \leq 0.14$) 磊晶薄膜。以此磊晶薄膜作為實驗基材，我們發現 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 內的磷原子擴散可以得到有效的抑制，並且 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 上的 NiGe 層具有低的電阻率和更好的熱穩定性；所製作的 $n^+-\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/p-\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 接面結構與 $n^+-\text{Ge}/p-\text{Ge}$ 相比，具有更高的整流特性和更低的漏電流。這些結果顯示， $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 適合作為嵌入式源汲極結構來製作具有增強效能的單軸伸張應變 Ge nMOSFET 元件。

前言

傳統上微電子工業主要依賴元件的不斷微縮化來達成電子線路性能上的提升以及成本的降低。但持續的元件微縮，特別是到達 22nm 技術節點之後，元件製作將會面臨到物理尺度的極限，如閘極漏電變大、短通道效應加劇等；同時製程能力也會面臨極大的考驗，如設備開發與製造費用

變得龐大、製程技術難度會越來越高等，因此必須重新思考並引進新的材質或新元件結構以改進元件特性。利用高遷移率材料取代矽材料作為通道材料來提升元件性能是一個非常重要的選擇。鍺 (Ge) 的電子遷移率是矽的兩倍，電洞遷移率是矽的四倍，若能設法將 Ge 材料整合於矽半導體製程中，就可以繼續延伸 CMOS 元件的技術藍圖 (roadmap) 好幾個世代，而無需投入大量的資金在元件的不斷微縮化上。

在全球範圍內的 Ge MOSFET 元件研發方面，其中 Ge p-MOSFET 的發展較為成熟和快速，例如將 Ge 通道層磊晶在鬆弛 SiGe/Si 虛擬基板上，藉助雙軸壓縮應變，Ge 通道內的電洞遷移率相對於矽通道可提升 8 倍^[1]；上述的磊晶製程比較複雜而且因 薄膜很厚不利元件整合，如果改用僅以矽上超薄 Ge 磊晶層作為通道，所製作出的 pMOSFET，其電洞遷移率相對於矽通道也有大約 3 倍的提高^[2]；在元件精度方面，

日本學者在 2007 年的 IEDM 會議上發表了他們利用 NiGe 源汲極技術成功製作出了性能優異的 60nm 閘極長度的 Ge pMOSFET 元件^[3]。然而，在 Ge nMOSFET 方面，研發進展卻十分緩慢，這主要因為 Ge 內的 N 型摻雜很難突破，N 型摻雜在 Ge 材料內的固溶度（solubility）低、擴散快（圖 1）、電子難以活化，所製作

出的 N 型源汲極品質很差^[4]；另外，由於費米能階釘扎（Fermi-level pinning）效應，在 Ge nMOSFET 的閘極界面處，會累積大量的固定負電荷（圖 2），此因素也會嚴重影響元件的性能^[5]。幸運的是，最近研究人員利用高壓熱氧化 GeO₂ 薄膜作為 high-k 與 Ge 通道之間的中間層，可將閘極界面態密度降低到 $10^{11} \text{eV}^{-1} \text{cm}^{-2}$

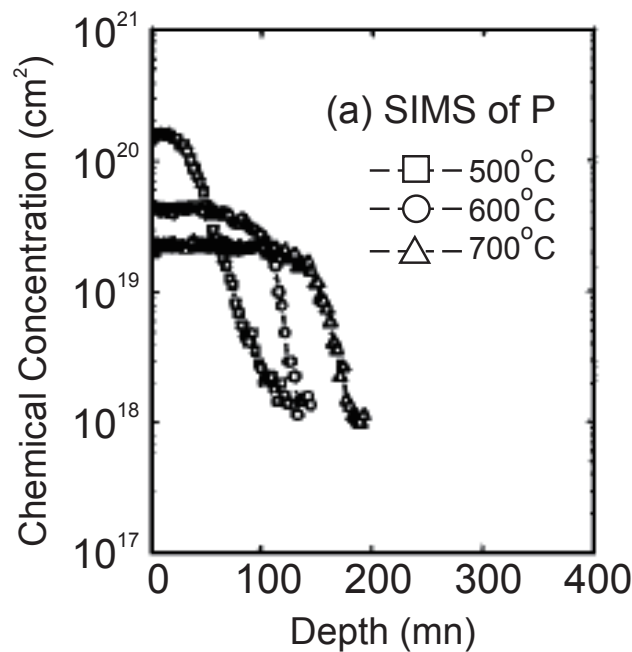


圖 1 P 原子在 Ge 中的擴散非常嚴重^[1]。

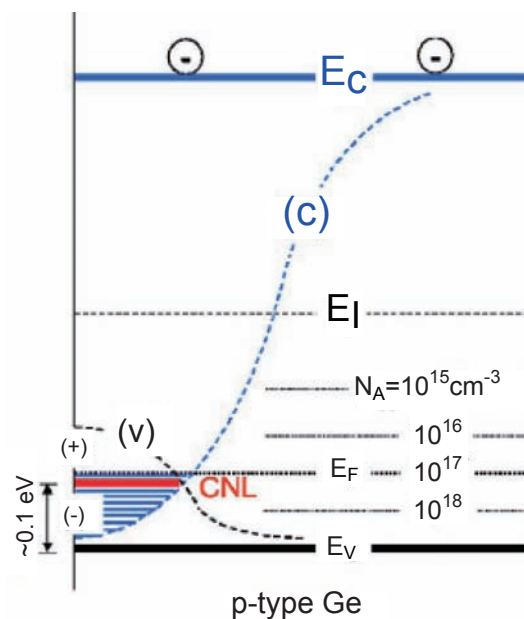


圖 2 Ge 材料當中會形成大量的類受體（acceptor-like）界面態存在，捕獲電子後會對通道內的電子產生散射^[2]。

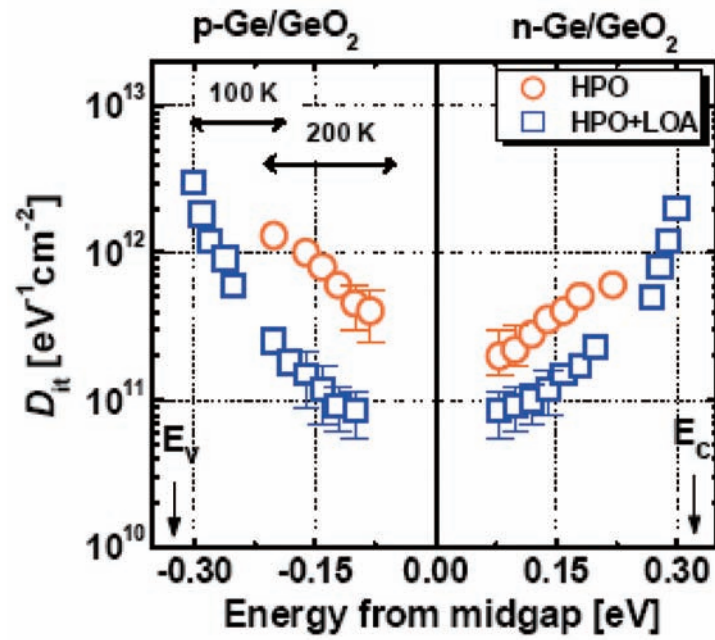


圖3 利用熱氧化 GeO_2 作為中間層，可將 high-k 與通道之間的界面態降低 [2]。

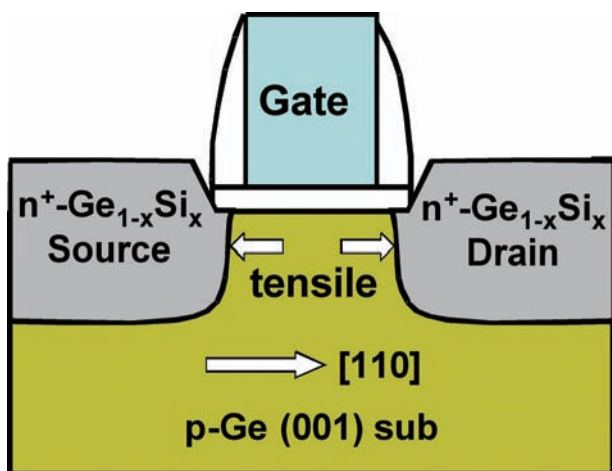


圖4 GeSi 源汲極應變 Ge nMOSFET 元件示意圖。

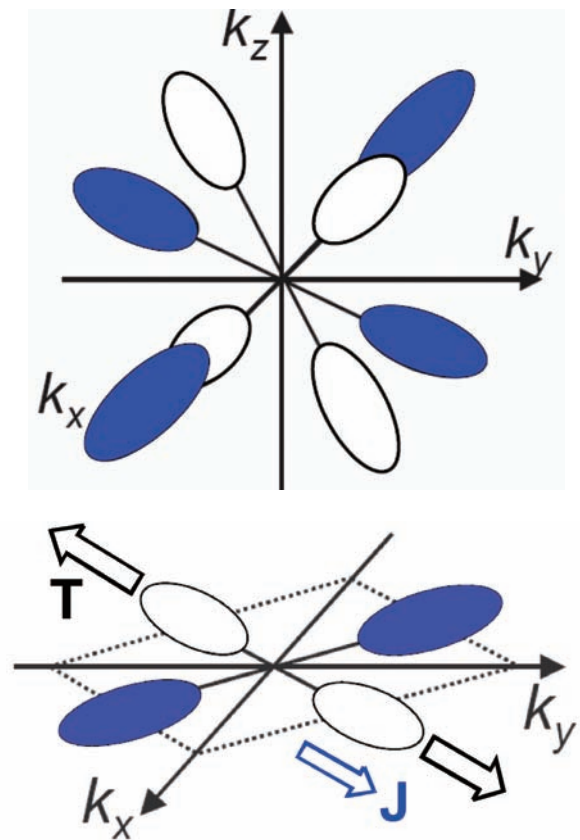


圖5 Ge 在 [110] 方向受到單軸伸張應力後的導帶等能面示意圖。

左右（圖3），由此製作出的 Ge nMOSFET 元件，其電子遷移率略優於 Si 的電子遷移率^[6]。這無疑為 Ge nMOSFET 元件的研發找回了希望，並為最終實現高性能 Ge CMOSFET 元件的製作提供了可能。

在本工作中，我們提出利用嵌入式 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 作為 Ge nMOSFET 元件的源汲（S/D）極（圖4）， $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ S/D 極 Ge nMOSFET 元件將具有以下優點：（1） $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 源汲極能夠提供單軸拉伸應變以增強電子遷移率；（2） $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 源汲極內的磷原子擴散可以得到很好的抑制；（3） $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 源汲極界面可以降低漏電；（4） $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 源汲極上面的 NiGe 製程具有較好的熱穩定性。

在〔110〕方向單軸拉伸應變條件下，Ge 的導帶最低能階將分裂成兩個子能階，即分別對應於圖5中的藍色能谷（energy valley）和白色能谷。由於圖中藍色所示的能谷所處的能階較低，室溫下電子將優先佔據（occupy）該能谷，當 Ge nMOSFET 通道沿〔110〕方向時，電子的傳導有效質量（conductivity effective mass）將主要有旋轉橢球面之短軸方向有效質量（ m_t ）決定。由於 m_t 很小，因此電子的整體電導遷移率（conductivity mobility）將得到提升。同時由於能階分裂，電子於能谷之間的散射機率也會降低，這一點也對遷移率有增強效果。

實驗

在本研究中，Ge 基版上高組成 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 薄膜的磊晶成長是由一台 SiGe 超高真空化學氣相沉積系統（UHV/CVD）來完成的。平常系統

反應腔體的背景真空可達 1×10^{-8} Torr，成長 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 薄膜所使用的氣體為 GeH_4 和 SiH_4 。在整個成長過程中，成長溫度設定為 400°C ，成長壓力維持為 20mTorr。成長完成後，我們利用雙晶 X 射線繞射儀（DCXRD）、透射電子顯微鏡（TEM）、二次離子質譜儀（SIMS）、四探針片電阻（Rs）量測、以及鍬鍍化（NiGe）製程來進行 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/\text{Ge}$ 薄膜的材料特性以及電性量測。針對 NiGe 製程，先由一台電子束蒸鍍系統在 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/\text{Ge}$ 上沉積一層 Ni 薄膜，蒸鍍腔體的真空為 1×10^{-6} Torr，沉積溫度為室溫，Ni 厚度為 20nm。NiGe 的形成由快速熱退火（RTA）技術來完成，退火溫度從 250 到 600°C ，退回時間為 30 秒，退火過程由氮氣氣流保護。為了驗證 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 的界面（junction）特性，我們還製作了 $n^+-\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/p-\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 二極體（diode），重摻雜 n 型區域的形成使用了磷離子佈置，佈置能量為 30KeV，劑量為 $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ ，佈置完成後於氮氣環境下再經過 600°C 或 700°C 30 秒的 RTA 載子活化；Al 金屬薄膜用作二極體的上電極和背電極，二極體的 I-V 特性由一台 Keithley 4200 半導體分析儀來量測。

結果與討論

要製作 GeSi 源汲極 Ge nMOSFET 元件，首要關鍵必須能在 Ge 基板上成長出高品質的 GeSi 磊晶薄膜，圖6是我們所成長不同 Si 組成之 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 薄膜的 X-Ray 繞射圖，繞射圖上的 GeSi 峰非常銳利，並且伴有 Pendellosung 條紋，表明 Ge 上的 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 具有良好的單晶品質和 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/\text{Ge}$ 界面。X 射線繞射技術的倒空間圖（RSM）

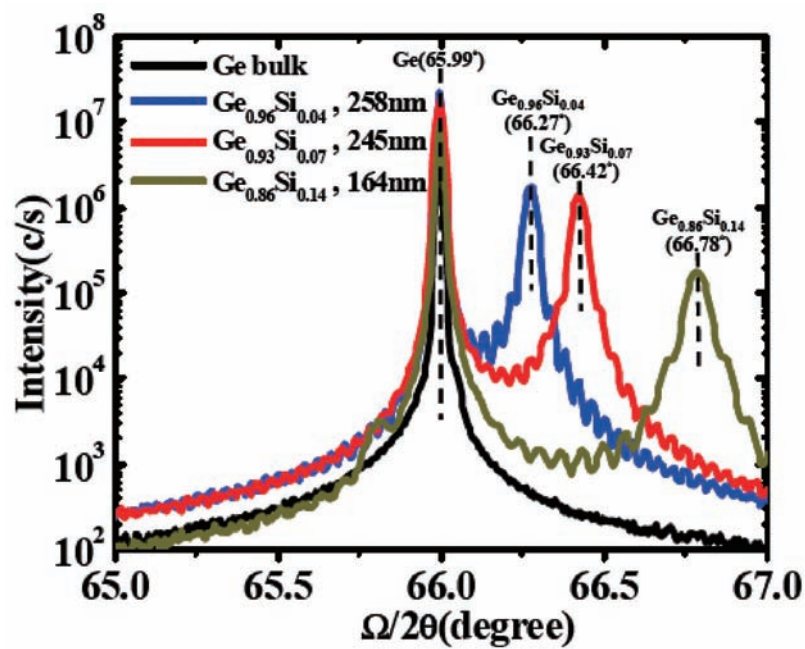


圖 6 Ge 基板上不同 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 磊晶層的 X-Ray 繞射曲線。

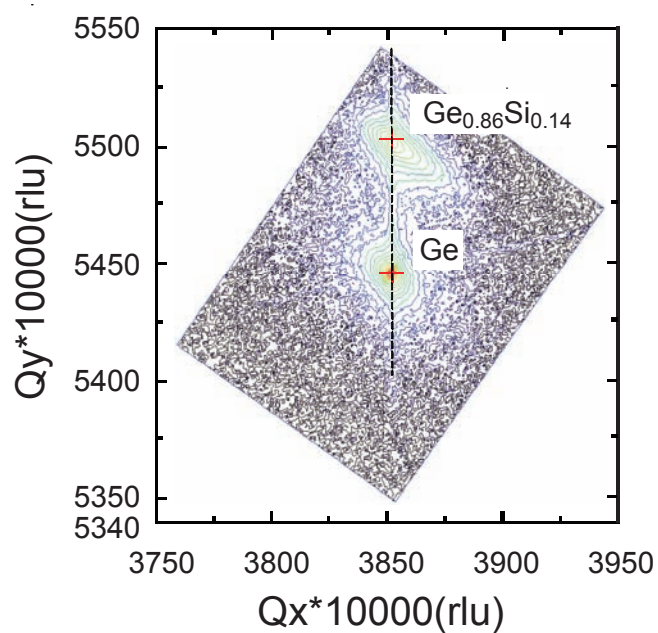


圖 7 由 X 射線繞射技術測到的 Ge 基板上 160nm $\text{Ge}_{0.86}\text{Si}_{0.14}$ 薄膜的 RSM 圖像。

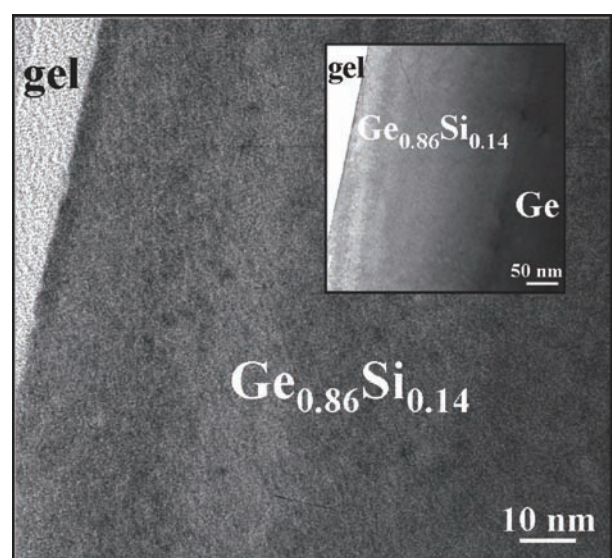


圖 8 Ge 基板上 160nm $\text{Ge}_{0.86}\text{Si}_{0.14}$ 薄膜的 TEM 影像。

(圖 7) 以及 TEM 影像 (圖 8) 顯示, 成長在 Ge 基版上的 164nm 厚度的 $\text{Ge}_{0.86}\text{Si}_{0.14}$ 薄膜呈現全應變狀態, 而且也沒有插排缺陷被觀察到。

我們對磷原子 (P) 在 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 內的擴散行為進行了研究, 在經過 RTA 之後, 相較於 P 在純 Ge 中的擴散, P 在 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 內的擴散可以得到有效的抑制 (圖 9), 因此利用 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 當作源汲極還可以解決 Ge 中 P 的嚴重擴散問題以及有利於製作淺接面 Ge nMOSFET 元件。由於 Si-Si 和 Ge-Si 的鍵能 (bond energy) 都大於 Ge-Ge 的鍵能, 我們認為 Si 原子加入到 Ge 當中, Si 原子會降低 Ge 材料內的空位和間隙性原子的密度, 由於空位數減少, Ge 材料內以空位輔助為機制的 P 原子擴散可以得到有效的抑制。

$\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 源汲極上的金屬接觸也是重要考量之一, 為此我們針對 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 以及純 Ge 進行了 NiGe 製程的研究。實驗上發現, 經過最佳化 RTA 之後, $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 上所形成的 NiGe 與 Ge 上形成的 NiGe 具有同等的最小電阻值 (圖 10)。另外, $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 上 NiGe 的最佳化窗口 ($500\sim 600^\circ\text{C}$) 大於 $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 的最佳化窗口 ($500\sim 550^\circ\text{C}$), 表明前者具有更好的熱穩定性。

為了驗證源汲極的接面特性, 我們製作了 $n^+-\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/\text{p-Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 二極體元件, 製作流程如圖 11。I-V 特性曲線量測顯示 (圖 12), 相對於純 Ge 二極體, $n^+-\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/\text{p-Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 二極體具有更好的整流特性和較低的反向漏電。

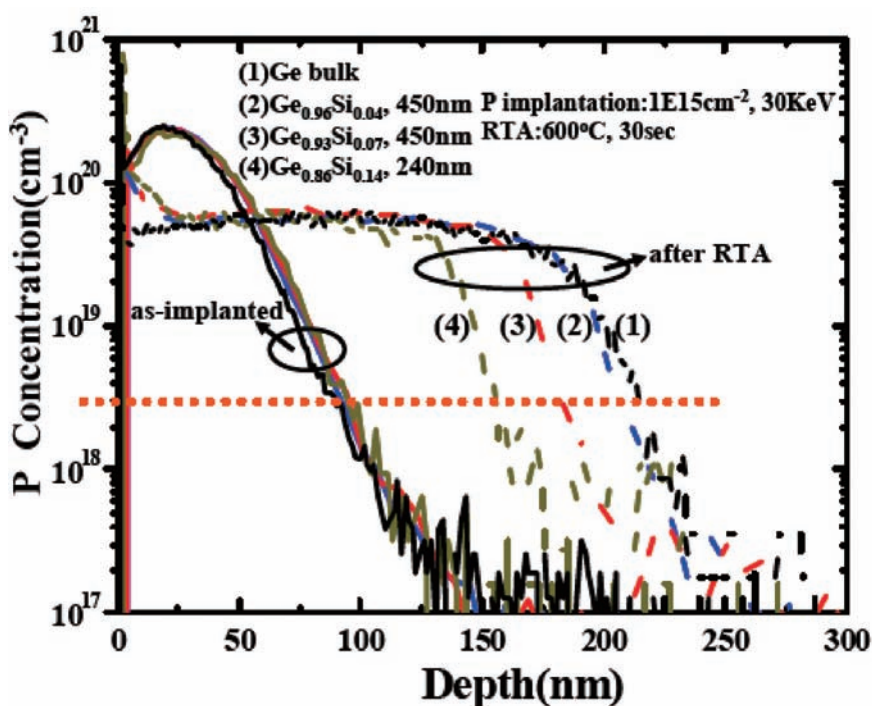


圖 9 相對於 Ge, $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ 內的 P 原子擴散可以得到有效的抑制。

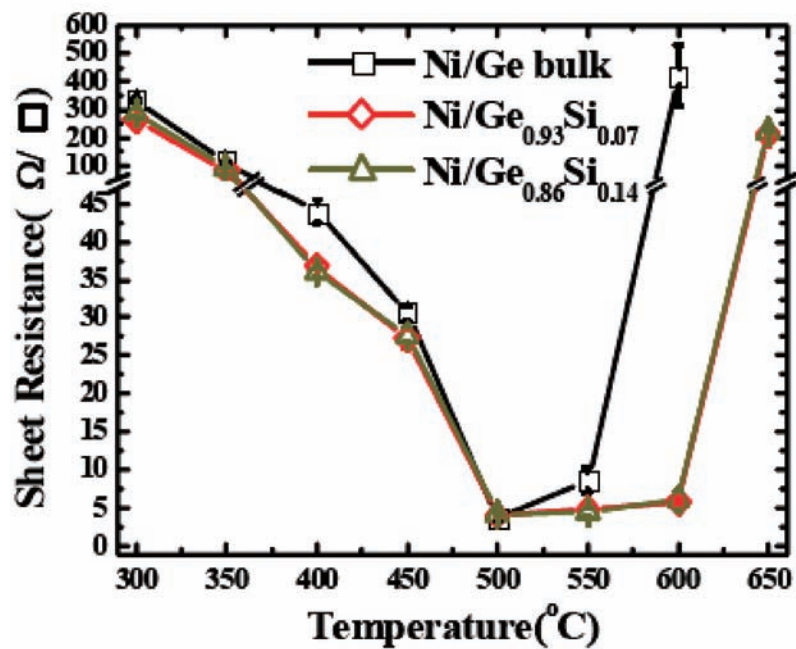


圖 10 GeSi 上所形成的 NiGe 具有更好的熱穩定性和同樣低的片電阻值。

- Wafer cleaning
- Deposit SiO₂ by PECVD
- Define n⁺ region
- Implant phosphorus (1E15, 30KeV)
- Deposit SiO₂ capping layer
- Dopant activation (600 °C, 30sec)
- Define contact hole
- Deposit Al and form electrodes by lift-off

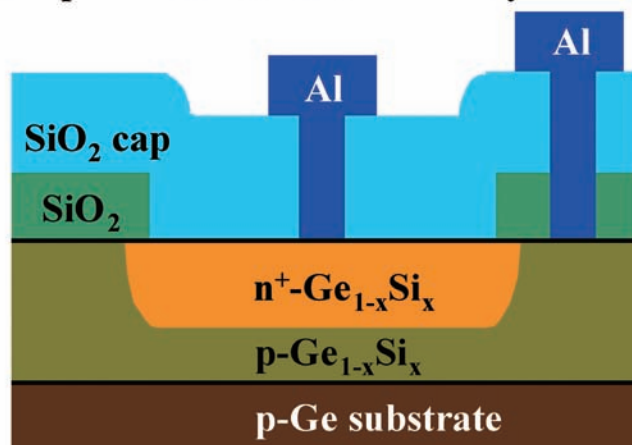


圖 11 n⁺-Ge_{1-x}Si_x/p-Ge_{1-x}Si_x 二極體元件製作流程及元件示意圖。

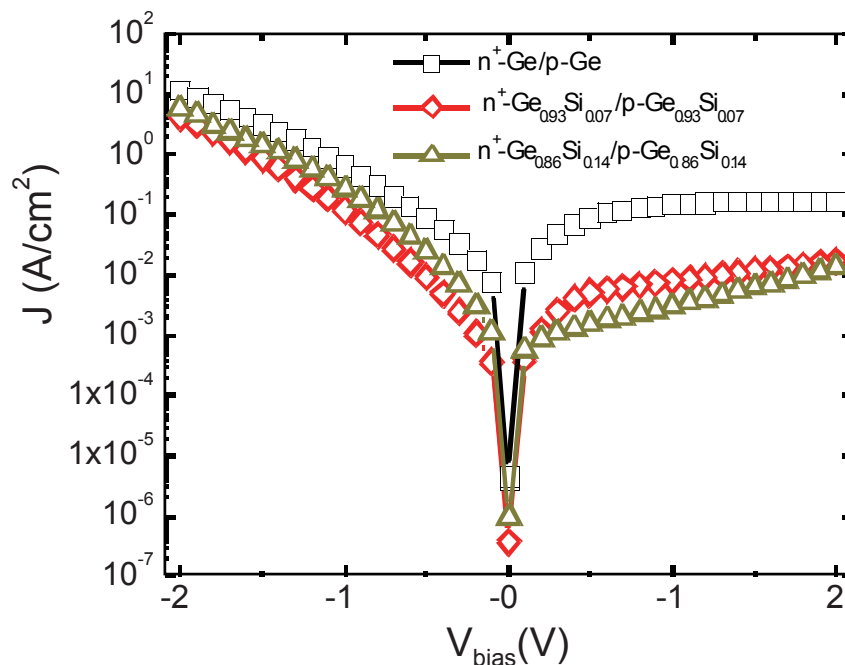


圖 12 與 n^+ -Ge/p-Ge 接面相比，在同樣製程條件下， n^+ -Ge_{1-x}Si_x/p-Ge_{1-x}Si_x 接面確實具有較低的漏電流和較好的整流特性。

結論

本文展示了 Ge 基版上高品質、伸張應變高組成 Ge_{1-x}Si_x 磊晶薄膜的成長；由於 Ge_{1-x}Si_x 單晶薄膜中 Si 原子的加入，空位密度可以降低，因而可以有效抑制磷原子的擴散；與 Ge 上的 NiGe 相比，Ge_{1-x}Si_x 上的 NiGe 具有更好的熱穩定性； n^+ -Ge_{1-x}Si_x/p-Ge_{1-x}Si_x 二極體在整流特性和漏電方面優於 n^+ -Ge/p-Ge 二極體，這些新的實驗發現表明，GeSi 源汲極對於 Ge nMOSFET 元件具有諸多好處，將可有效提升 Ge nMOSFET 元件的性能。

參考資料

[1] M. T. Currie, S. B. Samavedam, T. A. Langdo, C. W. Leitz, and E. A. Fitzgerald, "Controlling threading dislocation densities in Ge on Si using graded SiGe layers and chemical-mechanical polishing", Appl. Phys. Lett. 72, 1718 (1998)

[2] C.-Y. Peng, F. Yuan, C.-Y. Yu, P.-S. Kuo, M. H. Lee, S. Maikap, C.-H. Hsu, and C. W. Liu, "Hole mobility enhancement of Si_{0.2}Ge_{0.8} quantum well channel on Si", Appl. Phys. Lett. 90, 012114 (2007)

[3] Toyoji Yamamoto¹, Yoshimi Yamashita¹, Masatomi Harada, Noriyuki Taoka, Keiji Ikeda, Kunihiro Suzuki, Osamu Kiso, Naoharu Sugiyama and Shin-ichi Takagi, "High Performance 60 nm Gate Length Germanium p-MOSFETs with Ni Germanide Metal Source/Drain", IEDM 2007, 1041.

[4] Chi On Chui, Leonard Kulig, Jean Moran, and Wilman Tsai, and K. C. Saraswat, Appl. Phys. Lett. 87, 091909, 2005

[5] A. Dimoulas, P. Tsipas, A. Sotiropoulos, and E. K. Evangelou, Appl. Phys. Lett., 89, 252110, 2006.

[6] C. H. Lee, T. Nishimura, N. Saido, K. Nagashio, K. Kita, and A. Toriumi, "Record-high Electron Mobility in Ge n-MOSFETs exceeding Si Universality", IEDM 2009, 457.

科技交流

Technology Promotion

以前瞻及技術地圖串聯完整政策規劃價值鏈

文/圖 殷正華 科技政策研究與資訊中心
蔡璞 國立虎尾科技大學

前瞻是對未來所產生的一種洞見，包括對未來需求及新興機會與威脅的早期察覺，並在其中做策略性的選擇，最後經由行動規劃來實現我們所想要的未來，對於競爭日益激烈的現今社會來說，無疑是決勝的關鍵點。綜觀前瞻對於政策規劃的重要性，包括兩大層面的意義，一是前瞻的結果，一是前瞻的過程。在結果面來說，前瞻可以提供系統性的知識，並將社會意見反饋給決策者，因此可以提供不同角度的思考方向。在過程面來說，前瞻經由不同方法的操作，除了產生依方法特性所產出的成果以外，更重要的是跨領域多元知識的交流，經由活絡創新成員間的聯結，可以開拓決策者的視野，並提供廣泛的諮詢。

由於這些特性，近年來前瞻逐漸轉型為策略前瞻。所謂策略即含有規劃與選擇的意味，逐漸讓政策制定者瞭解到前瞻可以處理新興的威脅與機會，因此可以跨越傳統政策及部門間的界限以釐清未來的挑戰。雖然策略前瞻在政策的應用上仍不若學術應用普及，但歐洲許多國家，尤其是英國與荷蘭，已將前瞻應用於社會、經濟的永續發

展規劃上。在亞洲國家如日本、韓國，更已將前瞻與科技基本計畫緊密扣合，作為科技施政的重要依據。

前瞻在政策規劃之價值鏈

綜合 Habegger (2009) 等人的研究，已超越傳統前瞻的狹義活動，將策略前瞻擴大劃分為四個階段並與決策過程緊密扣合；包括前瞻之前置作業期、執行期、型塑期及行動期。以價值鏈來說，由資訊發展為知識再轉為洞見與行動，由表一所示流程可以清楚顯示前瞻在政策規劃的完整價值鏈。

在觀察各國應用前瞻進行政策規劃所產生的效益時可以發現，在此價值鏈中最關鍵的部分在於政策的規劃與執行，亦即縱使經由前瞻產生對於未來的洞見，若未能與政策體制扣合，那麼也僅只於對於未來的一種展望與期待，唯有透過政策規劃才得以真正落實願景的實現。以目前的策略前瞻發展來說，許多國家級的前瞻逐漸應用技術地圖來作為落實前瞻願景的有效工具之一。

表 1 發展策略前瞻的四個階段

執行階段	Phase I Pre-foresight 前置作業期	Phase II Foresight 執行期	Phase III Envisioning 型塑期	Phase IV Action 行動期
任務	● 資訊蒐集 ● 趨勢觀測 ● 趨勢分析	● 召集團隊 ● 調查、預測 ● 成果轉譯	● 想像未來 ● 策略規劃 ● 產生行動觀點	● 發展政策選項 ● 議程設定 ● 資源配置
價值鏈	Information → knowledge → insight → intelligence → action			
產出	趨勢水平掃描	前瞻調查報告	● 情境分析 ● 技術地圖	行動方案

資料來源：本研究整理自 Horton（1999），Popper（2008），Sedlacko & Gjoksi（2010）。

傳統上，技術地圖通常是比較基於商業或市場上的考量如產業技術地圖或產品技術地圖。到了 90 年代中期，許多研究機構及智庫逐漸發現技術地圖在決策情報中可以扮演重要角色，得以協助決策者對於公共投資做出最適選擇，並確保其對社會的貢獻；尤其在決策範圍越大的時候，越須要關注更上位的問題，例如科技研發的投入等，才足以因應未來可能之需求。尤其因為技術地圖不但可以找出研發瓶頸所在，更可以在政策議程設定（agenda-setting）中提供凝聚共識的重要功能，因此 Friedewald 等人（2005）認為技術地圖在標竿研究中提供了一種排定研發優先順序的絕佳操作方法。

觀察近年來確有許多案例顯示，對於不確定性高、須要投入長期研發規劃；或對於比較具有爭議性或須同時考量社會、環境、政治、法規等多面向議題時，更須要公眾討論或協調達成共識，或是須要政策支援配套的領域，如能

源、生技等，便廣泛應用科技政策技術地圖，如加州 Electric power Research Institute（EPRI）及加拿大政府便將能源技術地圖拉高到國家或政府層級，作為一種決策工具與策略規劃的過程。同時由於此類技術地圖在操作過程加入許多社會構面的需求，因此使得技術地圖在國家層級的重要性益發突顯。細數政府主導的國家型或跨國型技術地圖還包括美國政府的「US biomass technology roadmap」（2003）、歐盟「NanoRoadMap」（2005）、北歐五國聯合執行「Roadmap for H2 in the Nordic Countries」（2004）、日本經濟產業省「戰略技術地圖」（每年出版），以及韓國「國家技術地圖」（2002）、「total roadmap」（2006）、「以科技提昇生活品質」（2007）等。韓國甚至將前瞻結合技術地圖的成果，作為政府施政計畫的重要依據。日本則是將前瞻成果納入政策對應型預算，逐年調升策略性重要課題之研發預算經費。

除了應用層面不同以外，產業技術地圖或產品技術地圖多屬於探索式觀點，亦即立基於現在已知的進展，對於未來發展的一種探索。此類技術地圖時間軸幅通常為 10–15 年，比較容易趨於線性思考，尤其產業技術地圖如半導體產業地圖，為了滿足大多數業者需求，多以勾勒通用性研究需求為主。但國家技術地圖則較著重在國家競爭力及公共投資合理性，因此規劃的時間軸幅也較長期。而此類前瞻技術地圖多屬於規範式觀點，亦即先規範出我們想要達到的未來，再訂定達成目標的施政方案與資源配置的優先順序，最後經由政策工具輔助推動或實現所選擇的目標。此類型以韓國第三次、日本第八次、北歐五國氫能前瞻等最具代表，同時串聯德菲法、情境分析法、願景訂定、技術地圖規劃等工具成為一系列完整的前瞻計畫。

傳統德菲法與技術地圖之特性比較

單獨採用德菲法雖然可以預測出時間、產品、技術與功效等項目，但並未考慮到各技術間的關聯性，包括技術間的競爭與替代性，然而若在技術地圖上展開，易於掌握全盤性策略思考，也比較容易由需求面出發。因此對於未來的看法，技術地圖比起傳統德菲法可以採取更積極主動的態度，同時最大的優點在於操作過程中很容易因為資源盤點，發現重複浪費的部分，也容易找出彼此間的差距。

但另一方面，技術地圖比較難取得德菲法所涉及的技術困難度以及與標竿國研發實力比較等訊息，但這些訊息對於國家選擇發展目標是相當重要的。因為在開放創新的潮流趨勢下，很少國家能自主發展所有技術，有些技術可以透過合作或

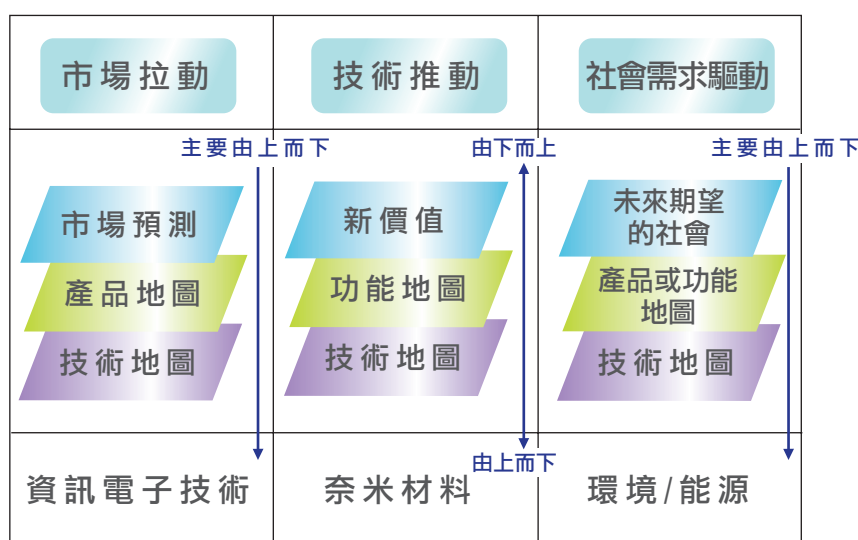
購買，將會更有效率。因此若能整合兩種方法，將可建立起三度空間的立體思維。

從另一方面來看，技術地圖從蒐集各方意見、廣泛參與及諮詢過程，以及制定行動方案的過程，在精神意義上也相當符合前瞻之預測未來、參與未來及辯論未來的精神，但是技術地圖在行動方案擬定上比其他前瞻方法較有著力點，因此技術地圖其實與前瞻在決策過程實在有著密不可分的關係。

然而，專家也提出，技術地圖在決策應用上不宜單獨應用，藉由前瞻等決策工具的配合與輔助，更可以突顯技術地圖在價值鏈中對於顧客需求的回應能力。同時由於德菲法的方法較具包容性，因此先以德菲法求得考慮之周延性，以獲取較多選項，再以技術地圖進行選擇與聚焦是比較完美的組合。然而弔詭的是，如果技術地圖的專家同時包含產官學研，反而會因背景不同、關注焦點不同而導致策略失焦。因此 Kanama 等人（2008）參考 NEDO 製作策略技術地圖的經驗，提出兩者同步進行的模式，再以共同委員會的形式加強兩者間的連結。最好先以系統觀提出技術重點方向，再以德菲法進行預測，最後將細部技術規劃交由技術地圖委員會完成細部規劃。

決策情報模式之建議與結論

此建議之並行模式與日本經濟產業省目前策略技術地圖做法大致相同，第一階段先導入未來情境所須之配套施政，第二階段以技術綜覽的方式列出對應情境之技術功能需求，第三階段再針對特定領域進行微觀的技術發展規劃。同時，經產省也針對技術特性提出三種不同技術地圖做法，



資料來源：Yasunage (2009)。

圖 1 三種驅動模式之技術地圖建議執行方式。

提供德菲法與技術地圖先後順序的建議，可供我國未來執行的參考。

對於電子、資訊技術等偏向市場驅動之領域，建議採取由上而下，由市場預測到產品再到技術進行展開；對於奈米與材料等技術驅動者，可同時由價值及技術雙向展開；對於環境、能源等社會需求驅動者，同樣採取由上而下，但是最上層由國家或社會願景出發，所須相關部門配合、協調、共同規劃之政策配套基礎建設，如人才、教育、研發、標準、法制等，再逐步展開到功能及技術項（圖 1）。

面對全球性的競爭，研發管理必須更集中、更有效率且更具前瞻性與策略性。尤其現今社會與科技，以及科技與產業競爭力的互動越來越密切，然而科技的複雜性及環境不確定性卻越來越高，政府與產業及社會之間亟需建立共同的目標與方向。如何有效聯結技術地圖及前瞻方法，以建構創新政策的完整價值鏈，將成為未來知識型社會在政策規劃上最有效的利器。

參考資料

- [1] Beeton, D. A., Phaal, R., Probert, D. R., (2008) Exploratory Roadmapping for foresight, Int. J. Technology Intelligence and Planning 4 (4) : 398-412
- [2] Da Costa, O., Boden, M., Friedewald, M., (2005) Science and Technology Roadmapping for Policy Intelligence, The Eighth Futurological Colloquium "Designing the Future in Europe '05"
- [3] Kanama, D., Kondo, A., Yokoo, Y., (2008) Development of Technology Foresight : Integration of Technology Roadmapping and the Delphi Method, Int. J. Technology Intelligence and Planning 4 (2) : 184-200
- [4] Popper, R., (2008) Foresight Methodology: an Overview, IFQ Bonn, Germany
- [5] Sedlacko, M., Gjoksi, N. (2010) Futures Studies in the Governance for Sustainable Development : Overview of different tools and their Contribution to Public Policy making, ESDN Quarterly Report
- [6] Yasunage, Y., Watanabe, M., Korenaga, M., (2009) Application of Technology Roadmaps to Governmental Innovation Policy for Promoting Technology Convergence, Technological Forecasting & Social Change, 79 : 61-79
- [7] 蔡璞，(2010) 技術地圖實務精要，鼎茂出版社

颱風定量降雨技術發展

文/圖 于宜強、張智昇、陳永明、鄭兆尊 國家災害防救科技中心

臺灣地區天然災害造成的經濟損失，根據統計前三名分別為颱風、豪雨與地震。每年的五月到十月是臺灣地區的汛期，就臺灣氣候分類正是梅雨季與颱風季，在這個期間梅雨鋒面與颱風事件常常導致臺灣出現大規模的豪大雨事件，伴隨著豪大雨的發生經常引發平地的淹水及山區的山洪爆發與土石流等災害。在防救災的工作上，如何掌握豪大雨的發生時機、地點與降雨規模是目前急需突破的課題。

90 年代開始，臺灣地區就積極推動定量降雨的研究，包括加強觀測資料的精度與密度，整合遙測雷達與衛星資訊進行雨量估計，發展臺灣地區數值預報技術，多年的努力下使得臺灣的定量降雨預報技術發展已有大幅進步。陳與謝等（1991）曾分析臺灣地區豪（大）雨預報能力，發現對颱風豪（大）雨預報之預兆得分（threat score, TS）為 0.6，前估（prefiguration, PF）^[1] 為 0.62，後符（postagreement, PA）^[1] 為 0.83；而對梅雨季之豪（大）雨預報則預兆得分為 0.2，前估為 0.18，後符為 0.57。顯然，針對豪（大）雨預報能力現況、改進空間以及問題所在，梅雨與颱風有很大的差異。

[1] 量化降雨預報結果的校驗，首先確定校驗降雨量的大小，依預報降雨範圍（面積；F）、實際觀測降雨範圍（面積； ϕ ）以及正確預報範圍（面積；C）定義下列參數：預兆得分 = $C / (F + \phi - C)$ 、前估 = C / ϕ 與後符 = C / F 。

雖然颱風期間降雨預報能力較好，分析颱風數值預報成果的誤差，發現主要誤差的來源仍存在於數值預報的颱風路徑、颱風移動速度、颱風結構與降雨物理過程等等。過去王等（1986）與 Chang et al.（1993）利用氣候統計法，發展臺灣地區颱風降雨預報的方法，此方法的研究中發現臺灣地區在颱風期間降雨變化主要是受颱風環流與臺灣地形交互作用影響，只要能掌握颱風位置就能得到臺灣地區降雨的空間分佈，但卻無法準確掌握實際定量降雨的規模。為彌補氣候統計方法與數值預報方法在定量降雨預報的缺點，國家災害防救科技中心（NCDR）在颱風期間，利用數值預報系統作為預報雨量的基礎，使用中央氣象局官方預報路徑做為路徑修正的依據，透過修正模式中颱風路徑與移速等誤差，產生可提供防災作業使用的定量降雨資訊。

颱風降雨數值預報系統介紹

數值動力模式

自 2006 年起，本中心開始發展天氣動力數值預報模式，評估當時軟硬體適用特性，決定

採用美國國家大氣研究中心（NCAR）發展之新一代中尺度動力模式 WRF（The Weather Research and Forecasting Model），此模式的發展已經進入逐漸成熟的階段，並開始取代過去 MM5（The Fifth-Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model）模式架構，受氣象界廣泛使用。

WRF 模式是由美國近年來結合學術界（National Center for Atmospheric Research；NCAR）與作業單位（National Centers for Environmental Prediction；NCEP、Forecast System Laboratory；FSL、Air Force Weather Agency；AFWA 及 Federal Aviation Administration；FAA）的人力與資源所發展出的下一代中尺度動力數值模式，模式發展考量作業單位例行性預報業務與

學術研究之所需，因此強化程式碼模組化與平行化，並納入初始資料同化（Data assimilation）技術。此外，WRF 模式對於數公尺至數千公里之不同尺度的真實天氣系統，均具備模擬能力，此模式提供作業單位與學術研發單位更佳緊密合作與技術轉移的機會。

本院災防中心所使用之 WRF 之動力模組為 Advanced Research WRF（ARW），此模式為可壓縮、非靜力模式，垂直座標為 η 座標系統（質量座標），提供了降水物理過程、大氣輻射過程、大氣邊界層過程、地表過程及次網格渦流擴散等物理參數化法，可對不同大氣環境條件選擇最佳之組合進行模擬。目前中心作業用之模式共有三層巢狀（Nesting）的設定，第一層：解析度 45 公里，東西方向、南北方向和垂直方向的格點數分別為 140、105、31；第二層：



圖 1 NCDR 動力數值模式模擬的範圍，模擬的範圍有三層，第一層解析度為 45 公里、第二層為 15 公里及第三層為 5 公里。

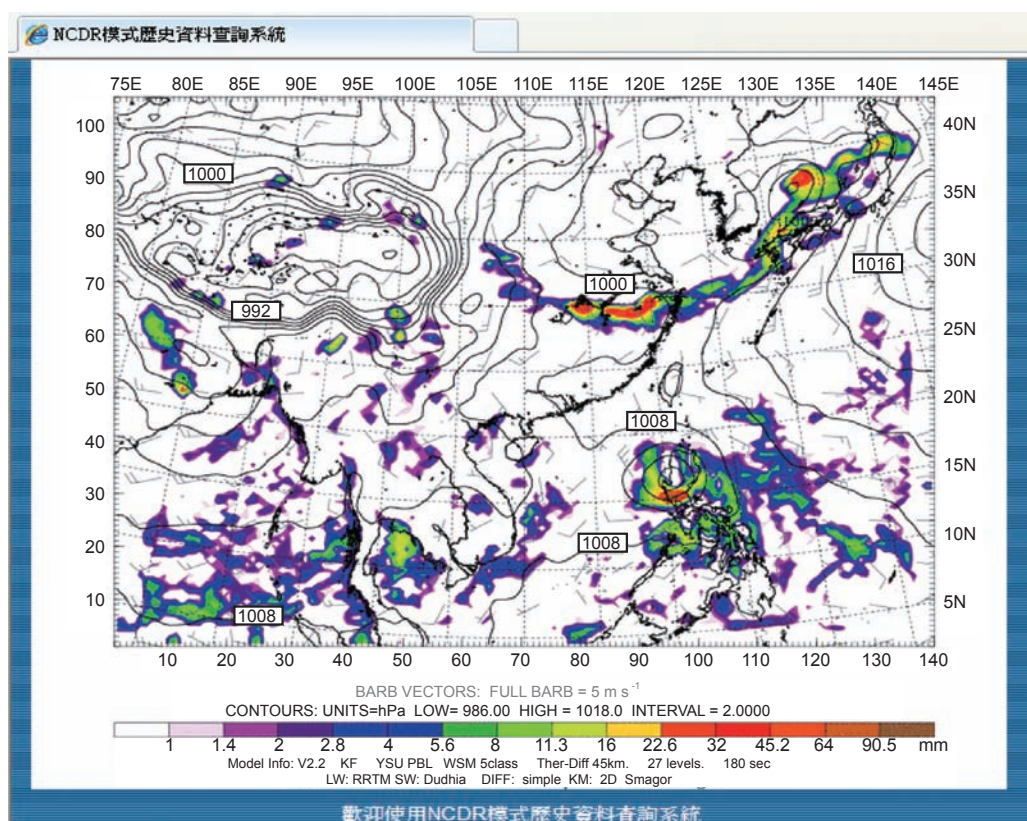


圖2 上圖為本中心災害應變作業資訊網入口網頁，下圖為2010年07月13日00Z模擬結果，圖中菲律賓的低壓系統為康森颱風。

解析度 15 公里，東西方向、南北方向和垂直方向的格點數分別為 100、100、31；第三層：解析度 5 公里，東西方向、南北方向和垂直方向的格點數分別為 121、121、31（三層巢狀分佈如圖 1）。三層模式的時間積分間距分別為 225/75/25 秒；總預報積分的時間為 72 小時；預報時所使用之全球初始場與邊界條件為 NCEP GFS 的分析與預報場資料。模式中物理參數化的選擇是採用簡等（2006）及洪等（2006）研究中建議的選項，邊界層參數化使用 Yonsei University（簡稱 YSU，Hong and Pan 1996）、微物理參數化過程使用 WRF Single - Moment 5-Class（簡稱 WSM5，Hong et al. 2004）及積雲參數化使用 Kain-Fritsch（簡稱 KF，Kain and Fritsch 1990）。其他物理參數部分包括長波輻射參數法為 RRTM scheme、短波輻射參數法為 Dudhia scheme、地表過程為 Monin-Obukhov scheme、陸地地表部分為 5-layer thermal diffusion。每日進行 00UTC、06UTC、12UTC 及 18UTC 四次預報，並即時將預報結果提供本中心應變網頁使用（如圖 2）。

颱風降雨系集模式

根據上述模擬的架構，模式有三層的巢狀架構，最高解析度為 5 公里，可提供每小時降雨預報資訊。經過許多研究均顯示，動力模式模擬颱風時，影響降雨的最主要因素即是颱風路徑的誤差，預報路徑誤差經常會來自模式內部的物理過程與模式地形的效應，相同的模式組合針對不同的個案其模擬結果均不同。如何在颱風應變期間針對已發現的路徑誤差進行修正是本模式系統發展的主要特點（廖等，2009）。

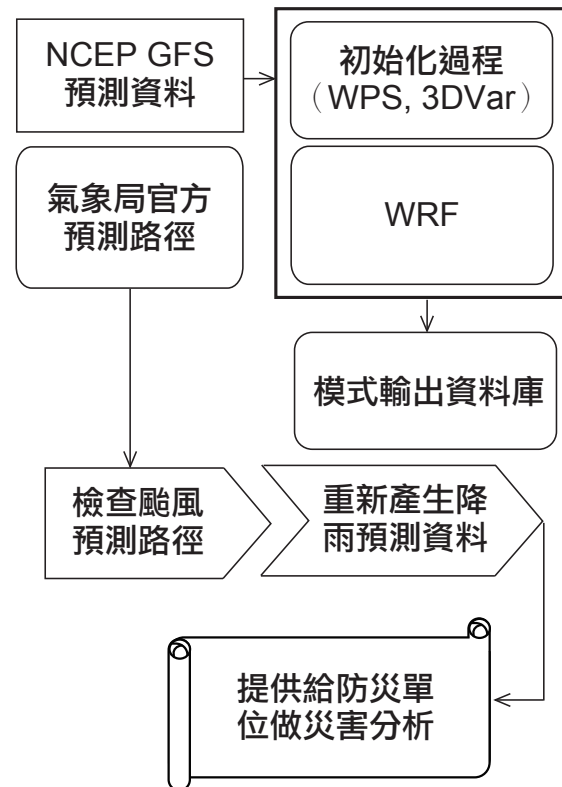


圖 3 颱風降雨系集預報模式架構。

在颱風警報期間，數值模式預報颱風的路徑並不會完全與中央氣象局官方預報路徑完全相同，在應變防災作業中無法得到與官方預報路徑情境相同的定量降雨的資訊。在此利用不同初始資料預報的雨量資料作為基礎資料，根據中央氣象局官方預報路徑進行模式內預報颱風路徑的調整，將預報颱風路徑與移速誤差減到最小，作業流程圖如圖 3，所得到的雨量是已經降低路徑預報誤差的雨量資訊，將修正後的降雨資訊提供給防災作業單位進行後續災害研判使用。

實際颱風事件測試與應用

以 2008 年辛樂克颱風為例，此颱風路徑屬於氣象局颱風路徑分類之二號路徑。在接近臺灣之時，颱風在宜蘭外海速度減慢且呈現原地打轉，由於影響臺灣的時間拉長，因此整場降雨量相當

2008 SINLAKE

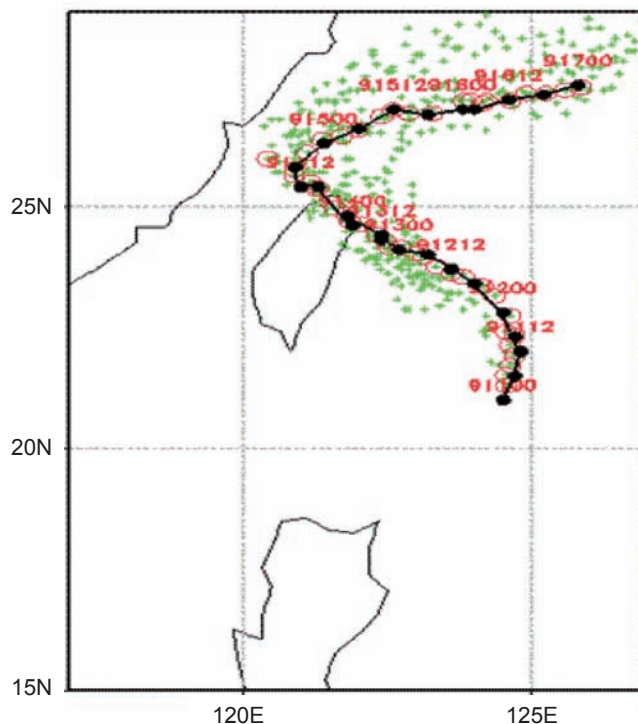


圖 4 辛樂克颱風期間模式預測點位、實際路徑與系統選取點位。

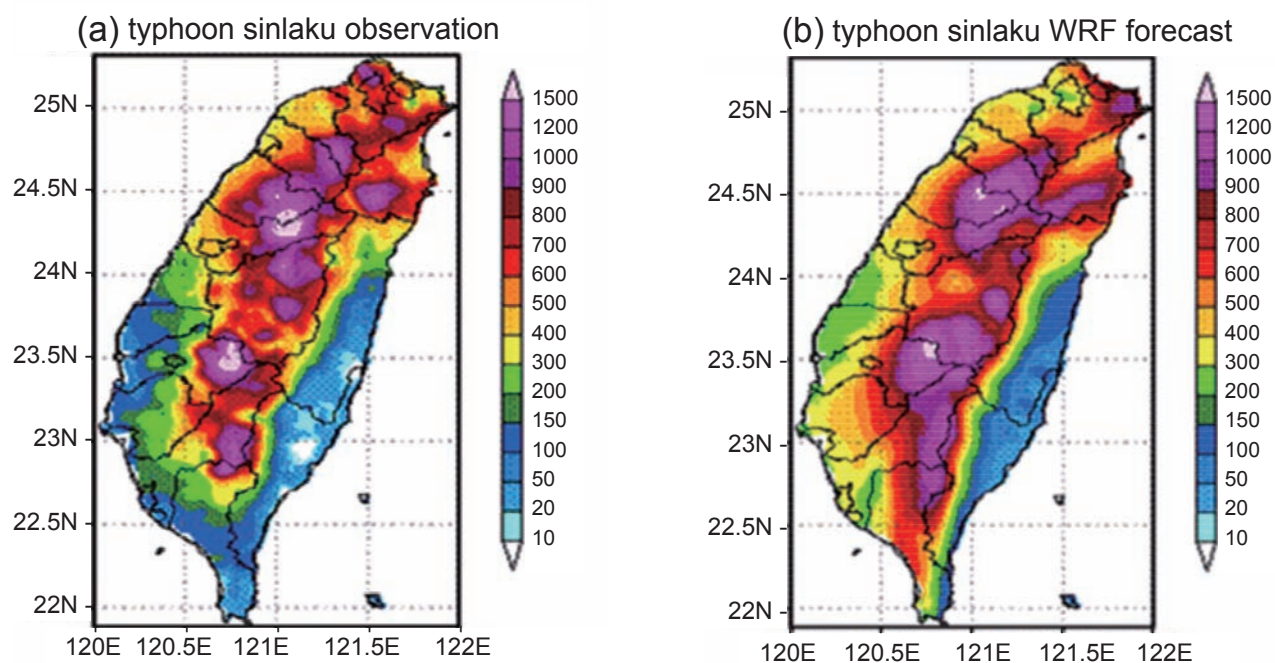


圖 5 辛樂克整場颱風降雨比較，左圖為實際觀測結果，右圖為修正後預測結果。

的大，圖 5 (a) 為實際觀測資料。分析辛樂克颱風的整場颱風降雨量，主要降雨分佈在大臺北地區、桃竹苗地區、南投山區及高屏山區，最大累積雨量超過 1500 毫米，造成臺中、南投地區重創，如后豐斷橋、豐丘明隧道山崩及廬山溫泉區飯店倒塌等災情產生。圖 4 為模式預測颱風路徑與實際路徑的比對，WRF 模式預報颱風的路徑，從模式 9 月 11 日以後的預報結果中發現，預測颱風移動路徑皆以接近宜蘭附近北上為主，其中部分預測結果則是通過臺灣東北部的陸地，其他則以偏北方向行進，預測路徑的趨勢雖與實際結果相近，但速度方面均有明顯的偏差，無法模擬出颱風在宜蘭外海減慢、打轉的情形，模式預測的颱風影響的時間較短，導致預測颱風總量比實際降雨少。在此利用實際颱風路徑與預測路徑進行雨量修正，修正後整場降雨預測（如圖 5）作為最後預報結果。以辛樂克颱風個案結果為例，臺灣地區颱風降雨的分佈與實際降雨空

間分佈相當接近，空間的相似性的相關係數高達 0.8 以上。

分析 2007–2008 年共 11 場颱風，經路徑修正後的雨量（圖 6 為 11 個颱風空間相似性分析），空間相似性的相關係數除了如麗颱風修正後的降雨不足 0.5 以外，其他場颱風相關係數均達 0.5 以上，並有四場颱風相關係數高達 0.8 以上（包括哈格比、辛樂克、卡玫基與韋帕颱風）。尤其辛樂克與卡玫基颱風都是 2008 年重創臺灣的颱風，此二場颱風都有其特殊性，不易預報。在使用修正方法修正後，均可以掌握颱風的獨特性，實為不易。仔細檢視颱風預報降雨的差異，修正後的降雨均已大致掌握降雨的空間分佈，僅部分山區降雨極值仍存在些許差異。另外部分颱風因臺灣地區的降雨偏少或是數值預報模式完全無法正確預測行進路徑、位置及趨勢，都是造成修正法無法有效修正的可能原因。

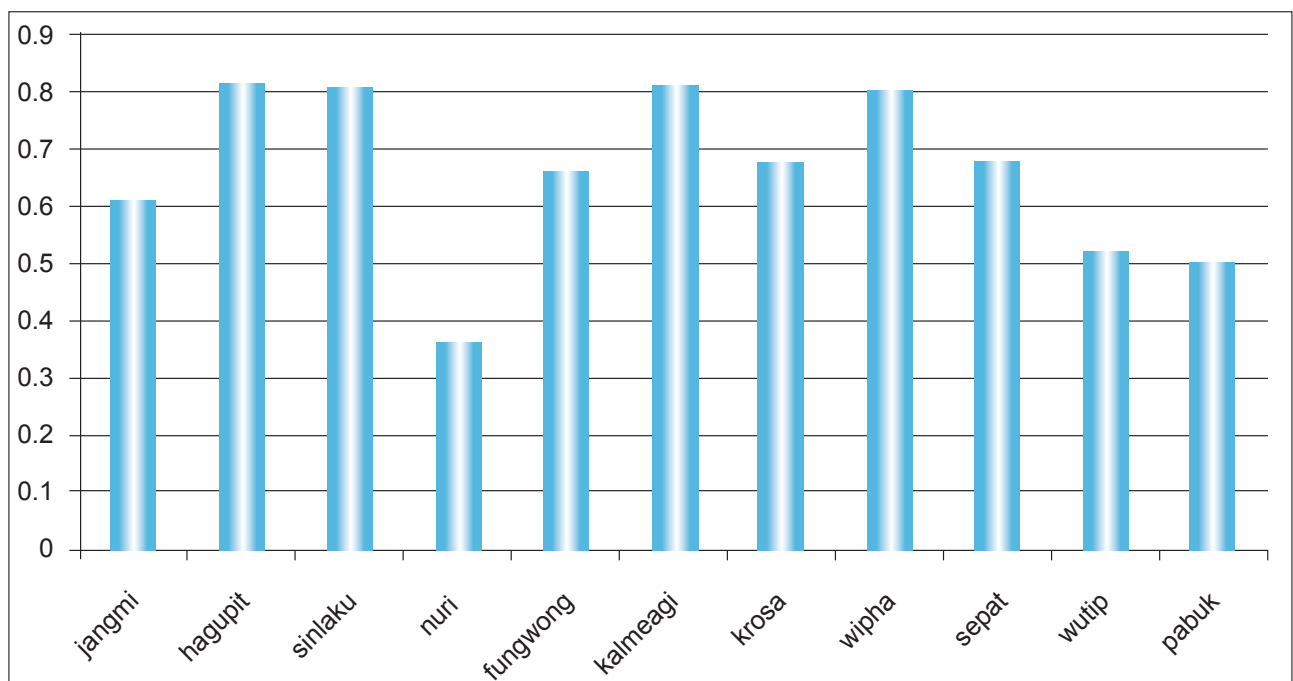
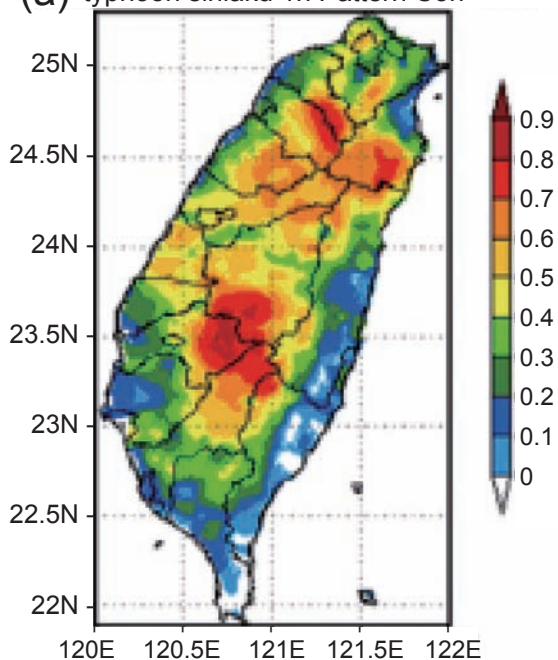


圖 6 2007–2008 整場颱風降雨空間相似性分析結果，數值為空間區域相關性係數。

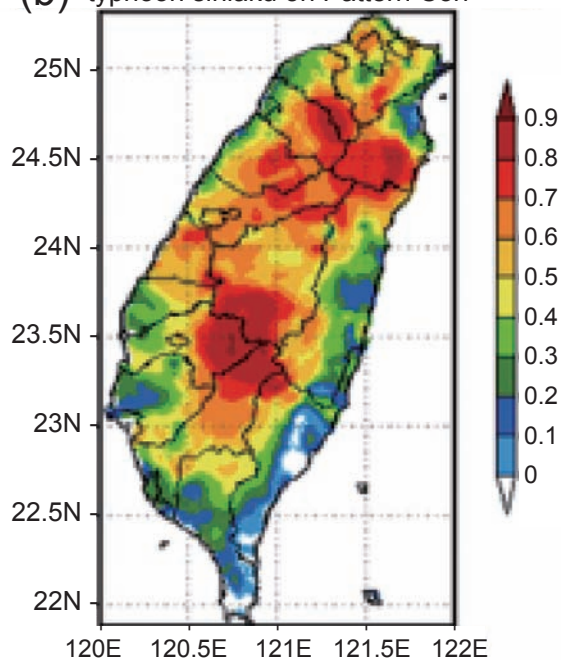
由於修正法是利用颱風定位進行修正，無法修正颱風內部結構的對流雲系，因此對短延時降雨的預報能力明顯偏低。不同延時降雨的時間相關係數分析中，不同颱風 1 小時延時降雨的時間相關係數平均不足 0.5。降雨延時時間延長至 6 小時，有五個颱風個案相關係數可以超過 0.6（包括薔蜜、辛樂克、鳳凰、柯蘿莎及韋帕颱風），

24 小時延時雨量相關係數則有六個颱風可以超過 0.7 以上，且除了卡玫基與聖帕颱風在時間相似性上表現較差外，其餘所有颱風個案的時間相關係數均可以達到 0.5 以上。比對降雨延時相關係數的空間分佈（如圖 7），以辛樂克颱風為例，降雨延時越長，相關係數值就越大。由此說明，修正法雖不能提供每一個小時準確的降雨，

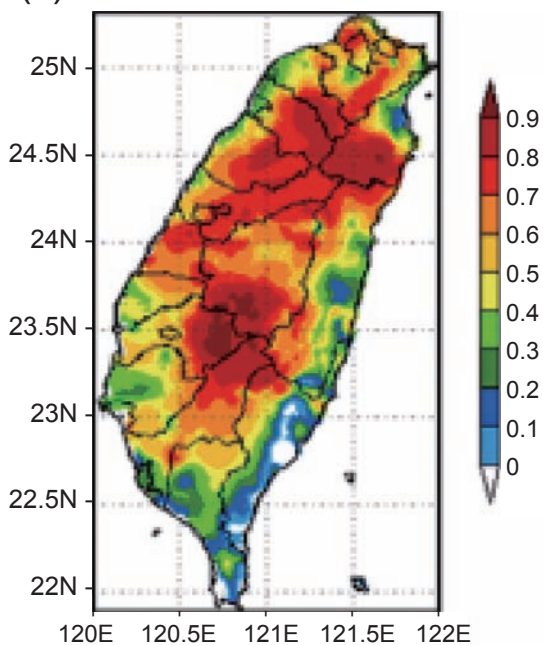
(a) typhoon sinlaku 1h Pattern Corr



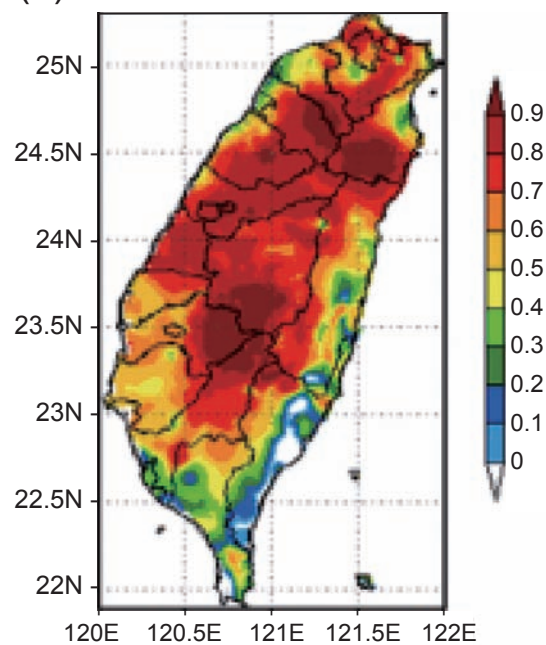
(b) typhoon sinlaku 3h Pattern Corr



(c) typhoon sinlaku 6h Pattern Corr



(d) typhoon sinlaku 12h Pattern Corr



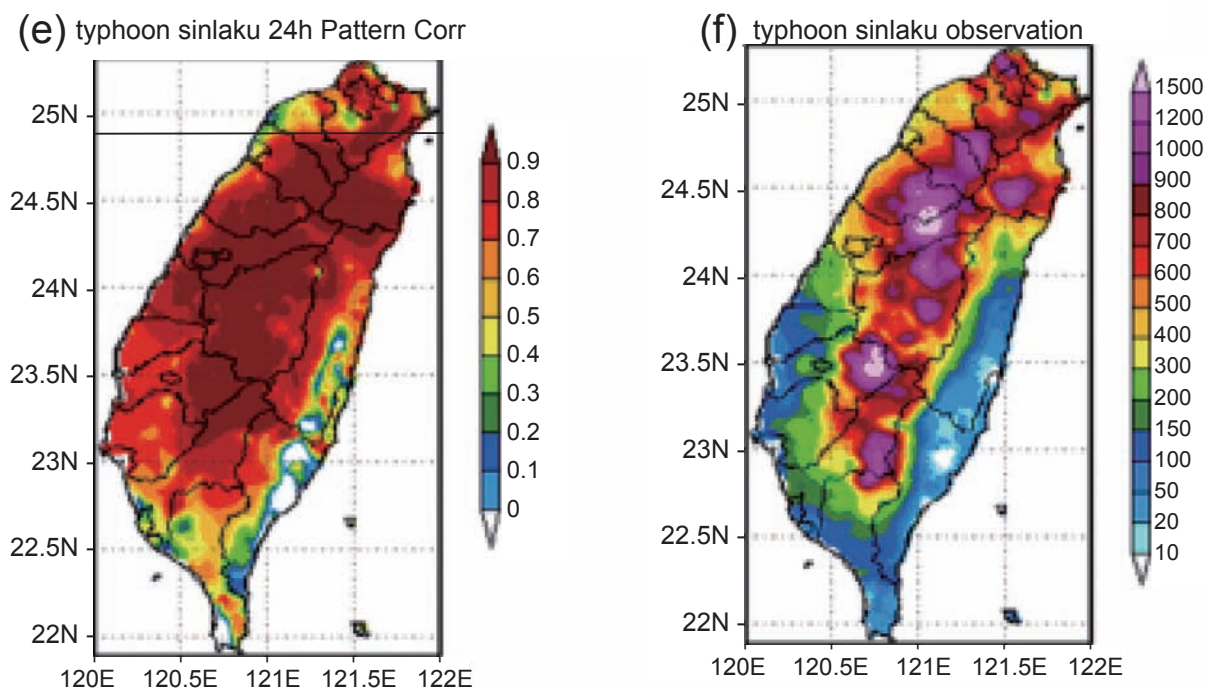


圖 7 降雨延時相關係數空間分佈，(a) 1 小時延時、(b) 3 小時延時、(c) 6 小時延時、(d) 12 小時延時、(e) 24 小時延時、(f) 實際整場雨量分佈。

但 12–24 小時累積降雨量在時空分佈預測方面，有其重要的參考價值。

後續應用與發展

本定量降雨預報系統，於 2009 年颱風應變期間已開始進行系統線上 (on-line) 測試。莫拉克颱風侵臺應變期間，已可以有效掌握臺灣南部地區極大降雨的訊息，但在實際降雨位置的預測方面，顯現仍有許多的偏差亟需改善，但已經可以提供寶貴的防災訊息供應變研判使用。中央氣象局亦在 2010 年要求將此技術轉移至實際預報作業，預計利用二年的時間，將此方法建置於氣象局數值預報系統之中，屆時可以提供氣象局預報中心更多的定量降雨預報參考資訊。

參考資料

- [1] 洪景山、林得恩、簡芳菁、劉素屏、周仲島、林沛練、張文錦、繆瓚如、陳致穎、雷銘中，2006：WRF 模式之敏感度測試，第一部分：探空測站上的校驗。大氣科學，241-260。
- [2] 簡芳菁、洪景山、張文錦、周仲島、林沛練、林得恩、劉素屏、繆瓚如、陳致穎，2006：WRF 模式之敏感度測試第二部份：定量降水預報校驗。大氣科學，261-276。
- [3] 廖宇慶、于宜強、王安翔、翁進登、張智昇、游保杉、傅金城、張駿暉、黃成甲、葉森海、周憲德、林聖琪、陳韻如、柯明淳、陳聯光、蕭代基、李欣輯、楊惠萱，2009：降雨預警技術之風險評估 (98-T10)。國家災害防救科技中心。
- [4] Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, 1996: Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. Mon. Wea. Rev., 124, 2322 – 2339. – , J. Dudhia and S.-H. Chen. 2004: A revised approach to ice microphysical processes for the Bulk parameterization of clouds and precipitation. Mon. Wea. Rev. 132, 103 – 120.
- [5] Kain, J. S., and J. M. Fritsch, 1990: A one-dimensional entraining/ detraining plume model and its application in convective parameterization, J. Atmos. Sci. 47, 2784 – 2802.

臺美三層樓挫屈束制斜撐構架網路合作擬動態試驗方法

文/圖 王孔君、陳家乾 國家地震工程研究中心

簡介

本院國震中心（NCREE）於今年五月與美國加州大學柏克萊分校（UCB）土木與環境工程學系合作進行了一以三層樓挫屈束制斜撐（BRB）構架為試體之網路合作式子結構擬動態試驗。本試驗之目的除了在於透過試驗資料研究含薄型挫屈束制支撐構架之結構耐震行為，亦期望能透過本試驗之進行驗證 UCB 所發展之結構試驗電腦程式 OpenFresco 與國震中心最新建立之擬靜態結構試驗軟體架構 “Software Framework for Quasi-Static Structural Testing”（SFQSST）之可用性。本文描述與試驗相關之電腦軟體技術。

從驗證試驗方法的角度來看，本次試驗目標為利用 OpenSees 進行結構動力歷時分析，試體位移控制部份則採 OpenFresco 配合 Simulink xPC Target、SCRAMNet 及 MTS STS 軟體為之。試驗過程中所獲取之即時資料則希望由國震中心原本已發展完成之網頁系統於試驗過程中展示於網際網路上。利用 OpenSees 與 OpenFresco 進行子結構擬動態試驗，雖在 UCB 已有完整實做經驗，但在國震中心則為首次嘗試。試驗過程中，欲展示之即時資料實則分散於 OpenSees 與 OpenFresco、制動器

控制系統及資料輯錄系統（DAQ）中，如何以一致且有效率之方式將之取得並加以處理，則為 SFQSST 所負責部分。

試驗參數

圖 1 為本試驗所測試試體之照片、立面圖，與結構分析模型。分析模型包括一個用以模擬試體之 GenericElement、一根靠桿（leaning column）與將此二者連結之三根桁元件。在動力歷時分析前，先進行一靜態分析，施加大小等同於構架所承受重力之外力於靠桿上，即可模擬重力在試體變形上所造成之二次效應。透過質量之設定，使本結構之第一模態週期約為 0.6 秒。數值積分法採用 OpenSees 中之 NewmarkHSCFixedNumIter 積分法為之，積分步伐為 0.005 秒。測試使用之地震紀錄為 SAC 計畫中之 LA03。本研究調整最大地表加速度（PGA）使其為 50gal 與 530gal 以分別進行彈性與非彈性試驗。

軟體合作連線架構

圖 2 顯示本試驗所採用之軟體連線架構。如前所述，OpenSees 與 OpenFresco 之主要任務在於擬動態試驗的進行。

NetMeasure 為一支援 EMTP (Experimental Measurement Transmission Protocol)，且利用 SFQSST 建置而成之資料收集與傳輸程式。EMTP 與 SFQSST 之簡介詳下小節。NetMeasure 之主要任務為接收

由 OpenSees 所傳來之靠桿剪力與接收由 OpenFresco 所發送之觸發 (trigger) DAQ 系統工作指令並實際觸發 Pacific 6000 資料收集系統。每一逐步積分步伐中，各程式之詳細工作內容如下：

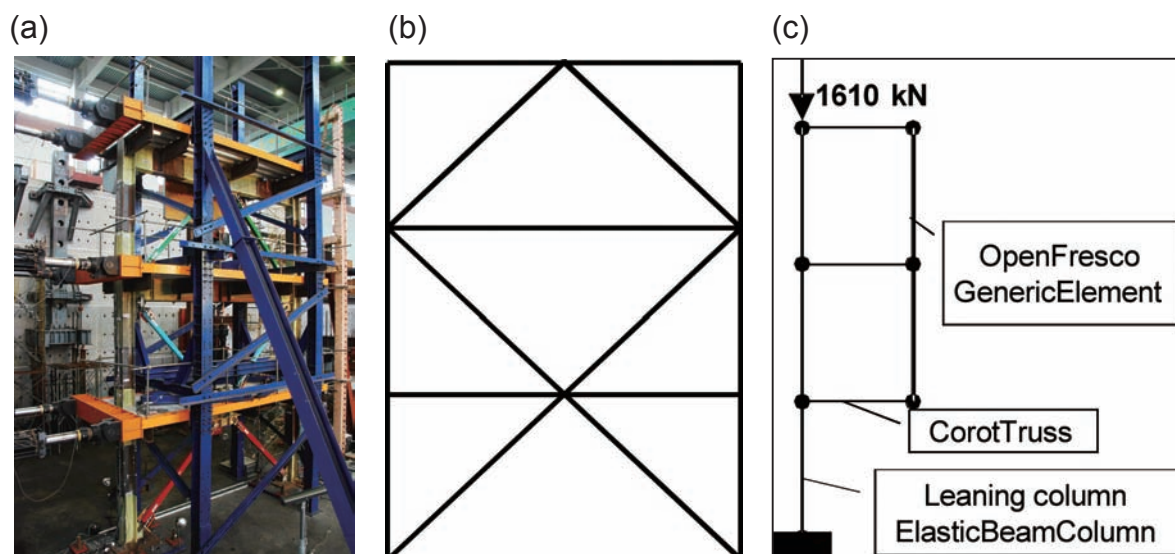


圖 1 三層樓挫屈束制斜撐構架試體，(a) 試體照片、(b) 試體立面圖、(c) 結構分析模型。

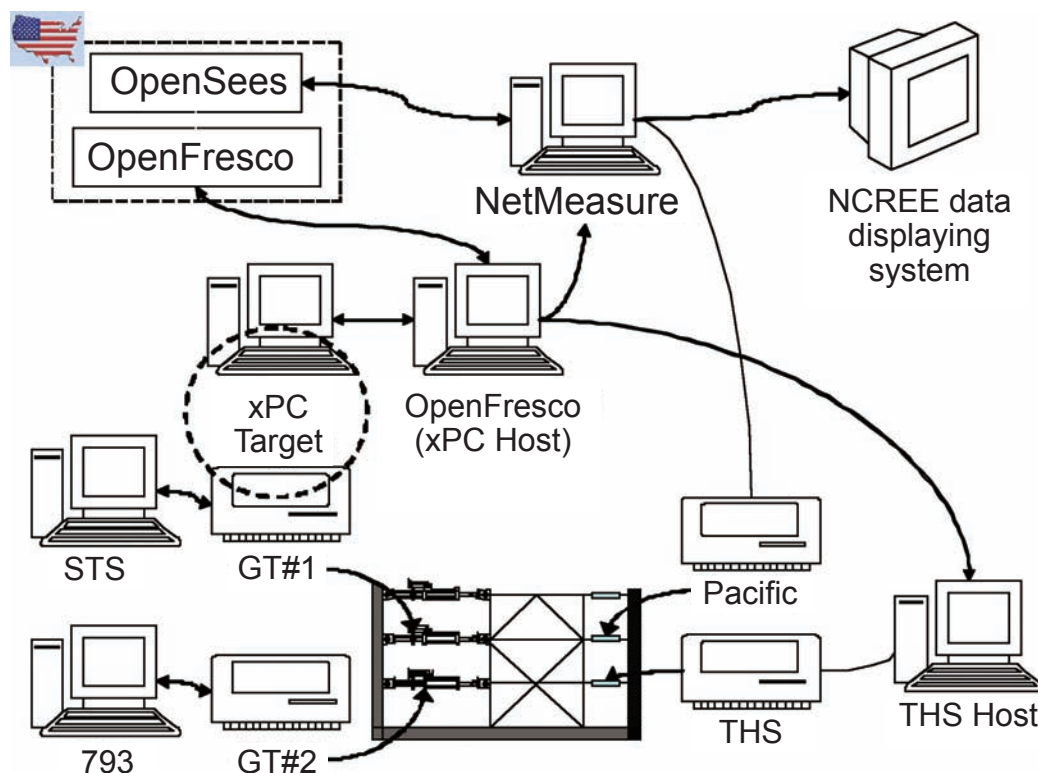


圖 2 試驗軟體連線架構圖。

1. OpenSees 將計算所得之位移命令透過呼叫 OpenFresco 程式庫內物件函式，經由網際網路傳送給位於實驗室內之 OpenFresco 制動器控制程式。同時透過另一條 TCP 連線，將此時靠桿之內力透過傳送給 NetMeasure 程式。

2. 位於實驗室內之 OpenFresco 制動器控制程式將所接收到之位移命令透過 Ethernet 連線傳送給 xPC Target 上之 Simulink 程式。Simulink 程式接著執行 predictor-corrector 演算法以產生 STS 控制程式所需之更新頻率為 1024Hz 之位移命令，並將此命令置放於 SCRAMNet 上。STS 由 SCRAMNet 上取得位移命令後執行其控制邏輯將此位移命令施加於試體上。Simulink 程式之 predictor-corrector 演算所得命令能讓制動器持續運動，不因 OpenSees 尚未計算完成下一步位移命令時停止運動。如此可避免試體產生硬力鬆弛現象。

3. 位移施加執行完畢後，STS 量取結構反力並將之置放於 SCRAMNet 上，OpenFresco 接著透過 Simulink 程式將此反力取得並回傳給遠端之 OpenSees 程式。同時，OpenFresco 對 NetMeasure 程式（同時為 Pacific 6000 控制程式）與 THS1100 控制程式傳送觸發（trigger）指令，以要求此二 DAQ 系統進行資料擷取的動作。

4. 待資料擷取完成，NetMeasure 將所收集之資料傳送至國震中心資料展示系統。

資料傳輸與整合

EMTP 為國震中心為能透過網際網路即時傳輸結構試驗資料而最新訂定之應用程式通訊協定。透過支援 EMTP，不同程式間即能相互傳輸 EMTP 封包以達成如交換試驗描述資料、試

驗資料之後設資料、觸發實驗設備開始工作等動作。進而達成既能維持個別程式獨立運作與容易維護之要求，又可透過網際網路串連以共同合作來完成複雜試驗之需求。本試驗中，為能讓原本只存在於 OpenSees 與 OpenFresco 中之資料能進入國震中心資料展示系統，且為了讓 OpenFresco 能於試體位移施加完成時傳輸一觸發 DAQ 系統工作之訊號，國震中心著手擴充 OpenSees 與 OpenFresco，於 OpenSees 與 OpenFresco 中分別新增 EMTPStream 與 EMTPTrigger 物件。EMTPStream 為 OpenSees 中 OPS_Stream 之子類別，配合 Recorder 物件使用即可將原先 OpenSees 在分析過程中可被 Recorder 記錄之資料傳輸到一個 EMTP 資料接收端（EMTPDataSink）。EMTPTrigger 物件也是 OPS_Stream 之子類別，其功能在於當 OpenFresco 需要記錄試驗反應時，傳送一觸發訊號予遠端之 EMTP 觸發訊號接收器（EMTPTriggerAcceptor），進而實際觸發預先設定之 DAQ 系統。

SFQSST 為國震中心最新研發提出之結構試驗軟體架構（software framework）。其為根據物件導向分析與設計原則所設計之 C++ 軟體架構。SFQSST 之目的在於讓實驗室設備控制人員能輕易地撰寫更容易維護與擴充之設備控制軟體。舉凡各實驗室中各種機器搭配工作順序，各種觸發機制，各機器所產生之資料處理、儲存與展示等問題，SFQSST 或提供適當物件處理，或允許使用者依個別情況透過擴充（extension）方式處理。本試驗中之 NetMeasure 程式，即為一建立於 SFQSST 上之程式，完成以下工作：負責接收來自

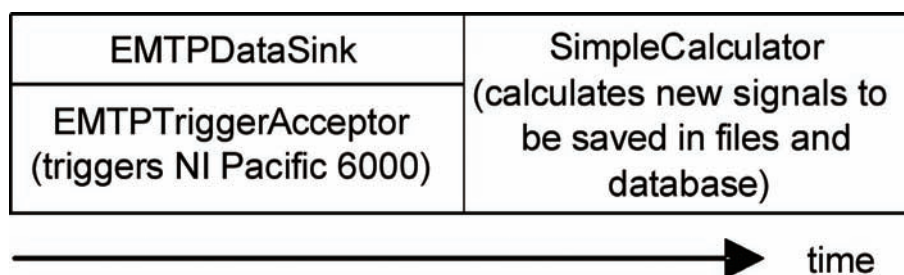


圖3 本試驗所使用之複合機器結構圖。

OpenSees 與 OpenFresco 之 EMTP 封包、驅動 Pacific 6000 資料收集系統工作、計算使用者定義之虛擬訊號 (virtual signal)，將資料寫入檔案中，最後將需要於網頁上展示之訊號送入國震中心資料展示系統。上述所有工作項目中負責產生資料的工作，除了由 OpenSees 與 OpenFresco 接收 EMTP 封包兩項工作為同步 (parallel) 進行之外，其餘工作皆為順序 (sequential) 進行，且由於試驗中無法確定兩個 EMTP 封包送達 NetMeasure 的時間順序，故在本試驗中需使用之多個複合機器 (composite machine) 以共同達成工作要求。圖 3 顯示本次試驗所使用之複合機器結構圖。資料處理部份工作項目包括將資料存檔與送進國震中心資料展示系統，則由 SFQSST 中 Observer design pattern 負責處理。

自由震盪試驗與彈性試驗

為能估算試體本身在實驗室中因夾具及與制動器連結等因素所造成摩擦力之等值現性阻尼大小，在進行彈性試驗之前，先以擬動態試驗方式令外力為零進行了一個歷時 5 秒鐘的自由震盪試驗。圖 4 為實際試驗時間為 600 倍真實時間所得之三層樓位移歷時圖。接著進行 PGA 大小為 50gal 的跨國彈性測試 (OpenSees 於 UCB 結構實驗室內執行)，試

驗結果如圖 5 所示。

與其他試驗結果比較後發現，進行試驗時，本結構系統需以非常準確的制動器位移控制為之方能避免錯誤的高頻反應出現。為能降低位移控制誤差，制動器之移動須以較慢速度為之，但如此一來卻會導致試驗時間過長。若以此種方式進行 530gal LA03 非彈性試驗，預估需耗費數十小時才能完成。因此，國震中心決定更改試驗方式，以其發展之 PNSE (Platform for Structural Experiment) 進行試驗，維持以 OpenSees 作為結構動力歷時分析工具，但將制動器控制軟體由 OpenFresco 改為國震中心自行研發之 PNSEFCM。

OpenSees，OpenFresco 與 PNSE 之整合

在以 OpenSees 配合 OpenFresco 進行擬動態試驗的方法中，概念上主要是以 OpenSees 來進行一個動力歷時分析，在每一逐步積分步伐中，OpenSees 的計算需要模型中各結構元件提供給定位移下之結構反力，而一個擬動態試驗則意味著被分析的結構模型中含有實驗元件 (experimental element)。實驗元件的反力不是透過數學模型計算而得而是在實驗室中真實地將位移施加於試體上並於

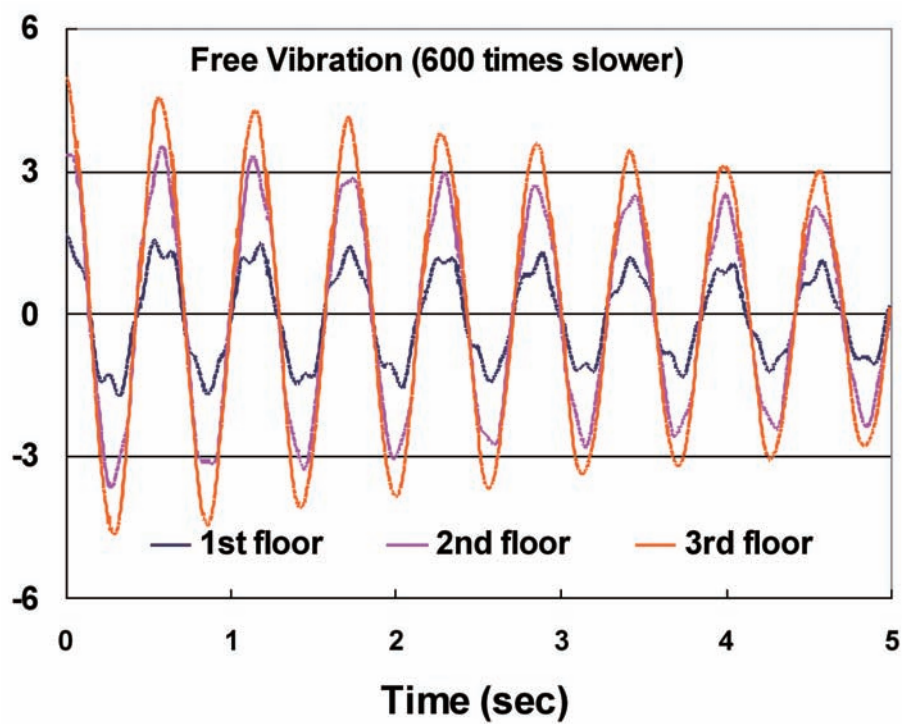


圖4 自由震盪試驗結果（600 倍慢速）。

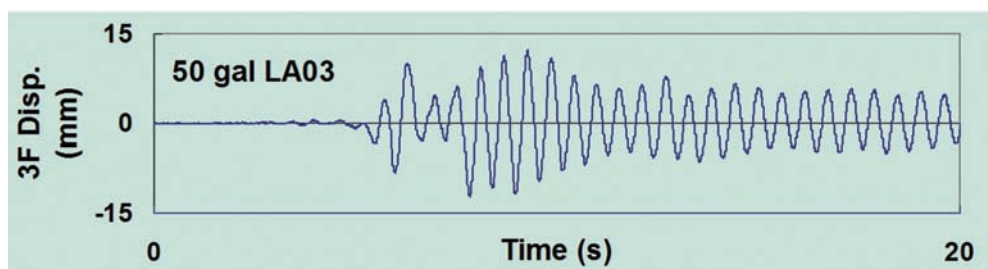


圖5 50 gal LA03 頂樓位移歷時圖。

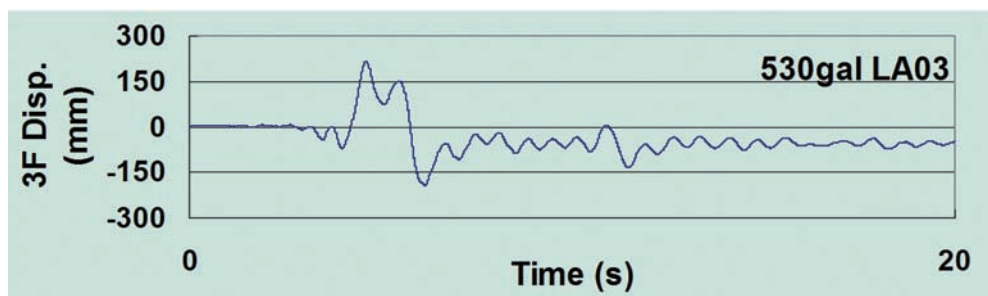


圖6 530 gal LA03 頂樓位移歷時圖。

位移施加完成後實際量測而得。實驗元件的建立為 OpenFresco 之貢獻。於此架構下，OpenFresco 的角色，比較是一個有限元素分析程式的組成部分之一。

另一方面，在 PNSE 架構下，命令產生模組（command generation module，CGM）與設備控制模組（facility control module，FCM）在概念上則同樣被視為合作試驗的參與者，分別負有製造命令與執行命令之義務，兩者之間並非無相互或單向擁有之關係。

若要將此二系統整合，必須考慮上述兩系統在設計概念上的不同，以免破壞單方或甚至雙方之完整性。成功的整合應維持以下原則：

（1）對 OpenSees 來說，與 PNSE 的聯繫不應該破壞其程式執行流程，亦即 OpenSees 仍是透過呼叫實驗元件介面取得該元件反力以利其進行動力歷時分析；（2）對 PNSE 伺服器來說，OpenSees 應該是一個能按照 NSEP（Networked Structural Experiment Protocol）規定做出適當反應的命令產生模組。

為達此目的，國震中心著手擴充 OpenFresco，新增了一個 PnseCgmSite 物件。PnseCgmSite 繼承自 ExperimentalSite 而為其一之子類別，其重要函式功能如下所述：當 PnseCgmSite 物件建構子被呼叫時即建立一 TCP 連線連至 PNSE server。而當 PnseCgmSite::setTrialResponse 被呼叫時則將位移以 NSEP 規定之格式送往 PNSE server。當其收到由 PNSE server

傳來的 NSEP critical signal 封包時，則呼叫其父類別之 setDaqResponse 函式以透過 OpenFresco 原有路徑將試體反力回傳給 OpenSees。

如此便能將整體試驗方法更改為以 PNSE 方式為之，同時保留兩系統各自概念與程式上的完整性。依此方法吾人再次進行 50gal LA03 彈性試驗。試驗結果發現，在將 OpenFresco 制動器控制程式更換為 PNSEFCM 後，仍然無法避免試體位移控制準確度必須相當高（也就是試驗時間仍須較長）才能避免錯誤高頻反應出現的情況。研究人員因而嘗試將靠桿從結構模型中移除來減少自由度數目以降低系統對誤差的敏感度。試驗結果證實此為有效方法，試驗得以以較合理速度進行（真實試驗時間約為預定分析時間之 300 倍），且所得結果與以 OpenFresco 進行位移控制者（真實試驗時間約為預定分析時間之 600 倍）所得極為接近。因此最後選定此測試方式進行 530gal LA03 非彈性試驗，試驗結果如圖 6 所示。

結語

本文描述本院國震中心與加州大學柏克萊分校合作進行之三層樓挫屈束制斜撐構架網路子結構擬動態試驗之試驗方法。試驗結果證實國震中心所發展之各項軟體及應用程式通訊協定，包括 SFQSST 與 EMTP 可成功達成整合結構歷時動力分析程式 OpenSees 與包括 OpenFresco 在內之實驗室設備控制程式，以進行控制流程甚為複雜與多變之擬靜態結構試驗。

人物專訪

Feature Person

知足豁達 浪濤中體悟百味人生

專訪海洋中心 高家俊主任

文 國家實驗研究院 / 圖 高家俊 台灣海洋科技研究中心



「我最大的幸福，就是把研究工作當成嗜好。」樂觀的性格中帶著一點反骨，加上絕不輕言放棄的傻勁，國研院海洋中心高家俊主任的海洋研究生涯一拼已近四十年，在風裡來浪裡去的歷練中，滋養了活在當下、豁達自在的人生哲學。

小時候家境貧困，養成高主任珍惜資源、低物質慾望的生活觀念，中學時期即使用便當交換一碗同學的陽春麵，這樣的小幸福都令高主任覺得彌足珍貴。年輕時意氣風發，從初中一路打架打上新竹中學，在所有人都不看好之下，意外考上成大水利系。當時家境貧困的高主任原本希望公費就讀師大數學系，甚至放榜時的成績還優於該系的錄取標準，卻因為人工分發的作業疏失，陰錯陽差的來到成大。這位來自新竹的軍人子弟，在新竹待了 17 年後，卻因為這個「不小心」的機緣，留守台南整整 43 年，還幸運地成了台南女婿。

年少不羈的高主任，志向並不在海洋，滿腔熱忱全為了古典音樂。大學時期著迷古典樂，又礙

於沒錢買音響，也沒有適合聆賞音樂的場地，於是大三下學期時和幾位古典音樂社的好友，湊錢買音響、租場地，只為讓志同道合的夥伴可以聚在一起欣賞。然而租金不斐，為攤平場租及水電開銷，高主任和好友毅然決定開設唱片行，讓大家都來享受古典音樂！而這家唱片行在高主任畢業後仍持續由學弟接棒經營了 10 年，直到唱片進化成錄音帶，家家也都買得起音響後，這家高主任和好友熱情共同打造的唱片行才吹熄燈號。

在成大求學的過程中，高主任曾天真的想像若要從事一份不需打卡上下班的工作，那麼留在學校任教將是一條光明路。這個念頭激勵高主任卯足了勁在擔任助教時完成碩士學位，沒想到在博士班考試時慘遭滑鐵盧。但高主任不放棄任何可能，在德文老師的鼓勵下，經濟不寬裕的高主任拼了命地搶下德國政府公費留學的好機會。就這麼一個單純的念頭去了德國，卻也因此點燃了高主任對海洋的熱情。

「海洋領域和其他領域最大的不同處在於，海



高主任參訪德國GKSS研究中心。

洋研究是和時間賽跑。在海上，時間過了沒有量到資料就是沒有量到，沒法子補救，把握當下才最重要。」留學德國期間，高主任領略了海洋事務的重要性與價值。不輕言放棄的性格，加上一股傻勁，返國後高主任一直想為國家做些有價值的事，一旦能將基礎打好，那麼對往後的發展就會有幫助。

尤其台灣位處亞熱帶地區，海洋面積較大，海水溫度高，不僅颱風形成的動力較強，增強的可能性也較高，海上資料的量測更顯重要。目前國際上是以衛星資料預判颱風，例如行進的速度以及海上陣風等，「但衛星能看到的是雲，而颱風形成的原因則是來自海上蒸發的水氣，這是衛星看不到的；因此要更精確了解颱風的路徑、強度、行進速度等，就必須量測海上的陣風、溫度、海流、濕度等資料才能精準預判。如果能將這些資料提供氣象局，那麼預報準確力便可提高，對民眾安全及國家生產力的保障都是無價的！」高主任說。

然而，國內並沒有完整的儀器產業和相關技術，進口儀器一旦故障就只能等待，一等就是一年

半載，這段等待期，便成了海上資料的空窗期。

但高主任不因此而妥協，自民國 77 年的基礎研究開始，到民國 83 年接受氣象局委託，一步步從儀器研發、系統設計與製造到海上測試、設站等，由零到有逐年建立起目前全台灣永久型的海氣象觀測網，作為航行安全以及颱風氣象觀測的重要依據，迄今已完成 14 個海上測站。至於在岸邊的部分，高主任從民國 88 年起接受交通部委託，引進先進量測技術，將潮位站提升至具備研判全球海水位上升的準確度，所量測的潮汐與每日水位的變化，不僅可提供科學研究使用，還可作為軍事和國土安全的重要參考。目前全台灣的測站皆引用此系統與技術所建置。

而能讓高主任多年在海上闖蕩卻無所罣礙的，就是身後那雙溫柔支持的手。「我的另一大幸福，就是無論我做什麼，師母都支持。」兩人在高主任擔任成大助教時認識，那時夫人在成大圖書館服務。留德期間由於無法預知來年獎學金是否能延續，兩人分頭打工，日子雖然清苦，卻更相知相惜。目前雖然高主任遠在台北為海洋中心的事務而費心，夫人仍常體恤主任的辛勞，不辭路途遙遠從台南北上，只為幫主任準備一頓溫馨的晚餐。

「人有很大的彈性，假如對眼前的事物都願意投入，相信都可以從中發現樂趣！」高主任堅信台灣在海洋事務上還有很大的進步空間，即使犧牲在成大的優渥條件來到海洋中心，高主任同樣把工作當成興趣，以信任與尊重讓同仁適才適所，齊心齊力的打拼，相信一定能帶領海洋中心開創出一番新格局。

科技小百科

Mini-Encyclopedia
of NARL

淺談電腦輔助藥物設計

文/圖 王焰增 國家高速網路與計算中心

傳統藥物開發的速度非常慢，且需要耗資巨大金錢與時間與成功率也相當的低。傳統實驗開發藥物的方式為：無意中幸運地被發現，或是以致病原蛋白對化學小分子以及天然化合物進行大量實驗篩選所得到的結果，且大量篩選所須的時間與金錢花費相當昂貴。

傳統實驗藥物開發過程中，常常數萬個化合物只能獲得數個先導化合物（lead compound），故使用電腦計算改善傳統藥物開發方法，也許可以更快速找到先導化合物與降低藥物開發上的花費。常見電腦輔助藥物設計方法主要有：（1）基於生物大分子三維結構的分子對接（molecular docking）方法；（2）基於藥物小分子的三維定量構效關係分析方法（3D-QSAR）；（3）小分子藥物資料庫搜尋方法等。

近年來，CPU/GPU 計算速度不斷提升與集群式電腦（PC cluster）普及，電腦輔助藥物設計已作為一種藥物研究實用化的研究工具。根據

統計資料顯示，加入電腦輔助藥物設計技術，可以使得新藥研發的週期縮短了 0.9 年，與直接降低 1.3 億美元研發費。

本院國網中心這幾年來也在電腦輔助藥物設計應用上投入相當大的努力，在小分子藥物計算上：（1）解析屬於細胞膜蛋白質與引發憂鬱症之多巴胺 D2 受體蛋白^[1] 與其拮抗劑作用機制（圖1）；（2）解析 H1N1 病毒之 neuraminidase（NS）酵素^[2]（圖2）與已知藥物的作用模型，並加入中草藥資料庫虛擬篩選 neuraminidase 並得到兩各具有潛力的中草藥分子。在蛋白質藥物上模擬上，結合分子動力學與統計力學建立蛋白質藥物動態熱點分析方法（Dynamics hot-spots method），並解析出阿茲海默症、C 型肝炎與狂牛症等抗體上熱點胺基酸分子^[3-5]。

同時，在計算硬體上不斷投入發展 GPU 等相關叢級計算系統與在軟體上不斷增加 GPU（CUDA）計算相關軟體，例如 Amber

(CUDA)、Gromacs (CUDA)、NAMD (CUDA)、Telechem (CUDA) 與 Autodock (CUDA) 等相關分子動力學、量子力學或藥物設計學相關軟體，當前國網中心具有相當充足計算硬體環境與生物藥物相關計算軟體，可以為學界或業界共同開發新藥物之合作對象。

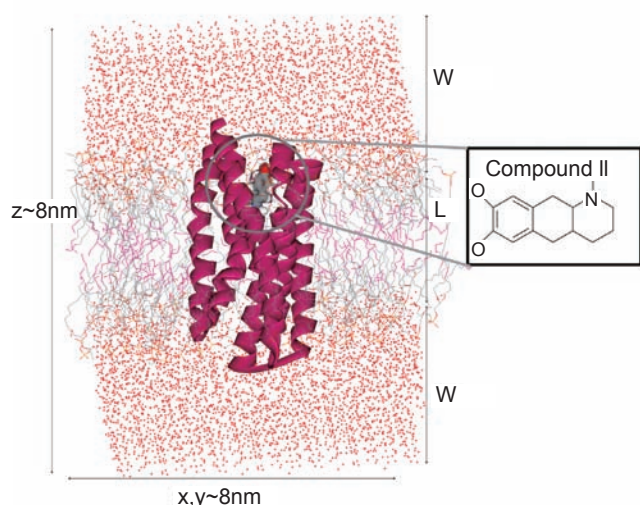


圖 1 多巴胺 D2 受體與小分子化合物結合模型。

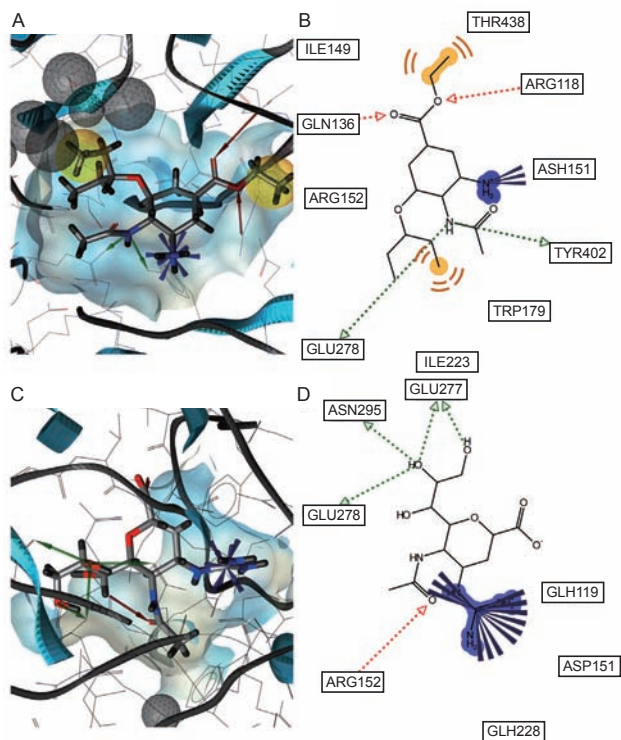


圖 2 H1N1 neuraminidase 與小分子化合物結合模型。

參考資料

- [1] Yeng-Tseng Wang, Zhi-Yuan Su, Chang-Huain Hsieh, Cheng-Lung Chen (2009) "Predictions of binding for dopamine D2 receptor antagonists derived from an SIE method" *Journal of Chemical Information and Modeling*, 49 (10), 2369–2375. (SCI)
- [2] Yeng-Tseng Wang, Chen-hsiung Chan, Zhi-Yuan Su, Cheng-Lung Chen (2010) "Homology modeling, docking, and molecular dynamics reveal HR1039 as a potent inhibitor of 2009 A (H1N1) influenza neuraminidase" *Biophysical Chemistry*, 147 (1-2), 74–80. (SCI)
- [3] Zhi-Yuan Su*, Yeng-Tseng Wang, (2009) "A Molecular Dynamics Simulation of the Human Lysozyme–Camelid VHH HL6 Antibody System" *International Journal of Molecular Sciences*, 10 (4), 1719–1727. (SCI) (ISI 2008 IF: 0.978, 72/125 CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY) (*Corresponding author)
- [4] Yeng-Tseng Wang*, Zhi-Yuan Su, Jun-Min Liao, Cheng-Lung Chen, (2009) "Potential of mean force for syrian hamster prion epitope protein – monoclonal fab 3f4 antibody interaction studies" *European Journal of Medicinal Chemistry*, 44 (9), 3504–3508. (SCI) (ISI 2008 IF: 2.882, 13/40 CHEMISTRY, MEDICINAL) (*Corresponding author)
- [5] Yeng-Tseng Wang*, Jun-Min Liao, Cheng-Lung Chen, Zhi-Yuan Su, Chang-Hung Cheng, Jeu-Jiun Hu (2008) "Potential of mean force for human lysozyme-camelid vhh hl6 antibody interaction studies." *Chemical Physics Letters*, 455 (4-6), 284–288. (EI, SCI) (ISI 2008 IF: 2.169, 47/113 CHEMISTRY, PHYSICAL) (Times Cited: 1) (*Corresponding author)
- [6] Yeng-Tseng Wang, Zhi-Yuan Su, Cheng-Lung Chen (2009) "Potential of Mean Force of the Hepatitis C Virus Core Protein-Monoclonal 19D9D6 Antibody Interaction" *Biophysical Chemistry* (Accepted) (SCI) (ISI 2008 IF: 2.362, 44/113 BIOPHYSICAL CHEMISTRY)

手機鏡頭光學品質檢測

文/圖 郭慧君 儀器科技研究中心

隨著照相手機及數位相機的普及，利用影像進行溝通已為現代人生活方式，2009 年全球照相手機出貨量已達 8.6 億支，占整體手機市場超過 7 成，照相手機畫素由早期的 30 萬，進到目前高階 300 萬畫素照相手機，2009 年 6 月 Samsung 更推出 1200 百萬畫素照相手機，而 OmniVision 將畫素尺寸縮小到 0.9 微米。照相手機感測器規格越來越好，相對對鏡頭品質要求也越來越高，早期照相手機鏡頭因成像品質超過感測器要求，基本上只要裝上模組，即可出貨；然而隨著畫素尺寸越來越小，已漸漸超前一般手機鏡頭解析力極限，使得手機鏡頭品質也需配合提升，出廠前必須先進行檢測買家才願意收貨，甚至手機鏡頭品質檢驗已成為取得國際大廠訂單必經之路。

一般相機鏡頭檢測的項目有：有效焦長、MTF/Through Focus、畸變（distortion）、色差、場曲（Field Curvature）及穿透率等 6 個項目，而一顆小小的手機鏡頭還需再檢測後焦距、F 數（F number）、主光線角（Chief Ray Angle）及相對照度等 4 個項目。本文即針對此 4 個項目的檢測方式做一介紹。

鏡頭後焦距

鏡頭後焦距在光學上的定義為光學鏡頭最後一個光學面到焦點的距離（如圖 1 所示），以手機鏡頭而言，鏡頭後焦距依照不同鏡頭可由 0.5 公分到 3.5 公分不等，鏡頭後焦距誤差會造成影像全部模糊，影響整個成像品質；當然在實務上可靠著組裝時調整鏡頭模組與感測器模組的間距來得到好的影像，然而對於每個月產量達百萬顆手機鏡頭廠商而言，組裝調整所耗費的人力必須達到最小，以免提高成本，因此會轉向要求提高達到鏡頭後焦距此項規格的良率。

在實驗室中手機鏡頭後焦距的量測設備需具有準直儀、待測鏡頭載台、共焦顯微鏡以及具光學尺的移動平台。量測方式是先將手機鏡頭放置在待測鏡頭載台上，以準直儀提供平行光束，經過手機鏡頭之後，在共焦顯微鏡上取得一清晰影像，記錄此影像在光學尺上的座標。接下來關閉準直儀光源，改以共焦顯微鏡投光，將光源投射到手機鏡頭的最後一個光學面上，記錄此時共焦顯微鏡在光學尺上的座標，將兩個座標相減，即可得出手機鏡頭後焦距。

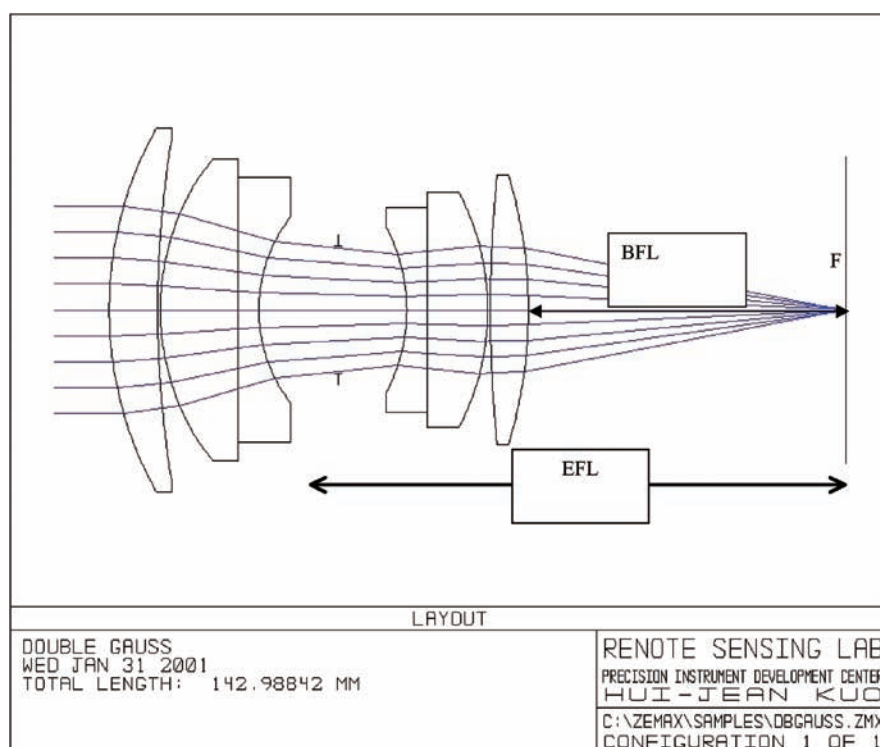


圖 1 鏡頭後焦距定義。

鏡頭 F 數

鏡頭 F 數在光學上的定義為光學鏡頭有效焦長與入瞳的比例（如圖 2 所示），以手機鏡頭而言，鏡頭 F 數約在 2 到 2.8 之間，鏡頭 F 數與景深、影像銳利度、相對照度息息相關。

在實驗室中手機鏡頭 F 數的量測設備需具有準直儀、待測鏡頭載台、共焦顯微鏡以及具光學尺的移動平台。量測方式上須先量測手機鏡頭的有效焦長以及入瞳大小，再將二者相除，即可得出鏡頭 F 數。

鏡頭 Chief Ray Angle

要定義鏡頭 Chief Ray Angle，首先須定義主光線（Chief Ray）。主光線在光學上的定義

為一個通過入瞳中心的離軸光線稱為主光線，而主光線與感測器法線方向的夾角即為鏡頭 Chief Ray Angle（如圖 3 所示）。以手機鏡頭而言，鏡頭 Chief Ray Angle 在 25 度左右。早期的鏡頭使用底片作為感測器，光束直接打在感光顆粒上無任何遮檔，現在手機所使用的 CMOS 感測器除了感光區域外，還包含電路，因此在亮度不足或偏暗的情況下，其影像感測效果就會不佳，解決的方式是在每一光電二極體前裝置微透鏡，以提高光學效能，因此手機鏡頭的 Chief Ray Angle 必需與感測器的 Chief Ray Angle 匹配，否則會有 Color Shading 問題。

在實驗室中手機鏡頭 Chief Ray Angle 的量測設備需具有準直儀、旋轉平台、待測鏡頭載

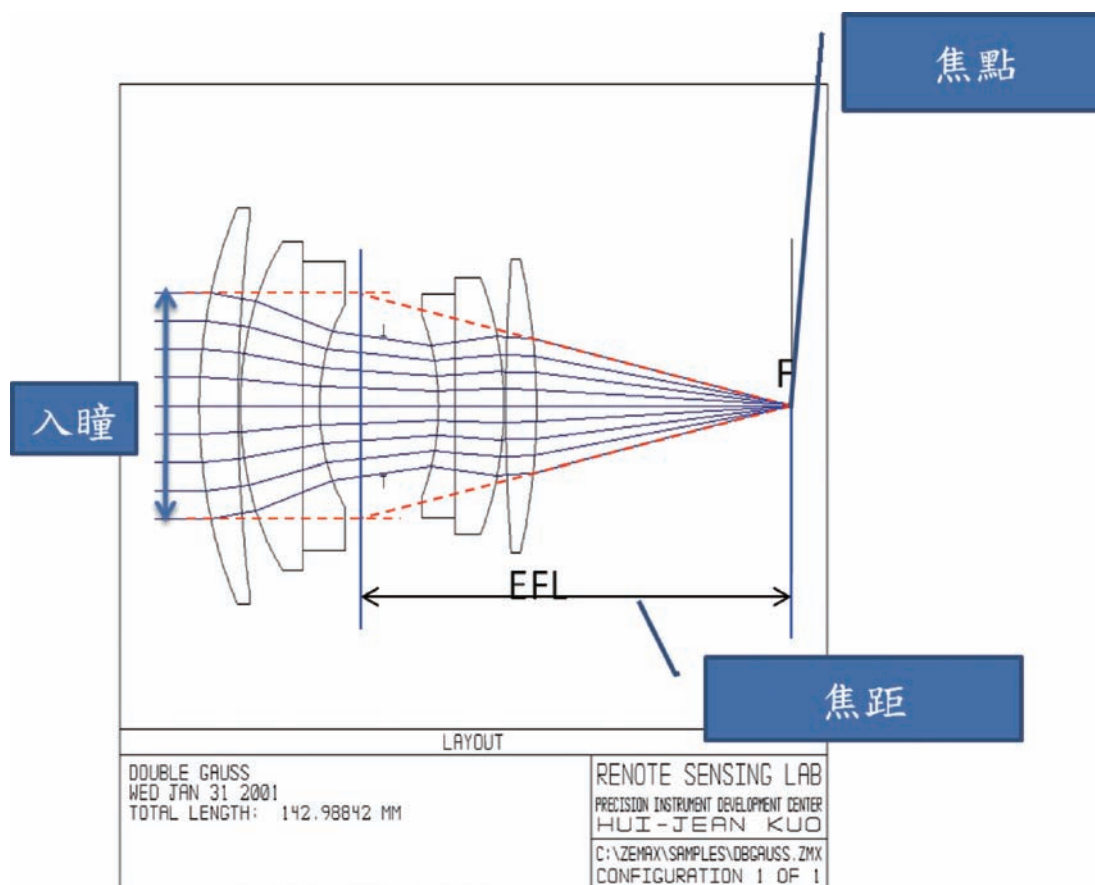


圖 2 鏡頭 F 數定義。

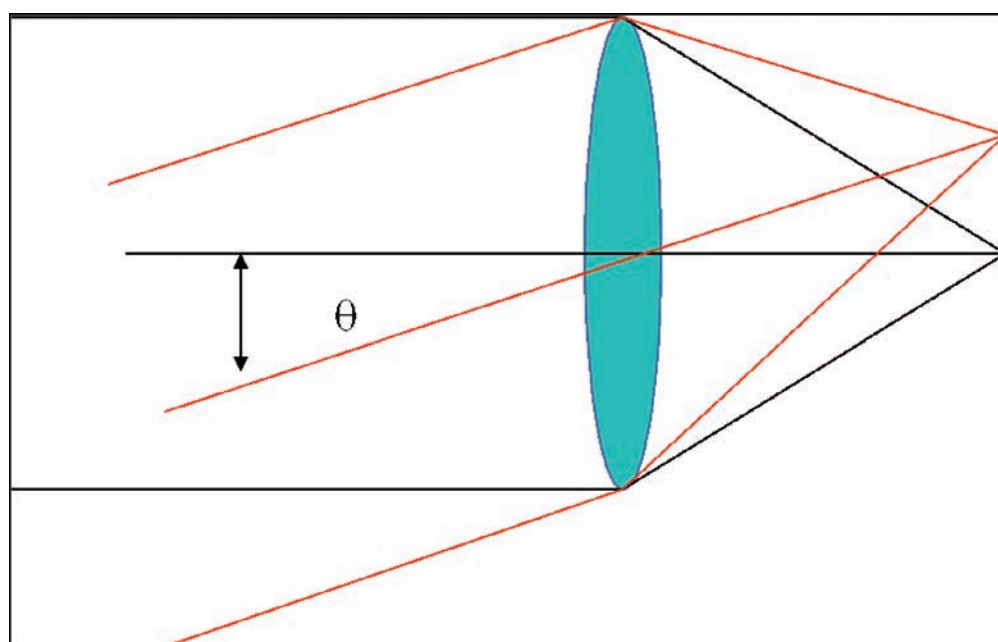


圖 3 Chief Ray Angle 定義。

台、顯微鏡以及具光學尺的移動平台。量測方式是準直儀提供平行光束，利用旋轉平台對手機鏡頭投以離軸入射的光，經過手機鏡頭之後，顯微鏡上取得一清晰影像，移動顯微物鏡以確認及量測 Chief Ray Angle 數值。

鏡頭相對照度

鏡頭相對照度在光學上的定義為在成像平面上視場角中心點與全視場角的照度比值。對於一個無漸暈（Vignetting）的鏡頭，離軸像點的照度通常比軸上像點的照度低，而且對應此離軸像點的 Chief Ray Angle 成餘弦角四次方關係。若為有漸暈鏡頭，離軸像點的照度會更進一步降低。以手機鏡頭而言，鏡頭相對照度會要求在 0.7 視場角需高於 70%，否則邊緣會明顯暗角產生（如圖 4 所示）。



圖 4 因相對照度造成的照片暗角。

在實驗室中鏡頭相對照度的量測設備需具有積分球、待測鏡頭載台、顯微鏡以及具光學尺的移動平台。量測方式是由積分球提供光源，經過手機鏡頭之後，利用移動之顯微鏡擷取其成像照度分布圖，與中心最亮點做比較，即可得出相對照度。

隨著照相手機感測器畫素越來越多，畫素尺寸越做越小，手機鏡頭的品質也需相對提升，台灣身為全世界手機鏡頭最大的供應商，Quality Control 代表供應商出廠前所做的檢驗，也是買家收貨的驗證，如同國立中央大學李正中教授所說：「檢測為達成精密光學的關鍵技術，是成品品質的保證。」本院儀科中心基於多年光學鏡片研製與檢測基礎，積極思考如何將技術推廣至產學界，作法如下：

- 提供教育訓練，每年提供至少 3 到 5 班與光學相關訓練班，其中一班專收大專學生，培訓光學人才，自今年起更針對手機鏡頭開設「手機鏡頭設計檢測研習班」。
- 研發檢測機台，基於儀器研發本質，在去年推出多部檢測機台，如「手機鏡頭 MTF 量測儀」、「偏心量測儀」等中價位檢測儀器，為產學界服務。
- 提供檢測服務，對於無檢測設備的學術界或業界，提供符合 ISO 9001 及 ISO 17025 精神的高品質檢測服務。

活動報導

Activities

走向優質健康的生活 本院儀器科技研究中心舉辦 台灣電子醫療器材契機論壇

文/圖 陳順源 儀器科技研究中心

為配合政府推動生技、觀光、能源、醫療、農業及文化六大新興產業發展，創造下一波產業契機，本院儀科中心於2010年7月13日與14日以「走向優質健康的生活」為主題，舉辦「台灣電子醫療器材契機論壇」，會中邀請到產官學研等各界中於醫療器材領域之先進賢達，同時吸引了來自各界從事生醫相關產業或研究人士參與，希望透過充分的溝通，共同為我國電子醫療器材

產業的發展討論出新的契機與方向。

第一天上午的開幕致詞時，國家科學委員會周景揚副主委指出，配合政府大力推動生技醫療研究與發展，國科會在新竹生醫園區中扮演著重要角色，希望透過在生醫科技上的研發與技轉，讓高階醫材可產業化與平價化。



圖1 國科會周景揚副主委蒞臨致詞。

本院陳文華院長則提到，國研院所屬各個中心在微機電、奈米、電子及光電等技術上，已具相當成熟的能量，在生醫電子與生醫光電平台上亦有多項成果，期能與業界共同開發，一同推動生醫產業的發展。

竹科管理局顏宗明局長在致詞中說明，配合政府大力推動生醫發展，新竹生醫園區雖然土地有限，但因具地利之便，在成熟的 3C 電子產業鏈支持下，透過與機械、電子等異業結盟，不論是新藥或是新醫材的開發，將可望成為生醫產業的領航者。清華大學陳文村教授提及新竹生醫園區的催生已漸明朗，期待透過這樣正面的討論與互動，讓我國生醫的產業在世界舞台發光發熱。

而關於如何把握台灣電子醫療器材未來發展契機，在第一天的綜合討論中，竹科管理局顏宗明局長首先提及新竹生物醫學園區未來將串連 ICT 產業與生技醫療產業，以新竹生醫園區為核心分散至全國各個據點，建立生醫服務平台。

中央研究院王唯工教授則針對我國醫療器材發展現況提出建議，王教授認為政府應先建構一個標準的生醫產業服務平台，將創意轉變成產品，由國家研究機構協助開發成產品，才能真正解決目前醫療器材發展的問題。

工研院生醫所邵耀華所長在討論中，點出商品通路對醫療器材發展的重要性；而金屬中心



圖 2 本院陳文華院長蒞臨致詞。



圖3 竹科管理局顏宗明局長蒞臨致詞。

區域研發服務處鄭雅齡經理，則提醒取得販售許可對醫療器材的上市更是不可或缺。中原大學醫工系張炎林教授長期參與我國食品藥物管理局的政策訂定，其以為醫療器材產品為高風險器材，因此一定要熟悉法規，相關技術資料在開發過程中要充分準備與蒐集，才能在最後取得相關認證許可。

合裕管理顧問公司陳朝欽營運長以創投公司立場，說明若以市場考量，醫療器材產品應選擇高價值商品來發展，創投公司才有較高的投資意願。在外科手術用的醫療器具方面，如電燒刀、筆等深耕多年的大瓏企業公司劉惠珍董事長則以該公司的經驗說明各項發展的生醫商品應以取得認證（如FDA）為目標，為公司建立認證取得的標準模式。

台灣醫療器材工業同業工會陳濱理事長則提及醫療器材因涉及人身安全，在研發新產品除行銷考量外，相關規範、法規也需事先納入考量。

萬芳醫學中心卓越臨床試驗中心洪國盛主任以神經外科醫療器材商品為例，說明跨領域合作對於生醫產品的重要性。聖島國際專利事務所李春賢先生則提醒專利在醫療商品產業化佔有極重要的一環。

此次論壇講座內容極為豐富，主題包含政府在生技產業的規劃願景說明及目前台灣生技醫療產業的發展、生醫臨床應用、專利保護及查驗登記等多項議題；第二天的議程邀請多家已上市的生技公司，包括晶宇生技、杏昌生技、新醫科技及大瓏企業等先進代表出席，共同為參與論壇的學員現身說法。

晶宇生技王獻煌總經理首先介紹該公司產品以結合半導體製程與生物技術來建構各種不同生物晶片並商品化，如食品微生物感測晶片、啤酒品質晶片、蘭花病毒晶片等，以因應各專業領域的不同需求。杏昌生技蔡岳峰經理則針對兩岸血液透析市場目前發展的現況做介紹。新醫科技張家



圖4 本院儀科中心蔡定平主任（左立者）主持綜合討論會，並邀請中研院王唯工教授（台上左起）、工研院生醫所邵耀華所長、萬芳醫學中心洪國盛教授、聖島國際李春賢先生、合裕管理陳朝欽營運長、中原大學張炎林教授、竹科管理局顏宗明局長、醫療器材工會陳濱理事長、大瓏企業劉惠珍董事長及金屬中心鄭雅齡經理等共同參與討論。



圖5 新竹生醫園區研發中心籌備處召集人陳文村教授蒞臨致詞。

瑜總經理則以數位化的醫用放射影像為例，來說明醫界在此領域的需求及台灣廠商目前的機會，並建議政府應協助廠商發展此領域。

此次所舉辦的「台灣電子醫療器材契機論壇」引起各界與會人士熱烈的回響，同時亦讓產官學

研界各先進能有共同參與討論的機會；本院儀科中心在配合政府政策及為學研界服務的同時，亦扮演提供生醫儀器服務平台的角色，將學研成果與產業發展串連。期盼透過舉辦論壇的機會，能成為我國生醫產業發展的新動力。

各實驗室動態 Laboratories

國家實驗研究院本部

2010 台北國際發明展再締佳績 國研院榮獲四金二銀一銅



國研院於「2010台北國際發明暨技術交易展」發明競賽活動獲得四金二銀一銅佳績。



本院以 7 項研發成果代表參賽，其中由儀科中心研發之「嵌入式系統及其存取資料方法」、「光學透鏡模組偏心檢測裝置」、「可以擴大原構成材料吸光範圍之複合材料」及「單軸複數刀口演算法之 MTF 量測裝置」榮獲 4 面金牌，「影像同步檢測裝置」及「虛擬望遠方法與裝置」榮獲 2 面銀牌，另由晶片中心研發之「多計劃系統單晶片平台及其設計方法」則獲 1 面銅牌，今年晶片中心首度參賽即得此獎項，實為莫大之鼓舞。

國研院之創新發明再創佳績！「2010 台北國際發明暨技術交易展」之發明競賽，本院總計 7 件發明參賽，勇奪四金二銀與一銅，成功從 18 國、962 件作品中脫穎而出，創新實力連續 5 年獲得肯定，展現了本院充沛的研發能量以及人才實力。

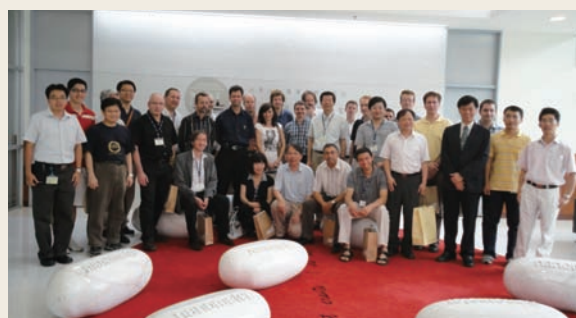
「2010 台北國際發明暨技術交易展」自 2010 年 9 月 30 日至 10 月 3 日在台北世貿舉行，本次報名件數成長 38% 及參展國家數成長 50%，為 6 年來之最。

國研院是我國重要的創新研發基地，對於高階科技人才之培育更是不遺餘力。為配合國家政策，本院積極推動前瞻科技研發，致力提升我國學術研究水準與高科技產業技術，自參加台北國際發明展五年以來已累計獲得 15 面金牌，同時也在諸多國際競賽中獲得優異的成績，顯見本院之創新實力不僅在國際上獲得肯定，創新及技術開發人才亦具備國際水準。

國家奈米元件實驗室

NAMIS 國際研究團隊至本院國家奈米實驗室參觀期透過國際交流促進研發能量

2010 年 6 月來自 NAMIS（九國，十二單位）國際研究團隊，一行三十人參訪本院國家奈米元件實驗室，主要目的是希望能更了解及尋找有關台灣的研究和製造能力的合作夥伴。NAMIS 創建於 2005 年 11 月由歐洲及亞洲的組織所組成，分別有 CNRS（France），IIS/University of Tokyo（Japan），EPFL（Switzerland），IMTEK（Germany），SNU（Korea）and VTT（Finland）等 6 個不同組織的加入。並於 2006 年至 2010 年期間陸續又有加拿大 Canada、韓國 Korea、法國 France、日本 Japan、台灣 Taiwan and 美國 USA 等研究組織參與，NAMIS 現已進入第二階段的 4 年，組織涉及 12 個核心合作夥伴來自 9 個國家代表 50 多個高級別研究所或實驗室，目前有約 800 名科學家。本次來台除互相交流專業研究知識外，希望透過探訪台灣尋找相關奈米微系統科技的生產及



NAMIS（九國，十二單位）國際研究團隊與奈米元件實驗室研究員合影於大廳。

製造服務能力，由於參觀的 NAMIS 團隊較缺乏先進的製造設施下，對於本院國家奈米實驗室優質的研究環境極感興趣，希望尋求未來合作研究契機。

國家實驗動物中心

動物中心南部設施通過 AAALAC 國際認證

本院國家實驗動物中心南部設施於 2010 年 10 月 6 日舉辦國際實驗動物管理評鑑及認證協會 (Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, AAALAC) 國際認證獎牌的揭牌儀式。行政院國家科學委員會李羅權主委應邀親臨現場，與國科會南部科學園區管理局陳俊偉局長、國研院陳文華院長、國研院動物中心梁善居主任共同揭牌。

本院動物中心台北設施在三年前就已成功取得 AAALAC 認證。今年，台北設施申請續審過關，剛營運滿兩年的南部設施也首度獲證，成為中南部地區第一個通過認證的動物機構。值得一提的是南、北兩設施均獲授予「完全認證」(Full Accreditation) 的殊榮；這代表我國生技研究人員從南到北都享有國際水準的實驗動物及技術服務品質。各先進國家均以 AAALAC 的認證來為生技實驗把關，因此，通過 AAALAC 認證除了讓動物中心的實驗動物管理制度與國際接軌外，更代表使用動物中心動物之研究人員未來將更有機會參與國際研究計畫，將為台灣生醫研究開拓另一片天地。

國科會主委李羅權表示，政府為提升台灣的生技產業競爭力，先後通過「生技起飛鑽石行動方案」及「生技新藥產業發展條例」等重大國家政策。而品質優良的實驗動物更為國家發展生醫產業所不可或缺之資源，他勉勵國家實驗動物中心將持續以其高品質之產品與技術研發，全力支持國家生醫產業發展。



南部設立 AAALAC 認證揭牌典禮。

國家地震工程研究中心

與美國工程木材協會簽訂合作備忘錄

本院國家地震工程研究中心和美國工程木材協會 (APA- The Engineered Wood Association) 於 2010 年 7 月 16 日順利完成合作備忘錄簽訂儀式。美國工程木材協會代表團團員包括國際行銷處處長 Charlie Barnes、技術服務處處長 Borjen Yeh 及多位美國工程木材協會代表，台灣方面出席的人員包括國研院王永和副院長、業務推廣室陳明智主任、國震中心張國鎮主任、許建智副主任、黃世建組長與台大森林系林法勤教授，美國在台協會 (American Institute in Taiwan) 副處長 Eric Madison 及農業組組長 Mark Dries 亦出席簽約儀式，副處長於致詞時讚揚本中心在地震研究領域上之貢獻，並期許借由本次合作備忘錄之簽定，開啟了美國與台灣於木結構建築的資訊交流與合作契機，並提及台灣已有建案使用美國工程木材產品和設計，例如興建中的台北國際花卉博覽會的美國館，並以去年於日本三木市所進行的七層樓公寓式木結構建築振動台實驗為例，在芮氏規模 7.5 的振動台實驗中，僅有一小部分的牆體龜

裂，說明木結構之耐震性能。張國鎮主任於致詞時表示樂於研究與推廣具有環保節能概念之新材料與工法，並期許後續彼此的合作，可借助美國工程木材協會完整的木構工程經驗，共同發展位處地震帶的台灣所適合之木結構設計與施作工法。



合作備忘錄簽約儀式。

國家太空中心

太空科技體驗從「太空環境測試技術應用研習營」開始

如果你認為今年台灣盛夏的高達攝氏 38 度已經超過你可以忍受的極限，那你可能不知道，對衛星而言，在超過攝氏 100 度的環境下，像機器人一般維持正常工作，是件稀鬆平常的事情。

一顆衛星動輒造價數十億，為確保衛星在太空嚴苛環境下，依然能運作正常，完成既定任務。在將衛星送上軌道之前，必須要通過一系列太空環境模擬測試。國家太空中心是全台具備衛星研製能力、衛星整合技術及測試設備的唯一單位，成功完成福爾摩沙衛星一、二、三號計畫，建立了完整的衛星整合測試技術及能力。而所有通過國家太空中心整合測試的衛星，皆成功在軌道上正常運作，足見其能力已經具備國際水準。今年暑假，國家太空中心開放 100 個名額，提供大學生及業界先進一窺衛星整測奧秘並參與實作的難得機會。希望透過實作演練，將上課所學之理論基礎與實務結合，提升國內學者及青年學子在各項太空環境測試實務操作上之應用能力。

本次活動共分成二梯次，時間分別為：99 年 7 月 12 日

至 16 日、7 月 26 日至 7 月 30 日，每梯次 50 人。目前業已圓滿落幕，共有 87 位學員參加，來自各學習領域，從航太、機械、電機甚至是獸醫系學生…等，尚有來自業界及伊利諾大學香檳分校的學員報名參加。從學員的課程問卷調查表中發現雖然多數學員覺得課程艱深，但難能可貴的是全部學員都對太空環境測試技術應用研習營表示支持及肯定，甚至部份學員願意花更多的時間來國家太空中心學習。



太空環境測試技術應用研習營。

國家高速網路與計算中心

雲端運算技術與應用聯盟成立暨第一次聯盟會議

我國政府為使台灣朝科技強國邁進，積極投入雲端運算產業的發展，規劃 5 年挹注 240 億元經費，並核定通過「雲端運算產業發展方案」。本院國家高速網路與計算中心因應雲端運算的快速發展趨勢，推動成立「雲端運算技術與應用聯盟」，結合產官學研各界的資源，提供雲端運算技術與應用的交流平台，促成產業升級與厚植競爭力。

雲端運算技術與應用聯盟成立大會暨第一次聯盟會議於 8 月 20 日盛大舉行，在成立大會上，本院國家高速網路與計算中心江國寧主任表示，該中心在雲端運算相關經驗與技術能量豐富，將可協助縮短雲端建置與研發時程；另說明在政府重要的雲端計畫中，該中心所扮演的角色，期藉由聯盟的成立，共創美好前景。掛牌儀式由本院國家高速網路與計算中心江國寧主任、亞洲大學副校長暨台灣網路資訊中心董事長曾憲雄教授、台灣雲端計算學會理事長鍾葉青教授及台灣電腦輔助成型技術交流協會理事長張榮語教授共同主持，象徵雲端運算技術與應用聯盟正式開始運作，將為台灣的雲端產業開拓出一番全新局面。

掛牌儀式後隨即召開第一次聯盟會議，當天現場與會人數近 60 位各界的會員代表出席。聯盟自 8 月 1 日正式對外招募會員以來，已有 27 家團體加入聯盟會員，其中官學研有 12 家，業界 15 家，實力陣容，不容小覷。會議議程除了會務報告、本院國家高速網路與計算中心技術介紹與實地成果展示參觀外，並安排雲端運算主題演講，藉以增進會員間的技術交流。



鍾葉青教授、曾憲雄副校長、江國寧主任及張榮語教授共同主持聯盟掛牌儀式(由左至右)。

國家晶片系統設計中心

第二十一屆 VLSI Design/CAD Symposium 暨 2010 年國家晶片系統設計中心成果發表會紀要



頒獎活動現場。

一年一度由國內學術界主辦之台灣 IC 設計領域年度盛會-VLSI Design/CAD Symposium 於 8 月 3 日至 8 月 6 日在高雄義大皇冠假日飯店舉行，本屆研討會邁入第 21 屆，為因應 SoC 設計複雜度不斷的提昇以及 IC 產品應用的多樣化，本屆大會以「Towards Multiple Dimensions in SoC Design」為主題，邀集產、官、研、學各界先進，就「後 SoC」時代的未來發展，進行專題演講、座談、短期課程訓練、論文發表與產學交流等活動。

歷年來國家晶片系統設計中心一直積極參與研討會的舉行，包含每年提供相關課程與攤位展示，今年更將中心的成果發表會移師至研討會活動現場舉行，於研討會首日（8 月 3 日）特別規劃 CIC Special Session、CIC Party 與 CIC short course，介紹中心各項研發成果，包括 MorFPGA 平台、CONCORD-II 平台、CMOS 異質整合之新建技術、支援國科會嵌入式自由軟體計畫及多核心平台建置計畫之相關成果，以及說明下半年度本中心將提供之 HV CMOS、IPD SiP、感測整合等新服務平台。晚會時段除頒獎予優良晶片設計者外，為推廣中心各項服務，於當晚 CIC Party 時段後進行摸彩活動，凡註冊 VLSI 研討會並參加 CIC Special Session 的老師、學生、及業界先進皆可參加抽獎，獎品豐富，晚會參與人數踴躍。晚會後中心亦提供課程，由謝遠達及廖信豪工程師介紹「CMOS Based Integration Technologies for HV and Bio Application」，結合中心研發成果及生醫電子應用的熱門議題，與現場來賓進行交流，活動圓滿落幕。

儀器科技研究中心

儀器技術訓練服務平台 - 為新進研究生量身訂製的訓練課程



儀科中心蔡定平主任於課程結束時勉勵同學努力學習。

本院儀器科技研究中心辦理「儀器技術訓練課程」，特聘請各大專院校資深教授擔任課程諮詢委員，對象為理工學院準研究生及研究生；第一屆分別於 2010 年 7 月 5 日至 9 日在儀科中心舉行及 8 月 23 日至 27 日於成功大學辦理。

本課程係針對新進研究生之需求而設計，提供系統性與共通性儀器基礎訓練，培養研究生儀器運用、實驗設計與數據分析的基本能力，縮短其進入實驗室前基本能力養成時間；引導學生對儀器設備自行組裝之興趣，並提高自行建構研究設備能力，以期打造台灣儀器人才，根植我國科技實力為目的。

本課程的授課講師將各主題最精華最實用的內容濃縮成講義，期能對學員有最大的助益。學員來自台灣大學、交通大學、清華大學、國防大學、中山大學、暨南大學、嘉義大學、高師大、中華大學、聯合大學、虎尾科大、明志科大及成功大學等研究生，課程結束時以綜合測驗確認訓練效果，前三名成績優良的同學頒發獎狀及紀念品以茲鼓勵。

儀科中心運用寒暑假舉辦短期密集基礎訓練，讓研究生經由這一系列的基礎課程對各研究領域有更深一層的了解，對促進研究領域的整合或日後產學合作都將有所助益。

科技政策研究與資訊中心

國家競爭力永續發展論壇 - 科技產業發展與環境保護的對話



「追求環境保護與經濟永續發展的國家願景」議題討論會場剪影。

「永續發展」為新世紀全球關注的議題，要達到永續發展目標，至少應包含環境永續、經濟永續與社會永續等面向。其中，經濟發展與環境保護如何兼顧，已成為各國亟需面臨的挑戰。對我國而言，由於天然資源有限，人口密集，政府早期為速求人民生活品質的提升，國家發展政

策多以經濟為優先，創造舉世欽羨的經濟奇蹟。然而，地球暖化所引發氣候變遷、糧食與水資源不足等一連串全球性問題，已嚴重威脅人類的生存。因此，在思考未來的發展策略上，仍需以提升國家競爭力來維繫人民生活品質，同時也必須兼顧環境保護以追求人類永續生存。

為廣納社會多元意見，使公眾更加瞭解並參與政策，本院政策中心特於 2010 年 8 月 26 日假國立台灣師範大學舉辦「國家競爭力永續發展論壇」，邀請公共政策、環境、法律、農業、產業界等相關領域學者專家，就「追求環境保護與經濟永續發展的國家願景」、「建構適合我國科技產業發展的環評制度」、「如何透過跨部會整合機制，以促進我國環境永續與產業發展」等三項重要議題進行公開討論，期藉由經濟發展與環境保護兩者不同立場與觀點所激盪的火花，增進與會人員對此議題的瞭解，建立國家發展的共同願景。

國家災害防救科技中心

災害防救科技運用與汛期防救災整備之重點研習會



「災害防救科技運用與汛期防救災整備之重點研習會」之綜合座談。

本院國家災害防救科技中心與行政院南部聯合服務中心、行政院研考會、災害防救辦公室、於 2010 年 7 月 14 日與 7 月 20 日兩日分別假嘉義市台灣中油公司人事處訓練所中山堂及高雄市蓮潭國際會館兩地，辦理「災害防救科技運用與汛期防救災整備之重點研習會」。

此研習會目的在了解各單位針對去年莫拉克颱風缺失問題改善之成果，並提供各單位溝通之平台，以增加汛

期整備及應變資訊整合機制，同時亦作為增進中央與地方互動之機制。相關研習會課程重點包括：強化各縣市防救災人員對於中央災害應變中心之運作了解；預警技術與情咨分析研判；災情通報作業方式；各單位因應今年汛期之整備重點及細緻化之疏離撤離作業機制等。

參與研習會對象主要以莫拉克颱風受災縣市為主，包括各縣市政府、鄉鎮市及各村里參與應變作業與防災整備之人員，亦有 NGO 幹部出席此次研習會，兩日研習會總計約有 895 人次參與；在研習會結束之前舉行綜合座談會，特邀請行政院副院長陳冲、內政部長江宜樺等中央災害防救實際決策者參加，聆聽地方基層之問題與心聲，並進行中央與地方雙向之溝通，討論會會場基層應變人員發言相當踴躍，氣氛熱絡，提出之問題相當實際，討論過程中副院長及內政部長針對基層問題一一回覆與說明，顯示中央對於災害防救工作之重視與決心。

台灣海洋科技研究中心

「莫拉克颱風對蘭嶼珊瑚礁生態之破壞研究及後續追蹤」記者會



記者會現場實況。

本院台灣海洋科技研究中心與台東縣政府於2010年7月28日在蘭嶼共同舉辦「莫拉克颱風對蘭嶼珊瑚礁生態之破壞研究及後續追蹤」記者會，由王副院長永和與台東縣賴副縣長順賢主持，高家俊主任簡報說明。此次記者會包括平面刊物、廣電媒體、台東地區地方記者、蘭嶼當地媒體

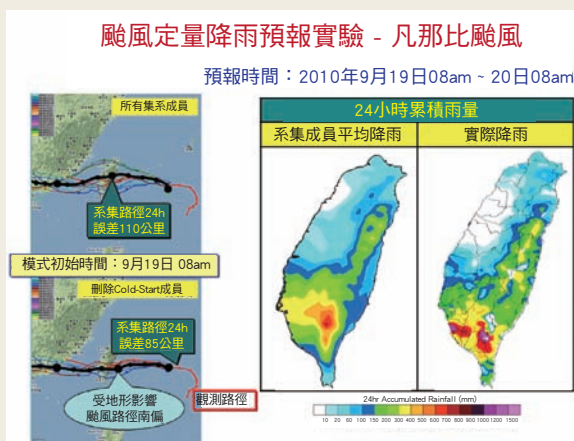
及民意代表皆派員出席，希望藉此喚起各界對蘭嶼珊瑚礁的關注，透過社會各界的支持和參與，共同努力恢復珊瑚礁的生態功能。

2009年8月的莫拉克颱風對於蘭嶼椰油村附近珊瑚礁的生態系產生了莫大的影響，大量繁殖的藻類取代了珊瑚，嚴重擠壓了珊瑚的生長空間。面對珊瑚減少、藻類繁生的情況，海洋中心提出加速珊瑚礁復育的技術建議給台東縣政府參考，如無性生殖株移植技術以及各國專家正在研發中的「珊瑚電房子」，期早日恢復豐富的珊瑚礁生態系。

同時，海洋中心也說明2009年於椰油村外珊瑚礁區所設置的水下即時影像觀測系統，以持續觀察、記錄珊瑚礁生態。未來，海洋中心也計畫與國網中心合作，將珊瑚影像與全球珊瑚礁觀測網連結，提供國際研究社群第一手的珊瑚礁生態觀測基礎資料，協助全球生態學家進行環境變遷與自然擾動頻繁對珊瑚礁生態影響的研究。

颱風洪水研究中心籌備處

颱風定量降雨預報實驗



左：凡那比颱風觀測路徑（紅線）與系集預報路徑（黑線）。右：凡那比颱風24小時（091900Z-092000Z）累積觀測降雨量（左）與系集平均之預報雨量（右），模擬初始時間為2010091900Z。

由於第一線防災單位業務繁重，而從事大氣研究人力主要集中在學術單位，往往學界的一流研究成果，無法立即對實際防災預報作業發揮功效。有鑑於此，本院颱風中心自今（99）年起，規劃定量降雨預報實驗平台，邀集中央

氣象局、災防中心、中大、文大、師大及台大的頂尖研究人才，結合學界與相關作業單位研究能量，並利用國網中心的超級電腦，共同進行「颱風定量降雨預報實驗」，希望能將最新的定量降雨研究成果即時回饋給防災作業單位，提供決策者更多元化之風險評估依據。

本實驗提供每日4次，每次20組的即時高解析度臺灣地區天氣狀況，利用系集統計方法與機率預報的觀念，分析出最可能的颱風路徑與颱風侵台期間降雨分佈，即時提供氣象局預報中心、水利署防災應變中心及災防中心相關防災人員應變所需。

左圖為2010年9月份造成高屏地區嚴重災情的凡那比颱風，在當時所做的路徑與定量降雨預報結果。結果顯示，利用系集預報可有效掌握凡那比颱風路徑與雨量分布。另一方面，結果也顯示數值模式仍無法合理模擬颱風出海後雨帶重新組織過程，故在沿海地區的降雨預報偏弱。颱風中心未來將針對颱風中心出海後雨帶顯著增強的颱風個案，進行系統性研究、並建立概念預報模式，提早預警以減少災情。

國研科技 徵稿 啟示

主要目的：增進本院各實驗研究單位間之互相了解與交流、對外提昇本院知名度與形象

徵稿內容：與本院任務相關之通識性科技文章或活動報導

徵稿對象：國研院同仁及參與本院計畫人員，文章刊登後依本院「稿酬給付辦法」致贈稿酬

出 版：每年1月、4月、7月、10月出刊，每季截稿日期為出刊前二個月

聯 絡 人：稿件請以電子檔寄至院本部蔡智華小姐 chtsai@narl.org.tw

敬請支持、踴躍投稿

國研科技 October 2010 No. 28 NARL Quarterly

榮譽發行人：李羅權

發行人：陳文華

副發行人：王永和、吳光鐘

編審委員：江國寧、李清勝、李穎昀、林博文、高家俊、陳亮全、
梁善居、陸璟萍、張桂祥、張國鎮、楊富量、楊春燕、
楊龍杰、蔡定平、蔡俊輝、蔡深浩

總編輯：陳明智

執行編輯：蔡智華

編輯小組：王頌雯、江宙君、宋伊平、吳佳穎、何鳳珍、邵守麗、
卓繼寬、許明仁、黃心寧、陳怡如、謝家平

設計印刷：肯迪思創意有限公司

發行所：財團法人國家實驗研究院

地址：106 台北市和平東路二段 106 號 3 樓

電話：02-2737-8000

傳真：02-2737-8044

網址：<http://www.narl.org.tw>

中華郵政台北誌字第 317 號執照登記為雜誌交寄

Český Krumlov

(契斯基·庫倫洛夫)

冬季的雪景

作品簡介 / Český Krumlov (契斯基·庫倫洛夫) 位於捷克南部的一個小鎮，建城於13世紀，被伏爾瓦他河以S形包圍整個城鎮，每一幢房舍皆極為精緻且美麗，中古世紀的建築搭配粉紅色與橘紅色的屋頂，與潔淨純白的雪花造就了此美麗的景色。

創作者簡介 / 陳沛清先生，服務於國家地震工程研究中心。



科學探索交流網

<http://enjoysci.narl.org.tw/index>



理性與感性兼具的時代已經來臨，科學教育更需要全面規劃。科學探索交流網規劃科普知識館、活動體驗場、科學話匣子、個人科學館等四大區塊，並透過學習紀錄簿的概念，引入能量水與智慧樹的成長機制，讓小朋友們可以在網站中探索科學，累積科學實力，逐步茁壯成科學大樹、達到玩中學、學中做的功效！

我們有：

科普知識館

每個科學館皆具備不同的知識類型，以最多元的方式呈現(文字、影音、圖片)該領域的科普知識。並且透過推薦、回應、收藏等機制與其他使用者交流互動。



我的科學館

本單元為每個科學種子建立專屬的個人部落格，在此可以收納有興趣的知識，也可以紀錄參加活動的心得或筆記，更可以分享自己的學習經驗，與科學夥伴們討論各類科學話題。除了用文字書寫紀錄足跡之外，也可以上傳自己的手稿畫作喔！



科學話匣子

提供討論空間，不僅可以討論最熱門的科學話題，還可以跟大家推薦有趣的科學書籍，甚至分享線上實驗室的闖關密技，一起學習科學知識。



活動體驗場

各個科學館不時會舉辦科學參訪活動或競賽，內容精彩有趣，鼓勵大家實際親身參與！這邊更幫您蒐集各單位所舉辦的科學活動、演講與展覽！



在這裡可以這樣玩~

哈囉！各位科學種子好：

這裡有國研院11個豐富多元的科學主題供你四處探索，發覺自己的科學興趣，經由你在網站上的活動；回應科學文章、參加實體活動、書寫科學手記、勇闖線上科學遊戲，可獲得多寡不等的科學能量水，只要你常來遊玩，很快你就可以從科學幼苗，長成科學大樹喔！

趣味互動 能量水與智慧樹

透過能量水與智慧樹的自我學習評量機制，每個使用者都擁有專屬的學習足跡。這就像一個小小導遊，使用者可以透過觀看科學達人們的學習歷程，跟隨其步伐，增進自己的科學知識與素養，達到良性競爭的目的！



現在就上科學探索交流網 (<http://enjoysci.narl.org.tw/index>)

一同加入科學探索的行列!!