

出國報告(出國類別：其他（國際會議）)

參加 2008 年材料科學研討會心得報告

服務機關：中山科學研究院第五研究所
姓名職稱：聘用技正 方友清、聘用技正 徐 立
派赴國家：美國
報告日期：97.12.30
出國時間：97.11.29~12.6

國防部軍備局中山科學研究院出國報告建議事項			
報告名稱	參加 2008 年材料科學研討會心得報告		
出國單位	國防部軍備局中山科學研究院	出國人員級職/姓名	聘用技正/方友清 聘用技正/徐 立
公差地點	美國	出/返國日期	<u>97. 11. 29</u> / <u>97. 12. 06</u>
建議事項	一、奈米科技是目前科技界公認為將來最具發展潛力及前瞻性的研究領域，也是未來科技和產業發展最主要的驅動力，隨著新特性的發現，新應用的產生，世界各國皆不敢掉以輕心，均將其列為最優先研發領域，不僅積極規劃國家資源投入，同時也將相關領域研究單位和民間企業組織起來，進行跨領域的技術整合。未來本院應在已俱備之國防能量為基礎下，開發具利基、可實用化之奈米技術及產品，以協助產業界透過技術升級及創新應用而提高其競爭力。 二、本院應積極長期規劃資源投入奈米科技發展，以建構長期之研發能量，使本院成為國內重要的奈米技術研發中心。未來本院第二期奈米計畫應秉持本院專業、創新精神，戮力發展市場亟需、軍民通用之奈米技術與產品，並積極朝提昇商品化能力、協助業者取得奈米標章、整合學業界資源與人力，以及成為認證實驗室等方向著手，期盼能得到政府的預算支持與認同，為我國奈米科技自主及產業順利轉型，善盡國家級實驗室一份子		

的責任，並開創以技術創新、技術卓越、智權創造為核心之奈米平台技術。

三、國內的科技研發必須跟著世界趨勢走，才不致被淘汰，尤其奈米材料技術不斷精進，先進國家因起步較早，許多重要核心技術均領先國內，未來應加速將第一期奈米計畫執行以來陸續開發成功之技術，順利轉化為具有高附加價值之商品，以具體達成將技術產業化、商品化的目標。

四、98 年起奈米國家型科技計畫正式跨入第二期，不但在規劃之研究主題需有創新突破，且在奈米技術產業化及商品化方面亦為極大的挑戰，刻正需要汲取技術領先國在各領域奈米科技的研發成果及經驗，以及產業界的應用趨勢及推廣技巧，以利導正研發方向，將技術落實於具利基的產業上，使技術與應用相互為用。執行本次出國計畫可以得到參與國際性研討及與國外學者專家進行交流的機會，掌握國際奈米技術發展現況及趨勢，避免落入閉門造車而延緩研發之進度，並有利於本院奈米材料科技的發展。未來仍應繼續鼓勵同仁赴國外參訪或參加會議，吸收國外的專業知識與經驗，並研習先進技術，以提昇我國在國際上的競爭力。

處理意見	一、本院持續加強與國內產學研各界建立良好合作關係，並積極開發具利基、可實用化之奈米技術及產品，以有效提昇國內產業競爭力。 二、本院已順利完成第二期奈米國家型計畫建案工作，藉由執行第二期奈米國家型計畫，未來將有助於縮短與先進國家之差異。 三、奈米科技已是未來科技發展的重要指標，本所在奈米材料科技研發方面已逐漸跟上世界趨勢，目前已逐步將第一期奈米計畫執行以來陸續開發成功之技術，順利轉化為具有高附加價值之商品，以具體達成將技術產業化、商品化的目標。 四、本院目前每年皆有安排同仁參加相關之大型國際研討會，讓同仁秉持著多學習多觀摩的態度，增進研究思考的思路，未來仍會持續安排相關同仁參與。
------	--

國防部軍備局中山科學研究院
九十七年 度 出 國 報 告 審 查 表

出國單位	第五研究所	出國人員 級職姓名	聘用技正/方友清 聘用技正/徐 立
單 位	審 查 意 見		簽 章
一級單位			
計 品 會			
保 防 安 全 處			
企 劃 處			
批 示			

國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

科技的進程與材料技術的發展有密不可分的關係，材料技術實為開發新產品最重要的關鍵技術，其中材料的微小化已經是一個必然的趨勢，奈米材料科學的研究，也就是順應這種趨勢而發展出來的，可預期在二十一世紀，我們日常週遭生活中，都將充滿著微小化的元件。無論在光電機械或醫學偵測各種技術上，其趨勢都是朝向微小化技術發展，例如微電路、微機械或微偵測器，而在所有微小化的元件中，奈米材料則扮演不可或缺且最關鍵的角色，且在全球各研發領域上已被視為最前瞻的材料。為執行經濟部科專計畫及提昇本單位的材料檢測技術能力，特派方、徐二員赴美國參加 2008 年材料科學研討會，以瞭解材料科技之最新發展趨勢與奈米材料技術之進程，並與國外學者專家進行交流，吸取先進國家在材料科技開發之經驗，以利我國奈米科技日後之研究與拓展。方、徐二員確能掌握重點，除了對材料科技相關的專業知識有極大的增進與收穫外，更與多位國外專家建立了良好的友誼，提供日後良好的諮詢與溝通管道，本次出國任務確實達成目標。

出國報告審核表

出國報告名稱：參加 2008 年材料科學研討會心得報告			
出國人姓名（2 人以上，以 1 人為代表）		職稱	服務單位
方友清		聘用技正	國防部軍備局中山科學研究院
出國類別	☐ 考察 ☐ 進修 ☐ 研究 ☐ 實習 ☒ 其他 <u>國際會議</u> （例如國際會議、國際比賽、業務接洽等）		
出國期間：97 年 11 月 29 日至 97 年 12 月 6 日		報告繳交日期：97 年 12 月 30 日	
計 畫 主 辦 機 關 審 核 意 見	☐ 1.依限繳交出國報告 ☐ 2.格式完整 ☒ 3.無抄襲相關出國報告 ☐ 4.內容充實完備 ☐ 5.建議具參考價值 ☐ 6.送本機關參考或研辦 ☐ 7.送上級機關參考 ☐ 8.退回補正，原因： ☐ 不符原核定出國計畫 ☐ 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 ☐ 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 ☐ 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 ☐ 電子檔案未依格式辦理 ☐ 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 ☐ 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： ☐ 辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。 ☐ 於本機關業務會報提出報告 ☐ 其他_____		
	☐ 10.其他處理意見及方式：		
審核人	出國人員	初審	一級單位主管

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 資 料 頁			
1.報告編號： CSIPW-97Z-D0005		2.出國類別： 國際會議	
3.完成日期： 97.12.30		4.總頁數： 39	
5.報告名稱：參加 2008 年材料科學研討會心得報告			
6.核准 文號	人令文號 部令文號	97.7.30 國人管理字第 0970009545 號 97.7.23 國備科產字第 0970008725 號	
7.經 費		新台幣：276,017 元	
8.出(返)國日期		97 年 11 月 29 日至 97 年 12 月 06 日	
9.公 差 地 點		美國	
10.公 差 機 構		材料科學研討會	
11.附 記			

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 2008 年材料科學研討會心得報告

頁數 39 含附件：☐是☒否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

中山科學研究院/徐立/03-4712201#357266

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

方友清/國防部軍備局中山科學研究院/聘用技正/03-4712201#357059

徐立/國防部軍備局中山科學研究院/聘用技正/03-4712201#357266

出國類別：☐1 考察☐2 進修☐3 研究☐4 實習☒5 其他：國際會議

出國期間：

出國地區：

97.11.29 至 97.12.06

美國

報告日期：

97.12.30

分類號/目

關鍵詞：

奈米粉體材料、奈米量子點材料、一維奈米結構材料、奈米碳管材料。

內容摘要：(二百至三百字)

本次任務係赴美國參加 2008 年材料科學研討會，以瞭解材料科技之最新發展趨勢與進程。研討主題為奈米結構材料製備技術、奈米粉體材料、奈米量子點材料、一維奈米結構材料、奈米碳管材料、奈米材料檢測技術等前瞻研究。藉由參加本次研討會之機會，收集材料及元件製程最新資料，並了解各先進國家在材料領域最新發展趨勢，且透過與國外專家及學者直接交換研究心得及進行實務問題討論，除了對材料相關的專業知識有極大的增進與收穫外，更藉此機會認識了多位國外長期從事材料研究的專家，尤其是利用討論、休息及用餐的時間與多位專家做廣泛的交談，彼此間相處的氣氛十分融洽，也因此得到不少寶貴的意見與幫助，更建立了良好的友誼，提供日後不少諮詢的對象與管道，也使得本次參訪得以順利進行且成果豐碩，可提昇本院在相關議題的研究能力，以突破現有技術瓶頸，並協助產業界材料技術的研發，為跨足材料領域的產學研界提供堅實後盾。

目 次

壹、目的.....	11
貳、過程.....	11
參、心得.....	15
3.1 奈米結構材料製備技術.....	15
3.2 奈米粉體材料.....	17
3.3 奈米量子點材料.....	20
3.4 一維奈米結構材料.....	24
3.5 奈米碳管材料.....	28
3.6 奈米材料檢測技術.....	30
3.7 結語.....	37
肆、建議事項.....	38
附 件.....	39

參加 2008 年材料科學研討會心得報告

壹、目的

爲執行經濟部科專「無機及高分子元件材料技術開發四年計畫」及「工業服務計畫」，派員至美國參加 2008 年材料科學研討會，以瞭解各維度奈米材料、奈米尺度結構及特性、奈米技術產業化，以及材料檢測技術、材料特質評估技術之最新發展趨勢，並藉由參與國際會議之機會，與國外學者專家進行交流，吸取先進國家在奈米材料科技及材料檢測與評估技術之研發經驗，以利本院材料科技之研究與開發持續獲得突破。參加本次研討會獲得之效益包括：（1）瞭解先進國家在各維度奈米材料製程、特性與結構設計之最新發展資訊，提供本院奈米計畫執行團隊參考，以協助我國建立自主奈米關鍵技術。（2）透過與國外專家學者交換研究心得及進行實務問題討論，瞭解各國在奈米科技產業化、商品化之推展現況及運作模式，戮力發展市場亟需、軍民通用之奈米技術與產品。（3）掌握先進國家在材料檢測技術之發展及最新材料特質評估技術，將有助於建構完整的材料與零組件檢測與評估技術，提昇本院在評估製程適當性及研提改善方案的能力。（4）配合本院既有之材料關鍵技術能量及獲得之先進材料特性資訊，可增進對材料及零組件特性的掌控，減少研發過程的試誤，提昇材料及零組件開發的時效。（5）擴大材料檢測服務網絡，將國家級實驗室所建立之檢測技術及本次研討會獲得之國際間檢測經驗分享與推廣於產學研各界，以加速產業升級，並促成先進材料技術的建立，強化我國產業的競爭力與優勢。

貳、過程

本次公差主要是參加於美國波士頓舉行之 2008 年秋季材料科學國際會議，此研討會係全球最具規模的國際研討會議之一，會議地點爲「普天壽大樓」（如圖 1 右方建築物），爲新英格蘭地區的第二高樓。本次會議共計吸引德國、美國、日本、英國、奧地利、加拿大、法國、義大利、韓國、瑞典、土耳其、荷蘭、西班牙等 20 餘國，逾 200 個參展攤位（如圖 2），500 餘位學者專家共同來參與此盛會，其中有相當多位係來自全球各地的頂尖學者專家，分享其一年來在材料科學領域之研發成果與經驗，會中共

計有 2000 餘篇論文發表，主題涵蓋奈米科學、電子材料、光子材料、能源材料、環境應用材料、工程材料、模擬、材料合成、材料特性評估、材料研究新領域等，其中與本單位執行計畫相關之議題包含：奈米結構材料製備技術、奈米粉體材料、奈米量子點材料、一維奈米結構材料、奈米碳管材料、奈米材料檢測技術等前瞻研究領域。



圖 1、本次會議地點：普天壽大樓（右方建築物）



圖 2、會議的展覽場

另一方面，展覽會場亦展出許多尖端材料及檢測設備，如一家靶材製造廠家，其中的一項產品為圓管狀的靶材（如圖 3），據該廠家表示，採用圓管的好處為其利用率可高達 90%，而平板狀則僅能達 30%。另一個頗感新奇的是一款節能、創新的簡易桌

上型掃描式電子顯微鏡（SEM，如圖 4），雖然其倍率僅約達一萬倍而已，但在小小的機體內卻可放進極大樣品，且無須蒸鍍導電膜，無須冷卻循環水，而操作、維護也皆極簡單，是極適合開放大家使用的設備。藉由此次參與國際會議之機會，收集材料及元件製程最新資料，並了解各先進國家在材料領域最新發展趨勢，且透過與國外專家及學者直接交換研究心得及進行實務問題討論，有效提昇本院在相關議題的研究能力，以突破現有技術瓶頸，並協助產業界材料技術的研發，為跨足材料領域的產學研界提供堅實後盾。



圖 3、圓管狀靶材



圖 4、簡易桌上型掃描式電子顯微鏡（SEM）

本次公差任務行程表如表一。

表一、公差任務行程表

日 期	星 期	公差地 點	工 作 項 目
97.11.29	六		去程
97.11.30	日	美國 麻州 波士頓	參加會前專題研討議程，研討奈米科技及先進材料發展。
97.12.01	一	美國 麻州 波士頓	一、研討零維奈米粉體及量子點材料之最新發展。 二、研討奈米材料機械及微觀結構檢測技術發展。
97.12.02	二	美國 麻州 波士頓	一、研討奈米材料之製程技術及其物理特性。 二、研討表面、微區及奈米尺度材料檢測技術發展。 三、參加尖端材料及檢測設備展覽。
97.12.03	三	美國 麻州 波士頓	一、研討奈米材料與結構設計之發展現況。 二、研討一維奈米線之最新發展。 三、參加奈米材料攝影競賽展。
97.12.04	四	美國 麻州 波士頓	一、研討奈米碳管之最新發展。 二、研討奈米材料特質評估技術發展現況。 三、參加尖端材料及檢測設備展覽。
97.12.05	五		回程
97.12.06	六		回程

參、心得

科技的進程與材料技術的發展有密不可分的關係，材料技術實為開發新產品最重要的關鍵技術，唯有建構自主的材料製造與檢測分析技術，才能使產業界的創意構想獲得立即的驗證，快速擴散核心技術於高科技產業，並推動國內傳統產業進行轉型。由最近幾年來國際上普遍認為奈米科技為現今最重要的研究領域，奈米科技更是我國未來產業發展之重點領域及方向，亦為促進經濟持續成長應掌握之核心關鍵技術，並具有提升傳統產業水準，邁向高價值策略性生活產業之指標意義，而其中材料奈米技術及其所需之製程技術為發展前瞻材料與化學品技術不可或缺的一環。中山科學研究院第二期奈米計畫內容，即以發展奈米材料及製程技術為重點，在已俱備之國防能量基礎下，開發具利基之奈米技術及奈米產品，以縮短開發時間，達成與先進國家同步，領先成為奈米科技新產品之製造國及技術擁有者，符合我國科技發展之政策目標。因此參加本次 2008 年材料科學研討會主要探討內容包括奈米結構材料製備技術、奈米粉體材料、奈米量子點材料、一維奈米結構材料、奈米碳管材料、奈米材料檢測技術等前瞻研究。茲將參加本研討會所獲取之資訊與計畫執行相關議題概述如下：

3.1 奈米結構材料製備技術

材料的微製造過程已進步到奈米尺度，空間度上的壓縮可製造量子井(Quantum Well)、量子線(Quantum Wire)、量子點(Quantum Dot)及各種維度的奈米材料。排列上的規則度則發展出各種超晶格結構。這些材料至少在某一尺度上是介乎原子/分子尺度與巨觀尺度之間，稱之介尺度(Mesoscale)。奈米結構材料位於表面及界面的原子數比一般微粒高出許多，更具有較高的表面能。在應用上，不管是形成薄膜、膠體溶液或是結構複材，欲展現奈米材料之光、電、磁、熱、聲及力學等特性，除了取決於奈米結構材料自身的機能特性外，奈米結構材料與基材(如陶瓷或高分子等)的相互作用與界面效應，更扮演最關鍵性的角色。考量界面特性的關鍵參數包括：(1) 界面熱力控制—操控奈米結構材料分散性與界面穩定性，包括界面鍵結特性、極性、在不同溫度壓力下之變化等；(2) 流體的動力控制—控制奈米結構材料的排列現象、流變行為，以及加工特性的影響；(3) 界面的傳輸控制—藉由界面設計及理論，了解並幫助在界面有效進行電子傳遞、聲子傳遞、應力傳遞等，以展現奈米結構材料功

能特性。

奈米結構材料的製備已經是一個相對成熟的研究領域，目前已可根據不同的應用需求控制及合成具有不同尺寸、形狀和晶體結構的單分散式(Monodispersed)奈米粒子材料。而且，還可以通過各種表面修飾方法，在粒子表面接上其它有機分子，使其表面具有特定的物理與化學官能性。在一維奈米材料方面，半導體奈米線或奈米柱在微電子和光電子元件領域中皆有重要的應用。最近，半導體奈米線、奈米柱陣列被發現可以自組裝式(Self-Organized)方法成長在固體基板上，並可以產生高密度且在垂直方向有序的奈米線(柱)陣列。未來的發展方向應更進一步組裝成含有發光主動層(如Nano Disk 或Quantum Disk)之p-n 接面或具有核/殼(Core-Shell)複合式材料之垂直排列奈米線(柱)陣列，這些方法將可成為未來發展高度積體化奈米線(柱)陣列發光二極體、面發射雷射或場效電晶體元件系統的關鍵技術。另外，在開發高再現性的自組裝技術也十分受到重視，其能夠產生各種特殊設計的二維(2D)奈米粒子超晶格(Nanoparticle Superlattice)，更可以2D 奈米粒子超晶格結構為基礎，進一步組裝形成3D 奈米粒子超晶格結構。這些2D、3D 奈米粒子超晶格結構將可以用為光子晶體(Photonic Crystal)或電漿子晶體(Plasmonic Crystal)的重要構件。

能夠精確的控制奈米結構的位置在奈米電子及奈米光電技術中非常的重要。奈米微影技術(尤其是UV 及X-光微影)可以在固體基板表面快速產生大面積的奈米級結構陣列，因此奈米微影技術未來仍然會是製備奈米有序結構，尤其是開發模板(Template)的重要技術，未來在奈米材料有序結構的應用領域仍將佔有主導地位之一。圖5為利用多孔性陽極氧化層當作模板來製造奈米線之示意圖，應用於巨磁阻感測元件。奈米微影技術須有很高的空間解析度(從分子到奈米尺度範圍)，因此，傳統E-Beam 及Focused Ion-Beam 技術仍然需要繼續被開發出新的方法，以改善其空間解析度及製作時程。此外，未來在近場光奈米微影(Near-Field Nanolithography)技術方面，應加速開發。近場光的方法可不受到光繞射極限的影響，且不需用到特殊且昂貴的UV 及X-光光源，發展前途極為看好。

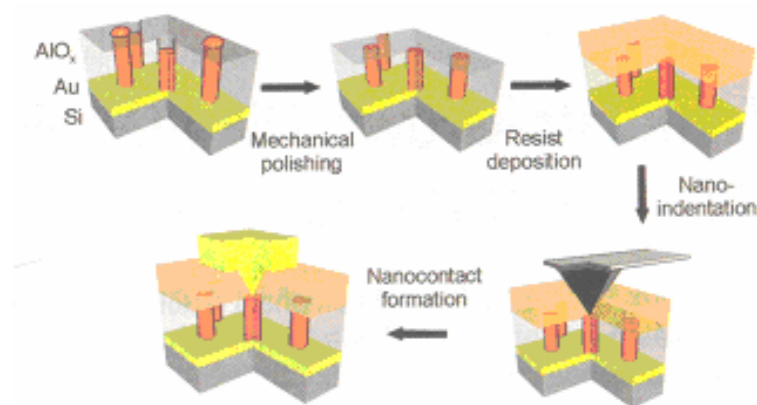


圖 5、利用多孔性陽極氧化層當作模板來製造奈米線之示意圖

在固體基板表面通過奈米微影技術或化學自組裝方法可進行特定奈米圖案的設計(Nanopatterning)，並可用適當的方法將奈米材料組裝到具有特定圖案的位置上，形成2D 奈米結構。隨後可以2D奈米結構為模板，進一步組裝形成3D 奈米結構。為了實現這項技術的高度應用性，除了製備圖形時應有很高的解析度外，相對“Top-Down ” 奈米微影技術之製程時間也必須能夠大幅縮短，主要由於其能夠進行平行處理(Parallel Processing)，並具有極佳自複製(Self-Replication)功能。除了上述之外，自組裝單層分子膜(Self-Assembled Monolayer、SAM)、高分子聚合體(Polymer)膜亦為該領域的發展重點。

3.2 奈米粉體材料

奈米粉體材料又稱為超微粉或超細粉，一般指顆粒尺寸在1~ 100nm 範圍內的超細材料，是一種介於原子、分子與宏觀物體之間的固體顆粒材料。由於奈米粉體材料具有小尺寸效應、表面效應、量子尺寸效應、宏觀量子隧道效應等，因此產生出許多與傳統固體材料不同的獨特性質，使其在諸多科學領域展現出廣闊的應用前景。奈米微粒一般指一次顆粒，它的結構可以為晶態、非晶態和准晶態。在晶態的情況下，奈米粒子可以為多晶體，當粒徑小到一定值後為單晶體。奈米顆粒的尺寸在球形顆粒和不規則顆粒間有不同的定義，對球形顆粒而言，其顆粒尺寸(粒徑) 即指其直徑，然而對不規則顆粒而言，尺寸的定義常為相當直徑，例如體積相當直徑、投影面積相當直徑等。奈米粉末或顆粒可應用於高密度磁記錄材料、吸波隱身材料、磁流體材料、防紫外線材料、研磨拋光材料、電池電極材料、高效催化劑及高效助燃劑等。奈米無機粉體包括氧化物、氮化物與碳化物，目前已有商業化規模的產品，粉體粒徑最細可達

數奈米級，一般以 20~50 奈米的粉體居多，在生產技術已達量產化的程度。奈米無機粉體的應用以與有機材料結合形成複材或表面塗層為主，其功能除減少無機材料的添加量外，增加功能與新功能的產生為主要應用的功效。隨著應用領域的擴大，奈米粉體在不同介質中的分散技術不斷改善，已營造出更完整的產品應用技術。圖 6 為奈米 Au 粉 TEM 照片。

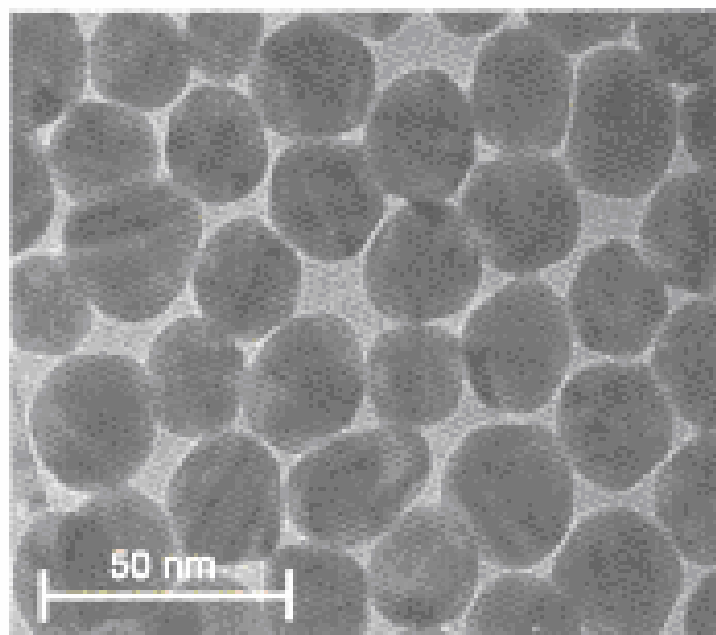


圖 6、奈米 Au 粉 TEM 照片。

由於奈米粉體材料比表面積很大、介面原子數較多、介面區域原子擴散係數高，以及具有很高的化學活性，因而奈米觸媒及催化材料成為奈米粉體材料的重要應用領域之一，利用奈米粉體材料甚高的比表面積與活性，可以顯著增進催化效率，例如在火箭發射用燃料推進劑中添加約 1% 超細鉛或鎳微粒，每克燃料的燃燒熱可增加 1 倍，且可以提高固體推進劑的燃速並降低臨界壓力；採用奈米 Al 粉不僅可以提高固體推進劑的能量和燃燒穩定性，而且也可提高混合炸藥的爆熱和爆炸威力；採用奈米 Mg 粉既可提高火藥能量又可改善其點火性能等；此外，金原本是最穩定的貴重金屬之一，但是當金的顆粒小至幾奈米時，奈米金顆粒可以變成活性很強的觸媒，完全出乎傳統對金銀的認知，因此開發奈米粉體材料對觸媒及催化性能的改善具有十分重要的意義，也是奈米粒子受到科學家的注目的主因。奈米觸媒除具有很高的催化活性外，其選擇性也高於傳統催化劑。例如使用 Rh 奈米粒子做光解水催化劑，比常見催化劑產率提高 2~ 3 個數量級，使用粒徑為 30nm 的 Ni 做為環辛

二烯加氫生成環辛烯反應的催化劑，其選擇性為 210，而使用傳統微米級 Ni 粉末做為催化劑時選擇性僅為 24。此外奈米粒子對氧化、還原和裂解反應也具有很高的活性和選擇性，對光解水制氫和一些有機合成反應也有明顯的光催化活性，這都是由於奈米粒子具有高比表面積、表面能及活性較高之原因。圖 7 為核/殼(Core-Shell)結構奈米觸媒粉體 TEM 照片。

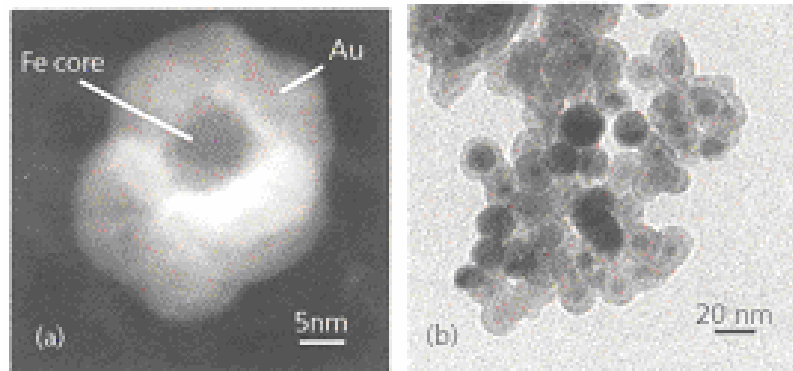


圖 7、核/殼(Core-Shell)結構奈米觸媒粉體 TEM 照片

奈米粉體材料由於粒徑極小、比表面積極大、表面活性很高，以致粉體材料間的相互作用較強，包括凡得瓦力、氫鍵等，因此粒子間非常容易產生凝聚現象，而且已被分散的凝團還會發生再凝聚現象，因而影響奈米粒子的優良性能，如此將大幅地限制奈米粒子的應用，因此分散技術是奈米粉體材料應用的至關鍵技術。奈米粒子的凝聚一般分為兩種：軟凝團和硬凝團，軟凝團主要是由於顆粒間凡得瓦力和庫侖力所致，用超聲波或施加機械能的方式可消除；硬凝團主要是由氫鍵和化學鍵作用引起，其結構不易破壞。科學家認為顆粒硬凝團的形成和毛細管吸附、氫鍵作用和化學鍵作用等有關。為了防止小顆粒的凝聚可採用以下幾種措施：

- (1) 加入抗凝團劑形成電雙層：選擇適當的電解質作為分散劑，使奈米粒子表面吸引異性電荷離子而形成電雙層，通過電雙層之間庫侖排斥作用使粒子之間發生凝聚的引力大大降低，實現奈米微粒分散的目的。
- (2) 加表(界)面活性劑包裹微粒：採用表面活性劑，使其吸附在粒子表面，形成微胞狀態，由於活性劑的存在而產生了粒子間的排斥作用，阻礙了顆粒間的相互接觸，避免了化學鍵的形成，進而防止凝團的產生。

(3) 添加配位劑形成錯合物，此方法具有很好的效果解決奈米粒子的分散問題。

奈米微粒具有巨大的比表面積，每克可達幾百平方米，甚至更高，薄且均勻的介面層和原子層次的階梯狀表面，使得它在臨界溫度時全部顆粒瞬間發生反應，且活化點多易發生相變，單位活性部位反應速度大，因此對奈米材料必須要妥善保存和應用，否則將會導致奈米材料的性質發生變化，因而在奈米微粒的使用或貯存過程中，對其表面進行保護極為重要。通常對活性奈米微粒進行保護的方法有：(1) 在貯存奈米材料的瓶子或袋子裏充上惰性氣體如氮氣、氬氣等密封保存；(2) 將其放入粘結劑或增塑劑中，這樣使用時較方便，也保護了粒子表面；(3) 利用表面處理劑對其表面進行包覆。

3.3 量子點材料

載子在量子點中三個維度上都受到能障約束而不能自由運動，因此根據量子力學理論，量子點中的載子在三個維度方向上的能量都是量子化的，其分佈為一系列的離散函數，類似於原子光譜性質，因而人們往往也把量子點稱之為“人造原子”。由於量子點具有量子、小尺寸、量子穿隧、庫侖阻塞、量子干涉和非線性光學等明顯效應，及其在微電子、光電子元件、超大型積體電路和超高密度存儲計算等方面的潛在應用優勢，因而受到世界各國科學家和企業界的高度重視。量子點結構的特性涉及物理、化學和材料等跨領域學門，控制量子點的幾何形狀和尺寸可改變其電子態結構，可實現元件優異的電學和光學性質。

製備高品質的量子點材料是元件應用最重要的基礎，如何實現對無缺陷量子點的形狀、尺寸、面密度、體密度和空間分佈有序性等的可控生長，一直是材料科學家追求的目標和關注的焦點，經過多年的努力，現已發展出多種製備半導體量子點的技術，歸納起來不外乎為“自上而下”(Top-down)和“自下而上”(Bottom-up)及這兩種方法相結合的製備技術，而應變自組裝技術則是目前最廣泛應用的技術。

應變自組裝方法屬於典型的“由下而上”製備技術，它是利用磊晶生長模式，適合於晶格失配較大但表面、介面能不是很大的異質結構材料體系；實驗上可採用分子束磊晶(MBE)、金屬有機物化學氣相沉積(MOCVD)和原子層沉積(ALD)等技

術來製備，在生長模式中，磊晶層和基材間的晶格失配較大，但是在磊晶的初始階段，磊晶材料可以通過彈性變形來適應晶格失配，即先以二維層狀模式生長，形成一整層濕潤層，隨著濕潤層厚度的增加，應變能不斷積累，當濕潤層厚度達到某一臨界值時，彈性變形二維層狀生長不再是最低能量狀態，應變能藉由在濕潤層上形成三維島狀物而得到釋放。形成三維島狀物後，伴隨應變能的減小與表面能的增加，系統的總能量降低。三維島狀物生長初期形成的奈米尺度小島周圍是無差排的，若用禁帶寬度較大的材料將其包圍起來，小島中的載子將受到三維限制；小島的直徑一般為幾十奈米，高約幾個到十幾個奈米，此小島即為通稱的量子點。圖8為量子點的TEM照片及AFM形貌。

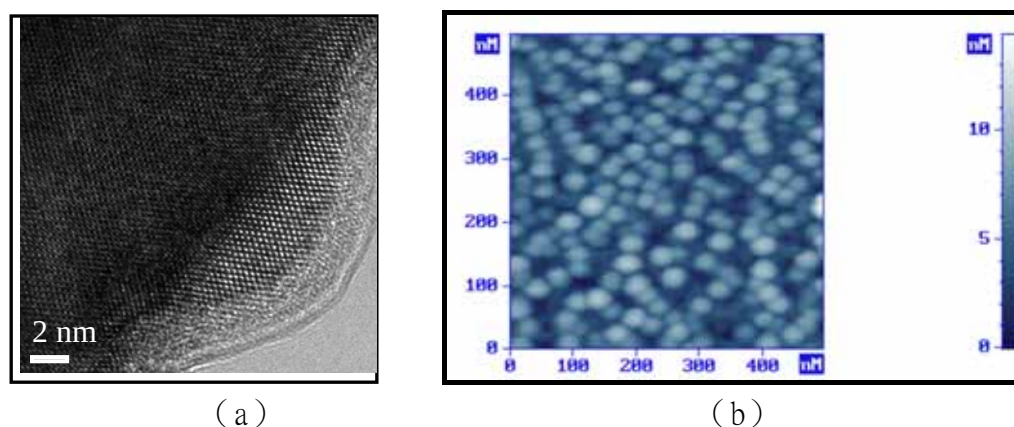


圖 8、InAs/GaAs 量子點之(a)TEM 晶格影像及(b)AFM 表面形貌

量子點的形狀視生長條件不同，可以是菱形、方形、金字塔形、球形、橢圓形和三角形等，通過對應變異質結構材料體系應變分佈的設計，如晶向、晶格失配度的合理選擇，以及生長動力學的控制等，理論上可製備出尺寸和分佈較均勻的無缺陷量子點材料。應變自組裝技術不僅無需諸如高空間分辨的電子束曝光和刻蝕等複雜的製程技術，方法相對簡單，而且不會引入雜質污染和形成自由表面缺陷，是目前製備量子點材料最常用、最有效的方法。但由於量子點在濕潤層上的成核是無序的，故其尺度、形狀、分佈均勻性均難以控制，遑論量子點的定位生長了。為解決這個問題，材料學家進行了廣泛的嘗試，例如在高指數（high index）晶面上自組裝製備的量子點的均勻性可得到改善，這是由於高指數面具有高的表面能，在磊晶生長過程中，高指數面

將分解成具有較低表面能和特定週期結構的鄰近小平面，以降低其表面能，達到穩定的表面結構，故在高指數面上生長量子點是改善量子點結構和性能的有效方法之一。當加入緩衝層（buffer layer）時，往往可以顯著地改善量子點的密度，而如在具有不太厚之緩衝層基材上生長量子點超晶格時，被嵌埋的量子點將產生張應力，當下一層量子點開始生長時，此張應力區將誘導新的量子點優先成核，以減小整體失配，這種過程的複製將導致生長方向上的量子點超晶格產生有序排列。通過在基材和量子點層之間引入緩衝層，也可用來有效地調節上層量子點的幾何參數，這是因為特殊設計緩衝層的應變場會延伸至最表面，進而影響上層量子點的初始孕核。相較之下，沒有加入緩衝層時量子點的分佈往往沒有規律，大小也明顯不均勻。

量子點的電子能態是研製新型量子點元件和電路的物理基礎，所以對量子點電子能態的瞭解有著重要的意義。透過將量子井做理想化假設可以計算得到箱形量子點、球形量子點，以及柱形量子點的特徵能量、波函數，以及有效態密度，結果顯示量子點結構的電子能量在三個維度上都是量子化的。量子化能階間距與該方向之特徵長度的平方成反比。隨著該方向尺寸的減小，該方向量子化能階間距增大，量子化效應更加明顯。量子點中電子的組態密度為函數形式，類似氣體原子的分光光譜，由於不同形狀量子點的限制能量不同，會對量子點的態密度和電子特徵能量產生影響，而量子點的尺寸又決定了量子點的能階間距，所以對量子點的形貌、尺寸的控制及實驗觀察是非常重要的。由於量子點的尺寸與電子的德布羅依波長相當或者更小，所以在處理輸送現象時必須考慮電子的波動性，如果樣品尺寸等於或小於相位干涉長度，也就是小於電子在材料中接連兩次受到非彈性散射後所走過的距離，那麼電子通過樣品時只發生彈性散射，儲存在電子波函數裏面的資訊將不會被破壞，而只是發生一定的相差。電子從不同路徑通過樣品時發生彈性散射的情況不同，相位的積累也不同，當樣品的尺寸遠大於相位干涉長度時，電子會遭受非彈性散射；如果樣品尺寸與相位干涉長度屬同一量級，交叉項就會有一比值，由於通過不同路徑時遇到雜質的情況不同，所以此值呈隨機變化，如果在樣品的兩端放置兩個探頭，理論上來說就能夠測量到干涉結果，這就是量子干涉現象。所以在相位干涉長度內，載子所輸送的電流不僅與其速率有關，還與其相位有關，故其特性不再遵從歐姆定律。基於量子干涉

效應可以製備多種新型量子元件，再加上量子點系統具有量子疊加等特性，故量子點的能階可製成量子計算的基本單元。

若一個量子點與其所有相關電極的電容之和足夠小，此時只要有一個電子進入量子點，量子點所增加的靜電能就會遠大於電子熱運動能量，這個靜電能便會阻止隨後的第二個電子進入同一個量子點，這種現象叫做庫侖阻塞效應。基於庫侖阻塞效應可以製造多種量子元件，如單電子元件等。單電子元件不僅在超大型積體電路製造上有著重要應用前景，而且還可用於研製超快、超高靈敏度及解析度的靜電計，可用來檢測極小的電荷量。

在應變自組裝量子點結構中存在著應力，也就是說系統的總能量並非處於極小值的穩定狀態，特別是大功率量子點雷射二極體，在工作時將隨著應力的釋放而產生缺陷，導致元件的性能退化甚至失效，因而研究它的熱學穩定性有十分必要性。當退火溫度較低時，量子點中原子的相互擴散可以忽略，但隨著退火溫度的升高，原子間的相互擴散加劇，尤其在介面處的組成梯度更大。應變自組裝量子點的退火效應與應變量子井、超晶格的情況類似，在退火過程中，透過組成原子的相互擴散或產生點缺陷，可降低系統的應變能，如果原生量子點結構中的點缺陷密度很低，應變將使組成原子間相互擴散增強，應變越大，交互擴散係數也越大，這是光致發光波長產生藍移的主要原因；反之如果原生量子點結構中失配點缺陷的密度較高，則其中的應變已得到較大程度的釋放，互擴散現象也就不明顯了。總之，研究量子點的熱學穩定性對於提高量子點的光學、電學性質和元件應用等都是重要的。

利用電子的量子效應原理製作的元件稱為量子功能元件，也稱量子元件或奈米元件。要實現量子效應，在工藝上須製作厚度和寬度都僅幾奈米到幾十奈米的微小導電區域。當電子被關閉在此奈米導電區域中時，才有可能產生量子效應，這也是製作量子功能元件的關鍵所在。如果製作若干奈米級導電區域，而導電區域之間形成薄薄的能隙區，這樣的導電區域稱為量子井。當在量子井中注入電子時，電子的波動特性此時將明顯地表現出來。當電子可以從一個量子井穿越能障而進入另一能階時，此即為量子隧道效應。電子在量子井中將處於分立的能階，當電子受激時，將從低能階躍

遷到高能階。而當電子從高能階回到低能階時，會發射出一定波長的光子，此種量子效應會隨著在奈米技術的不斷發展而得到有效應用。

量子點為三維均受限的量子元件，以其獨特的優異電學、光學性能和極低能耗，在奈米電子學、光電子學、生命科學和量子計算等領域有著極其廣泛的應用前景，主要的應用包括量子點雷射二極體、量子點紅外偵測器、單光子光源、單電子元件和量子電腦等方面，其中紅外線偵測器由於在夜視、追蹤、醫學診斷、環境監測等方面皆有極廣泛的應用，受到人們極大重視。其優點是具有較高的偵測率和回應率，而其主要缺點為難以獲得大面積電學、光學性質均勻的晶片。近年來由於分子束磊晶技術的發展，量子井紅外線偵測器的研製取得了很大的進展，並已成功地用於紅外相機和研製大面積紅外線焦平面陣列偵測器，量子點紅外線偵測器可以探測垂直入射的光，無需製作複雜的光柵。由於聲子瓶頸效應，電子在量子點分立態上的鬆弛時間較長，這有利於製造工作溫度高的元件，而使得偵測器不需冷卻，此將會大大減少陣列和成像系統的尺寸及成本。

3.4 一維奈米材料

一維結構的奈米材料如奈米線、奈米管等在化學、物理、電子、光學以及生物感測器等各方面都具有重要的應用價值，因此引起越來越多科學家的重視。目前製備一維奈米材料的方法很多，主要有模板法、無模板自組裝法及電紡絲技術等。

在諸多製備一維結構材料的方法中，模板合成法最為簡便有效，所謂模板法是以某些特殊形貌的材料做為反應或加工的模板，藉以合成具有相對應形貌之目標材料的方法，模板法所用的模板通常有多孔材料、奈米纖維、膠體顆粒等。模板法的優點包含尺寸可控性好，導電聚合物的奈米結構尺寸可以通過調節模板孔洞的尺寸來製作；應用範圍較廣，容易產生奈米結構的有序排列。不過模板的使用也會使得製備過程變得相對繁瑣和複雜，且模板的清除不僅增加反應步驟外，也會對產物的形貌和結構造成一定破壞。人們常用多孔膜做為模板以製備一維結構材料及其陣列體系，常用的多孔膜有兩大類：一類是用聚合物薄膜，如聚碳酸酯、聚酯多孔膜；

另一類是電化學刻蝕法製備的氧化鋁薄膜，膜中的孔通道垂直於膜表面，孔的形狀、尺寸和長徑比可調，這些特點決定了其做為模板以製備一維結構材料及其陣列體系的基本條件，當以PC或多孔氧化鋁膜為模板時，則採用電化學、化學沉積、溶凝膠、原位聚合等方法，用來製備導電聚合物、金屬、金屬氧化物、奈米碳管、奈米纖維及其陣列結構，所製得的一維材料往往由於缺乏精細結構而很難與功能性物質複合，限制了其深入應用。如果能把一維材料與有序介孔結構相結合，並藉由改變模板的潤濕性控制產物的形貌或誘導材料產生相的變化，將對於製備功能性的複合材料具有重要意義。圖9為利用模板法製造之InAs量子線的SEM照片。

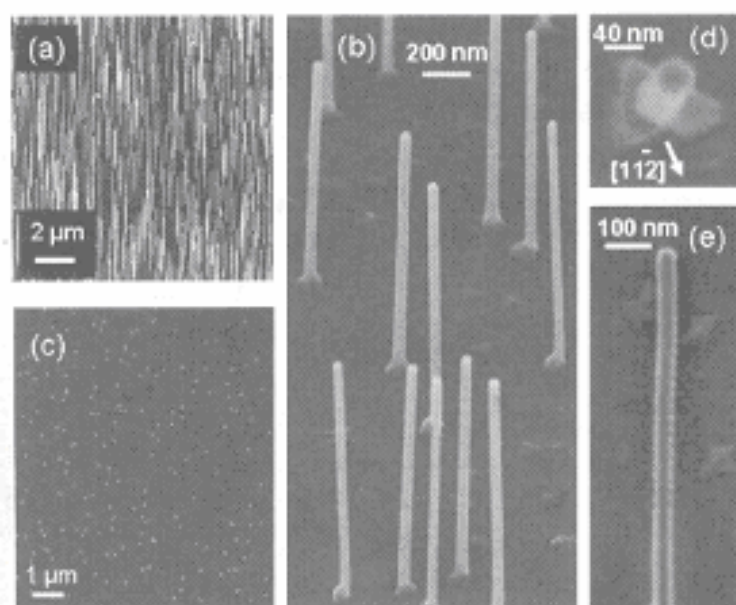


圖 9、利用模板法製造之 InAs 量子線的 SEM 照片。

有序介孔材料是指以某種分子或結構（如表面活性劑或段式共聚合體）為媒介的方法包括，利用溶凝膠、乳化或微乳化等物理化學過程，藉由有機物和無機物之間的介面作用組裝和化學反應生成的孔徑在奈米尺度範圍、孔徑分佈窄且具有規則通道結構的無機多孔材料。分子篩在材料科學界引起了廣泛關注，可做為新型的奈米結構模板材料，有序介孔材料具有較大的比表面積和吸附容量，在吸附、分離、催化、光、電、磁等領域也具有廣泛的應用前景，近年來已成為材料科學的熱門研究議題之一，運用有機矽水解後的自發生長過程可製備有序介孔二氧化矽纖維，此外藉由紡絲的方法也可製備二氧化矽纖維，如利用酸催化誘導反應，也可以得到介觀

有序的二氧化矽空心管，目前對於如何藉由溶凝膠技術製備一維有序介孔複合材料及其陣列，控制產物的長徑比，並使結構特徵可控制調節，仍是一個有待解決的問題。

以多孔氧化鋁為模板，結合段式共聚合體的自組裝過程和無機物的溶凝膠過程，製備一維有序無機介孔材料及其陣列，利用含疏水基團的矽烷耦合劑與氧化鋁模板表面的少量羥基耦合改性，改變模板表面的潤濕性，並控制段式共聚合體的濃度，可控制產物的介觀結構和形貌。

在一維奈米結構材料的製備過程中，可選擇的多孔膜的宏觀形態，孔通道的形狀和排列方式、可調的特徵尺寸，決定了製備的一維材料及陣列體系的形態和性能。此外，可供選擇的原料如雙親分子模板、無機物、高分子和功能組成可在更寬範圍內選擇，將可製備更豐富多彩的功能性奈米材料，此類材料具有有趣的物理化學性質，在許多方面皆具有極重要的應用價值，對於一維有序介孔二氧化矽管來說，管壁的奈米孔和管的中空微形腔體都可以做為新的微反應器，若與功能性的物質結合，將可製備功能性的奈米複合材料。

近年來，採用自組裝過程直接製備聚合物奈米結構材料的研究發展得很快，自組裝是利用分子間的氫鍵、凡得瓦力和配位鍵等相對較弱的相互作用，經由自發過程，形成管、線、球等複雜結構及二維、三維的有序結構，此皆屬無模板自組裝法。以無模板法可製備導電聚合物奈米結構。在此種方法中，通常採用合成導電聚合物的步驟，只要改變和控制反應溫度、摻雜劑和調整聚合物單體的濃度以及它們的比例，就可以得到導電聚合物奈米管及奈米線等，摻雜劑和聚合物單體通過自組裝形成的超分子結構在導電奈米管的形成過程中產生無模板的作用。與模板法相比，無模板自組裝法簡單、廉價，且對實驗條件要求不嚴格，並可以經由化學和電化學方式來實施。圖10為利用無模板法製造氧化鎢量子線的SEM照片及XRD圖譜。

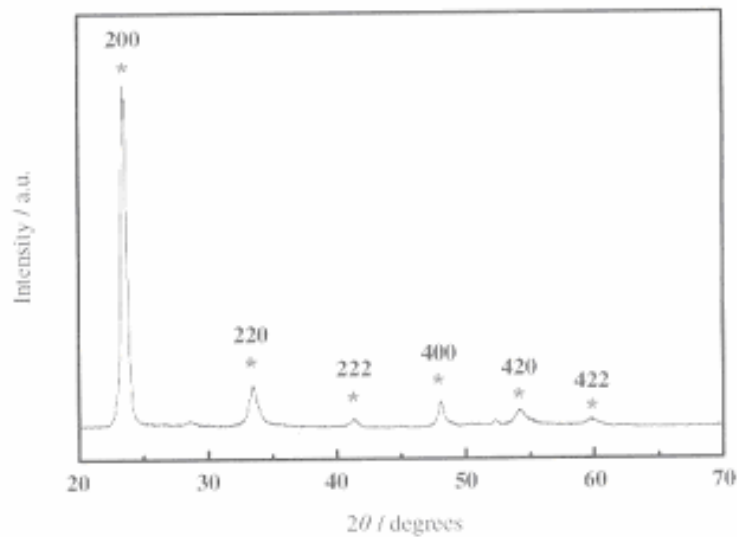
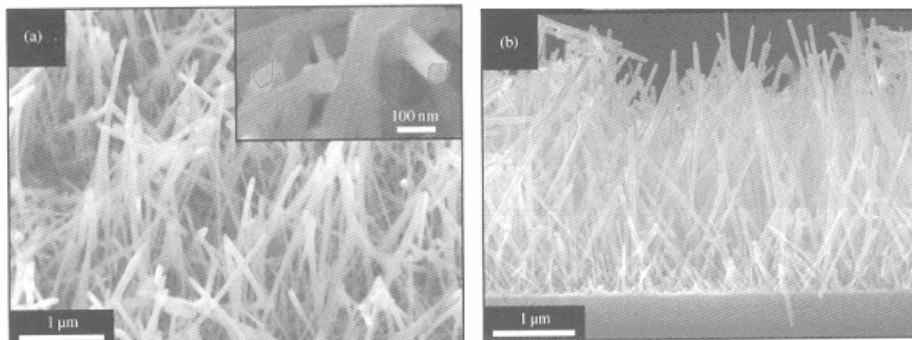


圖 10、利用無模板法製造氧化鋅量子線的 SEM 照片及 XRD 圖譜。

電紡絲技術可用於聚合物奈米纖維的製備，由於操作方法比較簡單及廣泛的適用性，近幾年來越發引起人們的重視。在製備過程中，聚合物溶液被裝入紡絲容器內，然後在高壓電場作用下，聚合物液體從紡嘴噴射出去而形成細流。由於電荷的排斥作用，細流發生分裂，同時溶劑揮發，於是形成奈米纖維並沉積在收集電極上。到目前為止已有多種聚合物纖維採用電紡絲技術被製備出來。圖11為利用電紡絲技術製造 β -Amino acid 量子線的SEM照片

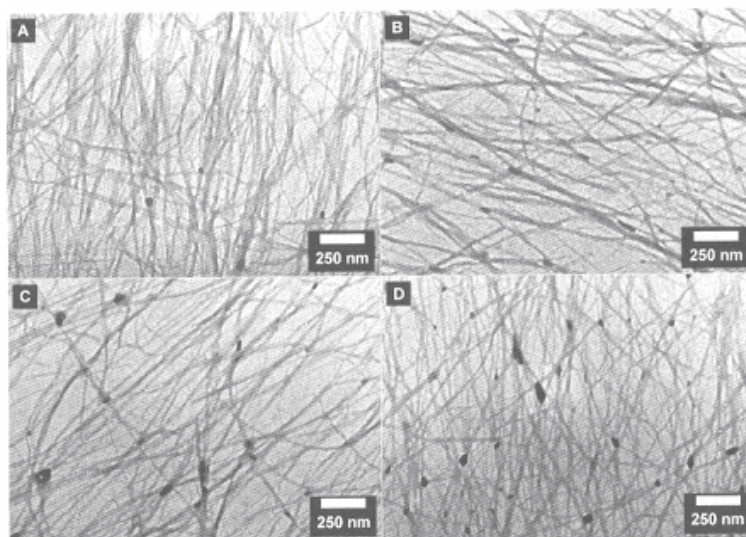


圖 11、利用電紡絲技術製造 β -Amino acid 量子線的 SEM 照片

一維奈米材料具有特殊的結構和物理化學性能，可應用於發光元件、太陽能電池、場效應電晶體和非線性光學元件等方面；經摻雜後表現出較高的電導率，可以應用於抗靜電塗層、電磁遮罩和微波吸收等方面；導電聚合物的摻雜與脫摻雜過程為可逆，可應用於製備二次電池、人工肌肉、電子鼻和防腐材料等，奈米結構導電聚合物在電學、力學、氣體傳感等方面具有優於普通導電聚合物的性能，並且可以與其他材料形成奈米層次的複合，得到多功能複合材料，因此在奈米電子學、感測器及先進複合材料等方面均具有廣闊的用前景。

3.5 奈米碳管材料

奈米碳管一被發現即引起科學家極大的興趣，它擁有非常完美的一維幾何結構，密度很低，但強度卻比鋼大100倍，室溫下它的楊氏係數可達0.64TPa，甚至更高，而且可以伸長達30%而不被破壞，高溫穩定性也是碳管的一大特點，真空中碳管可在2800℃下穩定存在，大氣中也可以達到750℃，同時奈米碳管有著奇特的電性，它的導電性隨著捲取方向的不同有著巨大的差異：椅型的奈米碳管類似金屬，具有良好的導電性能，鋸齒型奈米碳管則展示了半導體性的導電性質，而掌型（chiral）的奈米碳管一般認為是絕緣體。另外奈米碳管還有著特異的光、磁等性能，若對奈米碳管施加與其軸向平行的磁場，它的電阻將會隨磁場的增加而表現出週期性震盪行為。圖12為（n,m）捲取方向奈米碳管的SEM及TEM照片。

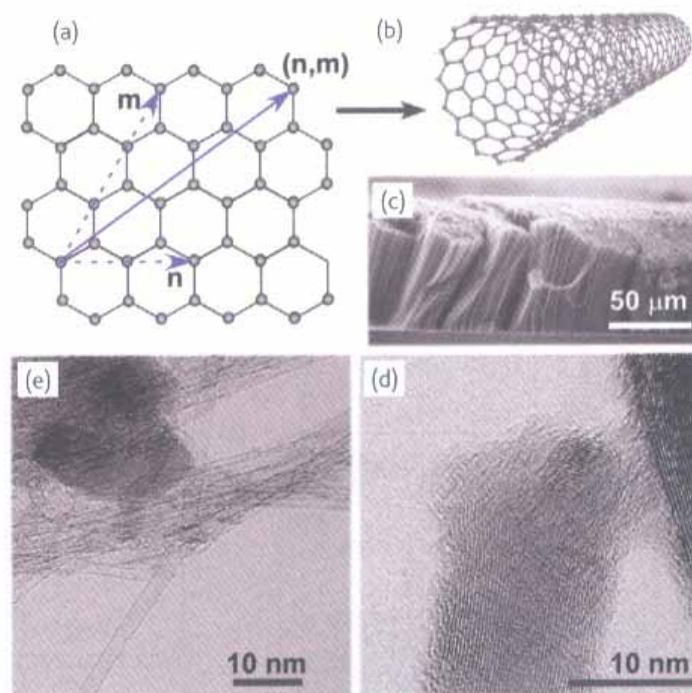


圖 12、 (n,m) 捲取方向奈米碳管的 SEM 及 TEM 照片。

奈米碳管如此優異的特殊性能造就了其在各個領域的廣泛應用，例如在電子技術領域方面係利用它優異的場發射性，在冷發射電子槍、新型平面顯示器等設計上有廣闊的應用。奈米碳管引入顯示技術領域具有許多顯著的優點，包括高清晰度、低工作電壓、低功耗、高回應速度，因此易於實現薄型化、數位化和積體化。即使在场發射領域，奈米碳管製作的平面顯示也比傳統的陰極場發射具有許多明顯的優點。奈米碳管的尖端為奈米尺度，尖銳的電子發射尖端提供了形成強電場的獨特條件；奈米碳管具有的低的電子逃離能，十分有利於電子向真空發射，使奈米碳管的電子發射特性穩定。此外，在電導特性、大面積和產業化方面也都具有優勢。故以奈米碳管製作的平板顯示器可能成為今後顯示技術的重要方式，被廣泛關注。

在極化流體的作用下，單壁奈米碳管束上能夠產生電位差，利用這個原理，可以製成流體感測器，這在生物醫藥方面的應用頗具潛力，由於電荷注入能引起奈米碳管的電致伸長，利用此特點可用奈米碳管團簇設計出了十分巧妙的奈米驅動器模型，它的機構與天然肌肉極其相似，但應力水準卻強得很多。因此，此實驗大大促進了人造肌肉研究的進展。不過實驗測得之碳管團簇的應變數仍然太小。在奈米機電系統材料

的各種性能指標中，奈米碳管能夠滿足大部分參數要求，如優良的高溫機械電子性能等，如在一定的條件下它也能同時獲得較大的應變和功率密度，則對設計奈米元件來說，奈米碳管幾乎是完美的智慧材料。而功率密度對奈米碳管而言是不存在問題，因為它具有很高的楊氏係數，即便是只有微小的應變也能獲得足夠大的功率密度。因此，使奈米碳管產生較大的應變是一個非常吸引研究者興趣的課題。引起奈米碳管變形的原因可劃分為兩種：鍵角變化和鍵長變化，碳管能夠在電場的作用下沿電場方向重新排列，隨著軸向電場強度的增加，奈米碳管的軸向應變亦呈現增加的趨勢。由於奈米碳管在奈米機電系統的研究中可獲得大應變，因此高功率密度的智慧化材料成為當前研究的熱門議題，其可大大的促進對奈米致動器、奈米肌肉、奈米感測器以及細微尺度的操縱等課題的研究，且有利於智慧材料、智慧結構的實驗技術發展，以及在網路電子、奈米級驅動裝置的研究，在所有這些領域中，奈米尺度的應變能力扮演著極為關鍵的角色，科學家們如要在這個方向的實驗技術上獲得突破，尤應加快對奈米碳管這個新奇智慧材料的應用研究。

3.6 奈米材料檢測技術

奈米檢測分析技術為快速擴散奈米核心技術於高科技產業及傳統產業的不二路徑，惟由於檢測材料在奈米尺度下特質所需之檢測設備皆所費不貲，而完整的檢測需綜合多種設備分析之結果，故必須仰賴檢測服務網絡的建置，以快速、正確支應研發之需要。因應奈米時代的來臨，世界各國除戮力進行奈米產品的開發之外，各種通用或專用之奈米檢測設備的開發亦為不可或缺者。惟檢測技術之建立除有賴新穎之設備外，待測試樣製作與準備技術之精進及充實經驗以加強對檢測結果正確性之判斷則為能獲得正確、有效檢測數據的必要步驟。最終，分享及推廣檢測技術於各領域，以探討奈米材料及元件的特性為擴散奈米技術的最佳方式。應用奈米檢測技術之極致表現，藉由整合各項檢測所得資訊以回饋給研發人員，提供奈米產品製程研改有效的解決方案，可減少研發人員曠日廢時的盲目摸索，縮短奈米產品開發所需時程。

奈米科技的進程與奈米檢測分析技術的發展有密不可分的關係，材料檢測分析技術實為發展奈米材料及元件所不可或缺的工具，唯有建構自主的奈米製造技術與奈米

檢測分析技術，才能使產業界的創意構想獲得立即的驗證，快速擴散奈米核心技術於資訊電子等高科技產業，並推動國內傳統產業應用奈米核心技術進行轉型。

奈米材料檢測儀器的開發是代表一個國家研發能力提升的重要指標，奈米科學技術即起源於以掃描穿隧顯微鏡(STM)及奈米級掃描探針顯微技術(SPM)的發展，對奈米尺度的系統而言，一個適當的分析儀器需要具備可同時提供微量分析與精確位置資訊的能力。有鑑於此，世界各先進國家皆將研發或設立超高影像解析能力的顯微設施列為發展重點，而進一步的將顯微術與同步輻射研究設施結合則能發展出超高影像解析能力的光/電子能譜顯微術。另外奈米尺度物體的特性量測仍是奈米科技領域研究的難題，目前仍停留在對奈米粒子或奈米尺度分子結構形貌上的觀察，如何在達到奈米乃至次奈米(原子尺度)空間解析度的情況下進一步獲取奈米物質的物理、結構等材料和物質特性，為當前世界共同面對的研究課題。除上述利用同步輻射光源做為奈米探針外，另一重要技術是採用傳統掃描探針(例如AFM)為基本技術平台，結合對探針硬體材料或結構改性，以及量測環境的改變，來激發待測奈米結構及增強量測訊號，使得探測奈米尺度之物質/元件內在的物理及結構特性成為可能。此類設備技術的發展對真正深入探討物質的奈米世界具有十分重要的意義。圖13為以STM觀察Fe原子圍成之環形柵欄(上)及Fe表面之Cr原子(下)。

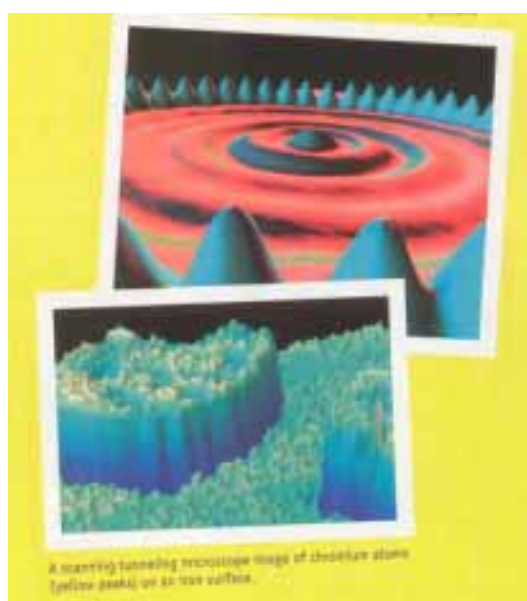


圖 13、以 STM 觀察 Fe 原子圍成之環形柵欄(上)及 Fe 表面之 Cr 原子(下)。

奈米探針功能化技術發展的另一方面是探針陣列的研發和應用，採用奈米探針陣列技術，可利用一般之物理吸附，或是化學鍵結方式，固定生物分子在微米或次微米級針尖的表面，由此減少分子接觸面積，使之構成單一分子偵測系統。若將此奈米針尖陣列與微流通道技術（microfluidics）及光感測陣列（CCD or photo-detector array）結合，形成一套整合系統，不僅可偵測且量化單一分子反應，並且具有平行偵測與及時數據分析處理的能力。此類技術的研發不但開創全新之生物單一分子研究領域，更可應用於高靈敏度之臨床分子檢驗。如極富盛名的 Dip Pen Nanolithography (DPN) 即利用懸臂樑上的探針進行蝕刻顯影工作，如圖 14 之示意圖即顯示使用 DPN 在兩電極之間產生一種結構，圖 15 則顯示以探針在兩電極之間滴上不同材料。圖 16 更進一步結合單壁奈米碳管（SWNT），以 DPN 可精確定位 SWNT 之位置及高度。

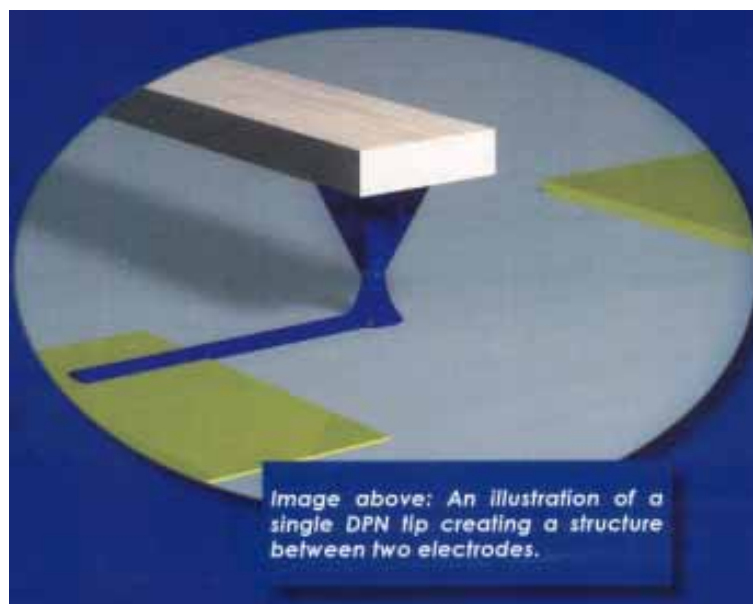


圖 14、使用 DPN 在兩電極之間產生一種結構之示意圖。

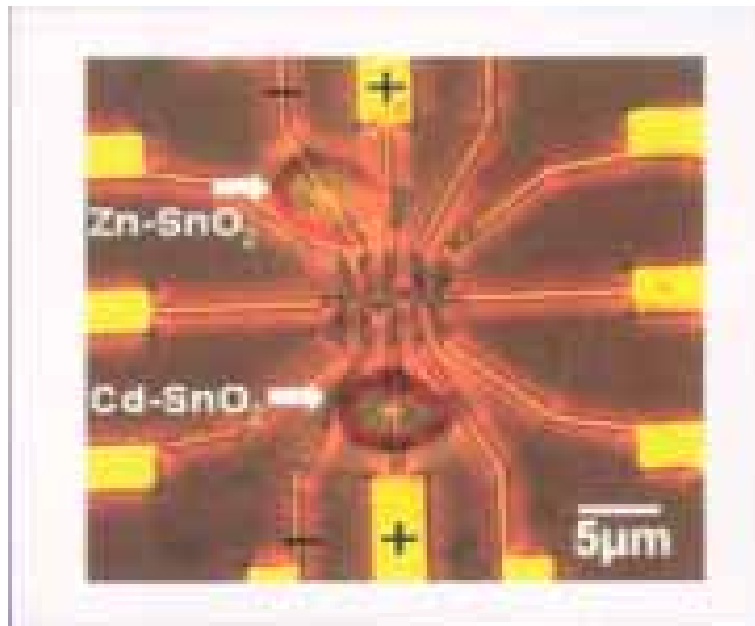


圖 15、以探針在兩電極之間滴上不同材料。

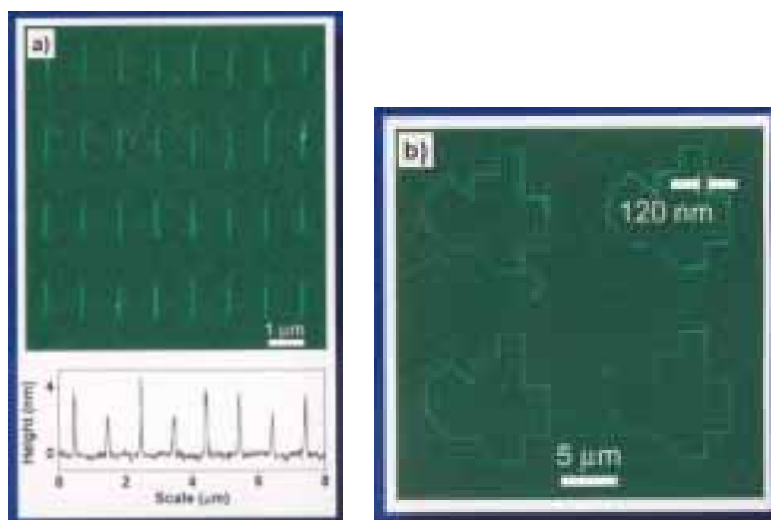


圖 16、以 DPN 可精確定位 SWNT 之位置及高度。

奈米壓痕測試係指能將壓入試樣之荷重大小控制在 μN 等級，具有奈米尺度解析度之壓痕深度量測，可直接評價次微米(submicron)區域機械性質之材料試驗方法。因此奈米壓痕測試技術可用於次微米薄膜材料之機械特性評估。薄膜材料及成膜技術的發展是奈米壓痕技術開發之最大動機，如今，全球以電子或硬質鍍膜等領域為中心之薄膜機械特性評估需求愈加迫切。圖17為以奈米壓痕試驗機分析不同硬度的薄膜其表面壓痕形貌，裂痕左邊材料硬度較低故壓痕較深，反之裂痕右邊材料硬度較高故壓痕較淺。圖18為以奈米壓痕試驗機分析DLC薄膜之機械性能。



圖 17、薄膜經奈米壓痕試驗機測試後之表面壓痕形貌

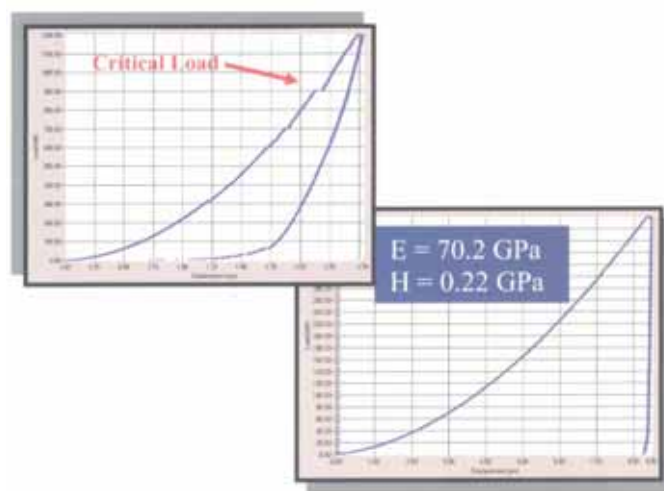
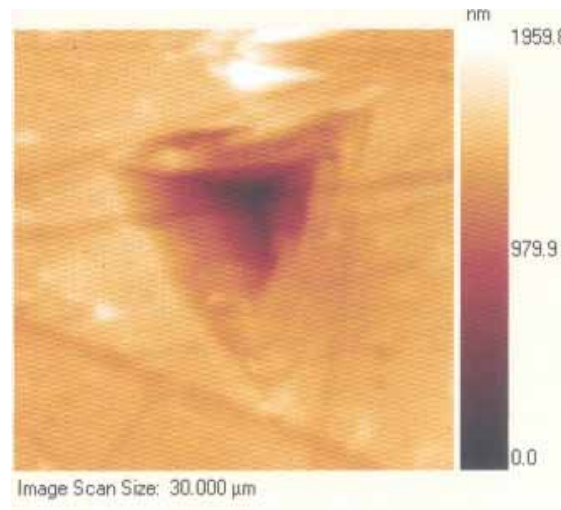


圖 18、以奈米壓痕試驗機分析 DLC 薄膜之機械性能

奈米壓痕測試技術之進步，主要是裝置之高性能化帶來測試精度之改善。目前壓痕深度之解析度，在設備規格上已可達1Å以下，而且也可論及材料在彈性限內接觸問題之實驗驗證，以及對應荷重-壓痕深度曲線微妙角度變化之結構相變態的檢測等。奈米壓痕測試已經偏離「硬度試驗在於測試硬度」的一般觀念，現今奈米壓痕測試系統已經廣泛應用於材料奈米尺度機械性質的研究，並結合掃描式電子顯微鏡（SEM）及掃描探針顯微鏡（SPM）分析測試後的材料表面形貌，未來奈米壓痕測試系統之應用範圍將更為寬廣。

本次會議中，意外發現會場正展出類似兩年前台灣之中國材料年會舉行的攝影競賽的優勝作品（如圖19），共有40幾件作品，都是以電子顯微鏡、掃描探針顯微鏡等檢測設備拍出的奈米材料影像，其中有些類似風景畫（如圖20），有些類似玫瑰花（如圖21，作者為台灣人），真是維妙維肖，美不勝收。



圖 19、攝影競賽得獎作品展

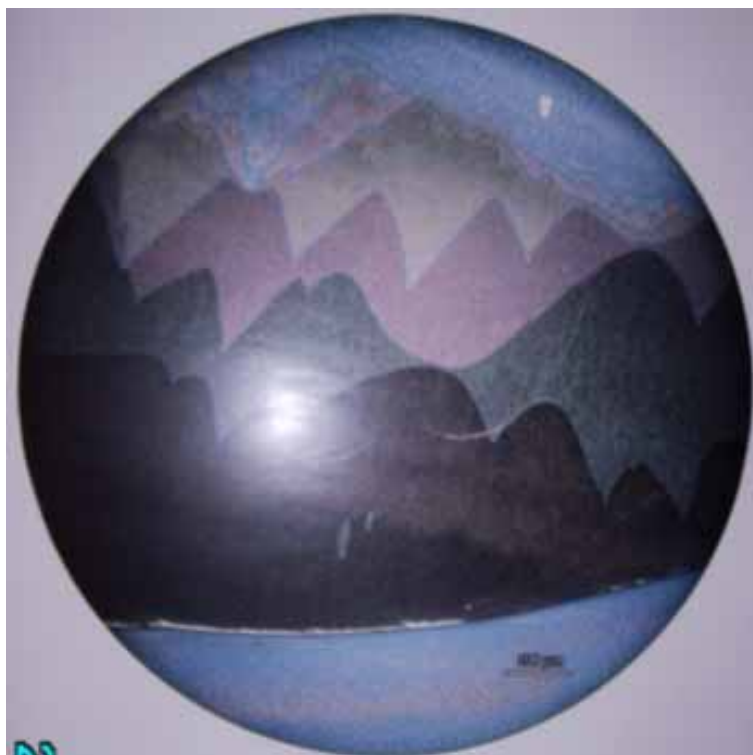


圖 20、類似風景的材料形態



圖 21、像極玫瑰花的奈米材料影像

此外，本次會議中聽取Origin Lab.展示了8.0版本的資料處理軟體（如圖22），這是一套用途極廣且非常好用的數據處理及繪圖軟體，對於本院研究人員之研究結果分析及保存應極為有用。

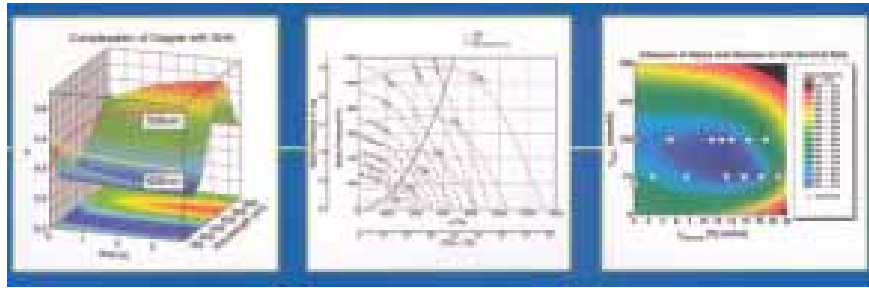


圖 22、新版的 Origin 資料分析及繪圖平台軟體

3.7結語

奈米材料在全球各研發領域上已被視為最前瞻的材料(advanced material)，為新材料和新光電磁元件的建構基石(building block)。奈米材料的研發除可提昇產業的技術層次與競爭力外，也可創造高附加價值的新興產業，帶動聲、光、電、磁、熱、力、生化等關聯產業的發展，因此材料科技朝奈米級尺度發展已成為必然趨勢，未來所有高科技產業都將需要新的奈米材料來配合，這是今日科技發展中極很關鍵的一環。奈米材料技術乃是一個具有高度實用性，且相當熱門的尖端研究領域，未來必定會對整個產業經濟和民生結構產生極大的影響。

肆、建議事項

- (一) 奈米科技是目前科技界公認為將來最具發展潛力及前瞻性的研究領域，也是未來科技和產業發展最主要的驅動力，隨著新特性的發現，新應用的產生，世界各國皆不敢掉以輕心，均將其列為最優先研發領域，不僅積極規劃國家資源投入，同時也將相關領域研究單位和民間企業組織起來，進行跨領域的技術整合。未來本院應在已俱備之國防能量為基礎下，開發具利基、可實用化之奈米技術及產品，以協助產業界透過技術升級及創新應用而提高其競爭力。
- (二) 本院應積極長期規劃資源投入奈米科技發展，以建構長期之研發能量，使本院成為國內重要的奈米技術研發中心。未來本院第二期奈米計畫應秉持本院專業、創新精神，戮力發展市場亟需、軍民通用之奈米技術與產品，並積極朝提昇商品化能力、協助業者取得奈米標章、整合學業界資源與人力，以及成為認證實驗室等方向著手，期盼能得到政府的預算支持與認同，為我國奈米科技自主及產業順利轉型，善盡國家級實驗室一份子的責任，並開創以技術創新、技術卓越、智權創造為核心之奈米平台技術。
- (三) 國內的科技研發必須跟著世界趨勢走，才不致被淘汰，尤其奈米材料技術不斷精進，先進國家因起步較早，許多重要核心技術均領先國內，未來應加速將第一期奈米計畫執行以來陸續開發成功之技術，順利轉化為具有高附加價值之商品，以具體達成將技術產業化、商品化的目標。
- (四) 98 年起奈米國家型科技計畫正式跨入第二期，不但在規劃之研究主題需有創新突破，且在奈米技術產業化及商品化方面亦為極大的挑戰，刻正需要汲取技術領先國在各領域奈米科技的研發成果及經驗，以及產業界的應用趨勢及推廣技巧，以利導正研發方向，將技術落實於具利基的產業上，使技術與應用相互為用。執行本次出國計畫可以得到參與國際性研討及與國外學者專家進行交流的機會，掌握國際奈米技術發展現況及趨勢，避免落入閉門造車而延緩研發之進度，並有利於本院奈米材料科技的發展。未來仍應繼續鼓勵同仁赴國外參訪或參加會議，吸收國外的專業知

識與經驗，並研習先進技術，以提昇我國在國際上的競爭力。

附件

無