

T C E C M

國科會自然處

尖端晶體材料聯合實驗室

Taiwan Consortium of
Emergent Crystalline Materials



為整合國內新穎材料開發，單晶成長與薄膜製備，在行政院國科會推動「新興科技計畫」經費支持下，國科會自然處經由學者專家同儕嚴格審查機制，找出對台灣具有國際競爭優勢與產業價值的新穎材料成長與研發研究團隊，給予相對充裕之經費支持。結合了國立台灣大學、交通大學、與中山大學之五處材料研究團隊，成立全國第一個國家級「尖端晶體材料聯合實驗室」[Taiwan Consortium of Emergent Crystalline Materials (TCECM)]，這項由國內在單晶薄膜製備與應用學術團隊中，選出技術與經驗均達國際水準之五個頂尖團隊，係跨校組合而成，可望積極推動新穎材料相關研究的發展，加速國內新穎材料研究成果產業化之腳步。

聯合實驗室將設立單一窗口，逐步統整資訊交換，達到促進單晶與薄膜材料研究樣本及研究成果交流之平台。五所聯合實驗室依專長分布於從北到南三所大學五個系所，將各自獨立在其專長領域上追求卓越，分享樣品，加強人才訓練及資訊交流。尖端晶體材料聯合實驗室成立後更可與現存之國家理論研究中心及同步輻射研究中心有效合作，未來必能以世界級的學術研究成果來支持國家產業所需，強力支援新材料從基礎到應用研究相關之發展。

詳細實驗室資訊可上國科會自然處物理研究推動中心之「尖端晶體材料聯合實驗室」網頁：
<http://prpc.phys.nthu.edu.tw/TCECM>

主持人簡介



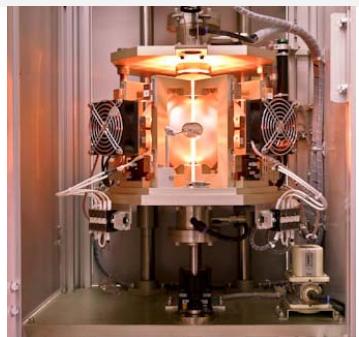
周方正 研究員
國立臺灣大學 凝態科學研究中心

兼任國家同步輻射研究中心研究員

周方正研究員1993年獲Iowa State University物理博士學位，2005年加入台大凝態中心前為麻省理工學院材料中心資深研究員。主要研究方向在透過特殊單晶成長與電化學嵌入技術，突破凝體物理材料研發限制，得以經由高純度高品質單晶充分整合物理特性探討，對低維度強關聯系統材料的物理機制尤為深入。其單晶製備品質與技術已具國際領導地位，為主要國內外凝態物理材料研究實驗中不可或缺之重要研究用單晶來源。

實驗室主要設備

(1) 光學聚焦浮區爐



(2) Laue單晶掃描繞射儀



(3) 多功能物理性質測儀



(4) 超導量子干涉磁量儀



(5) 超高壓高溫材料合成系統



(6) 掃描穿透式電子顯微鏡



服務與合作發展項目

本核心設施在總研究方向上，集中於凝態物理基礎研究之新材料製備、單晶成長，與人才培訓。並透過最高品質單晶與後續嚴格之材料結構分析，結合國內外實驗與理論團隊完成整合式研究。

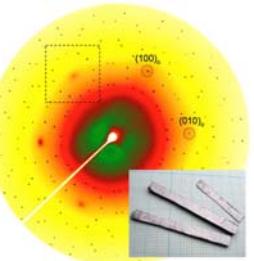
本核心設施在材料製備發展上主要分為幾個方向：

- 第一類為延續長期從事之低維度材料晶體結構及其物理特性探索，同時透過這些材料所帶來對相關凝態物理理論之檢驗與證實。
- 第二類為從單晶成長出發針對具特殊晶體結構造成現有理論無法解釋之特理性質做出探討。
- 第三類為探索能源相關應用材料之基礎性質調控，特別是其相關基礎物理研究，包括電池電極材料物理機制與熱電材料之熱電性質改進。
- 第四類為透過特殊材料合成方法，開發出新超導材料並探索已知超導材料超導相變物理。

重要研究成果展示

重要成果一：

層狀結構材料 Na_xCoO_2 單晶鈉離子有序現象研究

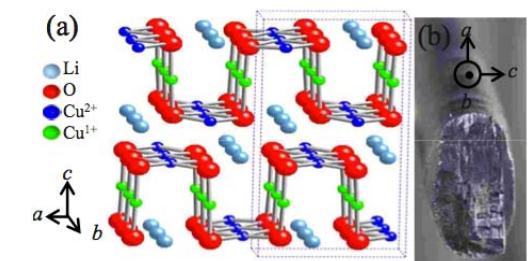


運用單晶成長光學聚焦浮區法成功得製備出極高純度且品質穩定之大尺寸單晶，並且運用電化學嵌入法對長成單晶做進一步之鈉離子成分準確調控。由於結合了高純度單晶與高準確度之電化學離子嵌入析出，本團隊製備出極可能為全世界最純與穩定之一系列 Na_xCoO_2 單晶樣品。

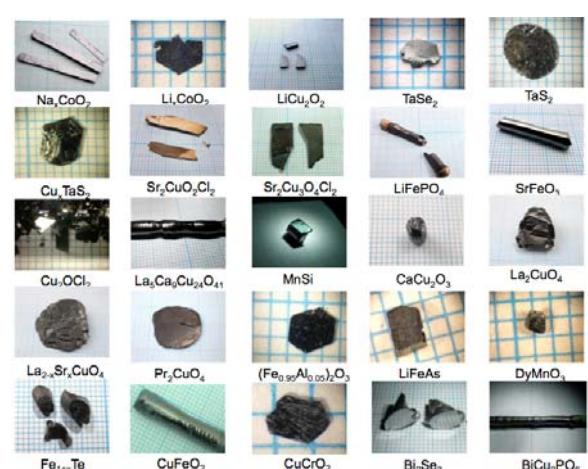
至今已針對 Na_xCoO_2 之材料製備與物理特性陸續發表及共同發表論文超過二十篇，其中八篇刊於凝態物理界最重要刊物之一的Phys. Rev. Lett.，對於低維度材料物理結構之磁性與結構認識具有重要之貢獻。

重要成果二：

低維度多鐵材料 LiCu_2O_2 之研究



透過Zn參雜二價銅Cu低維度多鐵材料 LiCu_2O_2 單晶成長，得以探測一維磁排序之結構變化，此等對低維磁排列之探索為理論物理上極重要之課題。根據磁性量測結果，我們成功首度發現特殊磁對(dimer)之產生，並且與後續發表之理論預測相呼應，另發現特殊二維短程有序排列現象，對於DM交互作用在電雙極之探討上具有重要參考價值，結果均發表於Phys. Rev. Lett.及Phys. Rev. B。



重要成果三：

電池、熱電、拓撲絕緣體等單晶成長研究

為針對不同凝態物理領域基礎研究單晶材料之需求，本設施持續成功成長許多高品質單晶，包括有鋰電池研究所需之 LiCoO_2 與 LiFePO_4 ，熱電材料研究所需之 NaCoO_2 與 Bi_2Te_3 ，拓撲絕緣體研究所需之 Bi_2Se_3 等多樣變種單晶樣品。本設施所提供之單晶均通過仔細晶體結構分析與基礎物性定量，以確保提供單晶尺寸與品質得以充分支援各特定基礎研究技術所需。

展望

- 積極開發超導、磁性、電池、與熱電材料單晶成長及其基礎與應用研究
- 充分提供基礎與應用材料科學研究所需之高品質特殊單晶與新材料
- 培養新一代凝態新材料開發人才與高級技術人員

主持人簡介



陳俊維 教授

國立臺灣大學 材料科學與工程學系

陳俊維教授1995年獲英國劍橋大學物理系碩士學位，1998年獲英國劍橋大學工程系博士學位。主要研究方向是新穎石墨烯(graphene)及相關二維材料、奈米材料、有機太陽能電池之基礎研究及應用開發。

服務與合作發展項目

本實驗室主要是於2009年在國科會新穎材料計劃之支助下成立，建立以成長石墨烯Graphene相關材料之研究平台，並開發其相關應用及基礎研究。本計畫之組織之成員，除了主持人陳俊維教授外，還包括台大凝態中心林麗瓊研究員、中研院原分所周美吟所長、陳貴賢研究員、及王偉華助理研究員。其皆為國內在奈米碳材上及石墨烯Graphene相關之領域上，有許多經驗之知名學者。

Graphene(石墨烯)是一種由碳原子組成六角型呈蜂巢晶格的平面薄膜，只有一個碳原子厚度的二維材料，是最近幾年在科學上最重要之發現之一，它的發現並於2010得到諾貝爾物理獎。由於它的二維電子結構，使其有非常特殊之電子、機械、導熱及光電應用，使得它引起全世界研究人員廣泛研究。本實驗室以石墨烯或其他二維材料之相關研究及應用開發為主。建立一個整合材料成長、分析、元件製作及理論模擬之核心設施。目前已與國內外許多實驗室及廠商進行交流合作，包括透明導電電極、IC半導體、及光電能源、及生醫相關項目等。共同研究開發其新的科學及技術上之應用。

實驗室主要設備

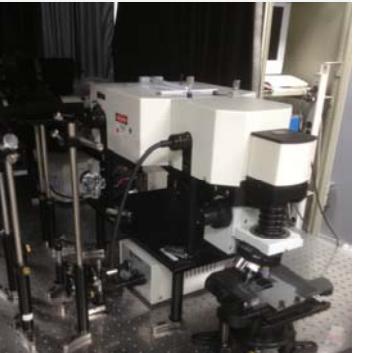
1. 大面積化學氣相沉積(CVD)方法成長石墨烯
2. 大面積超音波噴墨印刷(Ultrasonic Spray)系統
3. 共焦拉曼顯微光譜(Confocal Raman Spectroscopy)及原子力顯微鏡(Atomic Force Microscopy)整合系統
4. 電子元件製作及電量測設備



原子力顯微鏡



化學氣相沉積系統



拉曼光譜量測系統



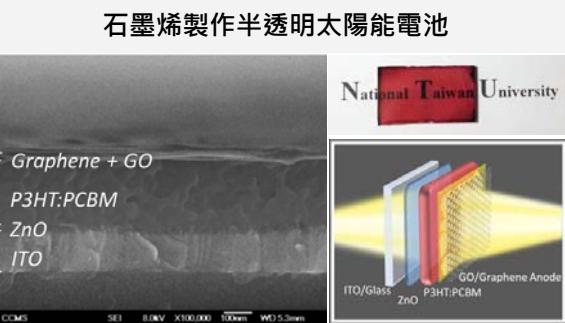
超音波噴墨印刷系統



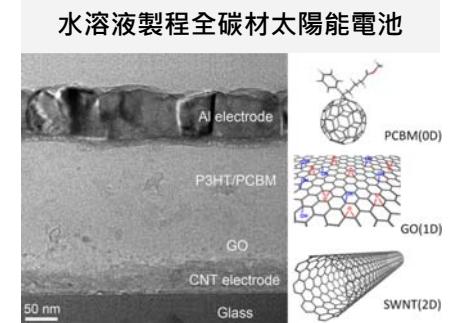
重要研究成果展示

重要成果一：石墨烯透明導電電極於太陽能電池之應用

我們製作開發以Graphene為主之透明導電基板，取代傳統之ITO導電玻璃。最近，我們做出第一個以Graphene為主之半透明太陽能電池，此結果可應用太陽能電池於透明玻璃或窗戶上或者是疊層太陽能電池中[1]。我們利用水溶液大面積製程之方法，製作石墨烯氧化物(Graphene oxide)，取代傳統利用於有機電子元件之重要的電洞傳輸層(PEDOT:PSS)[2]。我們更將此一技術，結合奈米碳管之透明電極，並成功開發第一個以水溶液製成全碳材為主太陽能電池[3]。



石墨烯製作半透明太陽能電池

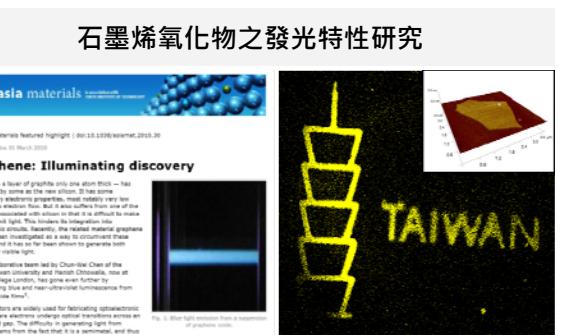


水溶液製程全碳材太陽能電池

重要成果二：

石墨烯氧化物(Graphene oxide)之發光特性研究

我們首先在石墨烯氧化物中，發現其可發出藍光之螢光(photoluminescence)[4]，此結果為第一次能觀察到石墨烯相關材料發藍色之光譜。最近，我們進一步能夠調控其發光光譜，使其能由紅色轉為藍色，並對其發光機制做出深入研究[5]。其相關知識可作為二維材料發光之研究基礎。最近，我們結合表面電漿增長效應，增進石墨烯氧化物之發光效率。下圖為利用表面電漿增長效應石墨烯氧化物之螢光“101 TAIWAN”之發光圖形。



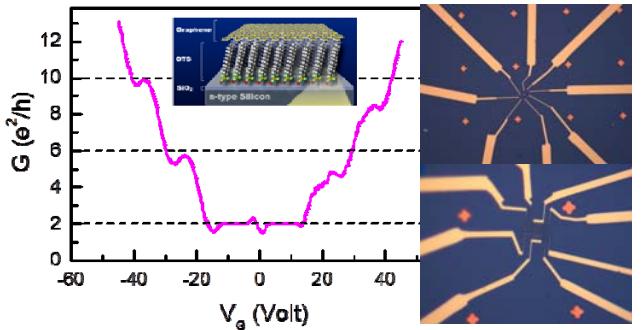
石墨烯氧化物之發光特性研究

重要成果三：

高遷移率(high mobility)之石墨烯電子元件

我們與王偉華博士實驗室共同開發合作，利用低成本之分子修飾基板，製作出具有非常高載子遷移率之石墨烯晶體元件 ($\sim 60,000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)，並發現可以量測到非常清楚之量子霍爾效應[6]。此發現對於石墨烯電性之基礎研究或者未來大面積、高性能石墨烯電子元件開發，有其重要性。

高遷移率之石墨烯電子元件



展望

本計畫預計建立一個完整之Graphene相關之材料研究整合平台，提供國內外研究者利用與交流。並希望利用此平台，結合國內之電子、光電與能源等相關產業。將實驗成果與產業發展相結合，提升台灣在此領域上之競爭力。

參考文獻

1. *ACS Nano*, 8, 6564 (2011)
2. *ACS Nano*, 4, 3169 (2010)
3. *Energy and Environmental Science*, 4, 3521 (2011)
4. *Advanced Materials*, 22, 505 (2010)
5. *Angewandte Chemie International Edition*, 51, 6662 (2012)
6. *Nano Letters*, 12, 964 (2012)

主持人簡介

周武清 教授

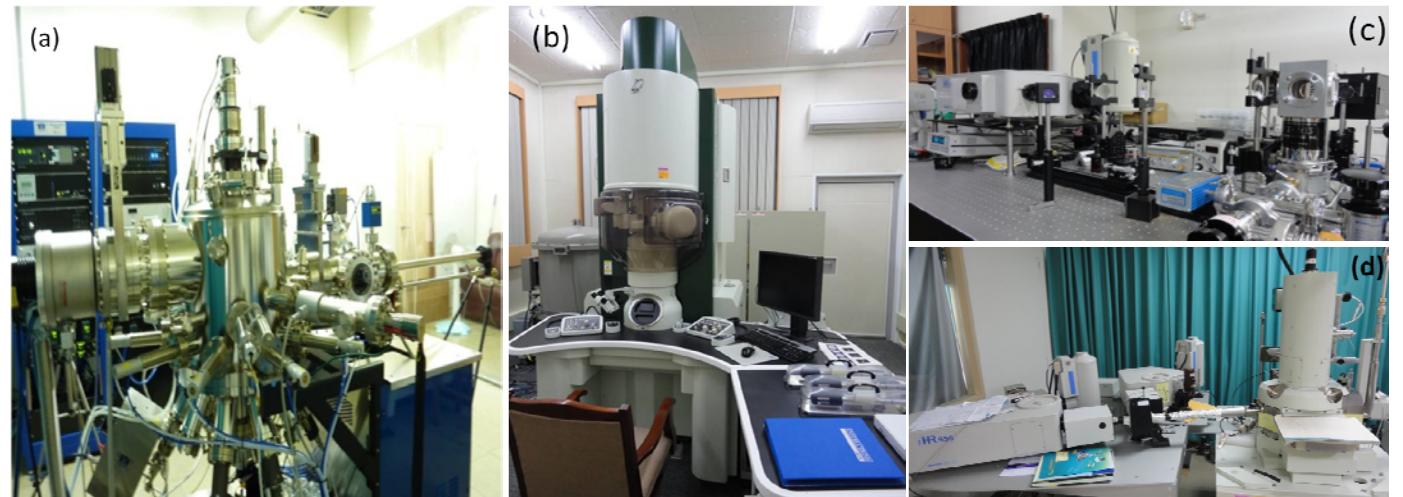


國立交通大學 電子物理學系

周武清教授1992年獲美國紐約州立大學博士學位，主要研究方向以分子束磊晶成長氧化鋅相關材料以開發節能的照明元件並且研究自旋光電物理。所成長的新穎材料也提供國內外相關領域的科學家研究基礎的光電物理，並訓練高級的磊晶人才協助國內節能產業發展與推動我國節能科技。

實驗室設備

分子束磊晶系統(MBE)、高解析穿透式電子顯微鏡(TEM)、拉曼與光激螢光系統、低溫陰極螢光(CL)



(a)分子束磊晶系統

目前架設之分子束材料包括碲、硒、鎂、錳、鋅、鎬原子源及氧離子源，此外氮離子源與二氯化鋅分別做為半導體之正與負型摻雜。

(c)拉曼、光激螢光系統

實驗室架設有高解析之微拉曼散射光頻譜設備、全波段(紫外光至近紅外光)之穩態與時間解析光激螢光量測系統。利用鑽石高壓技術，我們可進行獨特之高壓拉曼、高壓光激螢光與時間解析實驗。搭配顯微鏡型之低溫超導磁鐵設備我們可針對磁性材料進行自旋反轉拉曼散射與自旋磁光解析。

(d)低溫陰極螢光系統

電物系貴儀全波段低溫陰極螢光系統之電子束空間解析度可達10nm，樣品溫度範圍6~300K亦可進行能量散佈X光實驗，分析材料元素組成。

服務與合作發展項目

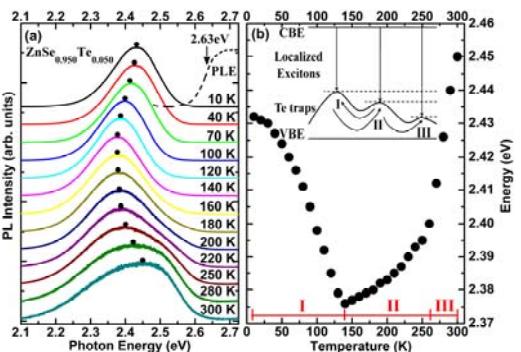
服務與合作發展項目(可提供國內、外學界高品質之化合物半導體材料)：

- ◎ 二六族化合物半導體: ZnSe、ZnTe、CdSe、CdTe、ZnSeTe、ZnCdSe、ZnCdTe和ZnMgSe等。
- ◎ 二六族氧化物半導體: ZnO、CdO、ZnMgO和ZnCdO等。
- ◎ 二六族稀磁性半導體: ZnMnSe、ZnMnTe和ZnMnO等。
- ◎ 量子井和量子點結構: Zn(Mn)Te/Zn(Mn)Se、CdSe/ZnSe、ZnSeTe/Zn(Mn)Se和ZnO/ZnMgO等。

重要研究成果展示

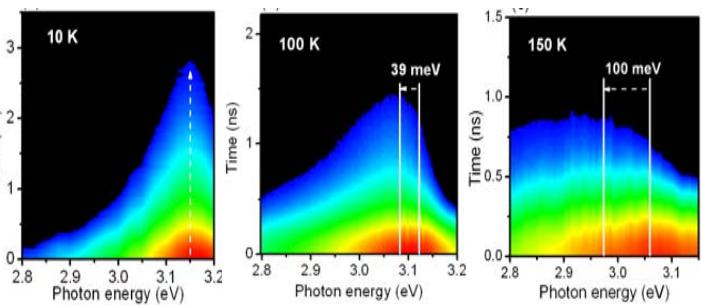
重要成果一：碲硒化鋅半導體之變溫載子複合機制研究

利用分子束磊晶術成長高度不匹配二六族碲硒化鋅半導體薄膜($ZnSe_{0.950}Te_{0.050}$)，利用時間解析光激螢光頻譜觀察載子在材料內的躍遷行為，藉由改變溫度對碲硒化鋅載子躍遷進行深入的研究，我們提出一個載子傳輸模型來解釋此系統複雜的載子復合行為，並與氧硒化鋅半導體($ZnSe_{0.947}O_{0.053}$)之載子復合行為做深入探討與比較。研究成果已刊登在 *Appl. Phys. Letts.* 100, 071912 (2012)。



重要成果三：氧化鎬鋅薄膜之載子動力學研究

以分子束磊晶系統成長氧化鎬鋅(ZnCdO)。利用變溫時間解析光激螢光量測，觀察載子受溫度影響的躍遷行為，發現螢光能量隨時間及溫度變化情形如下圖，了解高溫下氧化鎬鋅的螢光機制受低能量的鎬團簇束縛激子主導。這部分結果可以改善以氧化鎬鋅量子結構為主的節能發光二極體之發光效率。

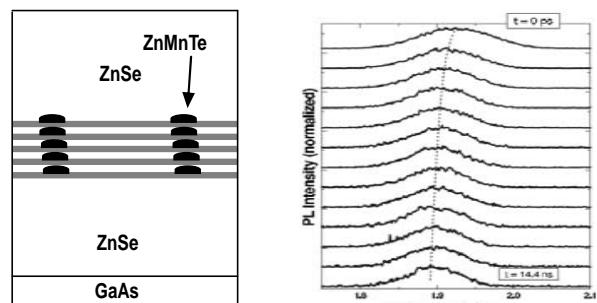


展望

未來研究重點：一、自組成II-VI化合物稀磁性半導體量子點物理。二、成長高品質氧化鎌鋅研究自旋物理。三、開發高發光效率之氧化鋅量子結構，研究在節能發光二極體的應用。

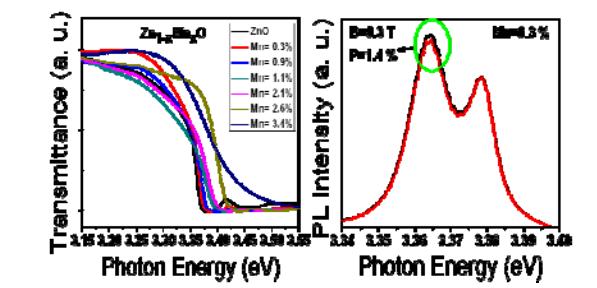
重要成果二：碲化錳鋅量子點之磁光特性研究

利用分子束磊晶系統，在砷化镓基板上成功成長出碲化錳鋅($ZnMnTe$)量子點，並對此樣品作磁光特性研究。我們可以觀察到隨時間增加其譜峰值有一紅位移的現象產生，而其位移量約為30meV，這主要是因為磁極化子在量子點中形成而造成一個紅位移的現象。本研究成果已刊登在 *Phys. Rev. B* 82 195320 (2010) · *J. Cryst. Growth* 323, 380 (2011)。



重要成果四：氧化鎌鋅量子點之磁光特性研究

利用分子束磊晶系統，在藍寶石基板上成功成長出不同濃度的氧化鎌鋅($ZnMnO$)薄膜。此外，以0.3%錳摻雜的樣品作磁光量測，在0.3T磁場下可觀察到右旋極化及左旋極化光譜出現1.4%的極化率差異。



主持人簡介



朱英豪 助理教授
國立交通大學 材料科學與工程學系

朱英豪助理教授2004年獲清華大學材料系博士學位。主要研究方向為功能性複雜氧化物薄膜與奈米結構。本實驗室自2008年至今以行政院國科會之補助，建構了台灣第一座複雜性氧化物雷射磊晶鍍膜(laser-MBE)平台，結合in-situ即時監控系統(RHEED)與氧原子槍技術，再搭配可升溫之高真空掃描探針顯微鏡系統(SPM)做功能性薄膜性質分析與探討，此一整合式平台可以在極短時間內完成新穎材料之開發成長與檢測，使得在氧化物薄膜與奈米結構磊晶成長實力晉升世界一流水準。

服務與合作發展項目

本團隊迅速整合高氣壓用RHEED與氧單原子槍於系統之上，並配合兩套衛星掃描探針與脈衝雷射子系統，目前已架設完成，並已開始使用。本平台持續提供高品質之氧化物磊晶薄膜於國內外超過20個研究團體使用，平台功能已達世界級之水準。本平台目標為提供一快速開發成長與初步檢測之平台，持續提供國內外之新穎氧化物薄膜與奈米結構，期以進一步加入科學研究之腳步。

雷射分子束磊晶平台-1

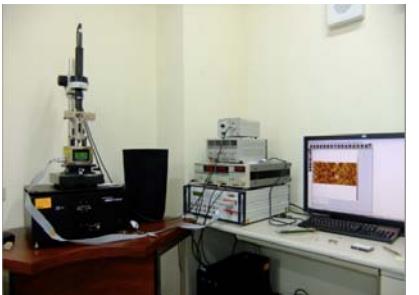


雷射分子束氧化物磊晶平台：反射高能電子束繞射(RHEED)，環境式超高真空掃描探針系統，脈衝雷射，氧原子槍。

雷測分子束磊晶平台-2



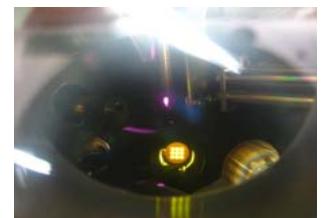
掃描探針系統



高真空氧原子離子槍



脈衝雷射

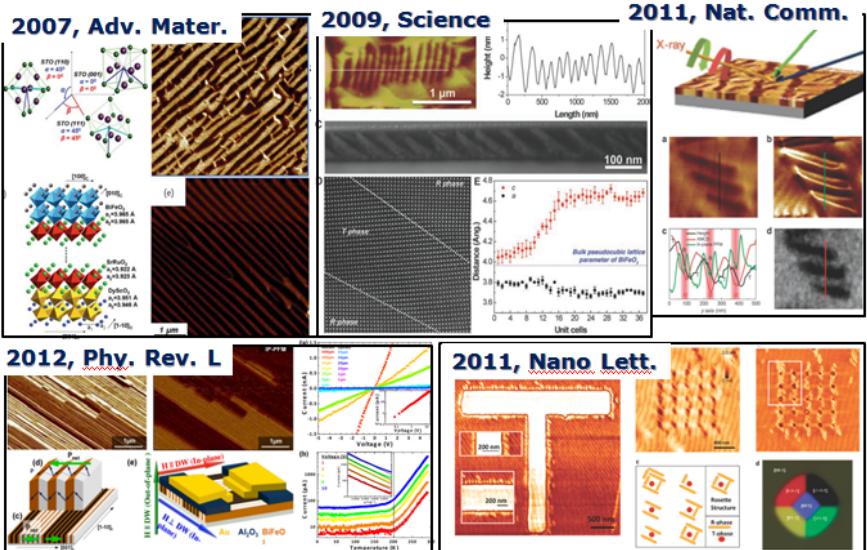


複雜性氧化物材料具有多樣之結構與物理性質，可以形成簡單之二元氧化物，亦可形成複雜之多元氧化物，同時包含許多特殊之優良性質，舉凡超導特性、巨磁阻特性、焦電、壓電、介電、半導、導電、磁性、光性等。氧化物領域之研究目前正蓬勃發展，期以為下一個世代之電子元件提供另一種解決方案。獲補助建立雷射分子束磊晶平台，用以提升我國學界與業界在氧化物磊晶研發之實力。建立之系統雷射分子束磊晶平台，具有高工作氣壓之RHEED進行臨場薄膜之成長，此一磊晶成長平台之建立，可以快速提昇我國於氧化物磊晶成長之基礎能力，可以繼續利用此平台研發新穎與新功能之材料。第二，三年補助用以延伸此平台之完整性與功能性，在此系統上增加高真空掃描系統，此系統除了可以解決目前成長系統研發速度受限之缺點，亦可提供另一個快速與安全平台，可以讓成長我之高品質磊晶薄膜立即進行特性之量測，此兩部分相輔相成，可以將我國氧化物磊晶之技術更往前邁進一步。

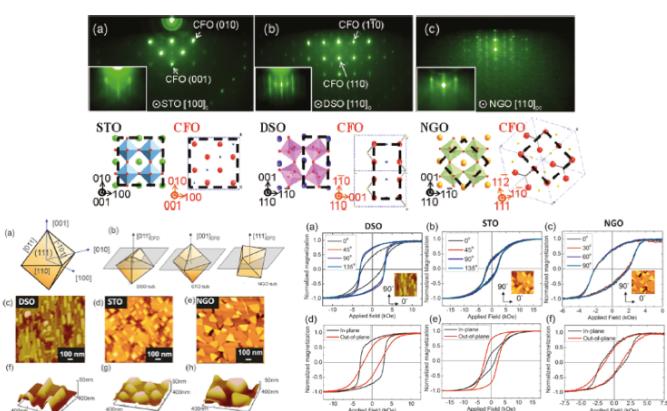
重要研究成果展示

複雜性氧化物因具有極其豐富之物理特性，是以在近年來，無論學界或業界都被國內外學者熱烈探討與研究。本研究團隊為了進一步了解氧化物眾多之物理特性與成因，開發氧化物磊晶技術，於近年來在此領域扮演了重要且領導之角色。

功能性氧化物磊晶薄膜之研究上，計畫主持人所帶領之研究團隊自從07年至今與國內外一流研究團隊合作，開發新穎室溫多鐵材料鐵酸鈮磊晶薄膜，並以鐵電疇壁磁電特性之控制與耦合探討為專長，配合理論模擬結果，開發成長新穎之疇壁結構。另外，也在09年首先發現了藉由磊晶應力所誘發之鐵酸鈮型態相邊界，研究成果刊登在權威期刊Science上面；並以此為基礎，研究其鐵電電磁耦合情形，將學界與多鐵材料領域之了解成功地往前邁進一大步。部分成果於右圖。



氧化物特殊奈米結構之研發上，本研究團隊利用不同之基板表面成長鈣鈦礦與尖晶石結構材料系統，可以藉不同晶格匹配結果製作出不同形狀之奈米結構。成長初期成果選用BiFeO₃-CoFe₂O₄兩相材料，CoFe₂O₄為一磁伸縮材料，BiFeO₃則為一鐵電材料，利用將兩相製作奈米結構後之耦合特性，可利用電場控制之磁場反轉，達成磁電耦合的新境地。與此基礎上，本實驗室更利用不同晶格常數之氧化物基版，進而調控不同軸相之BiFeO₃-CoFe₂O₄奈米結構，可進一步的探討磁伸縮材料之物理性質與耦合特性，相關成果已於2011被ACS. Nano.期刊接受。部分成果如左圖所示。



本研究團隊也持續開發新穎複雜性氧化物之製程，成長方式除了精準掌握傳統層狀鍍膜之外，也藉由不同晶格匹配來成長鑲埋式奈米結構；配合不同的成長方式以及多元化之材料系統選擇，預期本實驗室在此方面成果將領先世界，期以之開創下一階段之新穎物理與材料領域之研究。

展望

本平台建立至此已有數十篇高品質期刊產出，且與國內外二十個以上之研究團隊皆有密切合作，此雷射分子束磊晶平台現已成為國際知名成長氧化物薄膜之模範平台，可望厚植本國在此領域研發之能力。此一平台亦提供業界快速取得多功能與高品質之氧化物磊晶，有助於縮短業界開發新製程與元件之研發時間，同時間由於各種氧化物搭配亦由此一平台提供，亦提供業界元件製程與整合所遇到困難之解決方案。未來本平台將扮演串連國內外先進氧化物製程之角色，建立快速成長開發與分析之能力為基石，進而連結與實驗國內外之創意，解決開發材料之瓶頸，期已為先進材料之科學發展扮演推手之角色。

主持人簡介



周明奇 教授

國立中山大學 材料與光電科學學系

兼任國家同步輻射中心研究員

周明奇教授2000年獲Univ. of Central Florida (School of Optics/CREOL)大學光電博士學位，主要研究方向是生長各種用途的新穎單晶，包含雷射、光學、高溫超導、磁性單晶、高能物理、生醫科技、壓電晶體及發光二極體...等不同領域，規模已超越許多國際知名的研究機構。實驗室的特色是：自行開發多功能性的晶體生長爐，可針對所生長的晶體，自由地調整爐體結構，以符合不同晶體的需求。此外，我們致力於將研究成果技術移轉至產業界，並已技轉多項生長技術給國內廠商。

實驗室主要設備

(1) 柴式提拉爐 Czochralski, Cz



(3) 電阻式加熱浮區法及向下微拉法



(2) 化學汽相沉積及紅外線高溫生長爐



(4) 氢化物汽相磊晶爐, HVPE



服務與合作發展項目

本核心設施在晶體生長上主要分為幾個方向：

- ◎ III-V族(GaN、InN & AlN)、II-VI族(ZnO)半導體的單晶基板。
- ◎ 高溫超導及磁性材料的單晶。
- ◎ 雷射晶體：高功率雷射。
- ◎ 非線性光學晶體：自倍頻晶體。
- ◎ 壓電晶體：感應器及手機通訊。
- ◎ 閃爍晶體：高能物理(偵測高能量射線)及生醫科技 (正子斷層顯影術, Positron Emission Tomography, PET)。
- ◎ 非極性(Nonpolar) InN、GaN及ZnO單晶：藍光雷射二極體。
- ◎ 晶體的微結構及缺陷分析。

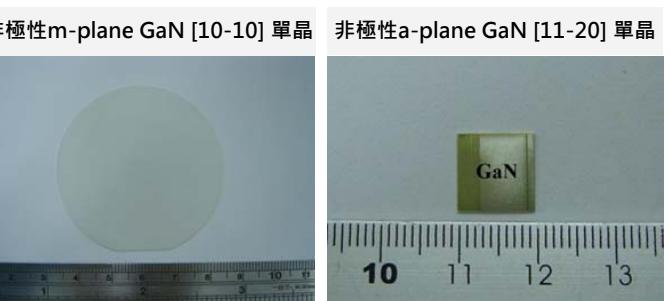
合作對象包含：Max Planck Institute (Stuttgart, 德國)、Institute of Crystal Growth (Berlin, 德國)、Karlsruhe 大學 (德國)、Clausthal大學(德國)、Paul Drude Institute(德國)、Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)

重要研究成果展示

重要成果一：

非極性氮化鎵(GaN)單晶生長

氮化鎵(GaN)單晶在光電領域扮演了非常重要的角色，特別是應用在LED(發光二極體)。我們生長出與GaN晶格相匹配的LiGaO₂及LiAlO₂單晶。此外，GaN是沿著非極性(nonpolar)方向生長，可有效去除放射波長的紅位移效應(Quantum Confined Stark Effect, QCSE)。我們利用自行開發的HVPE法生長低缺陷密度的free standing非極性(nonpolar) GaN單晶，是目前國內少數同時能夠生長單晶基板及非極性GaN單晶的單位。



重要成果三：

藍寶石的單晶生長

藍寶石晶體廣泛應用在發光二極體(Light Emitting Diode, LED)產業，過去台灣無自行生長藍寶石的能力，多仰賴國外進口。目前國內的公司多自俄羅斯技轉生長藍寶石的技術，並無法真正生根在台灣。我們利用熱力學原理，改進晶體的品質，降低多晶界及第二相(second phase)的缺陷，研發生長c-軸及a-軸的藍寶石單晶的技術，相關研究已達國際水準。



重要成果二：正子斷層顯影術 (Positron Emission Tomography, PET) 的接收器 - 閃爍晶體

開發出可應用在正子斷層顯影術(Positron Emission Tomography, PET)及高能物理等相關技術上的閃爍晶體(Scintillator)。PET為醫界診斷癌症及神經精神疾病的重要工具。目前僅美、日及澳三國具此技術。我們開發出不同類型的閃爍晶體，補足原先缺乏的晶體材料，國內的相關研究包含正子斷層顯影術及高能物理將不再依賴國外進口之上游晶體，可帶動國內相關的科技發展。



展望

單晶材料一直是每個國家的重要戰略物資，同時也是發掘新穎材料的重要途徑。由於單晶生長是一項曠日費時的研究工作，沒有turn-key solution，且不易發表論文。因此過去台灣在單晶材料的研究多仰賴國外提供的樣品，國內並無專門生長單晶的研究機構。明奇自2004年返台至中山大學服務後，便立志建立國際上最著名的單晶生長研究機構，提升台灣在各式新穎單晶研究領域的知名度。並進一步將研究成果技術移轉至產業界。

由於國科會的支持，實驗室的長晶設備已較國內外許多研究機構還具規模，但我們仍持續開發新穎單晶，以提供學界及業界使用。目前只要國內企業界需要任何晶體生長方面的諮詢工作或是研發人員，多數都會直接至中山大學晶體生長實驗室與我們洽談。我們希望能培養國內更多的晶體生長人才，達到國內的單晶生長自主化的目的，進一步提高國內的產業競爭力。

通訊錄

北區單晶新材料與分析核心設施

周方正 教授

國立臺灣大學 凝態科學研究中心

Email: fcchou@ntu.edu.tw

石墨烯與新層狀材料核心設施

陳俊維 教授

國立臺灣大學 材料科學與工程學系

Email: chunwei@ntu.edu.tw

功能性氧化物薄膜磊晶設施

朱英豪 助理教授

國立交通大學 材料科學與工程學系

Email: yhc@nctu.edu.tw

節能及磁性半導體薄膜磊晶設施

周武清 教授

國立交通大學 電子物理學系

Email: wuchingchou@mail.nctu.edu.tw

南區單晶新材料與分析核心設施

周明奇 教授

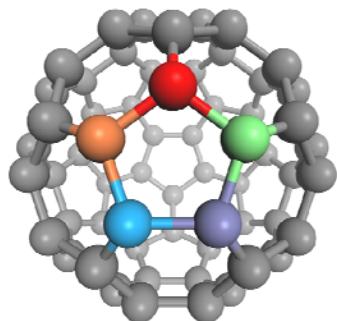
國立中山大學 材料與光電科學學系

Email: mitch@faculty.nsysu.edu.tw

主辦單位



行政院國家科學委員會
National Science Council



T C E C M

協辦單位

