



台灣鍍膜科技協會 T.A.C.T.

Taiwan Association for Coating and Thin Film Technology

第10屆 第1期 2018.9.1

NEWS 協會訊息

各理監事榮譽事蹟

- 恭賀本協會常務理事 王錫福 教授 榮任台北科技大學校長
恭賀本協會榮譽理事長 朱瑾 教授 榮任台灣科技大學副校長
恭賀本協會副理事長 張銀祐 教授 榮任虎尾科技大學研發長
恭賀本協會常務理事 武東星 教授 當選光電工程協會(SPIE)會士
恭賀本協會理事 劉銓璞 教授 榮獲科技部106年度傑出研究獎
恭賀本協會理事 朱英豪 教授 榮獲科技部106年度傑出研究獎
恭賀本協會常務監事 張守一 教授 榮任國立清華大學材料科學工程系主任
恭賀本協會理事 陳柏宇 教授 榮任國立清華大學材料科學工程系副系主任
恭賀本協會理事 郭俞麟 教授 榮任台灣科技大學機械工程系副系主任
恭賀本協會理事 王丞浩 教授 榮任台灣科技大學副研發長及研發處區域產學合作中心主任
恭賀本協會監事 鍾仁傑 教授 榮獲107年度國立台北科技大學工學院傑出研究獎
恭賀本協會榮譽理事長 杜正恭 教授 榮獲科技部106年度傑出特約研究員
恭賀本協會榮譽理事長 杜正恭 教授 接任Materials Chemistry and Physics 期刊的總編輯
恭賀本協會榮譽理事長 朱瑾 教授 榮獲第八屆有庠科技發明獎(生技醫藥類)
恭賀本協會榮譽理事長 朱瑾 教授 於Nano Tech 2018 獲頒ACS(American Chemical Society) Award
恭賀本協會榮譽理事長 朱瑾 教授 榮獲台灣科技大學106學年度傑出研究及創作獎
恭賀本協會理事 陳柏宇 教授 榮獲台灣真空學會第七屆年輕學者獎

2018 台灣鍍膜科技協會年會暨 科技部專題計畫研究成果發表會

會議時間：2018年10月12、13日 (星期五、六)
會議地點：明志科技大學 創新大樓 國際會議廳
主辦單位：台灣鍍膜科技協會、明志科技大學
承辦單位：明志科技大學 材料工程系、電漿與薄膜... [READ MORE](#)



台灣鍍膜科技協會年會 暨科技部專題計畫研究成果發表會

TACT 2018

2018/10/12-13 明志科大 創新大樓

- ★ 相關會務報告如下：本屆「副理事長」由張銀祐教授擔任；「獎項委員會」主任委員由杜正恭教授擔任；「學術委員會」主任委員由林明澤教授擔任；「產業服務委員會」主任委員由張奇龍教授擔任；「會員委員會」主任委員由郭俞麟教授擔任；「出版委員會」主任委員由陳柏均教授擔任；協會秘書長由楊永欽教授擔任。
- ★ 2018年台灣鍍膜科技協會年會將委由明志科技大學主辦，年會日期為一百零七年十月十二日至十三日，地點在明志科技大學舉行。詳情請參考<http://tact2018.conf.tw>。
- ★ *TACT2019 國際研討會，將委由國立台北科技大學主辦，研討會時間為2019年11月17日(日)至20日(三)，會議地點為國立台北科技大學。
- ★ 本協會共同主辦2018海峽兩岸先進功能材料及應用峰會，已於2018年8月17至20日假廈門舉行完畢，會議圓滿順利。



台灣鍍膜科技協會年會
暨科技部專題計畫研究成果發表會

TACT 2018



2018/10/12-13 明志科大 創新大樓

鍍膜科技是一個跨領域的技術，從基礎的物理和化學研究橫跨到各種工程領域的應用，與電子、電機、光電、材料、機械、化工、生醫、能源、環保等領域息息相關，尤其與台灣地區最重要的半導體與光電產業關聯性最大，也決定了這些產業是否可以技術領先與後續的蓬勃發展，因此鍍膜科技也被稱為致能科技(Enabling Technology)之一。因此如何從學術上改善現有鍍膜技術與開創新穎鍍膜科技研究議題，進而與產業界合作，以實現其產業應用，已是現今產學研各界努力的目標之一。

台灣鍍膜科技協會(TACT)因應上述目標而成立，是國內相關的學術和產業界最重要的專業組織之一，本協會自1999年創立至今已經邁入第二十個年頭，在歷屆理事長的辛苦經營和全體理監事、秘書長與會員的努力之下，發展至今已有相當規模，協會目前有會員將近五百人，也日益彰顯出其在國內外專業領域的重要性，尤其我們從2009年開始每兩年舉辦一次TACT國際研討會，至今已經舉辦五次國際會議，每次都獲得美國真空學會(AVS)、韓國真空學會(KVS)等國際學術組織的贊助支持；從歷次TACT國際會議參加者超過六百人，其中三分之一以上來自海外的數字來看，台灣鍍膜科技協會已是一個非常國際化的專業學術組織，並獲得國際各專業組織與學者專家的肯定。

個人承蒙第十屆理監事的抬愛，於今年初起接任理事長一職，也隨時勉勵自己務必盡全力做好這一棒的傳承工作。協會目前有**學術委員會**、**獎項委員會**、**出版委員會**、**產業委員會**及**會員委員會**五個工作委員會，並且明訂各委員會職掌，年度工作計畫及各項活動也將陸續藉由出版的電子報及通訊等，讓全體會員對於會務有更多的了解，也期望得到大家更多的支持。在年度工作目標方面，我們將透過各種協會活動及電子或平面刊物的方式與產業界有更多的互動，也將積極推動參與國際研討會及與鍍膜相關之學會組織等活動，以提升本協會在國際上的能見度。此外也將透過舉辦短期課程、專題研討會等方式以全面提升國內鍍膜科技的水準，同時也期望藉由舉辦各類活動及會員朋友的支持下，拓展本會的經費來源。

協會今年起嘗試進行真空鍍膜證照檢定相關作業，在獲得明志科大經費支持下與真空學會合作，多位協會成員與產學研專家共同參與學科與術科鑑定籌畫，期使真空鍍膜證照檢定制度能在台灣萌芽推展。

本協會這兩年將主辦兩個重要的會議，期許各位會員能踴躍投稿與參加，其一是今年10月12-13日將在明志科技大學舉辦2018年「台灣鍍膜科技協會年會暨科技部專題計畫研究成果發表會」，這次是台灣鍍膜科技協會(TACT)成立二十周年的國內會議，屆時將有盛大的二十周年慶祝活動，邀請創會理事長翁明壽教授與其他歷任理事長回來主持座談，會場並設置時光走廊展示本協會的發展歷史。第二個重頭戲是將於2019年11月17-20日在台北科技大學舉辦TACT2019國際研討會，會議的主題如下：

- ★ 永續能源相關鍍膜
- ★ 前瞻應用奈米結構與薄膜
- ★ 光電及半導體薄膜
- ★ 硬質與保護性鍍膜
- ★ 有機軟性與生醫薄膜
- ★ 其他相關電漿、薄膜與鍍膜技術

以上主題也是目前國內外鍍膜相關領域的重要課題，期望全體會員在這些重要議題上投注更多的心力，獲得學術研究的成果，也推廣到國內外相關產業界產生重要的應用技術，進而衍生更大產值，以提升本協會在國內外的能見度及影響力。

第十屆理事會第一期刊物的順利出版要感謝出版委員會及秘書處同仁的付出，也藉此機會感謝所有工作委員會、各理監事委員及全體會員的熱心參與，如果在會務上或本刊物有任何建議或資訊，敬請直接聯絡個人或秘書處同仁。

敬祝

順心如意！！

理事長 李志偉 敬上

2018年8月10日

聯絡e-mail：jefflee@mail.mcut.edu.tw，

連絡電話：02-29089899轉4437



從有機電子到個人化生物電子醫學之跨領域應用

Yu-Sheng Hsiao (蕭育生)

Associate Professor (副教授)

Dept. Materials Engineering, Ming Chi University of Technology

(材料工程系/明志科技大學)

生物電子醫學的相關技術於近幾年的臨床醫學應用中逐漸扮演很關鍵的角色，有別於以往採取吃藥或是注射的醫療手段，此技術可以藉由生物電子介面(bioelectronic interface, BEI)的導入，幫助「電子元件」與「生物體」間的雙向溝通及動態控制，經由雙向電子與離子的電荷載子傳輸，提供更多樣化的生醫應用新思維。為了要利用BEI去面對與解決複雜的生物問題，此研究開發必需要結合化學、材料科學、奈/微米製程、界面工程、生物光電、細胞生物學及臨床醫學等領域的知識與技術，經由跨領域科學的參與，才能達成次世代個人化醫學的多樣性應用。

現職及重要經歷	服務單位	職稱	任職起迄日
1	明志科技大學/材料工程系	副教授	2017.08-
2	明志科技大學/材料工程系	助理教授	2013.08-2017-07
3	中央研究院/化學所	國內短期訪問學者	2014.07-2014-09
4	中央研究院/應科中心	院聘博士後研究員	2012.01-2013.07
5	中央研究院/應科中心	博士後研究員	2009.06-2011.12
6	加州大學洛杉磯分校/分子藥學系	訪問學者	2013.01-2013.07
7	理化學研究所/基幹研究所	訪問學者	2012.11-2012.12 2012.08-2012.09 2012.04
8	財團法人工業技術研究院 /材料與化工研究所	研究工讀生	2007.07-2009.04
專長	高分子科學與工程、奈米材料、能源材料、光電材料、有機電子學、 半導體製程技術、奈米壓印技術、靜電紡絲技術、有機生物電子、跨領域科學		
博士論文 題目	軟性電路板及電極之製備與特性研究及其於有機太陽能電池之應用 (國立交通大學/材料科學與工程所/2009年(畢)/指導教授：黃華宗博士)		
碩士論文 題目	化學方法製備鎳奈米顆粒及鎳薄膜於軟性聚亞醯胺基板上與特性研究 (國立交通大學/材料科學與工程所/2005年(畢)/指導教授：黃華宗博士)		



有機(生物)電子研究:

- 界面科學與工程
- 有機太陽能電池
- 軟性印刷電路板
- 場發元件
- 有機生物電極

有機生物電子醫學研究:

- 界面科學與工程
- 有機太陽能電池
- 軟性印刷電路板
- 場發元件
- 有機生物電極
- 跨領域科學/工程
- 油水分離技術
- 導熱封裝/熱源管理
- 電致變色顯示
- 整合性生物電子技術

有機生物電子醫學平台建立:

- 界面科學與工程
- 有機太陽能電池
- 軟性印刷電路板
- 場發元件
- 有機生物電極
- 跨領域科學/工程
- 油水分離技術
- 導熱封裝/熱源管理
- 電致變色顯示
- 整合性生物電子技術
- 半導體製程/元件/分析
- 臨床醫學應用
- 跨領域之新產業價值

◀ 過去
現在
▶ 未來

◆ 本實驗室於過去、現在、未來之研究方向

一、前言

生物電子醫學的相關技術於近幾年的臨床醫學應用中逐漸扮演很關鍵的角色，有別於以往採取吃藥或是注射的醫療手段，此技術可以藉由生物電子介面(bioelectronic interface, BEI)的導入，幫助「電子元件」與「生物體」間的雙向溝通及動態控制，經由雙向電子與離子的電荷載子傳輸，提供更多樣化的生醫應用新思維。為了要利用BEI去面對與解決複雜的生物問題，此研究開發必需要結合化學、材料科學、奈/微米製程、界面工程、生物光電、細胞生物學及臨床醫學等領域的知識與技術，經由跨領域科學的參與，才能達成次世代個人化醫學的多樣性應用。

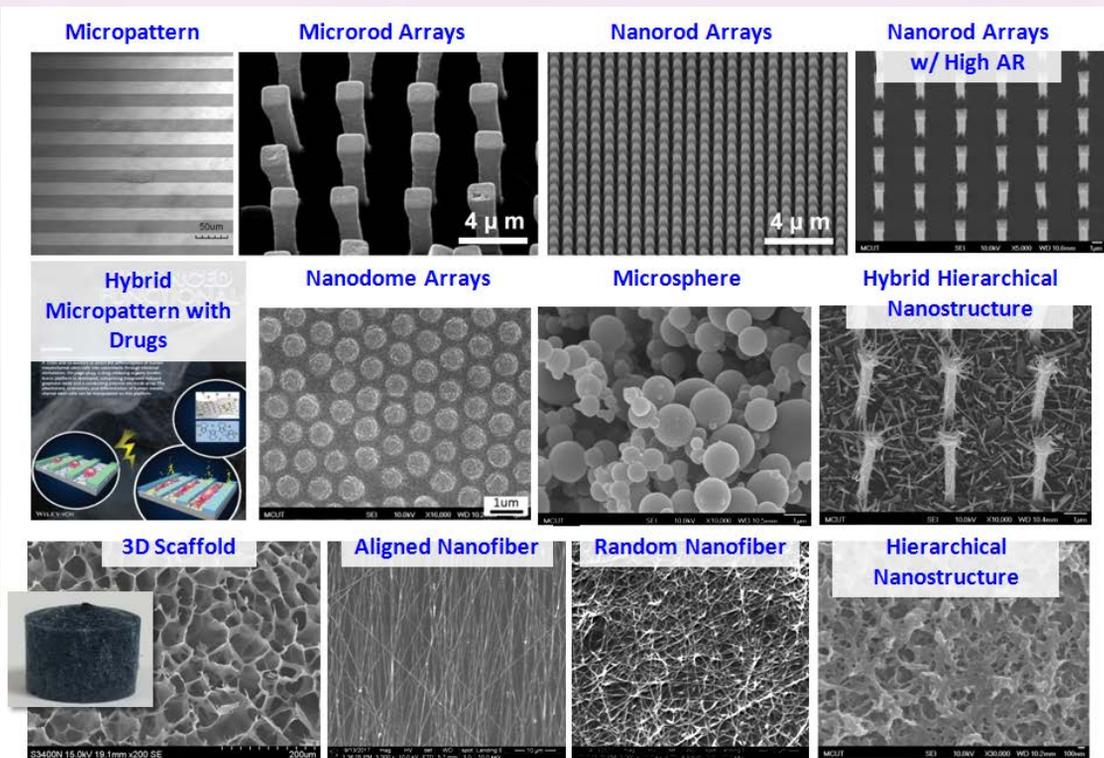
一個妥善設計的BEI元件，被證實是可以提供多功能性的生物應用需求，其中像是可進行即時的電信號量測於監控生物活性及行為診斷[1-3]；給予電刺激(electrical stimulation, ES)於促進生物表現及組織再生[4-6]；或是導入電致控制概念，觸發特定藥物或是細胞的釋放[7-9]。迄今為止，已經有各式有效的BEI元件被進一步應用於臨床醫學上[1,6, 10-13]。例如，利用BEI元件於 (1)精確調整外周神經系統(peripheral nervous system)，以電信號模式改善帕金森病況；(2) 操控幹細胞的型態與生物表現，誘導分化以發展幹細胞療法；或是 (3) 以非侵入性的方式，經由BEI元件對體外液態病理切片進行癌症等醫療檢測[14-16]。

有機電子相關的研究，從1977年Alan J. Heeger、Alan MacDiarmid、及Hideki Shirakawa發現鹵素可對聚乙炔(polyacetylene)高分子的導電性大幅提升之後，於這四十年間已具有爆炸性的發展，逐漸成為一個新興的科技與產業。相較於無機材料製成的元件，有機電子(organic electronics)從材料、製程到元件的設計都有所差異，因此也衍生出許多有別於現今半導體產業之重要應用，像是有機發光二極體(organic light-emitting diode, OLED)、有機電晶體(organic thin film transistor, OTFT)、以及有機太陽能電池(organic photovoltaic, OPV)等。

雖然普遍認為無機電子元件具有較好的光電特性及操作穩定性，但近幾年全球的研究也發現，有機電子是可以提供傳統矽基半導體電子元件無法提供的未來應用價值。舉例來說，有機電子元件可發揮其可折疊、彎曲、變形、及拉伸的使用優勢於發展次世代穿戴式裝置；或是轉往液態下操作，利用有機BEI材料傳遞載子或放大電訊號的特性，表現遠超過於大部分無機半導體材料於生物電子醫學的使用效能。在明志科大材料工程系的「整合性奈米材料與生物電子實驗室」中，我們與國內外的研究團隊一同合作，致力於開發有機電子相關技術於有機電子醫學研究領域，其中包括發展奈微米製程、表面科學及元件的關鍵技術，整合開發各式有機BEI元件，並深入探討其於神經科學、幹細胞科學、及癌症醫療檢測之生物電子醫學應用。

二、有機BEI設計及操作概念

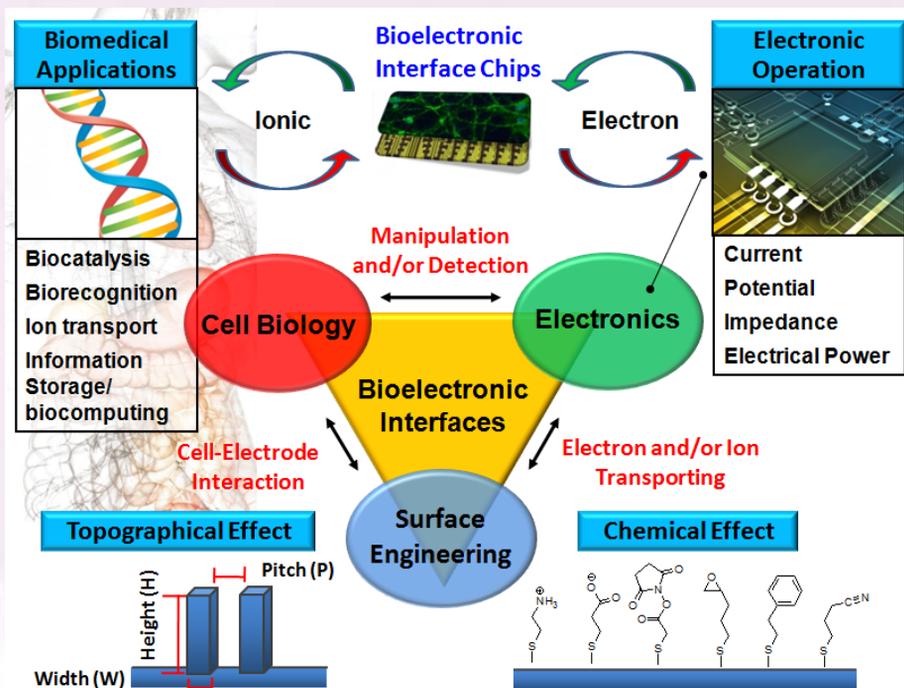
目前有機BEI材料的設計與選擇，大致上是以pi共軛材料為發展主軸，包括利用「導電聚合物」與「導電碳材」在內的兩大材料系統。多方研究證實，這些材料可成功結合半導體製程或是濕式高分子加工，製作成多功能的有機BEI元件。有機BEI的操作，可設計成雙向操作概念，在通以電壓、電流或電場的正向操作下，給與生物體刺激；或是反向從生物體環境端，收集電流、電壓、表面阻抗等訊號變化以分析生物體的回饋反應。



圖一、在本實驗室中開發的PEDOT系BEI元件之奈微米結構

以導電聚合物為主的有機BEI材料，多數是以聚(3-烷基噻吩) (poly(3-hexylthiophene), P3HT)、聚苯胺(polyaniline, PANI)、聚吡咯(Polypyrrole, PPy)及聚(3,4-乙炔基二氧噻吩) [poly(3,4-ethylene-dioxythiophene), PEDOT]等四種材料為最常見的發展系統。而導電碳材為主的BEI材料，主要又以活性碳(active carbon)、奈米碳管(carbon nanotube, CNT)、石墨烯(graphene)、石墨烯氧化物(graphene oxide, GO)及其還原態(reduced graphene oxide, rGO)、石墨烯奈米帶(graphene nanoribbon, GNR)等較具發展優勢，其可普遍被發現使用於生物電極或生物感測器元件領域。值得注意的是，具有高導電度、高透明度之PEDOT材料，更是在這些眾多材料中最常被研究與應用。針對PEDOT系有機BEI之開發，我們採取共價性或摻雜的修飾方式，提供特定分子之化學官能基，並成功導入各式奈微米製程，製作出不同表面形貌之BEI元件(如圖一)。

此有機BEI元件之設計與操作，必須要先考慮於液相生物環境的操作穩定性，並由材料方面著手，探討其於細胞生物(cell biology)、電子元件(electronics)、及材料表面工程(surface engineering)的三方交互間影響(如圖二)。值得注意的是，PEDOT材料兼具有優異的導電度(conductivity)、化學操作穩定性(chemical stability)、氧化/還原(oxidized/reduced)、摻雜/去摻雜(doping/ dedoping)及收縮(swelling/deswelling)等材料特性，被相信極富有BEI的發展潛力以有效面對與解決細胞生物-電子元件-表面工程間的複雜問題。上述BEI的元件設計，還可藉由有機材料本身的優勢突顯其BEI應用價值，像是包括提供(1)高溶解性(solubility)有利於大面積製程及各式形狀製作；(2)高生物相容性(biocompatibility)以減少與生物體的排斥

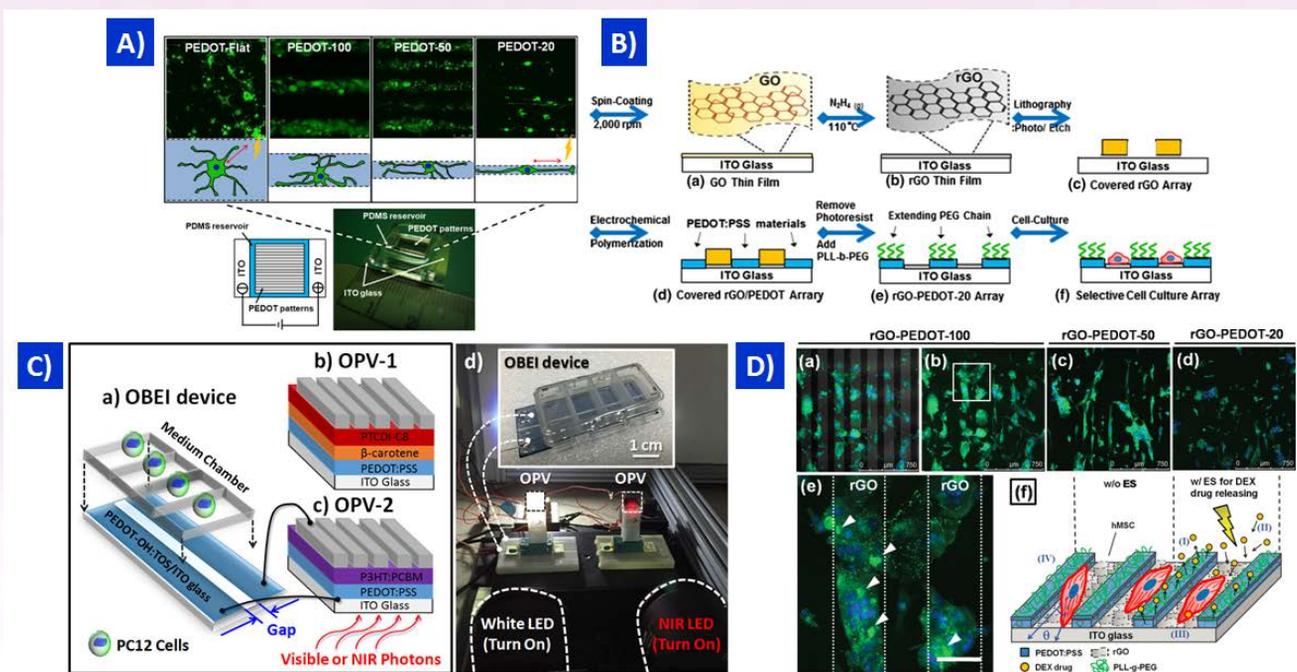


圖二、在本實驗室所發展的有機BEI元件設計及操作概念

反應；(3)堅固機械可撓性(robust mechanical flexibility)以迎合生物體的機械操作與軟硬度需求；(4)離子-電子間轉換特性 (ion-to-electron conversion properties)以有效轉換生物體訊號 (離子訊號為主) 及電子元件訊號 (電子訊號)；(5)官能性(functionality)以符合生物專一性、表面能及親疏水特性等；(6)電化學穩定性(stability)以提升在液態操作下之電子元件穩定性及發揮電致控制的效能等[6, 10, 12-13]。

三、有機BEI元件於神經科學應用

結合黃光微影的圖案化製程及電化學聚合技術，我們成功製作出PEDOT導電高分子之微電極BEI元件。此研究首先探討PEDOT微電極的尺寸效應(從未圖案化到20、50、及100 μm 寬的條紋狀電極)，對類神經細胞(PC-12)進行細胞型態學的操控，包括控制細胞黏附(cell adhesion)、細胞增殖(cell proliferation)及細胞分化(cell differentiation)等行為，並搭配電刺激(electrical stimulation; ES)及螢光顯微術的分析，研究如何利用PEDOT:PSS電極促進細胞粘附分子(cell adhesion molecule)之形成，並且探討ES下提升PEDOT:PSS電極對於神經生長因子(neuron growth factor; NGF)的吸附效率[如圖三(A)]。最終，我們發現可利用細胞與細胞外基質蛋白(extracellular matrix protein)間的作用來操控細胞的生長型態[17]。在未圖案化的PEDOT電極上，PC-12細胞表現隨機極化的神經突觸形態，其中約80%的細胞具有多極性突觸類型。相反的，當我們在20 μm 寬的條紋狀PEDOT陣列上培養PC-12細胞時，神經細胞可沿著預設的有機BEI電極方向排列生長，呈現單向和雙向突觸生長的PC-12細胞的則在比例上增加到大於90%。當透過此電極平台施加電刺激後，微電極上神經突觸長度也具有60%的提升。



圖三、有機BEI元件於神經科學及幹細胞療法之應用

另外，上述黃光製程還可結合rGO奈米碳材製作出rGO-PEDOT之複合BEI電極[如圖三(B)]。與上述PEDOT微電極不同的是，此電極系統可透過靜電吸附力，塗覆帶正電荷的PLL-*g*-PEG的高分子於負電荷的PEDOT:PSS電極表面。並且藉由PLL-*g*-PEG聚合物上的PEG高分子支鏈，有效提供蛋白質或細胞黏附的排斥力，如此概念能間接將PC-12細胞的位置限制在rGO電極上。此BEI元件的特色是，除了同樣能進行神經細胞型態學操控，以及利用PEDOT電極提供電刺激外，此rGO-PEDOT複合電極還可提供BEI電極表面的動態電致控制，在通電下移除預先吸附在PEDOT:PSS表面之PLL-*g*-PEG塗層，隨即轉換PEDOT:PSS電極成具有蛋白質或細胞黏附的表面。簡單來說，由此BEI元件的介入，可提供細胞的空間(spatial)及時間軸(temporal)操控，發展神經細胞的再生醫學技術與應用[18]。

為了開發生物體內植入晶片之無線電力來源，我們也嘗試開發生物相容之有機光電伏打電池(organic photovoltaic, OPV)，並評估其於神經電刺激的應用潛力[如圖三(C)]。此研究的特色為開發可吸收具有高人體穿透度的近紅外光(near infrared; NIR)之OPV元件。當使用β-胡蘿蔔素及PTCDI-C8之有機半導體小分子材料，或是P3HT高分子材料等生物相容材料當作OPV的光電作用層，此電力系統可以在近紅外光的照射下，產生足夠電能，並透過有機BEI電極平台提供不同電場條件下的電刺激。研究證實，此OPV與有機BEI的跨領域整合，可有效促進PC-12細胞在分化過程中的成長效率[19]。相同的有機BEI元件概念，也被我們證實可以藉由調整表面工程與元件設計，成功運用於初代神經元細胞(primary neuron culture)的培養及再生醫學應用上。

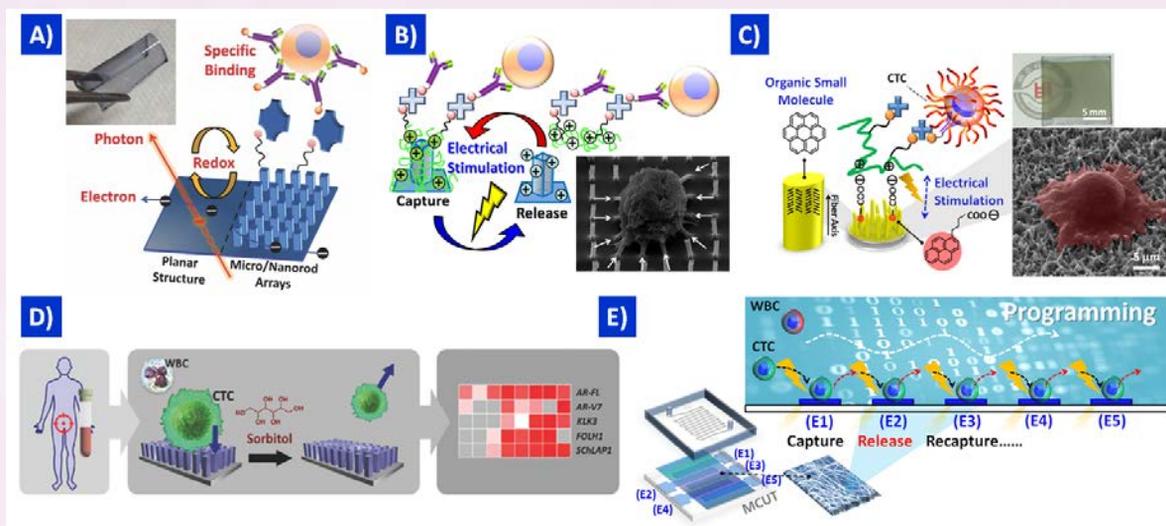
四、有機BEI元件於幹細胞應用

近期幹細胞療法被認為在現代醫學上具有極大的發展潛力，其不管在慢性重症、自體免疫疾病、遺傳性缺陷、以及癌症等領域的治療皆能取得突破性的進展。雖然幹細胞具有分化與細胞複製的能力，但是如何促使幹細胞分化成特定功能的細胞(例如，神經幹細胞、脂肪幹細胞或骨骼幹細胞等)將是目前的研究發展重點與趨勢。目前於幹細胞誘導分化的普遍作法中，多數由人員操作進行細胞實驗，但是即便是人員經過專業訓練及按照相同的操作流程，幹細胞分化的結果常常都有可能因人而異。有鑑於此，我們成功開發出一種有機BEI元件，藉由自動化電子元件的操作概念，希望取代人工的細胞培養方式，由元件誘導幹細胞的分化。此研究中我們重新設計rGO-PEDOT之BEI複合電極陣列，在PEDOT:PSS微電極中包入促進幹細胞分化的藥物(dexamethasone, DEX)，並以電致控制的手段提供精準的藥物釋放；另外利用rGO微電極使間質幹細胞(mesenchymal stem cell, MSC)黏附於其上，以及藉由rGO材料特性以高效吸附從PEDOT電極釋放出來的DEX藥物。最後在此研究中，我們成功展示出此有機BEI元件結構，可達到長時間的MSC培養需求，並提供為期三次固定劑量的DEX藥物釋放，最終誘導MSC分化為成骨細胞[9] [如圖三(D)]。另外，此研究還示範了有機BEI元件的另兩項發展優勢，即是可以 (1) 整合非侵入性自動化即時偵測細胞行為的晶片系統(Electric Cell-Substrate Impedance Sensing, ECIS)，提供長期表面阻抗的電訊號監測，分析MSC細胞因鈣生成造成的電訊號變化，間接判斷成骨分化之程度；(2) 發揮有機BEI的良好光學透光性以利於即時生物光學的分析。如此生醫光電訊號的相關分析(correlation analysis)，可以讓我們想像到未來的生物電子醫學，在此有機BEI元件的介入後，是極具有即時檢測的發展潛力。

五、有機BEI元件於癌症醫療檢測

根據Dr. Weinberg於2011年提出腫瘤轉移過程的描述，從腫瘤原發位或轉移性腫瘤脫離並進入血液循環系統中的細胞，即稱為循環腫瘤細胞(circulating tumor cells, CTCs)。而CTCs的轉移是牽涉到一連串複雜的步驟，包括侵襲血管新生、淋巴血路滲透及建立轉移的地盤等[20]。在最近臨床醫學上證實，液態病理切片(liquid biopsy)檢測法只須藉由取得癌症病人的血液，進而利用不同CTC純化技術，即可藉由血液當中分離出的微量CTC細胞，透過觀察CTC的數量變化以及分析它們的基因等癌症資訊，就能幫助醫生判斷病情以及決定治療方針。

本實驗室起初在開發有機BEI元件於癌症醫療檢測的階段，為建立一種結合半導體製程及聚二甲基矽氧烷(PDMS)奈/微米轉印的關鍵技術平台。此技術可在製作不同尺寸的矽基奈/微米柱陣列後，利用羧酸官能化PEDOT之氧化聚合法，搭配熱轉印方式得到「PEDOT微陣列」的有機BEI電極。有別於大家對高分子加工精準度不佳的認知，此製程技術可提供精準的三維奈/微米結構。雖然結構深寬比不高，但此完整的三維結構BEI電極已可以用來探討不同表面結構與生物化學接枝下所造成的協同作用，進而提升細胞-基底交互作用(cell-substrate interaction)，並達到對CTC細胞專一性純化的臨床使用需求[21] [如圖四(A)]。



圖四、有機BEI元件於癌症醫療檢測的應用

目前癌症液態病理切片的技術發展，除了要能觀測藥物治療後CTC的數量變化外，如何發展有利於收集CTC細胞檢體的技術，提供後續分子生物學的分析[像是結合次世代定序(Next Generation Sequencing, NGS)]，將是迎合現階段個人化癌症醫學的發展趨勢。有鑒於此，我們於有機BEI的第二階段開發，是針對先前技術無法製作高深寬比結構的缺點，開發出PEDOT高分子氧化聚合時的微相分離技術，經由殼核結構的產生能幫助奈米結構的脫膜，進而成功製作出高深寬比的PEDOT系奈米柱陣列。

此技術另外克服了奈米轉印於各式電極的限制，成功開發生物電子元件技術於CTC捕捉與電控細胞釋放。其原理簡單來說，當我們使用PLL-*g*-PEG-biotin在PEDOT表面的靜電吸附後，後續可進行奈米結構表面的專一性抗體接枝，除了可提供高效CTC的細胞捕捉之外，還可在通過循環電位掃描下釋放已被捕獲的CTC細胞。因為此方法收集的細胞表現有不錯的細胞存活率，則被相信能提供後續基因檢測，或是腫瘤球培養所使用[22] [如圖四(B)]。類似的有機BEI設計概念，我們也同樣整合應用在開發的蒽(coronene)有機半導體小分子材料系統中。當結合微流體技術，此熱蒸鍍製作出的coronene奈米纖維陣列，同樣可以當作有機BEI元件對微量的CTC進行捕捉及電控細胞釋放[23] [如圖四(C)]。

另外，在近期與中研院化學所的尤嘯華副研究員及UCLA的曾憲榮教授的合作研究中發現，在先前開發的PEDOT奈米結構陣列上，我們可由電聚合方式裝上具有硼酸分子官能基的PEDOT塗層，提供與癌細胞抗體上醣尾端寡糖之鍵結以捕捉癌細胞，而此研究也可在導入山梨醇(sorbitol)後，打斷彼此鍵結於釋放CTC細胞。最終此技術經美國醫學單位證實，此有機BEI元件平台可對前列腺癌病人進行液態病理檢測，從病人血液中純化微量的CTC細胞，並提供個人化臨床的RNA生物標記資訊[24] [如圖四(D)]。

雖然前三階段所開發之奈米轉印技術可以精準提供三維有機BEI元件的製作，但是因為較複雜的PEDOT奈米化製程，也將是造成此有機BEI元件無法量產應用於癌症醫療市場中的主因。有鑒於此，我們近期研究為利用市售PEDOT:PSS導電高分子，調配溶液配方，並結合靜電紡絲(electrospinning)技術以製作PEDOT:PSS導電奈米纖維之三維BEI元件。此晶片經驗證，能在單一晶片上進行多次循環的CTC捕捉與釋放步驟。本研究特點為 (1) 對此PEDOT:PSS奈米纖維建立組成及形態學的完整分析模式，並試著找出導電度降低的影響因素；(2) 整合PEDOT:PSS奈米纖維在微流體晶片中，提供可程式化且多次的細胞捕捉/釋放。最終，我們成功利用此晶片達到高效的CTC細胞富集效果，以符合後續分子生物分析的液態檢體準備需求[25] [如圖四(E)]。

六、結論

雖然目前有機電子產業多著重在OLED、OTFT及OPV的技術發展，但是全球近幾年的研究證實，當使用有機半導體的材料或元件，將更有機會創造出傳統無機半導體產業無法辦到的生物電子應用價值。這代表在未來，「有機生物電子醫學」的相關產業與技術將是極富有產業創新的潛力。在過去八年間，我們實驗室陸續與化學、化工、光電、生科、醫學的國內外研究單位進行跨領域合作，藉由從材料、製程到元件的設計與開發，成功驗證有機BEI元件於神經再生科學、幹細胞療法及循環腫瘤細胞檢測的發展潛力。未來我們還會持續專注於有機生物電子醫學的技術開發，探討如何發展新技術於幫助產業轉型與升級、結合有機BEI於開發多功能有機電化學電晶體(organic electrochemical transistors, OECTs)之生物電子醫療技術、或是整合跨領域科學於轉譯醫學的多樣性應用。

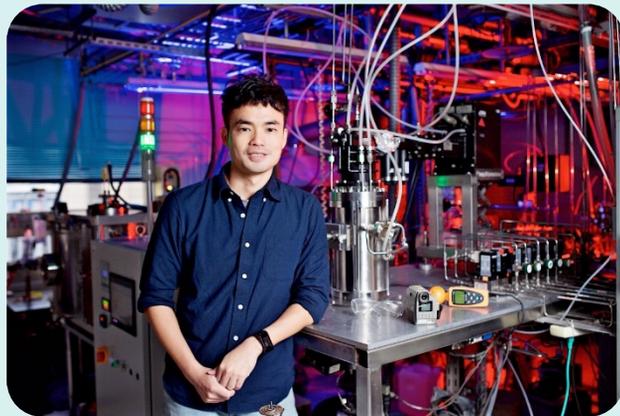
七、參考文獻

- [1] N. Tandon, C. Cannizzaro, P. H. Chao, R. Maidhof, A. Marsano, H. T. Au, M. Radisic and G. Vunjak-Novakovic, *Nat. Protocols*, 2009, **4**, 155-173.
- [2] A. P. Alivisatos, A. M. Andrews, E. S. Boyden, M. Chun, G. M. Church, K. Deisseroth, J. P. Donoghue, S. E. Fraser, J. Lippincott-Schwartz, L. L. Looger, S. Masmanidis, P. L. McEuen, A. Nurmikko, H. Park, D. S. Peterka, C. Reid, M. L. Roukes, A. Scherer, M. Schnitzer, T. J. Sejnowski, K. L. Shepard, D. Tsao, G. Turrigiano, P. S. Weiss, C. Xu, R. Yuste and X. Zhuang, *ACS Nano*, 2013, **7**, 1850-1866.
- [3] K. Birmingham, V. Gradinaru, P. Anikeeva, W. M. Grill, V. Pikov, B. McLaughlin, P. Pasricha, D. Weber, K. Ludwig and K. Famm, *Nat. Rev. Drug Discov.*, 2014, **13**, 399-400.
- [4] A. L. Benabid, S. Chabardes, J. Mitrofanis and P. Pollak, *Lancet Neurol.*, 2009, **8**, 67-81.
- [5] M. E. Spira and A. Hai, *Nat. Nanotech.*, 2013, **8**, 83-94.
- [6] P. Fattahi, G. Yang, G. Kim and M. R. Abidian, *Adv. Mater.*, 2014, **26**, 1846-1885.
- [7] O. Guillaume-Gentil, Y. Akiyama, M. Schuler, C. Tang, M. Textor, M. Yamato, T. Okano and J. Vörös, *Adv. Mater.*, 2008, **20**, 560-565.
- [8] K. M. Persson, R. Karlsson, K. Svennersten, S. Loffler, E. W. Jager, A. Richter-Dahlfors, P. Konradsson and M. Berggren, *Adv. Mater.*, 2011, **23**, 4403-4408.
- [9] Y.-S. Hsiao, C.-W. Kuo and P. Chen, *Adv. Funct. Mater.*, 2013, **23**, 4649-4656.
- [10] M. Berggren and A. Richter-Dahlfors, *Adv. Mater.*, 2007, **19**, 3201-3213.
- [11] D. T. Simon, S. Kurup, K. C. Larsson, R. Hori, K. Tybrandt, M. Goiny, E. W. H. Jager, M. Berggren, B. Canlon and A. Richter-Dahlfors, *Nat. Mater.*, 2009, **8**, 742-746.
- [12] J. Rivnay, R. M. Owens and G. G. Malliaras, *Chem. Mater.*, 2014, **26**, 679-685.
- [13] G. Lanzani, *Nat. Mater.*, 2014, **13**, 775-776.
- [14] M. Abdolahad, M. Taghinejad, H. Taghinejad, M. Janmaleki and S. Mohajerzadeh, *Lab Chip*, 2012, **12**, 1183-1190.
- [15] S. Jeon, J. M. Moon, E. S. Lee, Y. H. Kim and Y. Cho, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2014, **53**, 4597-4602.
- [16] M. Abdolahad, H. Shashaani, M. Janmaleki and S. Mohajerzadeh, *Biosens. Bioelectron.*, 2014, **59**, 151-159.
- [17] Y.-S. Hsiao, C.-C. Lin, H.-J. Hsieh, S.-M. Tsai, C.-W. Kuo, C.-W. Chu and P. Chen, *Lab Chip*, 2011, **11**, 3674-3680.
- [18] C.-H. Lu, Y.-S. Hsiao, C.-W. Kuo and P. Chen, *Biochim. Biophys. Acta*, 2013, **1830**, 4321-4328.
- [19] Y.-S. Hsiao, Y.-H. Liao, H.-L. Chen, P. Chen, F.-C. Chen, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2016, **8**, 9275-9284.
- [20] C. L. Chaffer, R. A. Weinberg, *Science*, 2011, **331**, 1559-1564.
- [21] Y.-S. Hsiao, S. C. Luo, S. Hou, B. Zhu, J. Sekine, C. W. Kuo, D. Y. Chueh, H. H. Yu, H. R. Tseng and P. Chen, *Small*, 2014, **10**, 3012-3017.
- [22] Y.-S. Hsiao, B.-C. Ho, H.-X. Yan, C.-W. Kuo, D.-Y. Chueh, H.-h. Yu, P. Chen, *J. Mater. Chem. B*, 2015, **3**, 5103-5110.
- [23] P.-J. Chen, R.-Z. Liu, Y.-S. Hsiao, *RSC Adv.*, 2017, **7**, 36765-36776.
- [24] M.-Y. Shen, J.-F. Chen, C.-H. Luo, S. Lee, C.-H. Li, Y.-L. Yang, Y.-H. Tsai, B.-C. Ho, L.-R. Bao, T.-J. Lee, Y. J. Jan, Y.-Z. Zhu, S. Cheng, F. Y. Feng, P. Chen, S. Hou, V. Agopian, Y.-S. Hsiao, H.-R. Tseng, E. M. Posadas, H.-h. Yu, *Adv. Healthcare Mater.*, 2018, **7**, 1870013.
- [25] C.-C. Yu, B.-C. Ho, R.-S. Juang, Y.-S. Hsiao, R. V. R. Naidu, C.-W. Kuo, Y.-W. You, J.-J. Shyue, J.-T. Fang, P. Chen, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2017, **9**, 30329-30342.

CHENG-YING CHEN 陳政營
Postdoctoral Research Scholar (獨立博士後研究學者),
Center for Condensed Matter Sciences (CCMS),
National Taiwan University

	服務單位	職稱	任職起迄日
現職 及 重要 經歷	國立台灣大學凝態科學研究中心	獨立博士後研究學者	自 104年 8月 1日起
	國立台灣大學凝態科學研究中心	校聘博士後研究員	自 103年 10月 起 至 104年 7月 止
	國立台灣大學光電工程學研究所	博士後研究員	自 103年 7月 起 至 103年 9月 止
	美國加州大學柏克萊分校	博士後研究員	自 102年 4月 起 至 103年 6月 止
	美國喬治亞理工學院	訪問學者	自 100年 3月 起 至 101年 3月 止
專長	薄膜物理與工程技術、光電半導體元件物理、光電半導體製程技術、凝態物理、太陽能電池、能源材料、奈米科技		
博士論文 題目	一維奈米半導體/壓電材料在非量子局限尺寸下之光電性質與電子結構研究 (國立台灣大學 光電工程學系研究所 指導教授：何志浩 博士:光電材料與光電子元件專長)		
碩士論文 題目	在氧化鉛與二氧化矽混合膜平面波導上施以熱極化之研究 (指導教授：趙 照 博士: 光學薄膜與積體光學專長)		

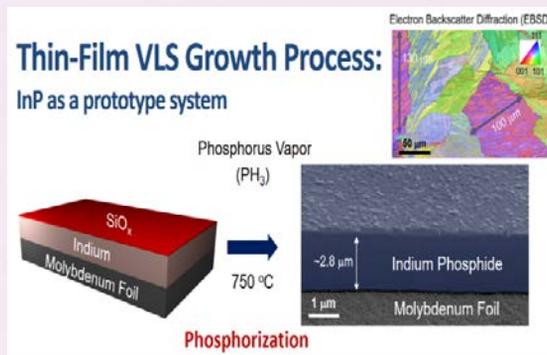
我目前於國立臺灣大學凝態科學研究中心擔任獨立研究學者，在大學讀的其實是電機工程學系，專題主要是電磁波相關的天線設計，現在卻走上薄膜材料物理研究之路。我認為生命是無限的累積，沒有所謂的冤枉路。凡走過的路與累積的經驗，在未來的日子裡都很有可能用的上，也可能成為你與他人競爭時的利器。



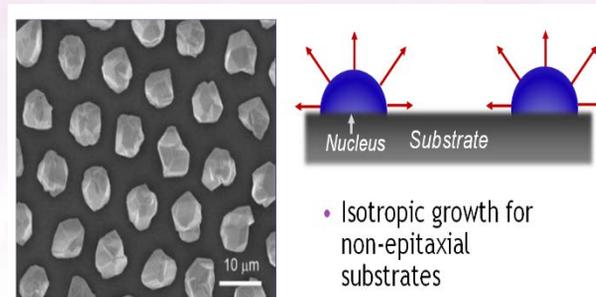
在過去求學期間，我很喜歡和教授、同學討論問題。因為我認為當我們在討論問題時，可以把問題更精確地定義出來，而問題被定義明確時往往答案就呼之欲出了；也因為常常與同學、教授們討論所以訓練出與人溝通的能力。在博士班時期，研究主軸是一維奈米半導體/壓電材料在非量子局限尺寸下之光電性質與電子結構研究。由於處於何志浩教授實驗室創建初期，故協助何老師從無到有建立實驗室與指導新進研究成員，也由於何老師開放的指導風格使我有很大發揮空間，這對未來建立自己的研究團隊是不可多得的經驗。另外，在研究所期間歷經三位非常傑出不同領域教授指導(清華大學趙煦教授、台大光電所孫啟光特聘教授及何志浩教授)，故已累積不同領域的研究能量：光學薄膜成長與分析、超快光學pump-probe量測技術(國家型奈米計畫奈米超音波科技)、奈米材料成長、奈米元件結構製作及電子束微影技術(electron beam lithography)。

在博士班間由於常常出國開會，也常利用開會之際認識許多厲害的研究人員，進而合作關係，所以深深覺得出國研究是個必要的經歷。因此，我向國科會提出國外研究計畫。美國Georgia Institute of Technology材料科學與工程學院的王中林(Prof. Z. L. Wang)教授為交換研究計畫之國外指導教授。王教授為享譽國際的奈米材料專家，於2006年首次發明了奈米發電機(nanogenerator)。他是世界上在材料和奈米技術論文引用次數最多的前十位作者之一。由此可見王教授其研究是質量兼具。在此次訪問研究期間，主要鑽研奈米發電機(nanogenerator)之綠色能源(green energy)。奈米發電機是種機械能轉電能的研究。

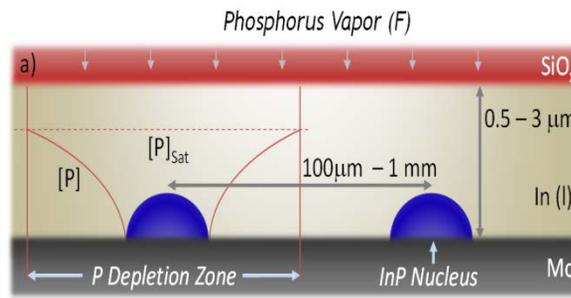
結束博士班訪問研究，返國服完兵役後，我決定再次前往世界一流實驗室進行博士後研究。美國University of California at Berkeley電機工程與資訊科學系的Prof. Ali Javey是博士後研究計畫之指導教授。Prof. Ali Javey由於其傑出學術成就與敏銳的科學判斷力，目前也擔任國際著名期刊ACS Nano的Associate Editor與NPG Asia Materials的Advisory Board。在博士後研究主要專注於利用低成本Thin-Film VLS (Vapor-Liquid-Solid) method於非磊晶之基材上做大晶粒之薄膜成長 [1,2]，如圖一。傳統VLS成長僅用於奈米結構的成長，對於很多薄膜為主體的應用可能有所限制，而新穎Thin-Film VLS method將可以突破此限制成長薄膜。此外，Thin-Film VLS method可以成長具有次厘米級的InP薄膜(lateral grain size > 100 μ m，藉由electron backscatter diffraction, EBSD 確認)，而傳統非磊晶(non-epitaxial)薄膜成長，其晶粒約莫為薄膜厚度的兩倍於非磊晶之基材上，如圖二。此薄膜成長的技術關鍵為二氧化矽封蓋層(SiO₂ capping layer)限制了磷蒸氣(Phosphorus vapor)進入融溶態的錮(melting indium)，減少成核點密度(nucleation density)進而增加晶粒大小。在固態光電子元件裡，由於晶界(grain boundaries)存在很多缺陷會對捕獲載子或對其散射，進而影響電子元件效能，所以能成長較大的晶粒(grain size)之薄膜對於光電子元件是非常重要的。



圖一 次厘米晶粒大小之Thin-Film VLS method成長技術 (以InP材料系統示範) [1,2]



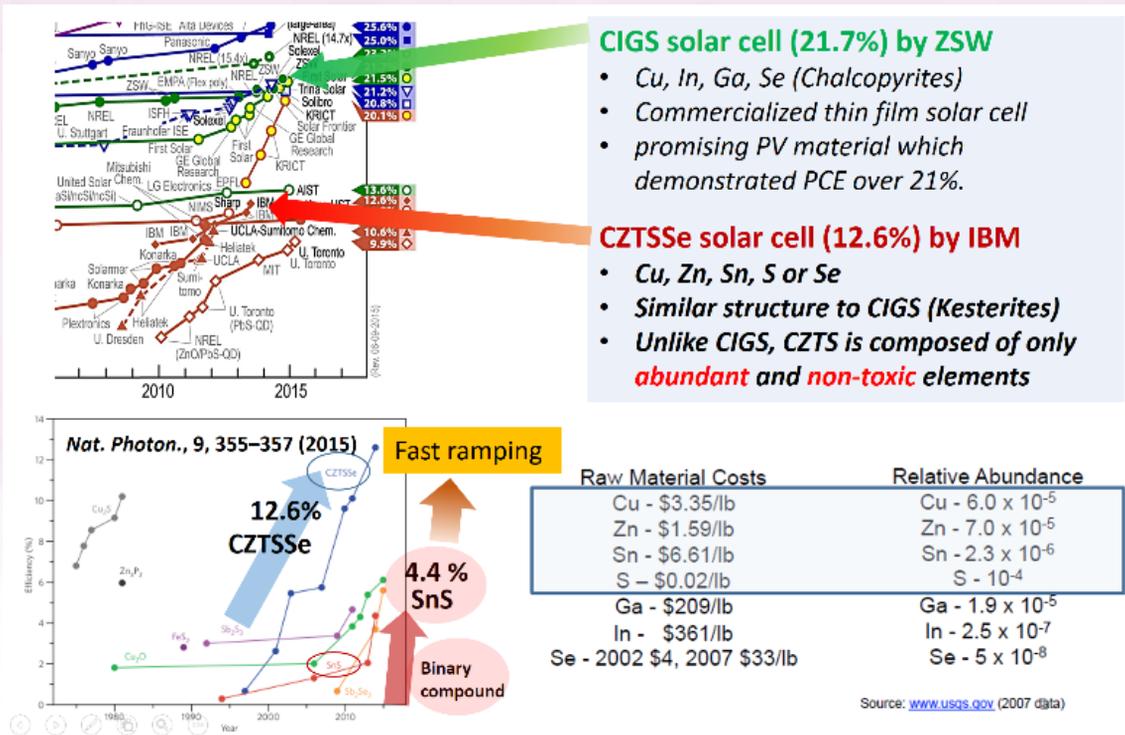
圖二 在非磊晶基材(non-epitaxial substrate)成長薄膜為等向性成長(isotropic growth)



圖三 Thin-Film VLS 成長機制示意圖：在銦薄膜上鍍上50nm SiO₂作為封蓋層(capping layer)並磷化(phosphorization)技術將銦(In)轉換成InP [1,2]

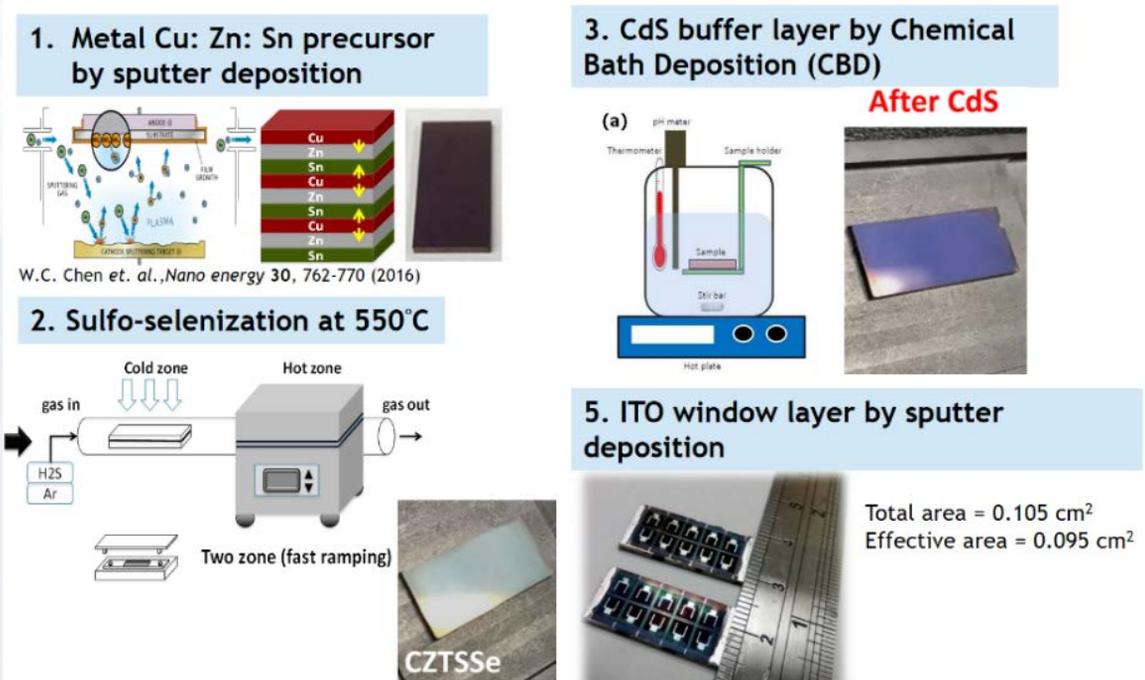
InP 的能隙非常符合太陽能光譜且具有極低載子表面復合速率(surface recombination velocity $\sim 10^2$ cm/s，以Si作比較 $\sim 10^4\text{--}10^7$ cm/s)，非常適合作為太陽能電池的材料。目前我們的Thin-Film VLS (Vapor-Liquid-Solid) method可以將稀有元素銦(indium) 100%利用於成長且無須磊晶基材，InP 晶粒可達數百微米且具有非常好的光電性質。這將會對太陽能技術上與光電電子元件有重大的影響。此外,我們也利用此種成長方法也目前嘗試於其他材料薄膜成長，將可以應用於更多光電元件上。

返台後我加入台大凝態科學研究中心林麗瓊教授與陳貴賢教授(中研院原分所)所主持的尖端材料實驗室。期間也獲得科技部的三年期計畫補助成為獨立博士後研究學者且負責主導尖端材料實驗室內薄膜太陽能小組的研究。其間主要研究領域在於硫族化合物(Chalcogenide)薄膜的成長與其太陽能電池元件，如圖四，且建立研究群內的標準硫族金屬化合物(metal chalcogenides)薄膜太陽能電池製程與元件量測流程，這方面的研究可以算是我美國博士後的延續：發展薄膜材料新穎的成長方式與界面物理的探討。其中關鍵技術包含：薄膜成長技術、元件製程技術、半導體能帶界面接合之選擇與分析、抗反射薄膜之設計、元件電性接觸之實驗技術與知識、光譜分析技術。



圖四 新穎硫族化合物(Chalcogenide)薄膜太陽能電池效率成長圖及其材料成本

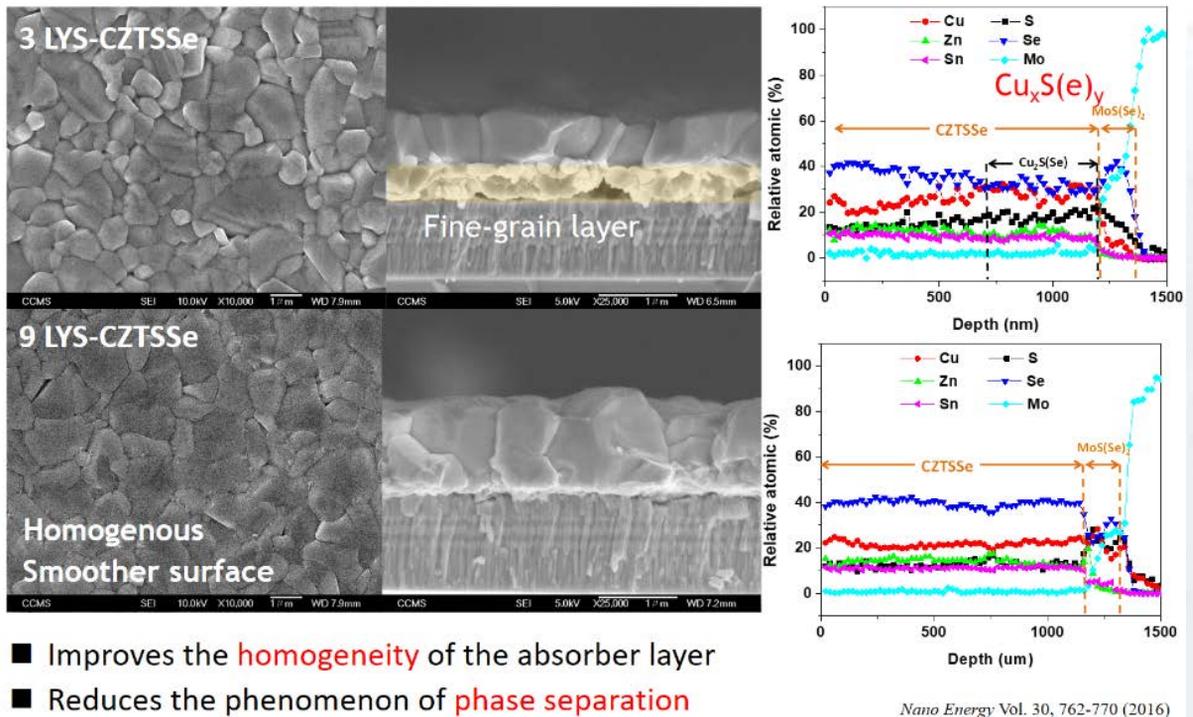
Fabrication Flowchart for CZTSSe Solar Cells



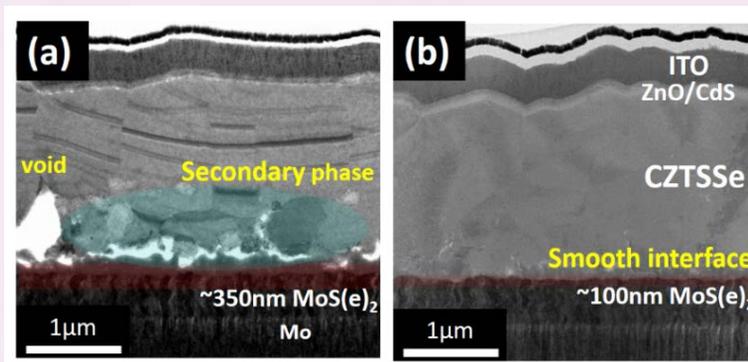
圖四 銅鋅錫硫硒[Cu₂ZnSn(S,Se)₄, CZTSSe]薄膜太陽能電池製程與元件量測流程

我們薄膜太陽能小組的研究針對無毒且大地豐富之銅鋅錫硫硒 $[Cu_2ZnSn(S,Se)_4, CZTSSe]$ 薄膜太陽能電池的關鍵技術發展如下列所述：(1)藉由九層交錯銅鋅錫金屬疊層(stacking layers) (如圖四，第一部份) 增強硫硒化之前驅物相互擴散以獲得高品質的CZTSSe吸收層(absorber)。圖五為三層金屬前驅物疊層與九層疊層之吸收層之比較。(2)利用奈米級厚度 MoO_3 於鉬基材(Mo substrate)上做修飾，以抑制二次相(secondary phase)材料的生成改善吸收層材料與鉬背電極(Mo electrical back contact)的接觸，如圖六。(3) 利用微量鍺(Ge)元素摻以抑制CZTSSe吸收層深層能隙缺陷(deep energy defect states)。(4)利用插入鹼金屬氟化物奈米薄膜(Alkali metal fluoride nanolayers)於上電極作為特定載子(carrier selective contacts, 如圖七)來解決CZTSSe長期以來較低開路電壓的問題(open-circuit voltage deficit, $E_g/q-V_{OC} < 0.5V$ in CIGSSe, 而 $E_g/q-V_{OC} > 0.6V$ in CZTSSe)。目前，本團隊無毒且大地豐富薄膜太陽能電池可以達到 10.4%轉換效率 (若以有效面積計算以 $>11.5%$)，可與世界級實驗室之結果競爭(12.6%)。再者，我們所發展出來的快速硫硒化技術已可以將製程控制在7分鐘內有很大的競爭優勢，未來對於台灣在薄膜太陽能電池技術佈局非常有幫助。我們團隊非常歡迎任何形式的合作以幫助台灣在這領域的技術與知識累積，進而提升台灣的競爭力。

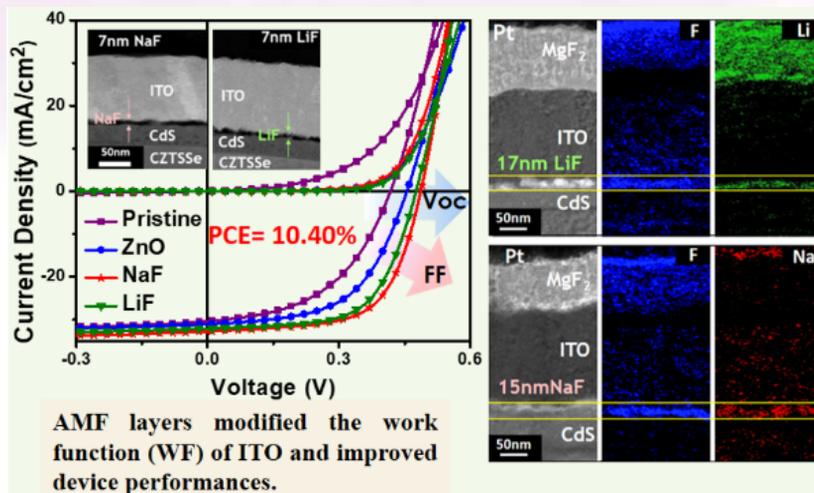
Morphological and Compositional Difference in Depth



圖五 掃描式電子顯微鏡影像與二次離子質譜縱向元素分布圖：藉由九層交錯銅鋅錫金屬疊層(stacking layers)增強硫硒化之金屬前驅物相互擴散以獲得高品質的CZTSSe吸收層(absorber)



圖六 穿透式電子顯微鏡影像：利用奈米級厚度 MoO_3 於鉬基材(Mo substrate)上做修飾，以抑制二次相(secondary phase)材料的生成改善吸收層材料與鉬背電極(Mo electrical back contact)的接觸)



圖七 太陽能元件之電流密度與電壓曲線圖及所對應之元件電子能量損失譜(Electron energy loss spectroscopy)影像：穿利用插入鹼金屬氟化物奈米薄膜(Alkali metal fluoride nanolayers)於上電極作為特定載子(carrier selective contacts)以改善較低開路電壓(open-circuit voltage VOC)的問題

參考文獻

1. R. Kapadia, Z. Yu, H.-H. H. Wang, M. Zheng, C. Battaglia, M. Hettick, D. Kiriya, K. Takei, P. Lobaccaro, J. W. Beeman, J. W. Ager, R. Maboudian, D. C. Chrzan, A. Javey, , *Scientific Reports*, 3, 2275 (2013)
2. R. Kapadia, Z. Yu, M. Hettick, J. Xu, M. S. Zheng, C.Y. Chen, A. D. Balan, D. C. Chrzan, A. Javey, *Chemistry of Materials*, 6, 1340 (2014)
3. W.C. Chen, C.Y. Chen, V. Tunuguntla, S.H. Lu, C. Su, C.H. Lee, K.H. Chen and L.C. Chen, *Nano Energy*, 30, 762-770 (2016)
4. C.Y. Che, B. S. Aprillia, nW.C. Chen, R.S. Chen, K.H. Chen and L.C. Chen, *Nano Energy* (2018) <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.06.028>
5. C.Y. Chen, W. C. Chen, S. Kholimatussa'diah, Y.R. Lin, K. H. Chen and L. C. Chen, manuscript in preparation (2018)