

出國報告（出國類別：進修）

赴澳洲進修太陽光電博士學位

服務機關：台電綜合研究所

姓名職稱：曹昭陽 電機工程師

派赴國家：澳洲

出國期間：95.11.15~99.08.01

報告日期：99.10.26

目次

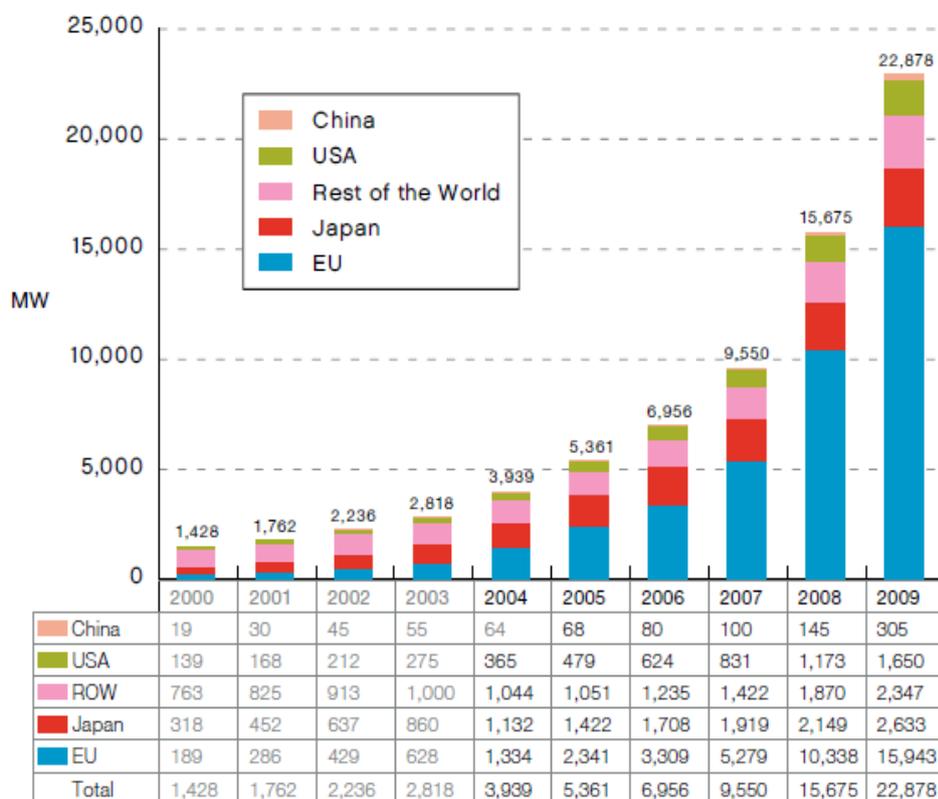
壹.	前言	2
貳.	目的	7
參.	行程提要	7
肆.	本文	8
伍.	心得	32
陸.	建議	33
柒.	誌謝	35

壹. 前言

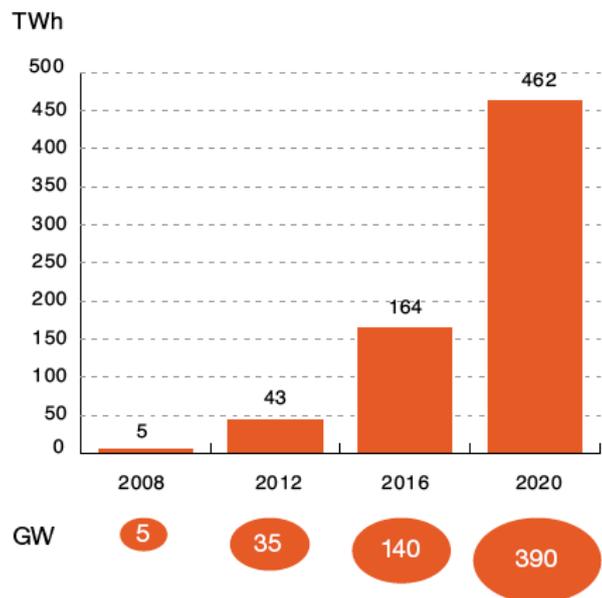
煤炭、石油等傳統化石燃料除了蘊藏量有限外，燃燒時所排放的廢氣對環境造成的危害日益加劇，而其中二氧化碳雖然本身不具毒性卻是地球暖化的主要禍首。為了解決這個問題，「節能減碳」已經蔚為全球風潮。再生能源的推廣則是被視為節能減碳最重要的手段之一。相較於大部分先進國家，再生能源的廣泛應用益形對台灣而言重要。這是因為我國所需能源 97% 以上必須仰賴進口，採用再生能源除了可以有效節能減碳外，更可以降低對進口能源的依賴度。而研發再生能源技術，則可以做為產業發展的後盾，因而創造就業機會。在各種再生能源方案中，又以太陽光電最受矚目。圖一所示為歐洲太陽光電協會（European photovoltaic industry association, **EPIA**）所提供之自 2000 年以來全球太陽光電發電裝置容量統計資料。根據該資料可看出過去 10 年內，裝置容量從 2000 年的 1,428MW 累增至 2009 年的 22,878MW，顯示全球太陽光電市場呈爆炸性成長之趨勢。

該協會根據過去多年來的學習曲線，預測歐洲地區

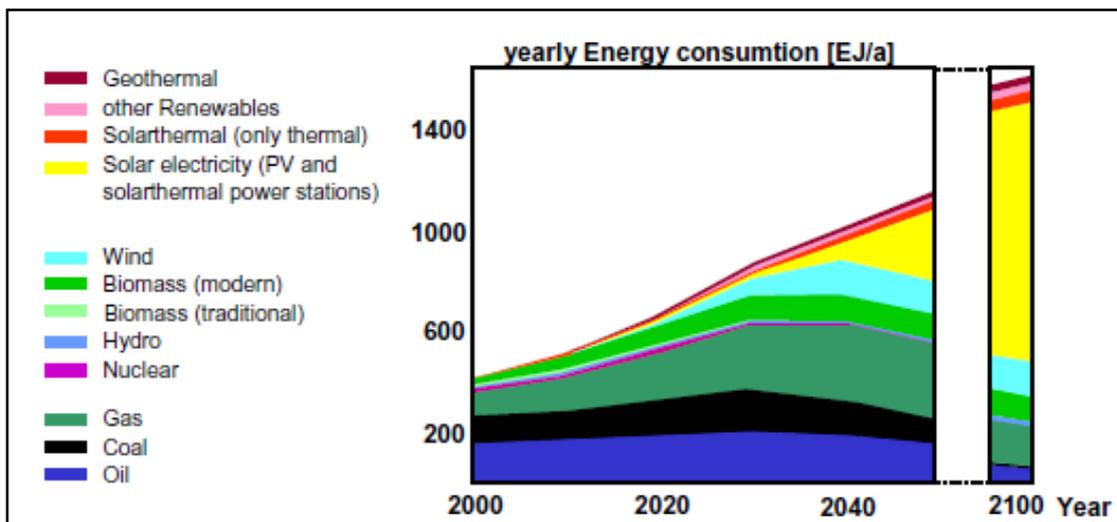
太陽電池發電規模將由 2008 年的裝置容量 5GW（發電量 5TWh）成長至由 2020 年的裝置容量 390GW（發電量 462TWh），見圖二。此外，早在 2003 年德國研究機構 WBGU 便預測太陽能（包括太陽光電和太陽熱能）可望成為未來最重要的再生能源，見圖三。



圖一、過去 10 年全球太陽光電累計裝置容量成長趨勢(資料來源:European photovoltaic industry association, EPIA)



圖二、歷年太陽電池轉換效率世界紀錄（資料來源：美國國家再生能源實驗室（NREL））



圖三、全球在 2100 年前各種能源耗量預測（資料來源：World in Transition. Towards Sustainable Energy Systems, German Advisory Council on Global Change (WBGU) 2003, Earthscan）

台灣電力公司身為國營事業龍頭，扮演著國內最重要的能源提供者之一，肩負著提供國內電力用戶可靠的電力的任務，同時也配合國家政策，在再生能源推廣上向來不遺餘力。有鑒於太陽光電發電的重要性將日益提高，綜合研究所擬定太陽光電研究計畫，並決定選派人員前往全球太陽光電研發重鎮澳洲新南威爾斯大學（University of New South Wales, 簡稱 UNSW）學習太陽光電技術。

新南威爾斯大學為澳洲著名大學，在英國泰晤士高等教育專刊所刊載之 2009 年世界大學排行榜排名 47（Times Higher Education- World University Rankings 2009），其工程學院在澳洲各大學當中排名第一，工程學院所屬之太陽光電與再生能源工程系是全世界唯一的太陽光電工程學系。該系 Martin Green 教授為享譽全球的太陽電池先驅，並被尊稱為世界太陽能之父，圖四為教授在 2009 年 11 月訪台時之剪報。在他的領導下，UNSW 自 1980 年代以來，在矽晶太陽電池轉換效率上屢屢刷新世界紀錄，其中於 1999 年所創之單晶矽太陽電池 25% 轉換效率世界紀錄至今仍無人能及，詳見圖五-歷年來各種

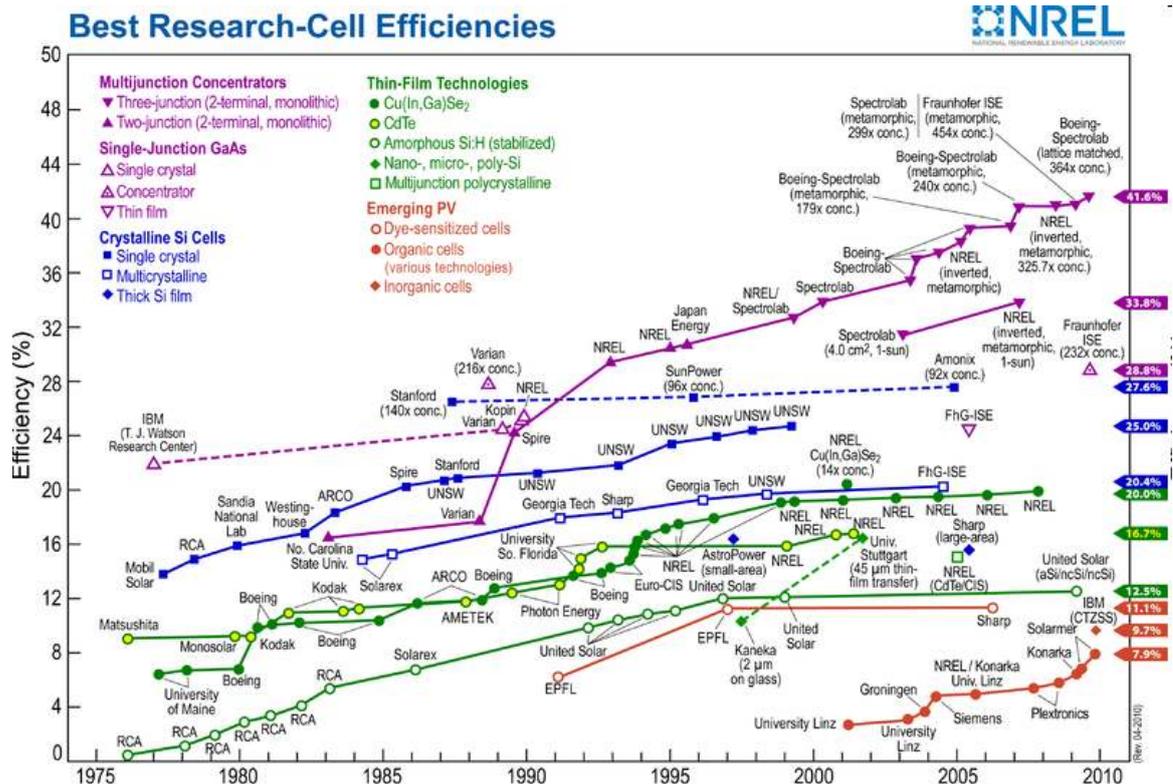
太陽電池轉換效率世界紀錄。該系在太陽電池的研究上劃分為三組：第一代（即矽晶太陽電池之研究，包含以單晶和多晶矽晶圓為基礎所製造的太陽電池）、第二代（又稱為薄膜組，以多晶矽薄膜太陽電池為主）、第三代（以量子點（quantum dots, QDs）在太陽電池上的應用為主）。



圖四、Martin Green 教授於 2009 年 11 月訪台時之剪報

配合本所太陽光電研究計畫之執行，筆者很榮幸參加經濟部「菁英留學計畫推動方案」，在台電公司資助下申請進入該校的太陽光電與再生能源工程系攻讀太陽

光電博士學位，著重在薄膜太陽電池的研究開發。本報告即為針對筆者於澳洲新南威爾斯大學所學的重要課程及研究內容作重點的描述。



圖五、歷年太陽電池轉換效率世界紀錄（資料來源：美國國家再生能源實驗室（NREL））

貳. 目的

本次赴澳洲新南威爾斯大學 (The University of New South Wales) 進修太陽光電博士學位，其目的為藉由在世界級研究環境的培訓，建立在太陽光電核心技術上的研發能力，希望對公司未來在該領域的研究開發上有所貢獻。

參. 行程提要

一、95年11月5日~95年11月6日

往程：自台北⇒桃園中正國際機場⇒雪梨國際機場⇒澳洲雪梨。

二、95年11月7日~97年11月4日（公費）

攻讀太陽光電博士課程。

三、97年11月5日~99年7月30日（自費，自97年11月5日起留資停薪）

攻讀太陽光電博士課程。

四、99年7月31日~99年8月1日

返程：自澳洲雪梨⇒雪梨國際機場⇒桃園國際機場⇒台北。

肆. 本文

筆者於澳洲新南威爾斯大學太陽光電與再生能源工程系 (School of Photovoltaics and Renewable Energy Engineering) 攻讀的博士課程，授與博士學位的最低學分數為 144，一般修業時間為四年。對博士生而言，這 144 個學分包含修課 (course work) 和研究 (research) 兩個部分，兩者同時進行。分別簡介如下：

一、修課 (course work) 部分：

筆者利用第一年在研究工作初期，也就是實驗室工作剛開始時完成博士班課程所要求的三門課程，奠定了之後研究工作的理論基礎。在澳洲的大學，課程的進行包含兩個部分，lecture 和 tutorial。前者由專任教師於大教室中以投影機進行課程教授，通常一門課一週三個小時。後者則是由助教進行課後講解，通常分為多個小班，一班不超過 20 個學生，助教通常由資深的博士班學生擔任。該三門課的課程內容與成績表列如下。

課程代碼	課程名稱	成績
2007S1	應用太陽電池	Distinction

SOLA9001	(Applied Photovoltaics)	
2007S1 SOLA9002	太陽電池與系統 (Solar Cells and Systems)	High Distinction
2007S1 SOLA9005	高等半導體元件 (Advanced Semiconductor Devices)	High Distinction

應用太陽電池，課程的主要內容包括太陽輻射的特性，半導體與 p-n 接面基礎，太陽電池的原理、特性及設計，太陽電池的互連與模組的裝配，獨立型太陽光電系統的組成與設計，太陽電池特殊應用，偏遠地區供電系統，並網型太陽光電系統以及太陽光電系統抽水系統等。

太陽電池與系統，課程的主要內容著重在太陽電池的基本工作原理和設計，目前採用的電池製造技術和即將實現的改進技術，以及這些電池系統設計上的考量重點。除了概述太陽光的性質、構成電池半導體材料的有關性質以及這兩者之間的交互作用外。接下來詳細地探論太陽電池設計中的重要因素、目前的電池製造技術以及未來可能的技術。最後討論系統的應用，包括目前市售的小型系統和將來可能提供的住宅用和集中型發電系統。

高等半導體元件，課程的主要內容則包含半導體物理元件的介紹，著重在半導體材料結構、光學以及電學之探討，P/N 接面、電晶體、MOSFET、雷射、光偵測器、太陽電池等元件之基本工作原理簡介。

二、研究(research)部分：

研究主題－多晶銻薄膜成長於玻璃基板在太陽電池上之應用研究

如上所述，筆者申請入學時係著重在薄膜太陽電池之研究，因此加入了第二代(也就是薄膜組)。薄膜組的負責人是德國籍的 Armin Aberle 教授，自然而然地成為我的指導教授。由於當時薄膜組研發的多晶矽薄膜太陽電池實驗室效率已經達到 9%，因此 Armin 指派筆者投入多晶銻薄膜太陽電池之研究開發，目的是為了未來的 Si/Ge tandem solar cell 做準備。矽的能隙為 1.12 eV，而銻的能隙為 0.66 eV，因此後者可以做為下太陽電池以吸收長波長太陽光，提升整體電池效率。這是歷年來 UNSW 太陽電池研發團隊第一次投入人力從事銻材料之研究。筆者很榮幸擔任這個破冰的角色，然而這也意味著週遭可以討論或請教的對象相對地少，內心的惶恐與壓力不言可喻。2008 年 4 月 Armin Aberle 教授離開 UNSW，前往新加坡政府投入鉅資設立於國立新加坡大學的太陽能研究所任教，在因緣際會下，Martin Green 教授接手擔任筆者的指導教授，同時指派博士後研究人員宋登元博士擔任副指

導教授。在兩位專家的指導下，研究工作漸漸上了軌道。

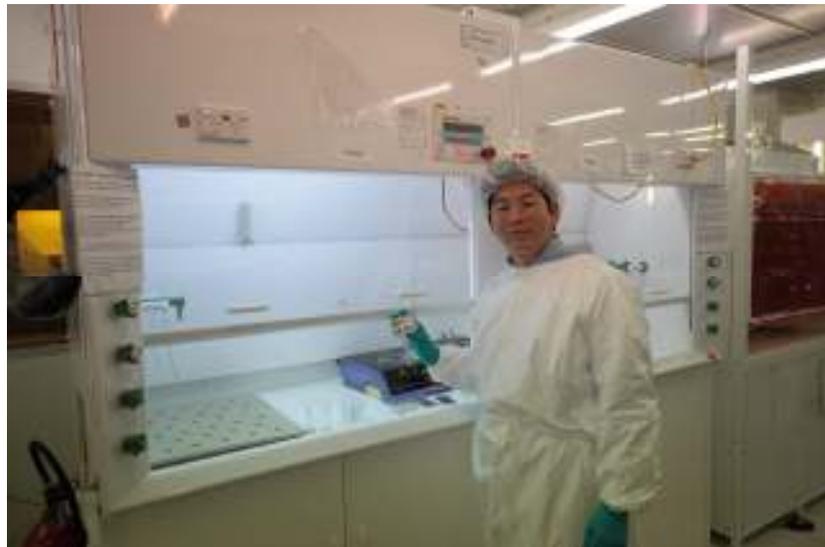
對博士生而言，研究工作是最重要的，研究的成果攸關博士學位是否可以順利取得。由於筆者過去專長與半導體相去甚遠，所以一切從事此一領域研究所需之技能都得從頭學起。

(1) 潔淨室 (clean room) 設備操作技能之學習

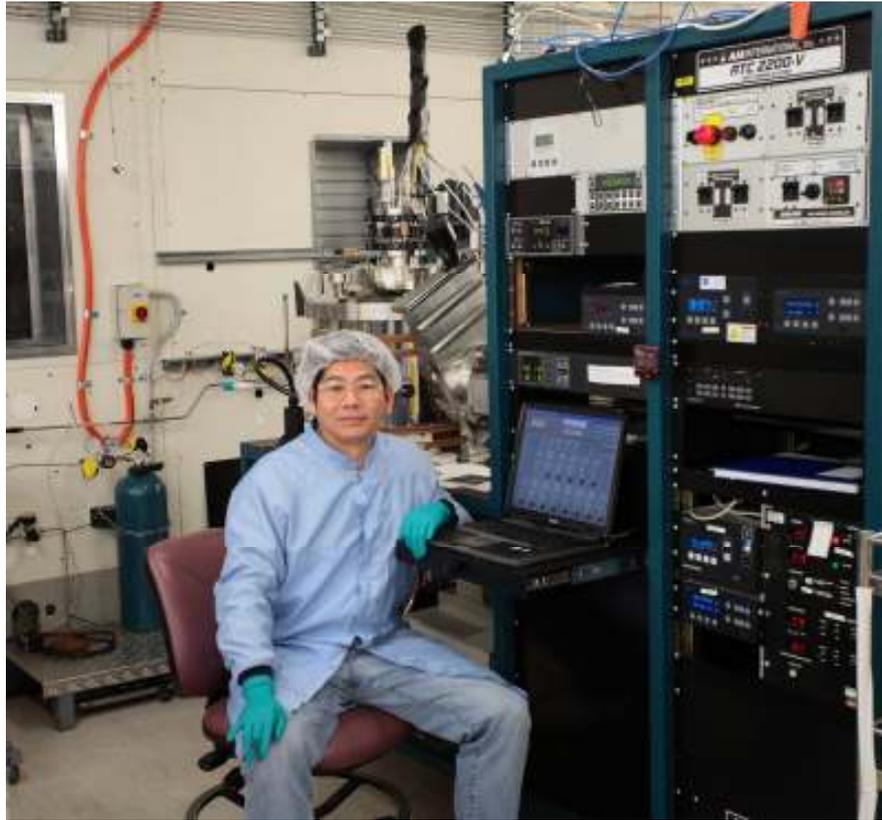
在潔淨室中首要學習的項目就是工安訓練，例如毒氣外洩與火警時之逃生以及製程與設備操作安全訓練等；每一道牽涉到化學物質的製程，都必須經過訓練並通過訓練人的考驗合格後才可以獨立作業；同樣地，每一設備的使用與操作，都必須經過訓練並通過訓練人的考驗合格後才可以獨立操作。圖六是筆者從事實驗工作所在的潔淨室。圖七是筆者從事化學製程或試片清潔時所使用的排氣櫃。



圖六、筆者從事實驗工作所在的潔淨室



圖七、筆者從事化學製程或試片清潔時所使用的排氣櫃（fume cupboard）



圖八、筆者從事實驗工作所使用的薄膜沉積設備—射頻濺鍍系統

(2) 量測設備操作技能之學習

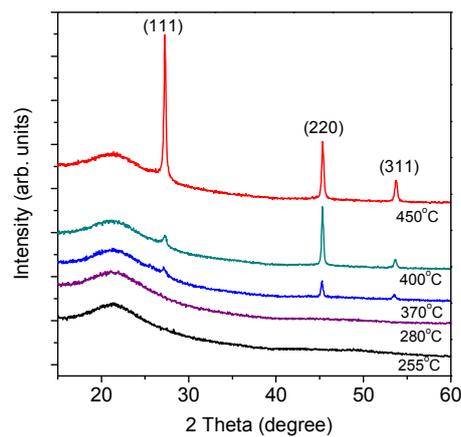
以下摘要說明筆者在 UNSW 期間較常使用的測量技術。

(2.1) 結構特性

✚ XRD (X-Ray Diffraction)

XRD 常被用來作為評估材料結晶程度之工具，它的分

析原理是以一特定波長之 X 光照射試片，試片中某些結晶面與入射光的夾角符合布拉格繞射條件時，入射光會被此結晶面所繞射。將兩倍夾角 2θ 值帶入布拉格繞射公式即可推估材料的特徵峰，而判斷材料的結晶品質。圖九為筆者利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長多晶銻薄膜所得之 XRD 測量結果。

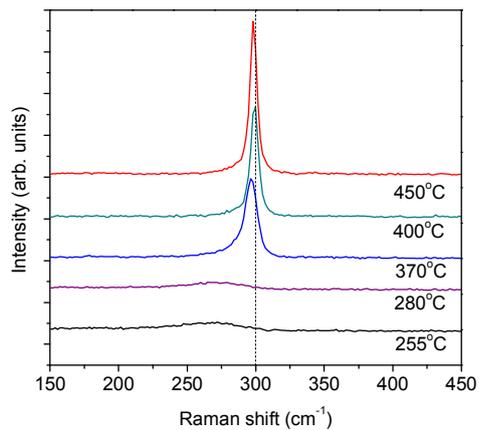


圖九、利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長多晶銻薄膜所得之 XRD 測量結果。

Raman

Raman 測量也是評估材料結晶品質常用的技術，其光譜直接量測分子結構的振動光譜，物質結構的任何微小變化會非常敏感反映在拉曼光譜中，因而可用來研究物質的

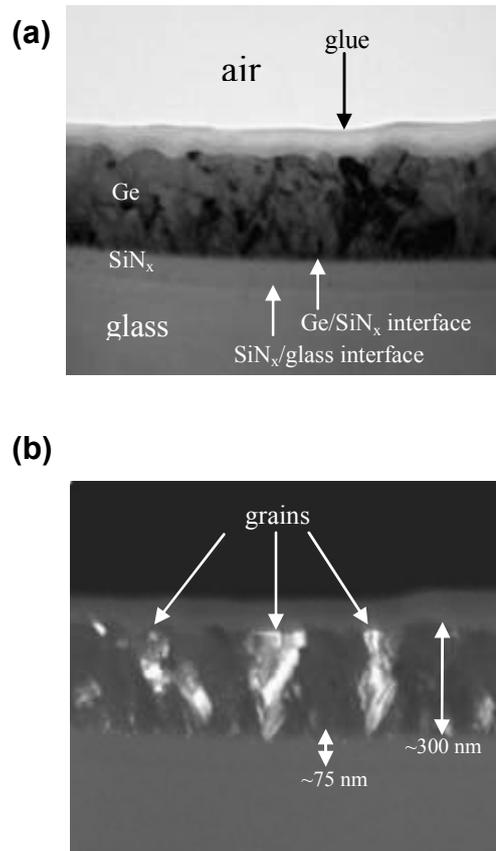
物理化學等各方面性質隨結構的變化。圖十為利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長多晶鍺薄膜所得之 Raman 測量結果。



圖十、利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長多晶鍺薄膜所得之 Raman 測量結果。

TEM (Transmission Electron Microscopy)

TEM 可提供材料內部的形態、晶體原子結構等資訊。由於 TEM 具備高解析圖像能力，比一般影像觀察及分析工具優越許多，因而廣泛地用於材料分析。圖十一、利用射頻濺鍍技術在 450°C 基板溫度下在玻璃上成長多晶鍺薄膜所得之 TEM 測量結果。



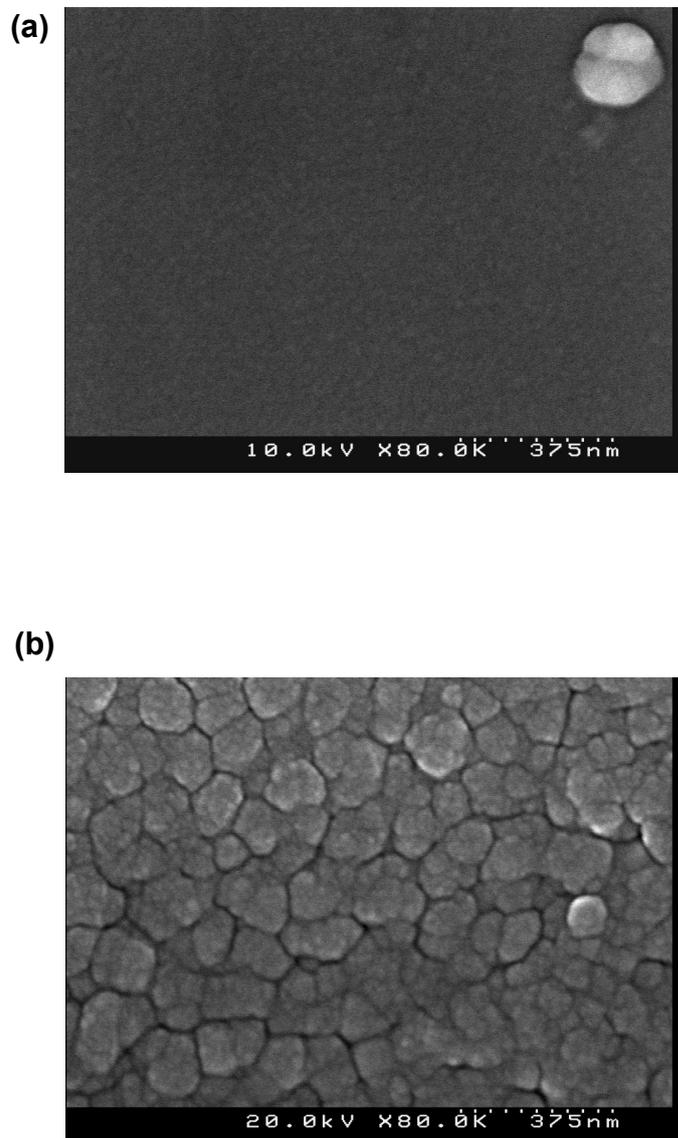
圖十一、利用射頻濺鍍技術在 450°C 基板溫度下在玻璃上成長多晶鍺薄膜所得之 TEM 測量結果。(a) 明場像 (bright field image) (b) 暗場像 (dark field image)

(2.2) 薄膜表面形貌 (Morphology)

SEM (scanning electron microscope)

掃描式電子顯微鏡 (SEM) 常被用來評估材料的表面形貌，其基本原理是由電子槍發射電子束，經過磁透鏡聚

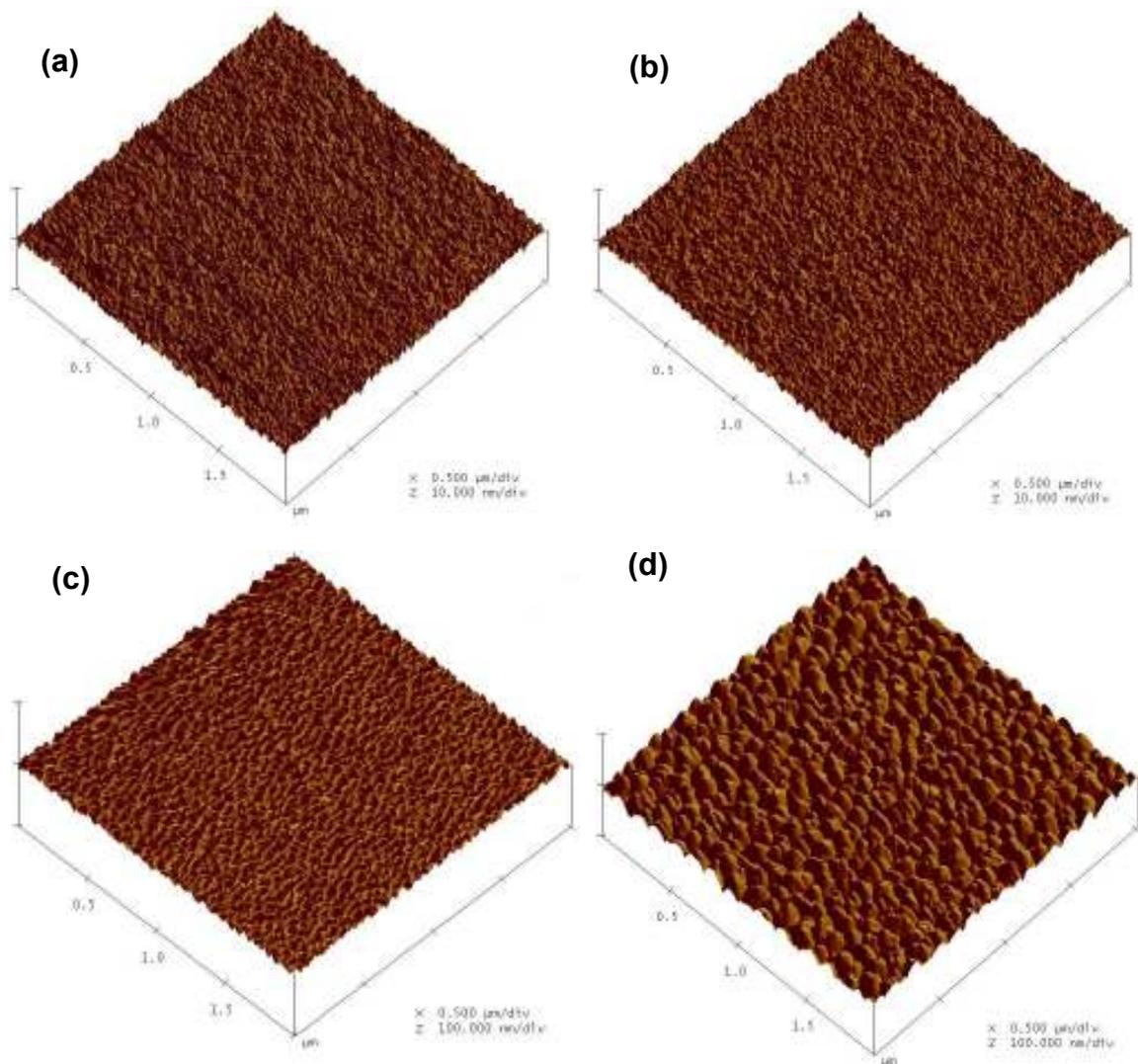
焦後，用遮蔽孔徑選擇電子束的尺寸後，再通過一組控制電子束的掃描線圈，最後透過物鏡聚焦，打在試片上。試片的上側裝有訊號接收器，以擷取二次電子或背向散射電子成像。圖十三為筆者利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長鍺薄膜所得之 SEM 測量結果。

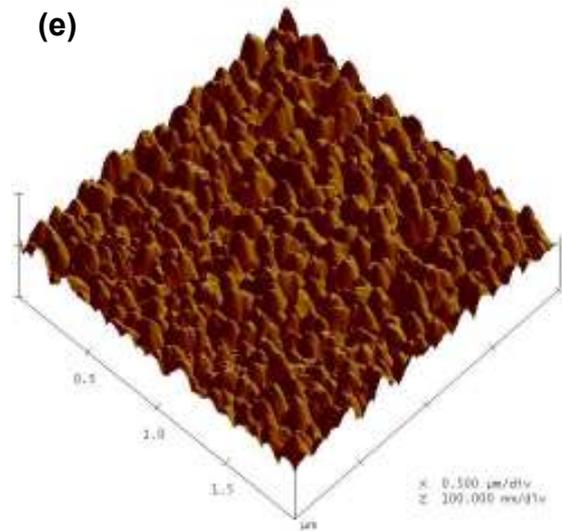


圖十三、利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長鍺薄膜所得之 SEM 測量結果。(a) 非晶 (b) 多晶。

AFM (atomic force microscope)

原子力顯微鏡 (AFM) 對導體及絕緣體均有三維空間的顯影能力，是運用最廣泛的掃描探針顯微鏡。AFM 最常被用來檢測材料的表面形貌與粗糙度。圖十四為筆者利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長鍍薄膜所得之 AFM 測量結果。



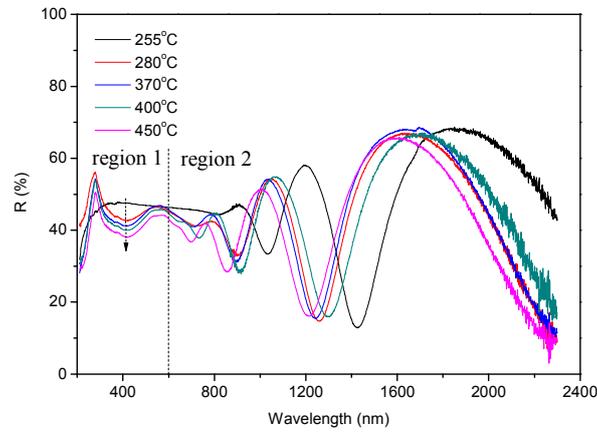


圖十四、利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長鋅薄膜所得之 AFM 測量結果。

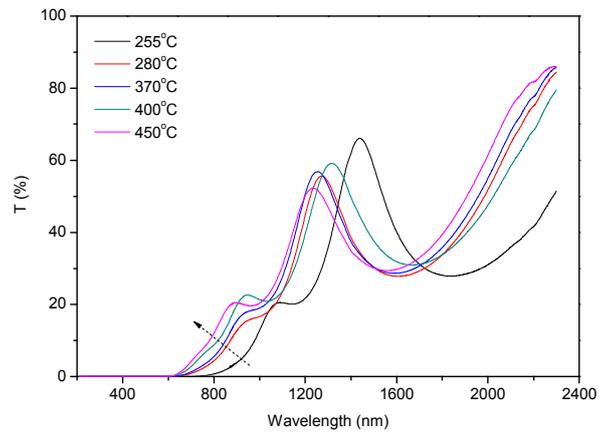
(2.3) 光學特性

對半導體材料而言，分析其光學特性有助於了解其光電特性，例如能隙 (energy band gap)。估算半導體材料能隙的一種常用的技術就是測量材料的反射率與穿透率，再利用 Tauc plot 推估出能隙值。圖十五為筆者利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長鋅薄膜所得之光學特性測量結果。(a) 反射率 (b) 穿透率。

反射率 (Reflectance)



穿透率 (Transmittance)



圖十五、利用射頻濺鍍技術改變基板溫度在玻璃上成長鍺薄膜所得之光學特性測量結果。(a) 反射率 (b) 穿透率。

(2.4) 電學特性

熱探針技術 (Hot probe technique)

熱探針技術是一種可以用來判別半導體材料為 P 或 N 型的簡易測量技術。其工作原理為：當材料為 P 型雜質時，多數載子為電洞（帶正電），故有電流由加熱端探針經過晶片流往另一端探針，此時加熱端探針為負端；反之，若材料屬 N 型，則多數載子為電子（帶負電），故有電流由另一端探針經過晶片流往加熱端探針，此時加熱端探針為正端。因為一般使用判別材料 P 或 N 型所用的霍爾效應測量技術，必須先在試片上製作電極，這種測量技術只需要一支電烙鐵和一個可顯示 mV 的三用電表，所以十分方便。

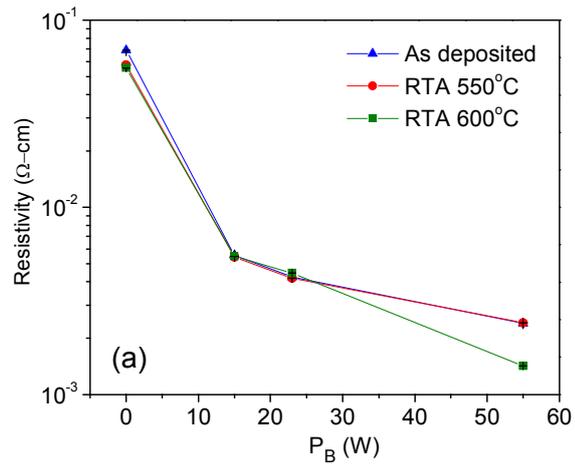
✚ 四點探針技術 (Four point probe technique)

四點探針基本原理，乃利用外側兩個探針間加上固定電流，並同時量測另外兩個內探針間之相對電壓，以求得片電阻 (Sheet Resistance)。片電阻是傳導性材料之重要特性之一，尤其是導電薄膜。片電阻值會受到薄膜厚度、晶粒尺寸、合金比例與雜質濃度等因素影響。

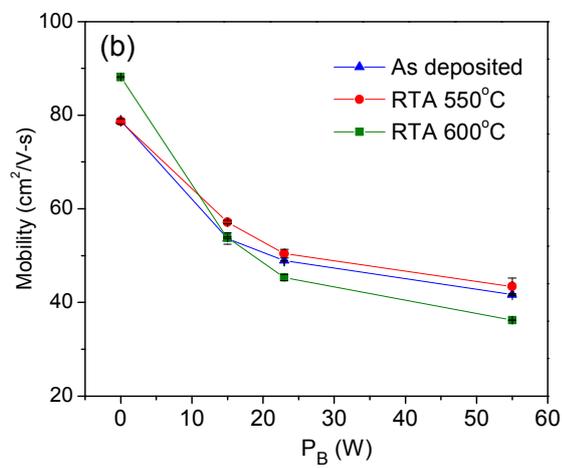
✚ 霍爾效應量測 (Hall measurement)

霍爾效應量測技術常被用來判別試片的 PN 型別，以及

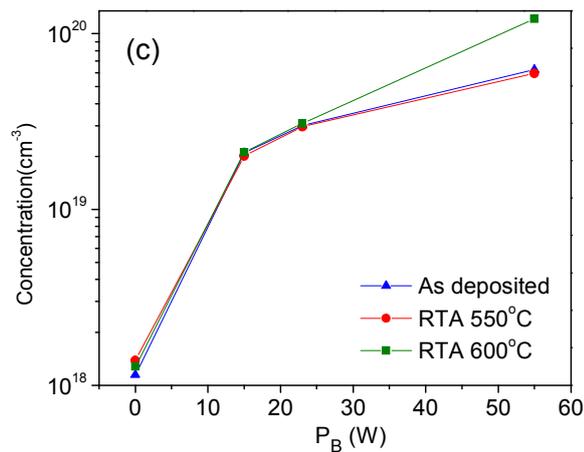
檢測電阻率、移動率及濃度。圖十六為筆者利用射頻濺鍍技術在玻璃上成長摻雜硼之鍺薄膜所得之霍爾效應測量結果。(a) 電阻率 (b) 移動率 (c) 濃度。



(a)



(b)



(c)

圖十六、利用射頻濺鍍技術在玻璃上成長摻雜硼之鋅薄膜所得之霍爾效應測量結果。(a) 電阻率 (b) 移動率 (c) 濃度。

三. 研究成果：

筆者在 UNSW 進修期間，專門研究鋅材料在太陽電池之應用，也是 UNSW 太陽電池研發團隊三十多年來首次投入人力專攻鋅材料的研究。其在學期間累計發表國際學術期刊 7 篇(5 篇已經刊載，1 篇被要求修改中，另一篇則是審查中)，研討會論文 4 篇，專利申請 1 件，並且在 2008 年 12 月起負責 2 本 UNSW 太陽光電書籍之正體中文版翻譯，該兩譯著已於同一年由五南圖書公司在台發行。筆者在澳洲進修期間之著作，列述如下：

A. 國際期刊論文

- [1] C. -Y. Tsao, J. W. Weber, P. Campbell, P. I. Widenborg, D. Song, and M. A. Green, "Low-temperature growth of polycrystalline Ge thin film on glass by *in situ* deposition and *ex situ* solid-phase crystallization for photovoltaic applications," *Applied Surface Science*, 255 (2009) 7028-7035.
- [2] C. -Y. Tsao, J. W. Weber, P. Campbell, G. Conibeer, D. Song, and M. A. Green, "*In situ* low temperature growth of poly-crystalline germanium thin film on glass by RF magnetron sputtering," *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 94 (2010) 1501-1505.
- [3] C. -Y. Tsao, P. Campbell, D. Song, and M. A. Green, "Influence of hydrogen on structural and optical properties of low temperature polycrystalline Ge films deposited by RF magnetron sputtering," *Journal of Crystal Growth*, in press, doi: 10.1016/j.jcrysgr.2010.06.008, 2010.

- [4] C. -Y. Tsao, J. Wong, J. Huang, P. Campbell, D. Song, and M. A. Green, "Structural dependence of electrical properties of Ge films prepared by RF magnetron sputtering," *Applied Physics A*, in press, doi: 10.1007/s00339-010-5957-9, 2010.
- [5] C. -Y. Tsao, J. Huang, X. Hao, P. Campbell, and M. A. Green, "Heavily boron-doped hydrogenated polycrystalline Ge thin films prepared by co-sputtering," *Electrochemical and Solid-State Letters*, 13 (2010) H354-H356.
- [6] C. -Y. Tsao, Z. Liu, X. Hao, and M. A. Green, "In situ growth of Ge-rich poly-SiGe:H thin films on glass by RF magnetron sputtering for photovoltaic applications," *Applied Surface Science*, 2010 (submitted in July 2010).
- [7] C. -Y. Tsao, J. Huang, X. Hao, P. Campbell, and M. A. Green, "Formation of heavily boron-doped hydrogenated polycrystalline germanium thin films by co-sputtering for developing p⁺ emitters of bottom cells," *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2010 (revision requested in September 2010)

B. 國際研討會論文

- [8] C-Y. Tsao, J. W. Weber, P. Campbell, P. I. Widenborg, S. Varlamov, G. Conibeer, D. Song, and M. A. Green, In-situ low temperature growth of poly-crystalline germanium thin films on glass by RF-sputtering, Proceedings of the 18th Photovoltaic Solar Energy Conference, Kolkata, India, 19-21, January, 2009.
- [9] C-Y. Tsao, J. Wong, P. Campbell, G. Conibeer, D. Song, and M. A. Green, “Structural and electrical properties of hydrogenated polycrystalline germanium thin films prepared by RF magnetron sputtering for thin film photovoltaics” , in Proceeding of 24th EU PVSEC Conference. Hamburg, Germany, 21-25, September, 2009.
- [10] Y. Tao, S. Varlamov, C-Y. Tsao, Z. Ouyang, “Comparative solid-phase crystallisation of Si thin-films on glass deposited by Electron-Beam Evaporation and Plasma-Enhanced CVD” , in Proceeding of 24th EU PVSEC Conference. Hamburg, Germany, 21-25, September, 2009.

- [11] Z. Liu, C-Y. Tsao, X. Hao, and M. A. Green, *Influence of hydrogen on properties of germanium-rich poly-SiGe films deposited by RF magnetron sputtering*, accepted by the 48th Annual Conference of the Australian Solar Energy Society (AuSES), Canberra, Australia, 1-3, December, 2010

C. 專利申請

Heteroepitaxial crystal growth of thin relaxed Ge layers on Si substrates by RF magnetron sputtering

筆者在 99 年 6 月成功開發出以射頻濺鍍(RF sputtering)技術在單晶矽晶圓上磊晶成長出單晶鍺的技術。由於射頻濺鍍設備本身造價低，而真空度要求相對不嚴格，採用鍺靶材，是一般半導體業界所熟知的一種成本相對較低的技術，然而由於鍺和矽之間存在著 4.2%的晶格常數不匹配，加上真空條件較差，一般不認為射頻濺鍍可以磊晶成長出單晶鍺。經過各種不同技術的審慎檢測，證實筆者所製備之鍺薄層確實是單晶而且品質良好。此一結果引起 UNSW 太陽光電研發團隊的重視，在指導教授 Martin Green 指示之下，已經由 UNSW 提出專利申請。

這個技術在提升現有矽晶太陽電池的轉換效率上深具潛力，可以利用在 Si 基板上成長單晶 Ge 緩衝層之技術，最佳化該緩衝層之材料及結構特性，作為整合砷化鎵太陽電池及矽太陽電池的基礎。上述異質磊晶傳統上採用分子束磊晶 (MBE) 或超高真空化學氣相沉積 (UHV/CVD) 等昂貴技術，在此採用射頻濺鍍技術，可大幅降低成本，理由為(a) 濺鍍系統本身的設備造價相對低廉 (a)真空度要求較不嚴格(b)濺鍍技術使用靶材為材料來源，矽、鎳和砷化鎵靶材的價格差異遠比其晶圓價格差異來得小。

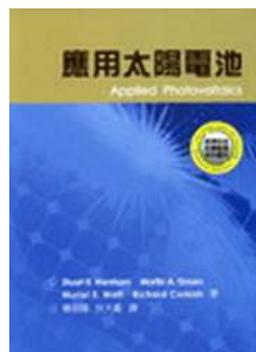
由於矽太陽電池的效率值 25%(世界紀錄為 UNSW 所創)已接近理論值，未來矽材料已難藉由製程技術突破效率、因此藉由單晶 Ge 緩衝層之技術，在矽太陽電池上串疊 GaAs 太陽電池，開發疊層太陽電池元件；同時也可開發低成本的射頻製程技術以取代傳統 GaAs 太陽電池製程所使用的 MOCVD/MBE 技術。

D. 譯著

- [1] 太陽電池工作原理、技術與系統應用，原著：Martin A. Green
譯者：曹昭陽、狄大衛、李秀文，2009/8/20，五南圖書公司
出版



- [2] 應用太陽電池，原著：Stuart R Wenham、Martin A. Green、Muriel E. Watt、Richard Corkish 譯者：曹昭陽、狄大衛，2009/10/23，五南圖書公司出版



伍. 心得

回顧在 UNSW 進修的一千三百多個日子裡，整個過程可以大致上區分為：(一) 第一年摸索期，從一個對太陽電池製程（事實上屬於半導體製程的一環）完全不懂的門外漢，一步一腳印地摸索，戰戰兢兢的努力學習，在師長、同學們的指導與協助下，好不容易入了門。

(二) 第二年成長期：正所謂「師父領進門，修行在個人」，經過第

一年的摸索，以及憑藉著第一年所修習的三門課程所奠立的理論基礎，佐以大量的文獻閱讀，這一年習得了設備的操作以及各種分析技術。(三) 第三年收割期：這時候的筆者已經可以和其他具備半導體材料、物理背景的同儕們在學術研究上一較高下了，憑藉著自身的努力與毅力，先前的付出終於陸續開花結果。最後獲得指導教授 Martin Green 的肯定與器重，而於返抵國門數日即接獲其邀請參與一個新世代太陽電池研發國際合作案，該計畫乃是前述筆者之專利技術的延伸與應用。

這段時間以來，筆者的心得是「有志者，事竟成」以及「勤能補拙」，套句電視節目的用語「凡走過必留下痕跡」，雖然努力並不保證一定會成功，但是不努力註定失敗。希望以上心得能做為有心人的參考。

陸. 建議

隨著化石能源之日益匱乏以及地球暖化議題之發酵，再生能源之推廣已成為全球趨勢。台電公司身為國營事業龍頭，並且是國內最重要的能源供應者，配合國家政策自然是責無旁貸。然而，眾所皆知，由於我國電價長期偏低，在「再生能源發展條例」通過之後，台電公司卻必須以高價收購綠色電力，其中太陽光電發電的 20 年溢價收購

更有可能嚴重侵蝕我公司的經營基石，此一發展趨勢實在令人憂心。

為了舒緩以上困境，筆者謹提出以下幾點淺見，供上級長官參考：

一、透過學者專家發聲，讓更多民眾了解違反市場機制的低電價政

策其實是財團（用電大戶）獲利，電力公司虧損等於是國庫虧

損—反而是間接由全民埋單。一旦輿論形成，政府便可順應民

情調高電費。

二、在再生能源的推廣方面，反守為攻。據了解，我兄弟公

司—韓國電力公司（KEPCO）已經和三星公司（Samsung

C&T Corporation）聯手斥資70億美元在加拿大投資綠

色電力，預計提供安大略省2,500 MW的風力與太陽光電

電力。或許我公司也可以發揮在電力系統上的長久經驗

與優勢，結合國內風力或太陽光電業者，進軍國際市場。

他山之石，值得參考。

三、在再生能源技術，特別是太陽光電，的研發方面，礙於

國營事業身分，過去我公司曾被外界質疑與民爭利。然

而，再生能源技術屬全球性市場的競爭，台電公司不涉

入技術研發，並無助於國內業者免除來自國際上的競爭

壓力。相反地，運用我公司優秀的人才開發再生能源技

術，在不設立生產線（避免與民爭利之疑慮）的狀況下，

不但(1)可以建立核心技術(2)並可技術轉移給國內廠家，對國內產業技術之提升作出貢獻(3)自技術轉移獲利以平衡收購再生能源電力之成本。報載我兄弟公司—中油公司於9月1日在能源局歐局長見證下，與財團法人金屬工業研究發展中心簽署綠色能源技術開發策略聯盟協議書，未來雙方將合作開發生質能源、氫能、太陽能等綠色能源技術，以有效提升節能減碳效益，並促進能源產業之發展。依筆者淺見，單就開發太陽光電技術而言，我公司之優勢應略勝中油公司一籌。

柒. 誌謝

筆者很榮幸獲台電公司選送參加經濟部「菁英留學計畫」，得以在全球太陽光電研發重鎮 UNSW 學習太陽光電技術，並先後獲得幾位此一領域專家的指導。感謝經濟部辦理「菁英留學計畫」，讓投入工作崗位多年的國營事業員工有出國進修的機會；感謝台電公司費昌仁副總經理（兼綜合研究所所長）、電源開發處徐真明處長（原任綜合研究所副所長）和人事組長胡國堅博士對此出國進修案的支持以及在出國進修各項申請作業上提供的諸多協助；感謝國立台北科大校長李祖添博士和經濟部能源局王運銘副局長在筆者申請入學時熱心地提

供推薦函；同時也感謝蕭一龍前副所長、劉志放副所長、蒯光陸副所長和電力研究室楊金石主任、能源室鍾年勉代主任、電力室王金墩先生、能源室周儷芬小姐以及人事組以及所內眾多無法一一列舉的長官與同仁們提供的鼓勵與協助。大家的愛護與協助，筆者銘記在心。

另外要特別感謝澳洲辦事處李前主任博仁（現任燃料處副處長）、林聲海副主任（現任燃料處外煤組組長）、朱秋華大姐及其家人，在筆者與內人攜帶兩名稚子於雪梨期間，所提供的熱心照顧與幫忙，使得筆者全家在雪梨的驚奇之旅平安順利。