

出國報告（出國類別：其他）

## 赴日本參加第 21 屆國際光伏科學與工程研討會出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：楊敏德

派赴國家：日本

出國期間：100 年 11 月 26 日~100 年 12 月 3 日

報告日期：100 年 12 月 27 日



## 摘要

本次公差主要目的係赴日本參加第 21 屆國際光伏科學與工程研討會(21st International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-21)，並於研討會發表壁報論文，會議期間自 100 年 11 月 28 日起至 100 年 12 月 2 日，為期 5 天。研討會舉辦前一天 11 月 27 日，先與東京大學 Okada 教授討論量子型太陽電池磊晶技術，此尖端太陽電池技術為核研所規劃未來發展重點之一。

每年 PVSEC 研討會在歐洲及亞洲各自舉行一次，此次 PVSEC-21 日本為主辦單位，日本在太陽電池研究十分突出，包含矽晶型、薄膜式、III-V 族化合物半導體、CIGS、有機高分子及染料敏化等多種太陽電池類型，不論在國際期刊 SCI 或產業界，皆有舉足輕重之地位。

東京大學 Okada 教授，在國際 SCI 期刊已發表數篇關於量子型太陽電池之研究，與 Okada 教授討論量子型太陽電池磊晶，如何將量子型太陽電池結構應用在多接面 III-V 族太陽電池中，推測可能遭遇的瓶頸與困難，並討論未來共同研究之可能性。

# 目次

摘要.....	I
一、目的.....	1
二、過程.....	2
三、心得.....	5
3-1 研討會海報論文發表心得.....	6
3-2 聽取研討會演講心得.....	9
3-3 討論量子型太陽電池心得.....	16
四、建議事項.....	17
五、附錄.....	18

## 一、目的

本次公差主要目的有兩項：(一)參加日本福岡舉辦第 21 屆國際光伏科學與工程研討會 (21st International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-21) 發表論文，論文題目為「Evaluation of crystalline quality of InGaAs solar cell with metamorphic structure by X-ray reciprocal space mapping」。(二)將與東京大學 Okada 教授討論量子型太陽電池磊晶技術，如何將量子型太陽電池結構應用在多界面 III-V 族太陽電池中，並討論可能遭遇的瓶頸與困難。

PVSEC-21 會議中第四項議題是探討 III-V 族太陽電池，包含先進技術之量子型 III-V 族太陽電池、含氮化物之 III-V 族太陽電池、聚光型太陽電池、高效率模組、低成本系統及太空用太陽電池等，與本所高聚光太陽光發電專案計畫之研究領域吻合。參與此國際研討會，針對最新尖端 III-V 族太陽電池磊晶技術進行資料蒐集，裨益本所未來開發相關技術。

## 二、過程

11月26日

台灣桃園機場出發，中午抵達日本福岡國際機場，下午到達下榻飯店。

11月27日

在會議舉辦飯店與東京大學教授會面，討論量子型太陽電池相關技術。

11月28日~12月2日

會議註冊、聽取會議論文之發表、張貼論文海報與其他相關研究單位交換心得。

PVSEC-21 Program at a Glance (Tentative)				
DAY 1 - Monday, November 28, 2011				
Conference Room	Room 1 (ARGOS-F)	Room 2 (ARGOS-E)	Room 3 (ARGOS-D)	Room4 (NAVIS)
Program No.	1A	1B	1C	-
8:30 - 10:00				
10:30 - 12:00	Opening Session 1 Keynote Lectures			
Lunch Break				
13:30 - 15:30	Opening Session 2 Keynote Lectures, PVSEC Award, PVSEC Special Award			
16:00 - 17:30	Area 1-1 Technologies for Higher Efficiency Silicon Solar Cells I	Area3-1 Absorber and Thin Film Process I	Area 5-1 Dye-sensitized Solar Cells and Related Materials I	
18:00 - 19:30	Area 1-2 Analysis and Characterization of Silicon Solar Cells	Area3-2 Absorber and Thin Film Process II	Area 5-2 Dye-sensitized Solar Cells and Related Materials II	
DAY 2 - Tuesday, November 29, 2011				
Conference Room	Room 1 (ARGOS-F)	Room 2 (ARGOS-E)	Room 3 (ARGOS-D)	Room4 (NAVIS)
Program No.	2A	2B	2C	2D
8:30 - 10:00	Area Plenary Area 1, Area 2, Area 7			
10:30 - 12:00	Area 1-3 Crystal Growth and Materials Characterization	Area 4-1 Advanced Concepts	Area 6-1 PV Modules and Systems I	
Lunch Break				
13:30 - 15:00	Symposium 1 PV in Asia	Area4-2 III-V New Materials and Cell	Area 6-2 PV Modules and Systems II	
15:30 - 17:00	Area 2-1 Large Area Modules and Processing			Poster Session 1 Area - 1, 3, 4, 5, 6
17:30 - 19:00	Area1-4 Manufacturing Issues and Processing	Area 3-3 Module and Related Technology	Area 5-3 Dye-sensitized Solar Cells and Related Materials III	

**DAY 3 - Wednesday, November 30, 2011**

Conference Room	Room 1 (ARGOS-F)	Room 2 (ARGOS-E)	Room 3 (ARGOS-D)	Room4 (NAVIS)
Program No.	3A	3B	3C	3D
8:30 – 10:00	<u>Area Plenary</u> Area 3, Area 4, Area 7			
10:30 – 12:00	<u>Area 1-5</u> Progress in Silicon Hetero Junction Solar Cells	<u>Area 3-4</u> Characterization	<u>Area 5-4</u> Dye-sensitized Solar Cells and Related Materials IV	
Lunch Break				
13:30 – 15:00	<u>Area 2-2</u> Fundamental Science and Innovative Concepts	<u>Symposium 2</u> <i>Natural Disaster and Photovoltaics</i>	<u>Area 5-5</u> Organic Thin Film Solar Cells and Related Materials I	
15:30 – 17:00		<u>Area 7</u> Enablers for PV Development and Benefits of PV Date & Time		<u>Poster Session 2</u> Area - 1, 2, 3, 4, 5, 6
18:00 – 19:00				

**DAY 4 - Thursday, December 1, 2011**

Conference Room	Room 1 (ARGOS-F)	Room 2 (ARGOS-E)	Room 3 (ARGOS-D)	Room4 (NAVIS)
Program No.	4A	4B	4C	4D
8:30 – 10:00	<u>Area Plenary</u> Area 5, Area 6, Area 7			
10:30 – 12:00	<u>Area 2-3</u> Solar Cells and Related Science & Technologies	<u>Area 4-3</u> CPV System and Cell	<u>Area 5-6</u> Organic Thin Film Solar Cells and Related Materials II	
Lunch Break				
13:30 – 15:00	<u>Area 2-4</u> Materials Preparation and Characterization	<u>Area 4-4</u> Space Cell	<u>Symposium 3</u> <i>Long-life PV Modules</i>	
15:30 – 17:00			<u>Area 6-3</u> PV Modules and Systems III	<u>Poster Session 3</u> Area - 1, 2, 3, 4, 5
17:30 – 19:00	<u>Area 2 Special Session: Innovative Light Trapping Technologies</u>	<u>Area 3 Special Session Potential of CIGS and New Materials for GW production(tentative)</u>	<u>Area 5 Special Session Innovation of Organic Thin Film Solar Cells in Japan</u>	

**DAY 5** - Friday, December 2, 2011

Conference Room	Room 1 (ARGOS-F)	Room 2 (ARGOS-E)	Room 3 (ARGOS-D)	Room4 (NAVIS)
Program No.	5A	5B	5C	-
8:30 - 10:00	<u>Area 1-6</u> Modeling and Simulation of Silicon Solar Cells	<u>Area 3-5</u> Buffer and Window Layers	<u>Area 5-7</u> Nanostructured PV and Related Materials I	
10:30 - 12:00	<u>Area 1-7</u> Technologies for Higher Efficiency Silicon Solar Cells II	<u>Area 3-6</u> CZTS, CdTe, and Related Materials	<u>Area 5-8</u> Nanostructured PV and Related Materials II	
	Closing Ceremony			
13:30 - 15:00				

12月3日

上午由日本福岡國際機場出發，下午到達桃園國際機場。

### 三、心得

PVSEC-21 研討會舉辦地點位於福岡海邊，從博多車站搭地鐵約 15 分鐘到達唐人町站，再步行 15 分鐘到達研討會舉辦地點 Hilton Fukuoka Sea Hawk 飯店，圖一為福岡巨蛋與 Hilton Fukuoka Sea Hawk 飯店。該研討會探討多種太陽電池領域，如：矽晶型(單晶矽與多晶矽)、薄膜式(非晶矽、CdTe、CIGS 及 CZTS 等)、III-V 族化合物半導體(量子型 III-V 族太陽電池、含氮化物之 III-V 族太陽電池、聚光型太陽電池、高效率模組、低成本系統與太空用太陽電池等)、有機高分子(CuPc、P3HT、ZnPc、Perylene、TiO<sub>2</sub> 及 C60 等)及染料敏化等多種太陽電池類型。

另有專門議題探討太陽電池模組及系統，包括 BOS 組件、驗證、測試及可靠度等，與中下游太陽電池產業相關之課題。從報名序號估計，此次會議共有 1200 位國際專家學者報名參加，圖二為會議報到處，插圖為會議中禁止拍攝或錄影之圖示。



圖一、右邊為日本福岡巨蛋；左邊為 PVSEC-21 研討會議地點 Hilton Fukuoka Sea Hawk 飯店。



圖二、PVSEC-21 研討會報到處，右上插圖為會議中不得攝影或錄影圖示。

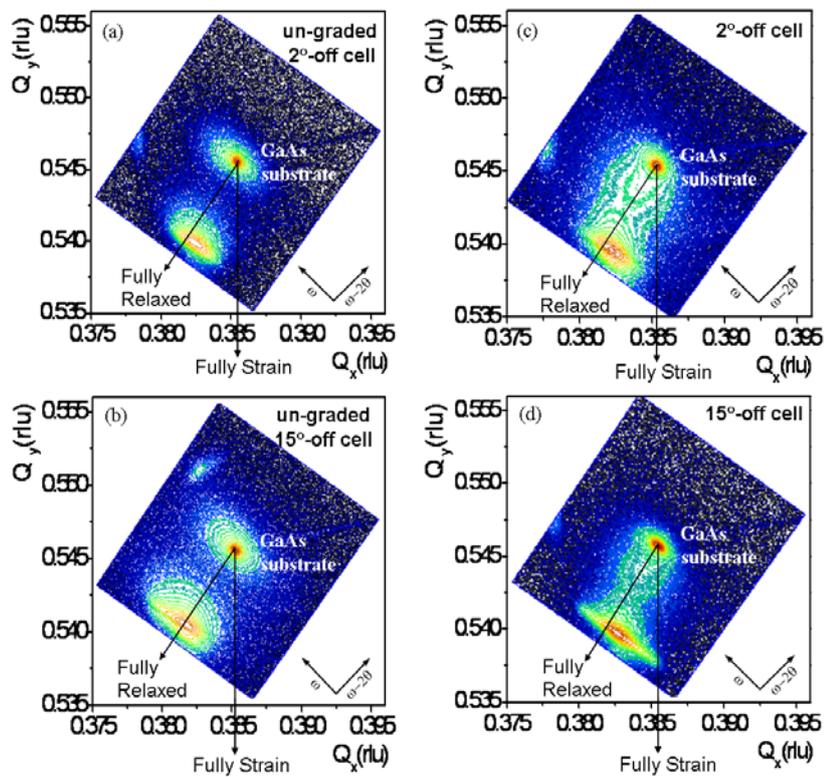
### 3-1 研討會海報論文發表心得

此次論文發表內容，是核研所與成功大學合作研發之成果，在研討會議程編號為 4D-4P-19。分別在不同傾斜角度的砷化鎵(GaAs)基板上進行磊晶，成長單界面砷化鎵太陽電池結構。並利用 X 光繞射系統量測倒置空間映射(X-ray reciprocal space mapping, RSM)情形。最後比較照光下太陽電池轉換效率，發現 2 度傾斜角度之 GaAs 基板成長出來的太陽電池元件特性，優於成長在 15 度傾角基板的太陽電池元件。

單界面太陽電池結構是 P 型與 N 型  $\text{In}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{As}$  的化合物半導體所組成，由於 GaAs 基板與  $\text{In}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{As}$  磊晶層有很大的晶格常數差異(lattice mismatch)，需使用漸變式磊晶層的成長方式，逐漸將晶格常數由  $\text{GaAs} = 5.6533\text{\AA}$  調整到  $\text{In}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{As} = 5.7222\text{\AA}$ ，其目的是將太陽電池可吸收波長往長波長移動(或紅位移)。GaAs 可吸收波長由可見光到 873 nm，調整組成後的  $\text{In}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{As}$  可吸收波長紅位移到 1052 nm，照光下電壓-電流量測將可獲得較大的電流。此結構最終目的

是應用在多界面太陽電池中，由於 InGaP/GaAs/Ge 晶格匹配的太陽電池結構，最高轉換效率受限於中間層(GaAs)太陽電池之電流，一般稱為電流侷限(current limit)，若能將 GaAs 能隙往低能量移動，將吸收更多近紅外光的光子產生更多電流，突破原本的電流侷限，大幅提升電池的轉換效率。

圖三為 X 光繞射系統量測倒置空間映射圖譜，X 光針對(224)晶格面進行量測，圖三(a)及(b)表示沒成長漸變式磊晶層結構，直接成長晶格不匹配 In<sub>0.17</sub>Ga<sub>0.83</sub>As 單界面太陽電池，在 2 度及 5 度傾斜角之 GaAs 基板上；圖三(c)及(d)表示增加漸變式磊晶層結構，成長晶格不匹配 In<sub>0.17</sub>Ga<sub>0.83</sub>As 單界面太陽電池。



圖三、X 光繞射系統量測倒置空間映射圖譜

由 RSM 圖中可觀察到半高寬與晶格排列關係，在  $\omega$ - $2\theta$  座標軸上可算出成長在 2 度及 5 度傾斜角之 GaAs 基板上，沒有漸變式磊晶層之太陽電池的半高寬分別為 403 及 478；有漸變式磊晶層之太陽電池的半高寬分別為 337 及 439。顯示有漸變式磊晶層結構較為優化，且成長在 2 度傾斜角 GaAs 基板之磊晶結構優於成長在 5 度傾斜角 GaAs 基板。

Solar cell structure	$V_{oc}$ (V)	$J_{sc}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	FF (%)	$\eta$ (%)
un-graded 2°-off cell	0.41	12.29	57.37	2.89
un-graded 15°-off cell	0.37	11.67	61.33	2.64
2°-off cell with p-n structure	0.72	24.82	75.20	13.43
15°-off cell with p-n structure	0.71	23.81	73.80	12.47

表一、照光下電壓-電流量測數據整理表

表一為所有樣品經照光下電壓-電流量測數據之整理，發現在 2 度傾斜角 GaAs 基板成長漸變式太陽電池結構，光電轉換效率最高為 13.43%。沒有漸變式磊晶層結構的樣品，開路電壓與短路電流皆被較差的磊晶品質影響，開路電壓僅 0.3~0.4V，短路電流亦剩下 12 mA/cm<sup>2</sup>，推測原因是照光後產生之電子或載子，通過各磊晶層時，被缺陷所捕捉，使整體電流密度大幅下降。公式一表示開路電壓與電流關係式：

$$V_{oc} = nkT/q \cdot \ln[(I_L/I_0)+1] \quad \text{Eq. (1)}$$

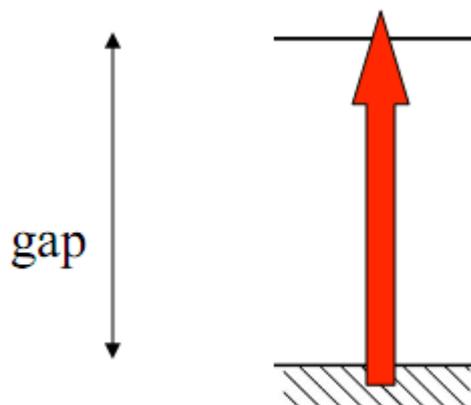
公式中  $V_{oc}$  為開路電壓， $n$  為理想因子， $I_L$  為光電流， $I_0$  為暗電流， $T$  為環境溫度， $k$  為波茲曼常數。由公式得知電流與開路電壓呈現正相關，當電流減少情形下，開路電壓隨之下降。所以當漸變式磊晶層加入後，大幅提升太陽電池磊晶品質，同時在 X 光實驗和元件的電性量測，都有很好的表現。

### 3-2 聽取研討會演講心得

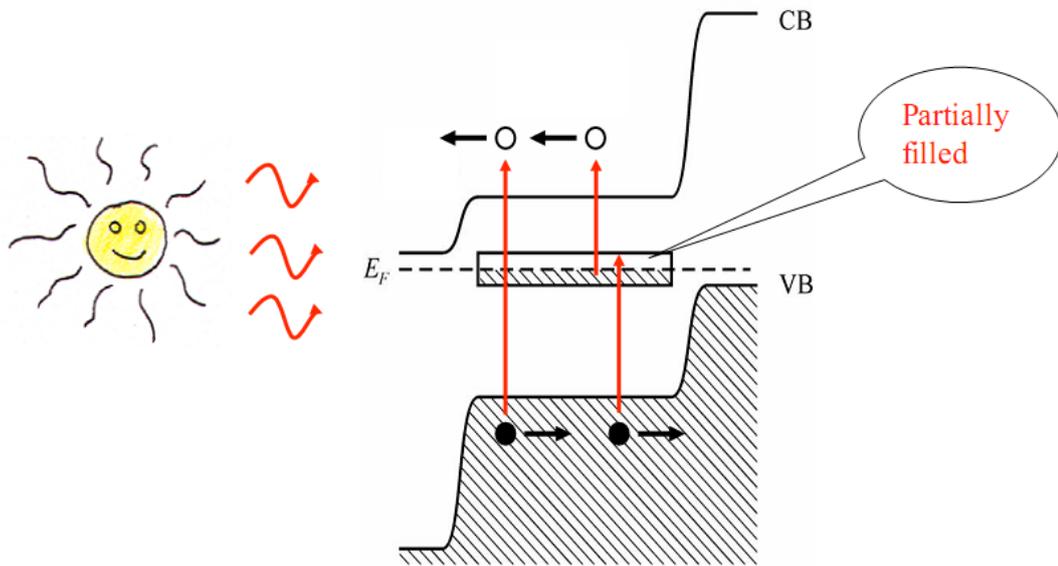
本報告針對研討會議程中，具有代表性並對本所未來研究發展方向相關的部分進行闡述與說明。擔綱研討會 III-V 族太陽電池議題主席是由東京大學 Okada 教授與 Sugiyama 教授共同負責，由於會議中無法錄影或拍照，下列圖片為回國後根據筆記、文獻與原作者提供之整理資料。

(1) 西班牙 Politecnica de Madrid 大學的 Luque Antonio 教授，演說的主題為 Advances in intermediate band solar cells。

中間能帶太陽電池(intermediate band solar cell)的觀念最早是由 Luque Antonio 教授與 A. Marti 教授共同發表在 Phys. Rev. Lett. 78(26) 5014 (1997)國際期刊。圖四說明一般太陽電池是利用導電帶與價電帶之間的能量差(能隙，band gap)進行太陽光之吸收，分別在半導體中摻雜成 P 型或 N 型的半導體，即組合成基本太陽電池結構。目前太陽電池對太陽光光譜之吸收，皆無法全部涵蓋，如圖五所示 Luque Antonio 教授利用理論計算，假設在半導體能隙中間，增加一層中間能帶的吸收層，便能大幅增加太陽光之吸收，獲得更高的轉換效率。



圖四、半導體太陽電池能隙示意圖



圖五、中間層能帶太陽電池能帶示意圖

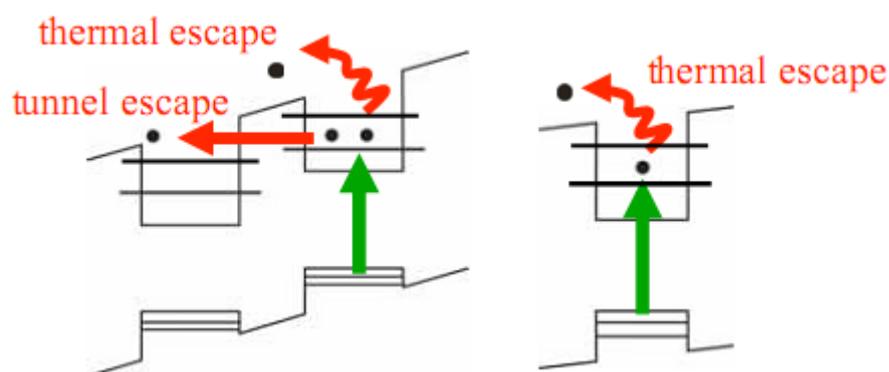
除了原本半導體可吸收光譜部分，增加中間能帶後，還可吸收更低能量之太陽光譜，利用同一種半導體即可產生多種太陽光波段吸收效果。本所未來規劃加強吸收遠紅外光部分的太陽電池，在三接面太陽電池結構加入一層中間層能帶的子電池，將協助吸收遠紅外光，提高開路電壓，並保持短路電流值不變，達到提升轉換效率之目的。

- (2) 倫敦 Imperial 大學物理系的 Megumi Yoshida 博士生(日本籍)，演說的主題為 Photon ratchet intermediate band solar cells。

Megumi Yoshida 提到一般中間層能帶的太陽電池，載子生命期都很短，大約在皮秒( ps =  $10^{-12}$  sec)等級，若能在中間層能帶的成長過程中進行摻雜，使費米能階提升到中間能帶的中間，如圖五所示，將能大幅提升載子停留時間約奈秒( ns =  $10^{-9}$  sec)。

形成中間能帶的做法可利用量子化太陽電池的製作方式，在太陽電池中增加量子井或量子點結構，如圖六所示。照光後由量子井或量子點中產生電子和

電洞，一般量子的結構是侷限載子，使載子不易逃脫。由於多層量子井或量子點數量夠多時，其電子波函數可互相重疊，載子可透過穿隧效應的方式進行傳輸即產生電流。另外，量子化結構中有量子能階的存在，可吸收第一激發態與基態能量差異的小能量(遠紅外波段)，這些載子也可吸收少許熱能進行逃脫，產生電流。



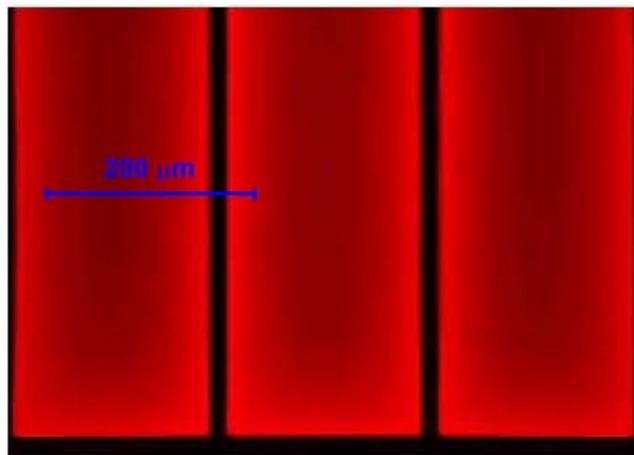
圖六、量子化太陽電池能階示意圖

- (3) 倫敦 Imperial College 物理系的 Kan Hua Lee 博士生(台灣籍)，發表的主題為 Measuring sheet resistance values of single junction solar cells by electroluminescence imaging。

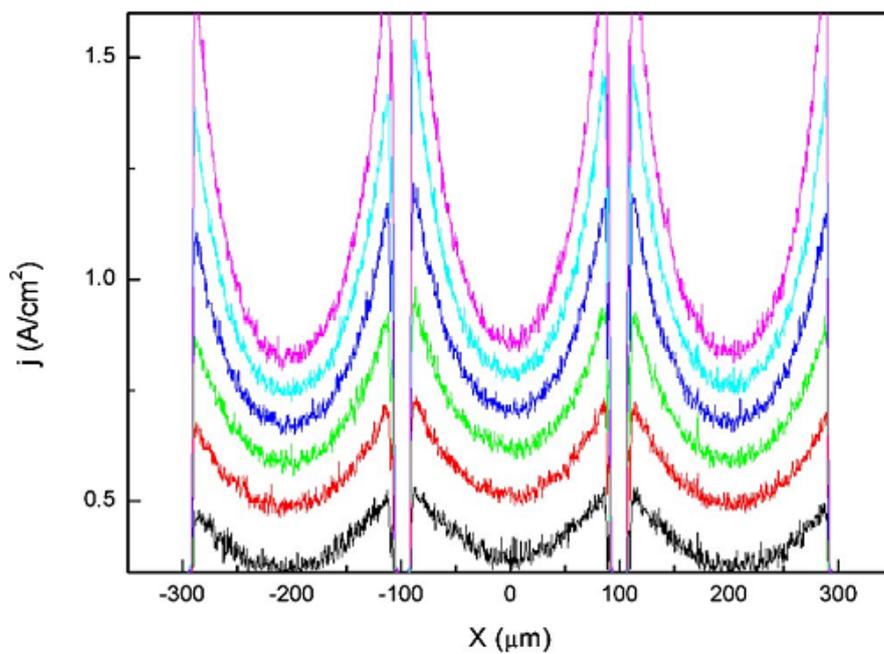
所有講員中對 Kan Hua Lee 印象特別深刻，因為在演說一開始他說明來自台灣，能在異地舉行的研討會遇到台灣籍研究人員，且在國外從事研究發展，這樣的情境對我來說十分令人興奮。Kan Hua Lee 中文名為李衍樺，在大學畢業與服完兵役後，便到英國 Imperial College 就讀碩士，畢業後在英國的 Quantsolar 公司工作，該公司與 JDSU 併購後，李衍樺再回到 Imperial College 就讀博士，這些經歷是研討會後由李衍樺口述之結果。

研討會中李員說明利用電激螢光實驗可以求出太陽電池串聯電阻，該串聯電阻非照光下量測的串聯電阻，而是從接觸層(contact layer)、窗戶層(window layer)與發射層(Emitter)相加之電阻。

業界在太陽電池產品出貨前都會經過產品檢測，檢測其中一站就是電激螢光，看產品表面螢光均勻性、是否有暗點、表面缺陷與電極線，如圖七所示。圖七為太陽電池電激螢光時，經 CCD 拍攝的影像結果。圖八為電激螢光光強度隨空間分布情形，利用光強度斜率，根據理論計算可以得到串聯電阻之數據。

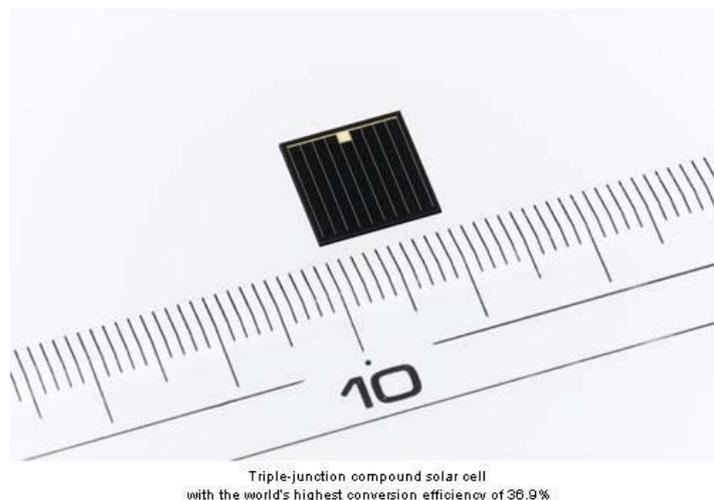


圖七、太陽電池電激螢光分佈圖



圖八、電激螢光光強度隨空間分布情形

- (4) 日本 Sharp 公司的 Atsushi Yoshida 博士，演說的主題為 Development of InGaP/GaAs/InGaAs inverted triple junction solar cells for concentrator application。
- Atsushi Yoshida 博士說明 Sharp 公司在 2011 年 11 月 4 號，成功研發 III-V 族太陽電池在一個太陽光照射下，轉換效率可以達到 36.9%的紀錄。圖九為該太陽電池元件尺寸，元件長與寬皆為 1 公分 (1 cm<sup>2</sup>)。



圖九、Sharp 公司的太陽電池元件

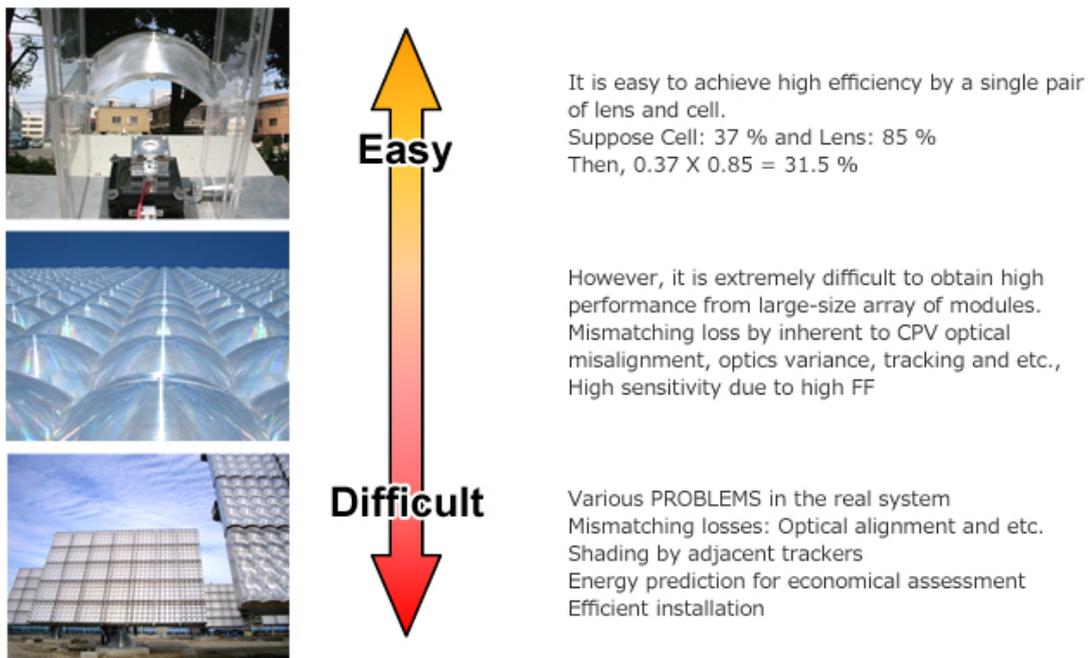
自 2000 年開始 Sharp 致力發展三接面太陽電池之研究，在 2009 年，Sharp 成功地開發出轉換效率 35.8%的太陽電池結構。Sharp 和日本新能源與產業技術綜合開發機構(Energy and Industrial Technology Development Organisation, NEDO)合作，在今年才開發出 36.9% 轉換效率的太陽電池結構，並經過日本先進工業科學和技術院(Advanced Industrial Science and Technology, AIST)驗證。

- (5) 日本 Daido Steel 公司的 Kenji Araki 博士，演說的主題為 Basic design of 35 % efficient and 1000X CPV module with sufficient optical alignment tolerance。
- Daido Steel 公司是日本製作高聚光太陽電池模組與系統建置的公司，如圖十所示，在已開發的 1000 倍聚光模組下，模組轉換效率可達 35%，且 Araki 博士強調太陽電池轉換效率只要高於 40%，應用此聚光型模組皆可達到 35%以上之轉換效率。Araki 博士在研討會中提到，透鏡的設計是一整體非單片式，且重量非常輕，一個人就可以輕鬆抬起運作。

一般平板式費涅爾透鏡，在系統建置後需固定時間清洗維持系統整體發電效率，但 Araki 博士強調 Daido Steel 設計的半球型費涅爾透鏡不需要定期清洗，且發電效率能維持不變，能大幅減少後續維護成本。圖十一為平板式與半球型費涅爾透鏡比照圖。



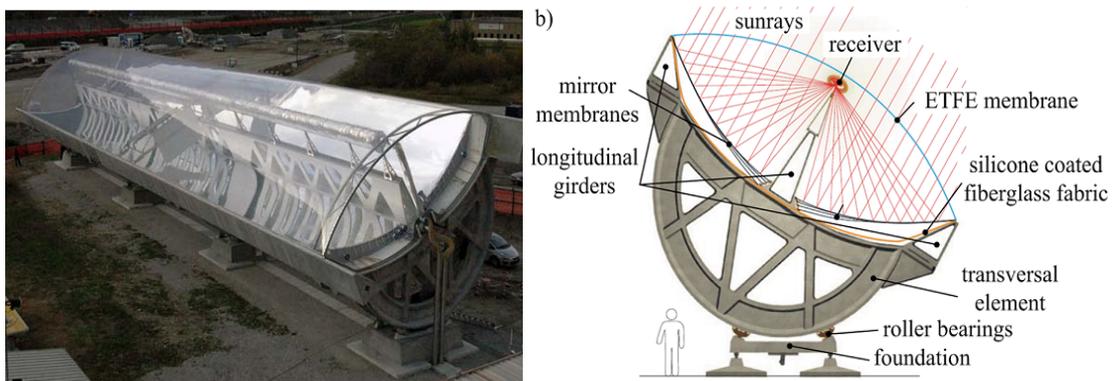
圖十、Daido Steel 公司製作的高聚光太陽電池模組與系統



圖十一、平板式與半球型費涅爾透鏡比照圖

(6) 瑞士 ETH Zurich 公司機械及製程工程部的 Thomas Cooper，演說的主題為 A 500 KW 500X quasi 2-axis tracking CPV system based on an inflated parabolic trough with tracking secondary optics。

Thomas Cooper 研發工程師說明，利用雙軸追日系統，將有效減少發電系統成本支出約 18%，且該系統維護簡易，可大幅減縮維修費用。下圖十二為該公司開發出的雙軸追日系統，將太陽能電池元件貼合在接收器上，並利用凹拋物面鏡進行聚光，聚光倍率約 100 倍到 200 倍之間，接收器後方還可配置水路進行冷卻，提高系統轉換效率。



圖十二、瑞士 ETH Zurich 公司開發出的雙軸追日系統

### 3-3 討論量子型太陽電池心得

量子型太陽電池的模型如同上述 3-1 與 3-2 之內容，在此不詳加贅述。東京大學 Okada 教授提到量子型太陽電池研發過程可能遭遇困難，以 A. Marti 團隊發表於 2007 年 Applied Physics Letters 期刊為例，利用多層量子點堆疊出太陽電池結構，因應力累積造成多層量子點結構崩潰，且對發射層影響最為深遠。圖十三為穿遂式電子顯微鏡(TEM)拍攝結果，顯示應力釋放造成太陽電池中發射層垮掉。

圖十四為照光下電壓-電流量測數據，發現 10 層量子點結構電性表現比 20 層與 50 層佳，一般來說，越多層量子點吸收光的能力越強，應該獲得更高的電流，由多層量子點太陽電池剖面的 TEM 觀察，原因是越多層量子點累積的應力越大，造成越多層結構電流越小之現象。所以在堆疊多層量子型結構(量子井或量子點)都應避免應力釋放，造成磊晶層崩潰影響電性的結果，最好是設計一層應力緩衝層，避免應力直接對磊晶層影響。

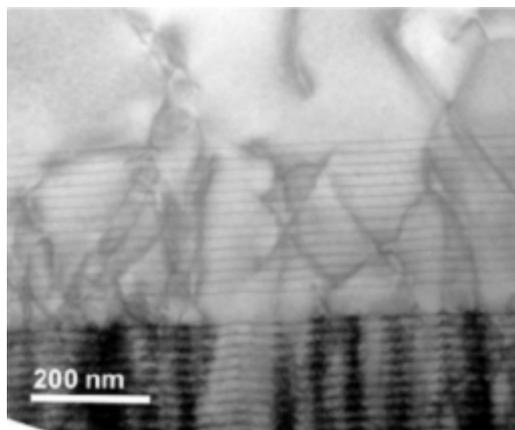


圖 123、多層量子點太陽電池剖面的穿遂式電子顯微鏡(TEM)圖

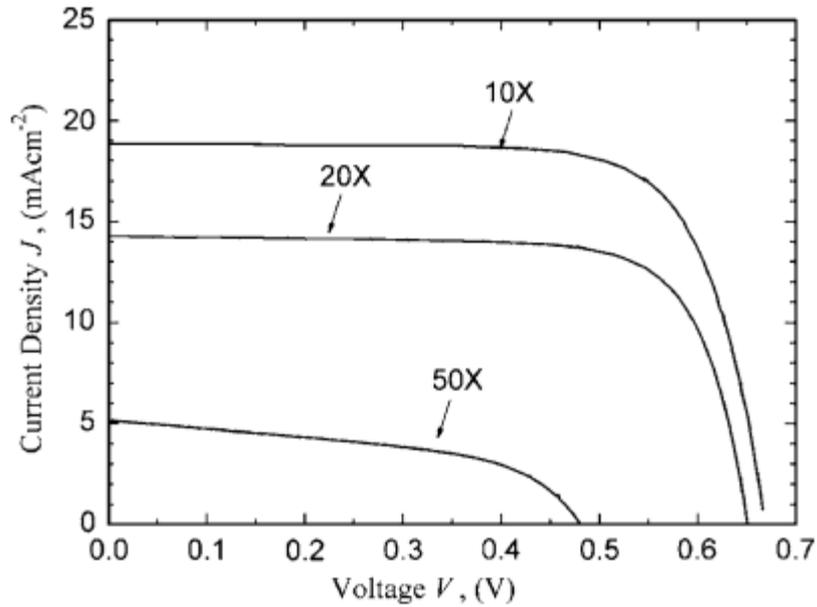


圖 123、多層量子點太陽電池電壓-電流曲線

#### 四、建議事項

此次研討會見識到日本政府機構、產業界與學術單位通力合作研發成果，學術界開發尖端科技之先進技術，產業界投入計畫支持學術界研發，政府機構扶植產業製造產品販售，成立官方機構修訂制度與規範，使國內業界有所依據。另外，量子型太陽電池結構為未來核研所發展重點之一，可考慮與東京大學合作開發多界面太陽電池結構。

核能研究所 101 年將進行組織改造，併入經濟及能源部，並改名為能源研究所，期許未來「能源研究所」能替國家規畫能源政策方針，且成為國家級能源研究機構，建立太陽電池驗證規範與檢測公正單位。

## 五、附錄

下列名片為研討會中，有進行會談並交換名片之研究人員與單位。



東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

先端科学技術研究センター  
大学院工学系研究科  
教授  
工学博士 **岡田 至崇**  
OKADA Yoshitaka

---

東京都目黒区駒場4-6-1 〒153-8904  
Tel: 03-5452-6501  
Fax: 03-5452-6508  
Email: okada@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp  
URL: http://mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp



國立成功大學  
航空太空工程學系  
奈微米技術實驗室

博士後研究  
**蕭 鉉 樺** 博士

地址：701台南市大學路一號 自強校區  
電話：(06)2757575轉63653  
行動電話：0937207188  
傳真：(06)2389940  
E-mail: z9803057@email.ncku.edu.tw



豊田工業大学  
大学院工学研究科  
半導体研究室

ファン ジョンハ  
**黄 鐘夏**

〒468-8511 名古屋市天白区久方2-12-1  
TEL: (052) 809-1830 (ダイヤルイン)  
FAX: (052) 809-1879  
E-mail: hwangjh99@toyota-ti.ac.jp  
URL: http://www.toyota-ac.jp



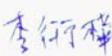
豊田工業大学  
ポストドクトラル研究員  
半導体研究室

博士(工学) **ブザジ ブサイリ**

〒468-8511 名古屋市天白区久方2-12-1  
TEL: (052) 809-1830 (ダイヤルイン)  
FAX: (052) 809-1830  
E-mail: boussairi.bouzaizi@toyota-ti.ac.jp  
URL: http://www.toyota-ti.ac.jp



Imperial College  
London

**Kan-Hua Lee** PhD Student 

Department of Physics, Imperial College London  
South Kensington Campus, London SW7 2AZ, UK  
Telephone: +44 (0) 20 7594 6682  
Fax: +44 (0) 20 7594 2077  
www.imperial.ac.uk/quantumphotovoltaics  
Email: kan-hua.lee07@imperial.ac.uk  
