

出國報告（出國類別：其他）

赴德國參加歐洲光電太陽能研討會及
參訪plasmamatreat公司進行大氣電漿鍍膜
技術討論

服務機關：核能研究所

姓名職稱：蔡丁貴
詹德均

派赴國家：德國

出國期間：98年9月19日~98年10月1日

報告日期：98年10月30日

摘 要

本報告敘述赴德國參加由 WIP-Renewable Energies 主辦，第 24 屆歐洲光電太陽能研討會暨展覽(EU PVSEC)，其於今年 9 月 21~25 日於德國漢堡 CCH-Congress Centre and International Fair 舉行，此為全球太陽光電領域歷史悠久的國際會議與展覽之一，其所發表之論文以最新技術發展為主，希望藉由參與此技術研討會，以便瞭解國際對太陽能電池製程及相關設備技術研究之最新發展趨勢，以利規畫本所大面積高速率薄膜太陽能電池產型設施技術及成品之開發推廣；同時蒐集高聚光太陽能型發電系統相關資訊給所內相關單位參考。並參訪位於德國 Steinhagen 之 plasmatrete 總公司，進行大氣壓電漿源清潔活化與鍍膜技術討論，該公司可針對塑膠、玻璃或金屬表面作清潔、活化處理，效果相當好，而其鍍膜系統已可適用於金屬之防蝕與模具之脫模等應用。

目 次

一、目 的	1
二、過 程	1
三、心 得	5
四、建 議 事 項	18

附 圖 目 錄

圖 1：第 24 屆EU PVSEC研討會會場.....	3
圖 2：第 24 屆EU PVSEC展覽會場.....	3
圖 3：第 24 屆EU PVSEC研討會及展覽會場簡圖.....	3
圖 4：第 24 屆EU PVSEC研討會開幕會場一.....	3
圖 5：第 24 屆EU PVSEC研討會開幕會場二.....	3
圖 6：第 24 屆EU PVSEC研討會國別分佈圖.....	4
圖 7：會議時程.....	4
圖 8：海報位置簡圖.....	4
圖 9：論文依主題分布之比例圖.....	4
圖 10：論文依國別分布之比例圖.....	4
圖 11：第 24 屆EU PVSEC參展廠商國別分佈圖.....	4
圖 12：Q-Cells 太陽能車.....	5
圖 13：Konarka Technologies Inc. 有機電池.....	6
圖 14：ULVAC tandem 製程示意圖.....	7
圖 15：ULVAC tandem 135W太陽電池.....	7
圖 16：Schott solar之太陽電池.....	7
圖 17：Sunfilm之太陽電池.....	7
圖 18：tandem結構插入一反射層示意圖.....	7
圖 19：Fuji 可撓式矽薄膜電池一.....	8
圖 20：Fuji可撓式矽薄膜電池二.....	8
圖 21：NUON可撓式矽薄膜電池製程示意圖.....	8
圖 22：NUON可撓式矽薄膜電池製程.....	8
圖 23：Flexcell可撓式矽薄膜電池一.....	8
圖 24：Flexcell可撓式矽薄膜電池二.....	8
圖 25：Q-cells之效率預測圖.....	9
圖 26：Q-cells之CIGS電池.....	9
圖 27：EMPA之效率比較圖.....	10
圖 28：AGU之Ti基板CIGS結構圖.....	10

圖 29：AGU之Ti基板CIGS I-V圖.....	10
圖 30：AGU之PI基板CIGS結構圖與製程.....	10
圖 31：6 吋矽晶太陽電池正反面.....	11
圖 32：標準電池電性串接圖.....	11
圖 33：具web MWT之 6 吋矽晶太陽電池正反面.....	11
圖 34：具web MWT之剖面圖.....	11
圖 35：具web MWT電池電性串接示意圖.....	11
圖 36：德國Degerenergie之tracker系統.....	12
圖 37：德國Degerenergie之tracker系統傳動機構.....	12
圖 38：Fraunhofer ISE聚光型模組.....	12
圖 39：Fraunhofer ISE三接面三五族電池.....	12
圖 40：Fraunhofer ISE Flatcon模組.....	12
圖 41：大氣電漿運轉示意圖.....	14
圖 42：(a)旋轉式及(b)固定式電漿槍體與電漿噴嘴.....	14
圖 43：大氣電漿鍍膜系統之整體架構示意圖.....	14
圖 44：瓶蓋印刷前處理.....	15
圖 45：手機外殼塗裝前處理.....	15
圖 46：金屬薄片表面前處理.....	15
圖 47：汽車保險桿塗裝前處理.....	15
圖 48：電路板封裝前抗靜電清潔.....	15
圖 49：塑膠膜活化及鍍膜製程.....	15
圖 50：鍍膜製程設備外觀.....	16
圖 51：引擎外殼清潔活化.....	16
圖 52：引擎外殼封裝前處理.....	16
圖 53：未處理之Al 2024 經鹽霧測試 96 小時.....	16
圖 54：經鍍膜處理之Al 2024 鹽霧測試 96 小時.....	16
圖 55：多組活化槍處理 1.8 公尺塑膠膜機台.....	16
圖 56：噴嘴及先驅物加熱器.....	17
圖 57：先驅物加熱控制器.....	17
圖 58：在Si wafer上放大 5 萬倍作微粒觀察.....	17
圖 59：微粒之EDS分析.....	17

圖 60：實驗型機台.....	17
圖 61：Dr. A. Knospe介紹設備機台.....	17
圖 62：與Dr. A. Knospe及K. Fehling道別.....	18

一、目的

本次公差之主要目的為參加由德國 WIP-Renewable Energies 主辦，第 24 屆歐洲光電太陽能研討會暨展覽(European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition，簡稱 EU PVSEC)於今年 9 月 21~25 日於德國漢堡 CCH-Congress Centre and International Fair 舉行，此為全球太陽光電領域歷史悠久的國際會議與展覽之一，其所發表之論文以最新技術發展為主，希望藉由參與此技術研討會，以便瞭解國際對太陽能電池製程及相關設備技術研究之最新發展趨勢，以利規畫本所大面積高速率薄膜太陽能電池產型設施技術及成品之開發推廣；同時蒐集高聚光太陽能型發電系統相關資訊給所內相關單位參考。並參訪位於德國 Steinhagen 之 plasmatreat 總公司，進行大氣電漿源清潔活化與鍍膜技術討論，藉由此交流機會，期望減少研發摸索時間及加速所內大氣電漿研究及其應用製程之開發。

二、過程

(一) 行程

本次公差之行程如下：

9 月 19 日 23:15 自桃園國際機場出發，當地時間 9 月 20 日 07:20 時抵達法蘭克福。

9 月 20 日 08:25 由法蘭克福轉機於 09:25 抵達漢堡。

9 月 21~25 日 參加第 24 屆歐洲光電太陽能研討會。

9 月 26 日 整理研析資料。

9 月 27 日 自漢堡搭火車前往 bielefeld。

9 月 28 日 由 bielefeld 搭車至 steinhagen 之 plasmatreat 公司進行大氣電漿源與鍍膜技術討論。

9 月 29 日 與 plasmatreat 公司人員進行大氣電漿技術討論後搭火車前往科隆。

9 月 30 日~10 月 1 日 自科隆搭機前往荷蘭阿姆斯特丹後轉機返回台灣。

(二) 參加第 24 屆歐洲光電太陽能研討會

歐洲光電太陽能研討會暨展覽 (EU PVSEC) 於 1977 年開始，每年在歐洲各國輪流主辦，為全球太陽光電領域最重要之會議之一。第 22 屆 2007 年在義大利米蘭舉行，有來自 83 個國家的 3,000 多名科學家、工業代表、政策決策者參與論文發表，及來自 32 個國家共有 520 家廠商參展，展場使用面積 30,000 平方公尺，參觀人數超過 12,000 人。

第 23 屆 2008 年在西班牙瓦倫西亞舉行，有來自全球 87 個國家 4,212 名代表參與，論文發表共 1,322 篇，及來自 37 個國家共計 715 家廠商參展，展場使用面積達 50,000 平方公尺，以及超過 30,000 人數的參觀。

今年第 24 屆 2009 年 9 月 21 日起一連 5 天在德國漢堡舉行，會議及展覽會場如圖 1、

2 所示，兩者相距約 5 分鐘腳程簡圖如圖 3 所示，展覽會場有 7 個館 B1~7，較小的 B1~4 皆有兩個樓層，本次會議有來自 73 個國家 4,000 多名代表參與，1,583 篇論文發表，及來自 34 個國家共計 943 家廠商參展，展場使用面積擴大為 65,000 平方公尺，參觀人數超過 40,000 人；明年則將回到西班牙瓦倫西亞召開。

會議活動是這個產業最重要的交流平台，有最新的研發技術及第一手的產業動態，開幕會場如圖 4、5 所示，會場演講廳總共有 4 個可同時進行，今年總共吸引了 4,000 多名與會代表參加，其中以主辦國德國人士最多佔 39%，接著是美國（11%）、法國（5%）、日本（4%）、挪威（4%）、義大利（3%）及西班牙（3%）。中國大陸及韓國都佔了 2%，台灣則由去年的 2%降為今年的 1%，國別分佈圖如圖 6 所示。

本次研討會有論文發表與海報展示，每天會議從上午八點三十分開始安排到下午六點，每天分五個時段進行論文發表，每一時段有不同的主題分別在三個不同會議室同時進行。本次會議之主題分成六大類：（1）尖端太陽電池基礎研究(基礎、新型、有機太陽電池、太空用與集光型等)，（2）矽基太陽電池和材料技術(矽原料、結晶化和薄化，單、多晶矽太陽電池，和自動化製程等)，（3）薄膜太陽電池(結晶矽、非晶矽和微晶矽，CIGS 銅銦鎵二硒和 CdTe 碲化鎘等)，（4）太陽光電系統之相關零組件(模組與電力相關零組件等)，（5）太陽光電系統(系統在電廠與建築環境上的應用等)，（6）太陽光電系統之發展(光電系統市場及市場發展利基等)。會議時程如圖 7 所示。海報分別在 Hall D、E、F、G 及走廊 5 區展示，位置簡圖如圖 8 所示。本屆論文發表共 1,583 篇，依主題順序所佔比例各為 22%、28%、20%、14%、11%及 5%，前 3 個主題就佔了 70%，其比例如圖 9 所示。若依國別來分以德國最多佔 29%，其次是美國 7%，西班牙 5%，義大利 5%，法國 5%，日本 4%，台灣 3%，韓國 2%及中國大陸 2%等，其比例如圖 10 所示。

另外，9 月 23 日除了原有的研討會之外，還有第六屆歐洲太陽光電產業論壇(European PV Industry Forum)，邀請政府官員與企業之執行長，以朝向成熟的 PV 產業為主軸，依政策、市場與技術討論太陽能產業目前之狀況與未來，希望到 2020 年太陽能提供的電力能達到歐盟需求 12%的目標。

參展廠商中仍以德國最多佔 48%，中國大陸居次佔 10%（去年 10%，排名第三），接著是美國（8%）、英國（4%）、義大利（3%）及西班牙（3%）（去年主辦國佔 12%，排名第二），日本、韓國及台灣（由去年 30 家降為 18 家，10 家集中在 B4U）都佔了 2%，國別分佈圖如圖 11 所示。在研討會及展覽會場間有一輛 Q-Cells 的 2 人座太陽能車穿梭做廣告，如圖 12 所示。



圖 1 第 24 屆 EU PVSEC 研討會會場



圖 2 第 24 屆 EU PVSEC 展覽會場
(照片資料來源 WIP)



圖 3 第 24 屆 EU PVSEC 研討會及展覽會場簡圖



圖 4 第 24 屆 EU PVSEC 研討會開幕會場一
(照片資料來源 WIP)



圖 5 第 24 屆 EU PVSEC 研討會開幕會場二
(照片資料來源 WIP)

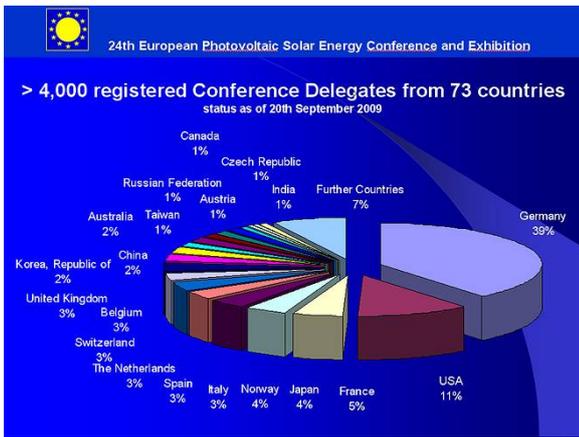


圖 6 第 24 屆 EU PVSEC 研討會國別分佈圖

資料來源 <http://www.photovoltaic-conference.com/575.0.html>

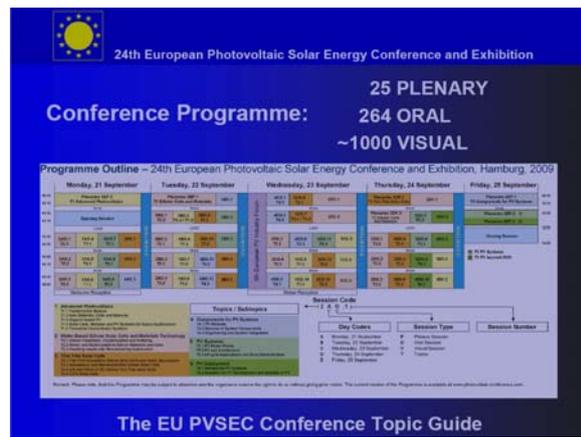


圖 7 會議時程

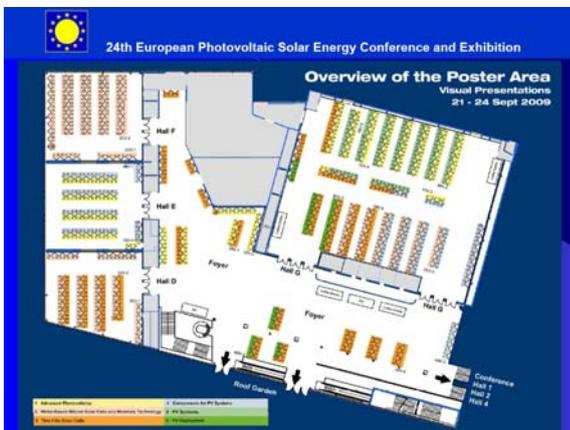


圖 8 海報位置簡圖

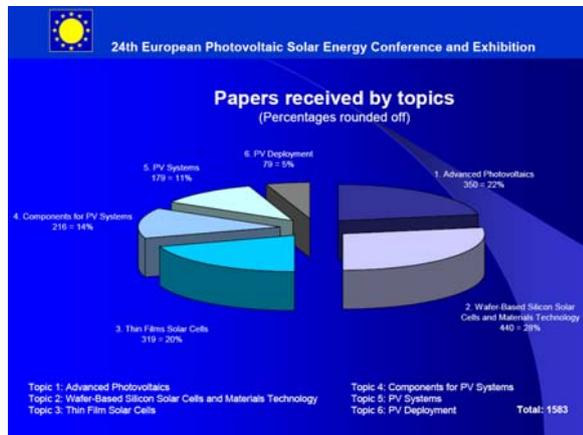


圖 9 論文依主題分布之比例圖

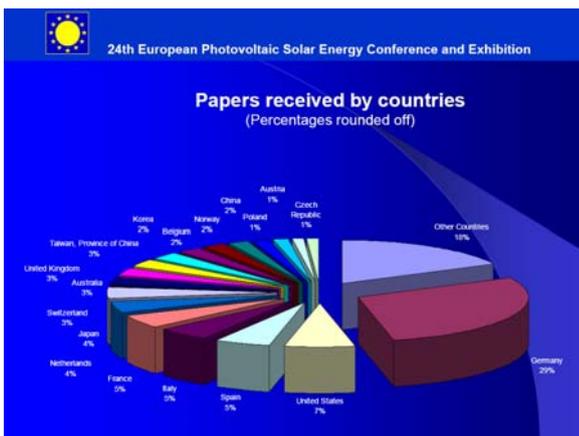


圖 10 論文依國別分布之比例圖

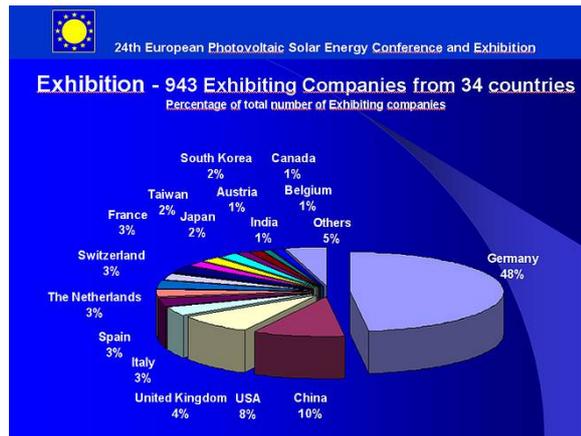


圖 11 第 24 屆 EU PVSEC 參展廠商國別分佈圖



圖 12 Q-Cells 太陽能車

(三) 參訪德國 plasmatreat 總公司

9 月 28、29 日赴位於德國 steinhagen 之 plasmatreat 總公司進行大氣電漿源與鍍膜技術討論，Plasmatreat 公司為德國 Fraunhofer 1995 年 Spin off 之公司，其大氣電漿以 ARC 方式產生，電漿密度高，搭配脈衝電源及平移台或機械手臂仍可達到低溫處理之效果，其系統可以使用清潔乾燥的空氣產生電漿，而大量降低電漿處理之製程成本，但根據在聚合物材料表面改質之研究結果，顯示純氮氣電漿之處理效果仍明顯優於空氣電漿。

該公司 Openair® jet 技術可針對塑膠、玻璃或金屬表面作印刷、貼合、成型前之清潔、活化或鍍膜處理。但因其 jet 出口面積小比較適合於小面積物件的活化，對大面積物件需要多組電漿頭而使其設備投資大量增加，而其 PlasmaPlus 鍍膜系統已可適用於金屬之防蝕與模具之脫模等應用。

三、心得

茲將此次出國公差心得分成參加第 24 屆歐洲光電太陽能研討會與參訪德國 plasmatreat 總公司兩部分說明如下：

(一) 參加第 24 屆歐洲光電太陽能研討會

本屆論文發表共 1,583 篇，前 3 個主題就佔了 70%，所以口頭演講也大概依照比例分配，不可諱言，矽基太陽電池還是主流，所以矽基太陽電池佔的時段最多有 14 個，尖端太陽電池基礎研究和薄膜太陽電池各佔 10 個時段，今年新主題有機太陽電池也有 2 個時段，因其進入門檻較低，研究人員也相當多，但目前效率偏低，如圖 13 所示，美國 Konarka Technologies Inc. 所生產有機電池效率為 3.5%。

由於此行最主要目的是為瞭解國際對矽薄膜太陽能電池製程及相關設備技術之最新發展趨勢，所以重點放在矽薄膜方面，同時也針對目前討論熱烈的 CIGS 題目聽了幾場演

講，在其他會場也有一些突破性研究數據出現，如 Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE)發表三接面聚光型電池效率提高到 41.6% (Last Conference: 40.8%)。

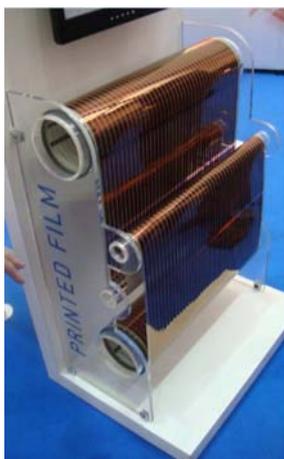


圖 13 Konarka Technologies Inc. 有機電池

1. 矽薄膜太陽能電池

在矽薄膜方面，幾乎各大廠及研究單位皆到齊，除了發表研究結果的同時，其廣告的意味也相當濃厚。如瑞士 Oerlikon 介紹其採用 40MHz KAI 之 PECVD 機台，tandem 結構於 1.4m²玻璃基板有 11%效率；美商 Applied Materials 應材運用其 in-line PVD ATON 在玻璃基板做 a-Si/uc-Si tandem 結構之 1.4m²尺寸，產出穩定效率 9.2%。

日本 ULVAC 於 1.4m²玻璃基板做 tandem 製程，產出 135W、穩定效率 9.28%電池，製程示意圖及電池如圖 14、15 所示；日本 SANYO 和 ENEOS 合作在 5.5 代玻璃基板，產出 168W、10.9%效率；日本三菱重工介紹其採用 60MHz，於 1.5m²玻璃基板做 tandem 製程，產出 130W；日本 Asahi glass Co. 介紹其 SnO₂:F 玻璃於 tandem 電池結構的 light trapping 效果。

德國 Schott solar thin film 之 a-Si/a-Si tandem 結構玻璃基板，103W、模組效率 7.1%，如圖 16 所示；德國 Sunfilm 於玻璃基板，產出穩定效率 8.1%，並於 8.5 代玻璃基板 2.2m × 2.6m，產出 500W，電池模組如圖 17 所示。德國 JULICH 介紹於 Asahi 玻璃基板 a-Si/uc-Si tandem 電池結構中間插入一個反射層，可增加 a-Si 13%電流，其結構如圖 18 所示。

以上矽薄膜太陽能電池都是採用玻璃基板，而且都有 texture 處理，電池皆已採用 tandem 結構，有些甚至加入反射層，其電池效率約 8~9%，各廠目標是希望能產出穩定效率超過 10%的電池。

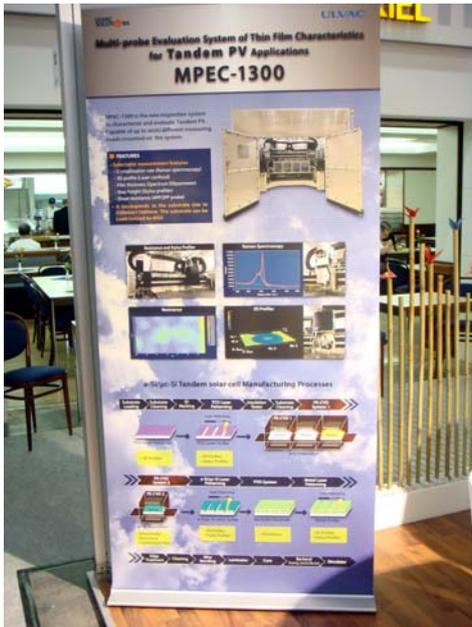


圖14 ULVAC tandem 製程示意圖

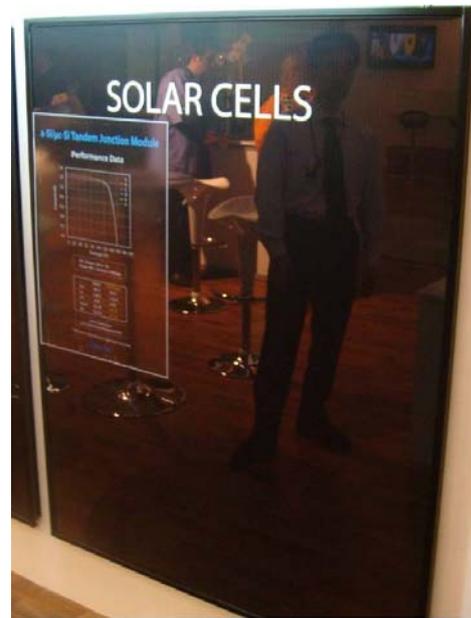


圖15 ULVAC tandem 135W太陽電池



圖16 Schott solar之太陽電池



圖17 Sunfilm之太陽電池



圖18 tandem結構插入一反射層示意圖

除了玻璃基板，在展覽會場也有發現一些可撓式矽薄膜基板電池，如日本 Fuji Electric Co.之 Polyimide 基板二接面非晶矽及非晶矽鍺可撓式太陽電池，其採用 SCAF (Series-Connection through Aperatures Formed on film) 結構做電性的連通，如圖 19、20 所示；荷蘭 NUON 採用 polymer 基材之可撓性矽薄膜電池製程，單接面電池效率約 6%，如圖 21、22 所示；瑞士 Flexcell 採用 NUON 技術，其可撓式電池如圖 23、24 所示。

以上 Fuji 及 Flexcell 皆有運用到 Roll-to-Roll 的技術，其產量可大幅提升，促使成本下降，是值得學習的對象，可用來面對目前太陽電池削價競爭的態勢，而且採用可撓式基材，整體模組重量輕，可運用的層面比玻璃基板更為廣泛。



圖19 Fuji 可撓式矽薄膜電池一



圖20 Fuji可撓式矽薄膜電池二



圖 21 NUON 可撓式矽薄膜電池製程示意圖



圖 22 NUON 可撓式矽薄膜電池製程

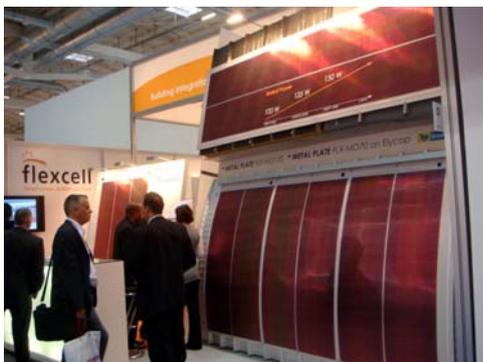


圖 23 Flexcell 可撓式矽薄膜電池一



圖 24 Flexcell 可撓式矽薄膜電池二

2. CIGS 太陽能電池

德國 Q-cells 指出目前 CIGS 最佳電池效率是 NREL 的 20%，小面積 16cm² 最佳模組效率是 16.7% 已和多晶硅差不多，30MW 工廠的產出平均效率是 10.8%，在 CIGS 層、buffer 層及 connection 方面還有很多努力空間，希望 2010 年底能達到 0.78 €/W_p，如圖 25 所示，其預測玻璃基材 CIGS 之 10~12% 模組效率大於 100MW 的公司會成為主流，其展示電池如圖 26 所示。

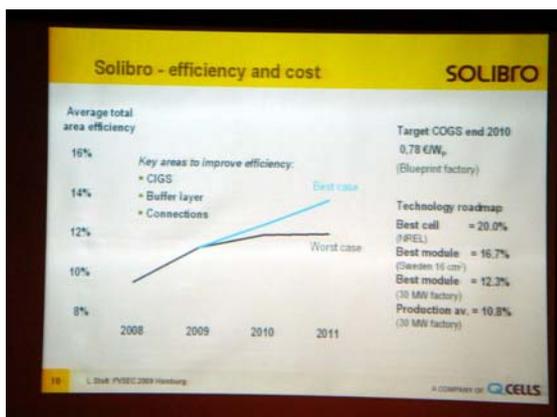


圖25 Q-cells之效率預測圖



圖26 Q-cells之CIGS電池

瑞士 EMPA 實驗室展示，在玻璃基板以 CdS 為 buffer 層效率為 14.7%，以 In₂S₃ 為緩衝層效率為 14.4%；若在 Polyimide 基板以 CdS 及 In₂S₃ 為緩衝層效率各為 13.1% 及 10.1%。效率比較如圖 27 所示，所以若想以 In₂S₃ 取代 CdS 還有待努力。

日本 AGU (Aoyama Gakuin University) 發表在小面積 0.5cm² 以 Ti 箔及 Polyimide 為基材之 CIGS 結構及效率。Ti 箔為基材之 CIGS 以 ZnS(O,OH) 取代 CdS 有最佳的 17.9% 效率，如圖 28、29 所示；以 Polyimide 為基材之 CIGS 有最佳的 15.7% 效率，結構圖與製程如圖 30 所示。

除了以上 3 個單位之外，還有多篇的論文發表，整體而言最佳效率都可達到 14% 以上，而基材的選擇除了玻璃基板之外，可運用 Roll-to-Roll 技術之可撓式基材如不銹鋼、鈦薄片及 Polyimide 等，在製程上各有其優缺點，都有深入的探討。

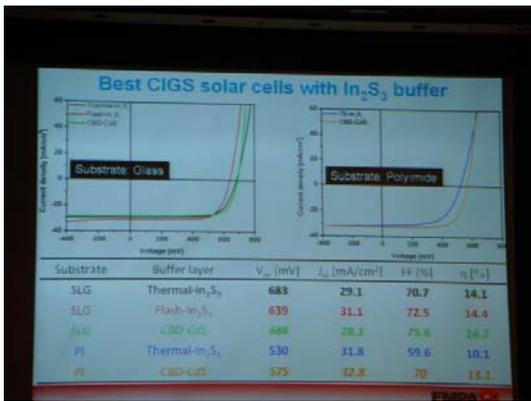


圖27 EMPA之效率比較圖

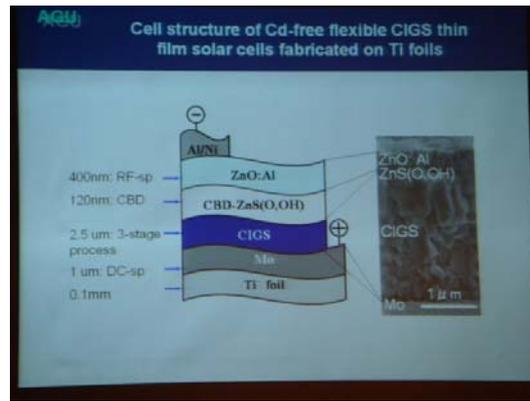


圖28 AGU之Ti基板CIGS結構圖

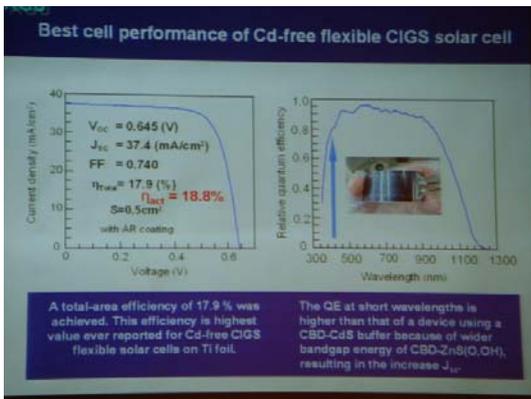


圖29 AGU之Ti基板CIGS I-V圖

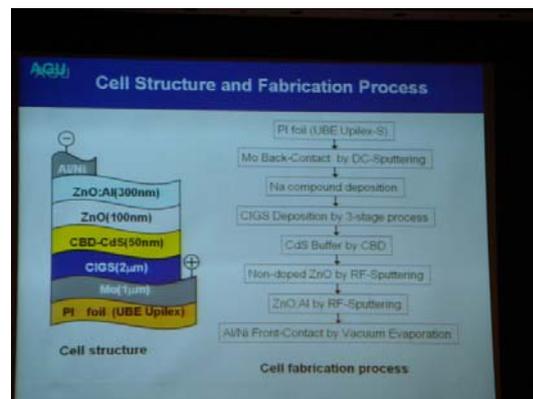


圖30 AGU之PI基板CIGS結構圖與製程

3.矽晶背面接點（back contact）技術

在本次研討會有許多單位提到背面接點技術，如澳洲 NSWU 大學、荷蘭 ECN、德國 Fraunhofer ISE、法國 CEA-INES、德國 ISFH 及漢諾威大學等，而且展覽場已經有產品推出。以下就荷蘭 Solland solar 公司的圖片說明一下。目前 6 吋矽晶太陽電池在晶圓最上面有許多收集電流用的金屬細線，其與 2 條較寬的 busline 相連接後再和另一片電池透過銲接機做電性正負極(上、下面)串接，矽晶太陽電池正反面如圖 31 所示，電池電性串接及封裝流程如圖 32 所示。

Solland solar 公司的太陽電池表面將原本水平細線改成網狀細線（也有其他公司推出不同形狀圖案，只要以收集最多電流為原則），如圖 33 所示，而且彼此互相連接，取代原來的 busline，然後透過直徑 3mm 金屬貫穿孔（metal wrap through），如圖 34 所示，將電流導通至已經印好形狀的底板，然後再做電性串聯，如圖 35 所示。因貫穿孔大，所以不需要高精準度的對位要求，後續封裝製程簡化，可減少操作人員，造成製造成本降低，同時也提高電池效率及生產率。

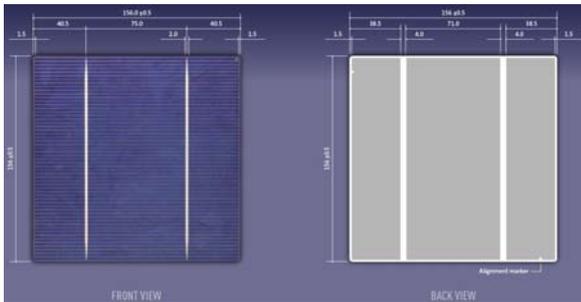


圖31 6吋矽晶太陽電池正反面

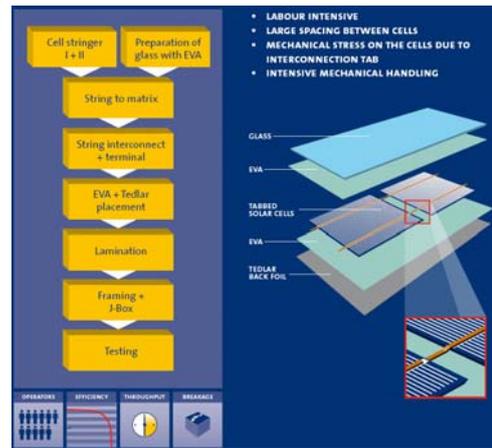


圖32 標準電池電性串接圖

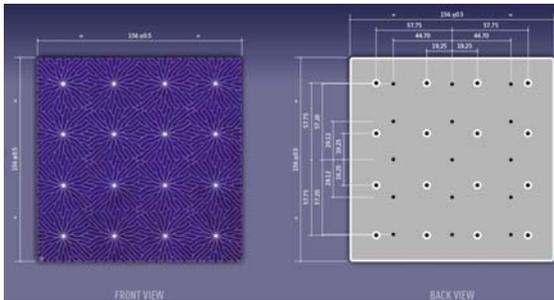


圖33 具web MWT之6吋矽晶太陽電池正反面

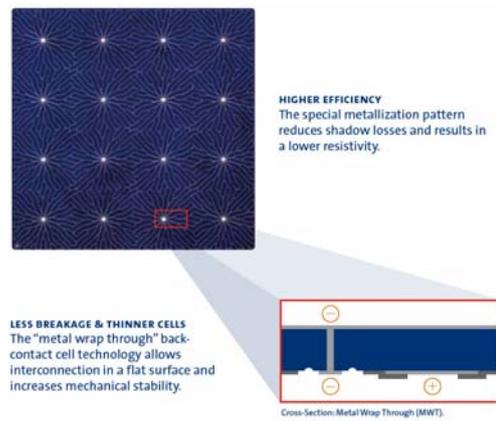


圖34 具web MWT之剖面圖

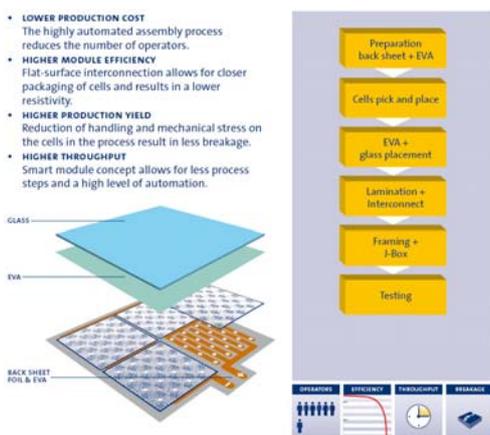


圖35 具web MWT電池電性串接示意圖

4. 蒐集高聚光太陽能型發電系統相關資訊

此行同時蒐集高聚光太陽能型發電系統相關資訊，如德國 Degerenergie、Concentrix solar、Conergy 及西班牙 Meca solar、Soltec energies renovables 等公司有關 tracker、inverter 等之產品型錄及照片給所內相關單位參考。德國 Degerenergie 展場服務人員用手電筒照在

tracker 系統光感測器上，如圖 36 所示，展示機台馬上轉向，其背面的傳動機構，如圖 37 所示。



圖36 德國Degerenergie之tracker系統



圖37 德國Degerenergie之tracker系統傳動機構

德國 Fraunhofer ISE 於展場展示聚光型模組及接收器照片，如圖 38 所示；於 454x 具有 41.1%效率的三接面三五族電池，如圖 39 所示；及戶外使用擁有 29.1%效率的二次光學反射 Flatcon 模組，如圖 40 所示。

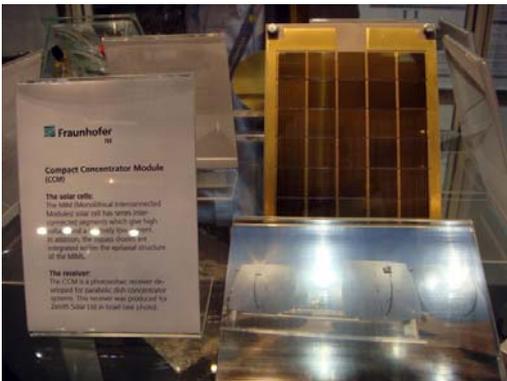


圖38 Fraunhofer ISE聚光型模組



圖39 Fraunhofer ISE三接面三五族電池



圖40 Fraunhofer ISE Flatcon模組

5. 反傾銷氣氛

日前，德國太陽能光電產業公會接受太陽能大廠 Conergy 和 Solarworld 聯合其他同業的申請，對中國太陽能電池製品進行反傾銷調查。

中國大陸的尚德、英利綠色能源在美國設廠，聘用當地人力加入公司團隊，以組裝半成品的方式繞過美國的貿易保護法規，和當年日本汽車公司的做法一樣，讓未來可能遇到的反中國情緒降至最低。而尚德曾坦承為擴大全球市場佔有率，在美國以低於材料、組裝與運輸成本的價格出售太陽能面板。

目前中國大陸太陽能地位日益重要，兩岸的太陽能產業互動密切，包括茂迪、綠能、合晶等，皆在大陸設有據點。由於互動頻繁，儘管現階段歐美等國尚未採取實際的措施，但台灣業者憂心一旦歐美國家對大陸祭出保護策略，台灣廠商便難逃牽連。長遠之計，業者除了要在品質及良率更加提升外，垂直整合的布局也應積極展開。

(二) 參訪德國 plasmamatreat 總公司

Plasmamatreat 公司於 1995 年從德國 Fraunhofer Spin off 出來所成立的公司，其主要業務是從事大氣電漿表面處理之技術發展，到目前為止其研發中心除了德國總公司之外，還有美國、日本及中國大陸，全球還有十幾個服務據點，台灣由三方機械公司代理。以下就大氣電漿機台運作機制、運用方面及設備精進與缺失，分別敘述如下：

1. 大氣電漿運作機制

大氣電漿源之主要組件包括：脈衝高壓電源供應器、電漿槍體與噴嘴及電漿氣體，大氣電漿運轉示意圖如圖 41 所示。使用高流量電漿氣體，產生旋轉式氣流，加上脈衝高壓電源與回饋電源控制器等，在噴嘴出口處產生高密度電漿。

本所引進該公司兩組不同特性大氣電漿源，如圖 42 所示，其中，旋轉式電漿槍體與電漿噴嘴所組成之大氣電漿源，係利用其電漿噴嘴之傾斜角度及其 >2000 rpm 之旋轉速度，達到處理面積大(寬 2-5 cm)、溫度低($<150^{\circ}\text{C}$)之特性，適用於清潔與活化；而固定式電漿槍體與噴嘴所組成之大氣電漿源，其噴嘴與內電極為同軸結構，其噴出電漿束集中在直徑 4 mm 面積範圍，電漿密度高、溫度高(噴嘴出口處 $>400^{\circ}\text{C}$)，適用於快速鍍膜。

大氣電漿鍍膜系統之整體架構如圖 43 所示，包括兩套氣體管路：一為產生大氣電漿氣體管路，一為鍍膜所需之 Carrier Gas 載氣氣體管路。每一管路均設一 Mass Flow Controller 流量控制器，以調控其進氣量。另一含汽化之 Precursor 先驅物氣體管路在 Jet Head 電漿頭以 90° 方向進入電漿區以利分解，先驅物管路需另加一套液態的流量控制器來調控先驅

物流量。這套鍍膜系統之標準操作程序為：(1)開啓電漿氣體流量，(2) 開啓載氣流量，(3) 開啓先驅物流量，(4) 開啓電漿產生器，(5)開始鍍膜工作，及(6)結束鍍膜工作則依相反動作關機。

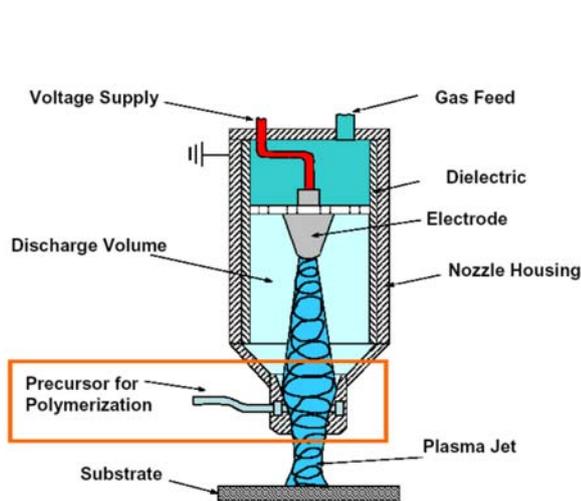


圖 41 大氣電漿運轉示意圖

(a) (b)

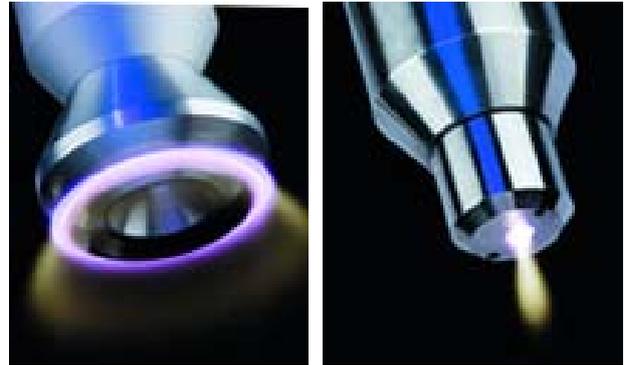


圖 42 (a)旋轉式及(b)固定式電漿槍體與電漿噴嘴

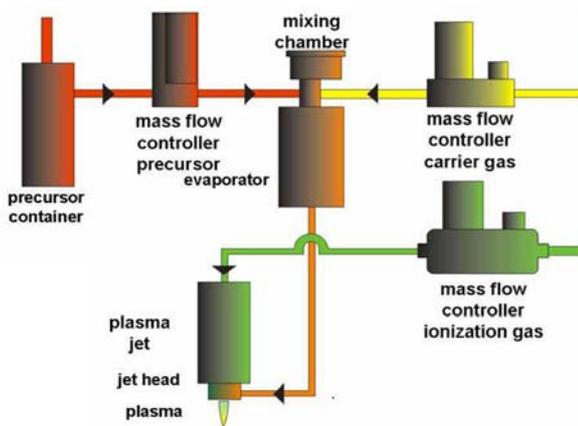


圖 43 大氣電漿鍍膜系統之整體架構示意圖

2. 運用方面

該公司大氣電漿技術可在塑膠、金屬、玻璃或纖維上從事清潔、活化增加其附著力，以利後續製程或做功能性鍍膜處理。如在瓶蓋做活化之前處理使其容易印刷文字，如圖 44 所示；於手機外殼從事清潔、活化使其較易塗裝上色，如圖 45 所示；金屬薄片表面清潔以利後續製程，如圖 46 所示。

大氣電漿表面處理之技術發展其運用的範圍涵蓋汽車、航太、電子業、包裝業等等。譬如搭配機械手臂的汽車保險桿塗裝前處理，如圖 47 所示；電路板封裝前抗靜電清潔，如圖 48 所示；塑膠膜活化及鍍膜製程，如圖 49 所示，其設備外觀如圖 50 所示；TRW 汽車用引擎外殼凹槽之表面清潔、活化及鍍膜處理，如圖 51、52 所示。

Plasmatreat 公司的大氣電漿 PlasmaPlus 鍍膜系統應用在防腐蝕方面，已有相當成就，如鋁 2024 之未處理及已鍍膜處理過的樣品經過 96 小時鹽霧試驗後，未處理之鋁 2024 表面出現強烈腐蝕，而經鍍膜處理之樣品則表面完整，如圖 53、54 所示。

整體而言，Plasmatreat 公司的大氣電漿因其電漿密度高，適用於小面積與立體物件之清潔活化，對大面積物件需要多組電漿頭而使其設備投資大量增加，如圖 55 所示處理 1.8 公尺塑膠膜搭配寬幅的多組活化槍機台。



圖 44 瓶蓋印刷前處理



圖 45 手機外殼塗裝前處理

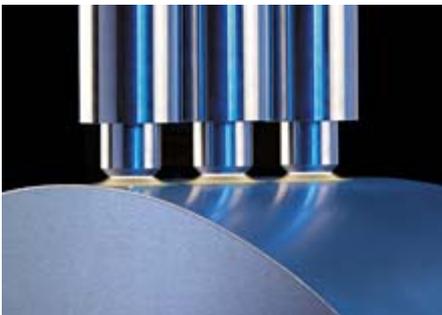


圖 46 金屬薄片表面前處理



圖 47 汽車保險桿塗裝前處理

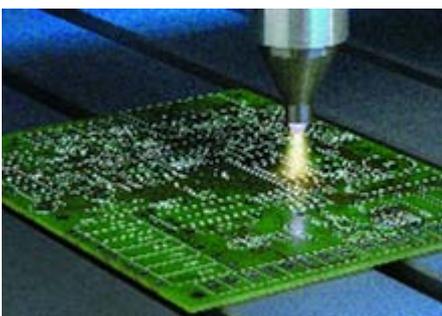


圖 48 電路板封裝前抗靜電清潔



圖 49 塑膠膜活化及鍍膜製程



圖 50 鍍膜製程設備外觀



圖 51 引擎外殼清潔活化



圖 52 引擎外殼封裝前處理



圖 53 未處理之 Al 2024 經鹽霧測試 96 小時



圖 54 經鍍膜處理之 Al 2024 鹽霧測試 96 小時

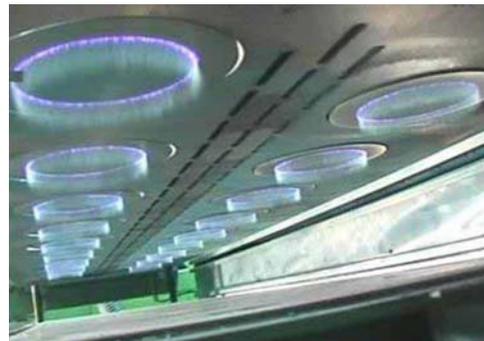


圖 55 多組活化槍處理 1.8 公尺塑膠膜機台

3. 設備精進與缺失

鍍膜系統的先驅物經蒸發器汽化後經管路透過載氣氣體連接到電漿頭，若經過的管路不加熱保溫勢必造成先驅物液化凝結，最後形成管路堵塞。該公司將蒸發器連接在電漿頭旁，如圖 56 所示，而透過下方的先驅物加熱控制器加熱就不會有管路堵塞的問題，如圖 57 所示。

Plasmatreat 的大氣電漿源產生機制係在兩個電極間施加一高電壓來產生電漿，電漿氣體離子化後被高壓吸引撞擊電極，會產生金屬微粒掉落在被處理的物品表面。如使用 Plasmatreat 設備在矽晶片上作清潔觀察，經放大 5 萬倍，看到直徑約 0.5um 的圓形微粒，

如圖 58 所示，利用 EDS 分析確定含有鐵及鉻元素，確認來自不銹鋼內電極，如圖 59 所示。經與 Plasmatreat 公司研發部主管 Dr. A. Knospe 確認此問題確實存在，而且無法完全根除，只能設法減少微粒污染源。

此次拜訪德國 Plasmatreat 得知該公司大氣電漿的應用面，如清潔活化部份於汽車、航太、電子業、包裝業等皆已運用的相當廣泛，而鍍膜系統於金屬之防蝕與模具之脫模等應用已見成效。比較可惜的是在該公司只看到零星組件及機台，如圖 60 之實驗型機台。而此次參訪行程皆由 Dr. A. Knospe 陪同，其詳細介紹該公司的機台及其應用面，如圖 61 所示，最後在愉悅的氣氛下道別，如圖 62 所示。



圖 56 噴嘴及先驅物加熱器



圖 57 先驅物加熱控制器



圖 58 在 Si wafer 上放大 5 萬倍作微粒觀察

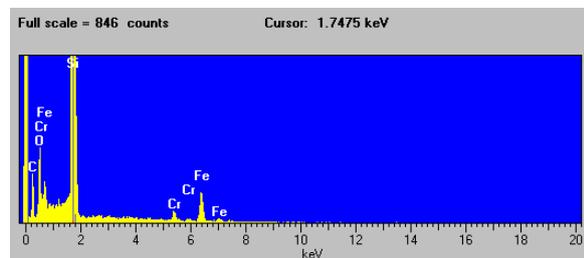


圖 59 微粒之 EDS 分析



圖 60 實驗型機台



圖 61 Dr. A. Knospe 介紹設備機台



圖 62 與 Dr. A. Knospe 及 K. Fehling 道別

四、建議事項

本次出國公差的見聞與親身經歷，提出以下五項建議：

- (1)有機太陽能電池，目前是相當熱門的題材，論文發表也相當多，但目前效率偏低，壽命短，但其進入門檻低，鼓勵有興趣的研究人員應及早進入卡位。
- (2)矽薄膜或 CIGS 太陽能電池，採用可撓式基材的論文發表也相當多，而且在展覽會場也有產品展示，所以積極建立 Roll-to-Roll 技術運用在可撓式基材的薄膜太陽能電池，應是刻不容緩的事。
- (3)德國 Plasmatreat 公司，其大氣電漿密度高，可在塑膠、金屬、玻璃等從事表面清潔、活化，以利後續製程，已得到驗證可行，但其報價高。目前國內也有公司引進其他廠牌，甚至自製設備販售，是值得鼓勵。
- (4)Plasmatreat 公司的大氣電漿鍍膜技術，因有微粒存在無法根除，技術仍有瓶頸，無法應用於需求較高的功能性薄膜，需找尋其他大氣電漿鍍膜技術之替代方案。
- (5)出國公差因長程旅途，因各種因素班機勢必有所延誤，再加上必須轉機安檢，所以建議安排轉機等待時間不要少於 2 小時，時間上才不會感到匆促。