

出國報告（出國類別：其他）

第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研 討會出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：曾慶沛 助理研究員

派赴國家：大陸

出國期間：101 年 11 月 4 日~101 年 11 月 9 日

報告日期：101 年 12 月 4 日

摘要

PVSEC是由國際光電顧問委員會1984年發起創辦的國際性會議，涉及光電科技、市場研究、推展應用、系統工程等，經歷了多年激烈的研究討論，已成為世界品牌知名度最高的太陽能光電會議。PVSEC每年輪流在世界各地舉辦一次，2010年在歐洲成功舉辦、2011年11月在日本舉辦，今年2012年則在大陸杭州舉辦，包含23個國家及約460篇投稿論文，論文涵蓋太陽能電池理論與實務應用，層面廣泛且多樣性。會中之研討主題領域包含目前所發展之太陽能電池種類之物理特性、效率提昇技術、系統整合及先進太陽能電池等。演講內容則包含目前最前瞻的研究領域及研究成果，如高效能太陽能電池設計、新材料製備技術及模組應用與展望成果等，皆為太陽光電科技中最前瞻的發展，論文涵蓋理論與實務應用，層面廣泛且多樣。本次參PVSEC-22會議，對於本所瞭解電漿應用於能源及節能等研究領域提供更多最新國內外研發現況、市場及未來發展方向。

目 次

摘 要

圖 目 錄

一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	2
四、建 議 事 項	27

圖 目 錄

圖 1、第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研討會會場及周邊	3
圖 2、研討會開幕會場	3
圖 3、海報展示會場	4
圖 4、研討會會議時程	5
圖 5、世界主要國家和地區的太陽能電池輸出之間的比較圖	6
圖 6、2011 年各類型種太陽能電池輸出使用情況	7
圖 7、全球前 21 個太陽能電池製造商	7
圖 8、全球各類型種太陽能電池模組前 20 個製造商	8
圖 9、2011 年世界主要國家的太陽能電池市場分析	9
圖 10、截至 2011 年全球累計安裝太陽能系統圖	10
圖 11、由 EPIA 預測在未來 5 年全球太陽能電池市場(2012-2016 年)	10
圖 12、IEA PVPS 主席報告之部份簡報內容	11
圖 13、日本松下在會場中對先進的太陽能電池部份簡報內容	12
圖 14、微晶矽(uc-Si)製程使用的電漿設備 LPC-CVD 部份簡報內容	13
圖 15、簡報中對未來太陽能電池價格、矽用量、尺寸大小價格及效率預測	14
圖 16、太陽能電池發展之結構	15
圖 17、新一代高效率技術結構的太陽能電池結構	16
圖 18、簡報中使用溶液製作氫化非晶矽太陽能電池的流程	16
圖 19、簡報中氫化非晶矽溶液化學結構	17
圖 20、使用溶液製作氫化非晶矽太陽能電池部份簡報圖	17
圖 21、最佳雷射蝕刻 P3 矽層和背接觸層為最關鍵的過程之研究部份簡報	18
圖 22、最佳雷射蝕刻 P3 矽層和背接觸層為最關鍵的過程之研究內容	19
圖 23、低溫共蒸鍍方法在可撓性聚酰亞胺鍍製 $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ 之研究內容	20
圖 24、聚 酰亞胺基板鋁背膜接觸 $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ (CIGS)太陽能電池之研究內容	21
圖 25、捲楊式發展之非晶矽太陽能電池之研究	22
圖 26、捲楊式發展之非晶矽太陽能電池論文中設備結構圖	23
圖 27、使用 Inline 鍍膜設備鍍製對非晶矽薄膜沉積氣體的光學之研究	23
圖 28、太陽能電池鍍製在可撓性聚 酰亞胺(PI)基板之研究	24
圖 29、非微晶堆疊式薄膜矽太陽能電池可撓性基板的發展研究	25
圖 30、矽薄膜太陽能電池基底 p 型非晶矽 SiO:H 的適用性之研究	26

一、目的

參加第22屆太陽能光電科技與工程國際研討會(PVSEC-22)並發表應用自製Inline PECVD設備鍍製可撓曲堆疊式微晶矽薄膜太陽能電池研發成果論文。PVSEC-22於2012年11月4日(一)～11月9日(五)於大陸杭州中國黃龍飯店舉行，該會議每年召開一次由不同國家地區主辦，此屆由大陸中國再生能源學會及杭州大學主辦，研討主題包括(1)矽晶材料和晶圓型太陽能電池(Crystalline Bulk Silicon Materials and Wafer-Based Solar Cells) (2) 非晶，微晶和納米晶矽薄膜太陽能電池;(Amorphous, Microcrystalline and Nanocrystalline Silicon Thin Film Solar Cells) (3) 化合物半導體薄膜太陽能電池(Compound Semiconductor Thin-Film Solar Cells)(4) 先進的太陽能電池(Advanced Solar Cells: New Concepts, Materials and Structures)(5) 太陽能發電系統的組成部分(Components of PV System)(6) 太陽能發電系統(PV System)。會中邀請來自世界各地的相關領域傑出的研究者及工業界人士出席。所發表之論文與論壇皆為目前世界上最新技術及應用發展為主，對太陽能光電產業的研究能力和能源及節能等研究，啟動一個未來發展方向。

本所電漿改質計畫是以發展高速率大面積可撓式薄膜太陽能電池，並整合製程設備暨相關工業型裝置，並搭配相關節能應用整合。希望藉由參與此技術研討會，能與來自世界各地的相關領域傑出的研究者及工業界人士互相交流汲取知識，以獲得更多可撓式製程技術資訊及相關發展方向，對本所在捲揚式製程設備技術開發之理論及技術上之提升必有相當助益。

目前產業新興的趨勢為電子產品整合太陽能電池(Product Integrated PV、PIPV)及建築物整合太陽能電池 (Building integrated PV、BIPV)，捲揚式電漿鍍膜設備研發可撓式輕薄的太陽能電池模組預期將會加速其應用之發展。本所正在發展可撓式(flexible)基板之捲揚式電漿鍍膜設備研發可撓式類紙化產品，包含捲揚式大面積化均勻鍍膜及製程技術，本次研討會對於實現捲揚式製程可行性方面之相關研發技術研發的藍圖上具有極高的一致性。

此次參與第22屆太陽能光電科技與工程國際研討會發表”The development of flexible tandem type u-Si:H film by homemade in-line PECVD”論文，以瞭解高光電轉換效率及低製造成本之太陽能電池最新發展趨勢，尤其本所正在發展可撓式矽薄膜太陽能電池之相關技術，以作為本所拓展 BIPV 及 PIPV 之應用參考；並發表本所可撓式矽薄膜太陽能電池技術研發成果，增加本所在國際知名度，認識更多專家學者與吸收新知，創造更多的國際合作空間。

二、過 程

(一) 行程

本次公差之行程如下：

11 月 4 日 12:20 自桃園國際機場出發，當地時間 11 月 4 日 14:10 時抵達大陸杭州蕭山國際機場。

並於當日 15:00 自蕭山國際機場搭乘會議所安排的免費巴士至會議場所黃龍飯店，16:10 抵達飯店，並完成註冊。

11 月 5 日~ 11 月 9 日 參加第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研討會議蒐集研發資料及張貼海報。

11 月 9 日 當地時間 15:00 搭乘會議所安排的免費巴士於 16:20 抵達大陸杭州蕭山國際機場。並於 19:30 自蕭山國際機場出發，21:25 時飛抵達桃園國際機場返回台灣。

(二) 參加第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研討會

PVSEC研討會由世界各地每年輪流舉辦一次，今年在大陸浙江杭州市主辦，已成為全球太陽能光電領域最重要之會議之一，研討會計四天半無間斷的會議流行程，有來自世界各地對太陽能光電科技的先進研究論文。計有來自20幾個國家的多名科學家、學校教授、研發單位參與，研討會所發表之論文皆為目前最先進的太陽能技術及應用的研發領域，投稿即發表的論文更接近460篇，是一個內容豐富的技術研討會，其中第一天多場演講更邀請到知名研究學者、業界決策者與專業人士發表精闢演說。

三、心 得

此次由桃園機場飛往大陸參加第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研討會，現場如圖 1 為第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研討會會場及周邊，會場設置於中國杭州黃龍飯店舉行，由於飯店周邊交通發達，並接近大陸西湖風景區，而且內有多個大型會議廳，因此常有大型會議在此舉辦。會場設立於飯店大樓一樓會議廳內，開幕會場就在此舉行，如圖 2 為第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研討會開幕會場，開幕第一天邀請知名學者發表最新世界太陽能光電發展現況及最新發展技術，後續研討會也在同一演講廳舉行，並將場地區隔成 3 個場地並同時進行研討會。



圖 1、第 22 屆太陽能光電科技與工程國際研討會會場及周邊



圖 2、研討會開幕會場

會中海報展示分兩天在三樓另一會場舉行如圖 3。與會的人員以大陸、台灣、日本佔大多數，主要的原因為高科技的太陽能光電產業大多由大陸、台灣、日本為主。國內參與單位計有台灣大學、清華大學、中央大學、交通大學、中山大學、中興大學、臺北科技大學、長庚大學、東華大學、勤益科技大學、彰化師範大學、明新科技大學、華梵大學、核能研究所、工業技術研究院等 15 個單位人員參加。



圖 3、海報展示會場

本次研討會有論文發表與海報展示，每天會議從上午八點後開始安排到下午六點前，每天分四個時段進行論文發表，每一時段有不同的主題分別在 3 個不同會議室同時進行，海報展示分兩天舉辦，在下午四點至六點間與會人員共同討論。本次會議之研討主題包括(1)矽晶材料和晶圓型太陽能電池 (Crystalline Bulk Silicon Materials and Wafer-Based Solar Cells) (2) 非晶，微晶和納米晶矽薄膜太陽能電池;(Amorphous, Microcrystalline and Nanocrystalline Silicon Thin Film Solar Cells) (3) 化合物半導體薄膜太陽能電池(Compound Semiconductor Thin-Film Solar Cells)(4) 先進的太陽能電池(Advanced Solar Cells: New Concepts, Materials and Structures)(5) 太陽能發電系統的組成部分(Components of PV System)(6) 太陽能發電系統(PV System)分為六大

主題，會議時程如圖 4 所示。23 個國家的科學家、學校教授、研發單位、工業代表、政策決策者參與會議共計發表 460 多篇技術研發技術論文，主要展示研發單位的研發成果。國內參與單位計有台灣大學、清華大學、中央大學、交通大學、中山大學、中興大學、臺北科技大學、長庚大學、東華大學、勤益科技大學、彰化師範大學、明新科技大學、華梵大學、核能研究所、工業技術研究院等 15 個單位人員參加。

Program Outline

	Nov. 05, 2012	Nov. 06, 2012	Nov. 07, 2012	Nov. 08, 2012	Nov. 09, 2012
Morning	Opening Ceremony	Parallel Sessions	Parallel Sessions	Parallel Sessions	Parallel Sessions
	Plenary Lectures				
	Tea Break	Tea Break	Tea Break	Tea Break	Tea Break
	Plenary Lectures	Parallel Sessions	Parallel Sessions	Parallel Sessions	Parallel Sessions
	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	
Afternoon	PVSEC Award Ceremony	Parallel Sessions	Parallel Sessions	Parallel Sessions	
	Tea Break	Tea Break	Tea Break	Tea Break	
	Plenary Lectures	Parallel Sessions	Poster Session (area 1, 2, 5 & 6)	Poster Session (area 3 & 4)	
Evening			Conference Banquet		

圖 4、研討會會議時程

研討會開幕後首先在會中對全球太陽能產業現況及未來預測報告如圖 5 到圖 11，了解全球太陽能產業現況，有助於未來所內對太陽能產業發展擬定方針。相關之會議資料如下所列，包含對大陸及全球太陽能產業之分析及大陸目前太陽能產業現況及全球未來發展之分析，報告中提及大陸目前太陽能電池及模組已位居世界第一。會議中對中國和世界主要國家和地區的太陽能電池輸出之間的比較如圖 5 所示，報告中分析太陽能電池產量在 2004-2011 全球主要國家和地區的增長趨勢。淡藍色的列的最後一行是全球經濟增長的情況下，在 2011 年全球太陽能電池產量為 37.675GWp，年均增長率 57.64%（比較 24GWp，2010 年），大陸在 2011 年太陽能電池產量達到 21.157 GWp，共享世界總產量的 56.2%，年均增長率為 95.9%。圖中前行顯示的是台灣（藍色 4.5 GWp），歐洲（紫色），日本（綠色），美國（紫色紅色）和其他（深

藍色)。報告中說明在 2011 年大陸和台灣總合約 25.657 GWp，佔全球總量的 68.1%，已經成為名副其實的成為全球太陽能電池製造中心。

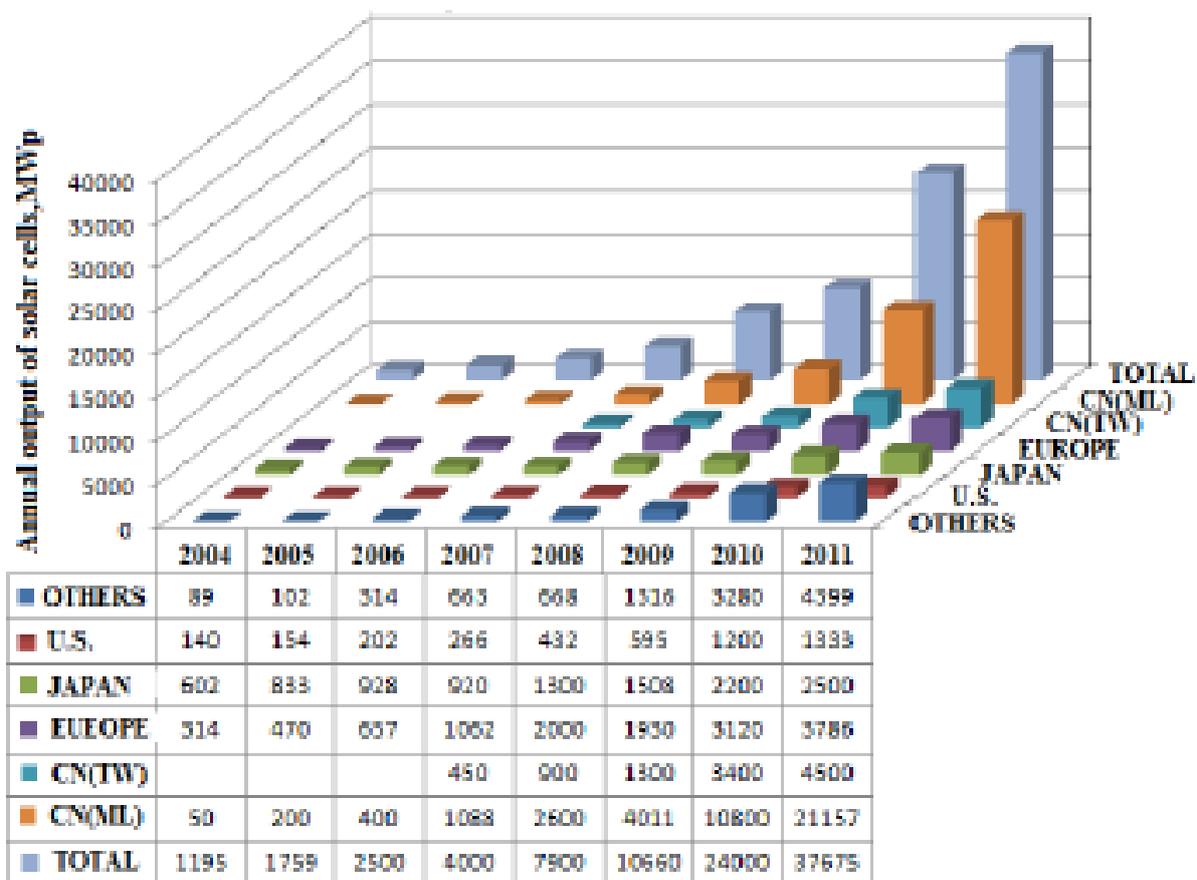


图 2 The Comparison of Solar cell output between china and main countries and areas of the world

圖 5、世界主要國家和地區的太陽能電池輸出之間的比較圖

報告中對 2011 年各類型種太陽能電池輸出使用情況如圖 6 所示，說明如下在 2011 年全球總產量的 C-Si 太陽能電池為 33.1 GWp 值年均增長 60%，其中包括 31.593GWp 的標準 C-Si 電池及 1570GPW 高效率 C-Si 電池。報告中顯示 C-Si 電池技術繼續保持其優勢，且具有較強的競爭力；薄膜電池占全球總產量為 4.575GWp，其中 1.647GWp 為矽基薄膜電池； 2.062GWp 為 CdTe 電池； 0.866 GWp 為 CIGS 電池。在 2011 年，薄膜電池的市場從 2009 年的 18% 下降至 12%，由於 C-Si 電池的成本降低，又因薄膜電池市場減少，使得 C-Si 電池市場快速成長。

如圖 7 所示全球前 21 個太陽能電池製造商，其中全球前 21 個太陽能電池製造商來說，在 2011 年僅有 3 家臺灣公司在其中。圖 8 為球全各類型種太陽能前 20 個電池模組製造商。

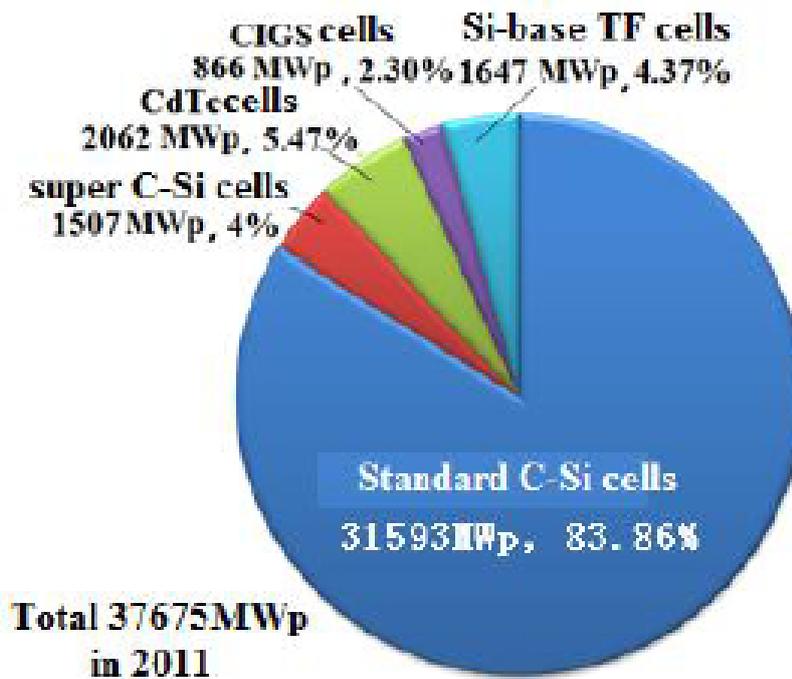


Fig.3 The output of solar cells with different technologies in 2011

圖 6、2011 年各類型種太陽能電池輸出使用情況

Table 3 The global top 21 solar cell manufacturers in 2011

Name	Cells	Tech.	Rank
Suntech (CN-ML)	2070	C-Si	1
First solar (U.S.)	1981	CdTe	2
JA Solar (CN-ML)	1775	C-Si	3
Yingli (CN-ML)	1684	C-Si	4
Trina (CN-ML)	1604	C-Si	5
Motech(CN-TW)	1120	C-Si	6
ATS (CN-ML)	1058	C-Si	7
Sun Power(U.S.)	922	Super C-Si	8
Gintech(CN-TW)	882	C-Si	9
Hareon (CN-ML)	855	C-Si	10
Jinko (CN-ML)	840	C-Si	11
Neo Solar (CN-TW)	805	C-Si	12
Hanhwa (CN-ML)	788	C-Si	13
REC(U.S.)	765	C-Si	14
Q-cells(Germ.)	717	C-Si	15
Eging PV (CN-ML)	700	C-Si	16
LDK Solar (CN-ML)	680	C-Si	17
Kyocera(JP)	660	C-Si	18
Sharp (JP)	637	C-Si	19
Solar World(GERM.)	605	C-Si	20
Tianwei (CN-ML)	569	C-Si	21

圖 7、全球前 21 個太陽能電池製造商

Table 4 Global top 20 PV module manufacturers in 2011

Name	Modules	Tech.	Rank
Suntech (CN-ML)	2010	C-Si	1
First solar (U.S.)	1981	CdTe	2
Yingli (CN-ML)	1684	C-Si	3
Trina (CN-ML)	1510	C-Si	4
ATS (CN-ML)	1386	C-Si	5
Sun Power(U.S.)	986	SuperC-Si	6
Tianwei (CN-ML)	964	C-Si	7
Hanwha (CN-ML)	938	C-Si	8
Sharp (JAPAN)	928	C-Si	9
LDK Solar (CN-ML)	880	C-Si	10
Hareon (CN-ML)	855	C-Si	11
JA Solar (CN-ML)	820	C-Si	12
Jinko (CN-ML)	792	C-Si	13
Kyocera(JAPAN)	660	C-Si	14
REC(U.S.)	644	C-Si	15
Solar World (GERM.)	605	C-Si	16
Jiawei CN-ML)	598	C-Si	17
Atronergy(U.S.)	550	C-Si	18
Eging PV (CN-ML)	525	C-Si	19
Aide Solar (CN-ML)	497	C-Si	20

圖 8、全球各類型種太陽能電池模組前 20 個製造商

報告中對 2011 年世界主要國家的太陽能電池市場分析如圖 9 所示。其中意大利安裝 9.248GWp，佔全球市場的 30.78%，第一次超過德國，已成為全球最大的市場，德國已安裝完成 7.485GWp，佔全球市場 24.81%居全球第二，中國安裝 2.7GWp，佔全球市場 8.95%，成為全球第三大市場，僅次於意大利和德國，也是歐洲以外的最大市場。除了中國、德國、意大利外其它安裝超過 1GWp 的國家如下：美國（1.855 GWP，6.15%），法國（1.671 GWP，5.54%），日本（1.296 GWP，4.30%）；安裝超過 0.5GWp 的國家如下：比利時（0.794GWp，2.63%），英國（0.784GWp，2.60%），澳大利亞（0.774GWp，2.57%），截至 2011 年年底，全球累計安裝的太陽能系統為 70GWp，其中歐洲 51.716GWp 佔 73.78%，其次是美國（5.053GWp，7.21%）、日本（4.914GWp，7.01%）、中國（3.5 GWP，5%的全球），其餘部分如亞洲（2.855GWp，4.07%），其餘的 1.717 GWP 佔全球 2.45%，中東 0.366GWp 佔全球 0.48%。

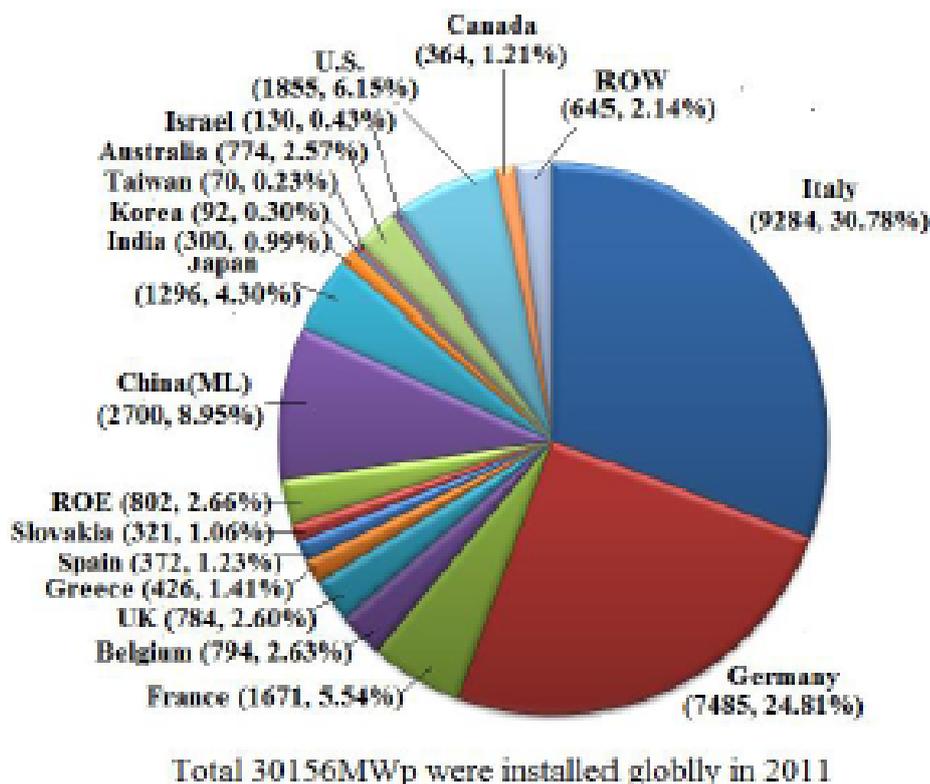


Fig.6 PV system installation in major countries in 2011

圖 9、2011 年世界主要國家的太陽能電池市場分析

此報告對截至 2011 年年底太陽能系統安裝統計敘述如下，全球累計安裝太陽能系統為 70GWp，其中歐洲安裝達 51.716GWp 佔全球 73.78% 為全球安裝最多的地區，其次為美國安裝 5.053GWp 佔全球 7.21%，日本安裝 4.914GWp 佔全球 7.01%，大陸安裝 3.5GWp 佔全球 5%，亞洲其他地區安裝 2.855GWp 佔全球 4.07%，其餘的 1.717 GWp 佔全球 2.45%，中東安裝 0.366GWp 佔全球 0.48%，如圖 10 所示。

由 EPIA 預測在未來 5 年全球太陽能電池市場（2012-2016 年），如圖 11 所示。此預測分穩定狀況及政策驅動兩種情況下，預測在 2016 年全球累計裝機容量穩定狀況可達到 207.946 GWp，而在政策驅動情況下可達 342.810GWp。報告中說明每次預測總是超過實際市場預測，但預測仍然顯示出未來增長趨勢，所以由全球太陽能電池市場在未來 5 年內將持續的高速發展。

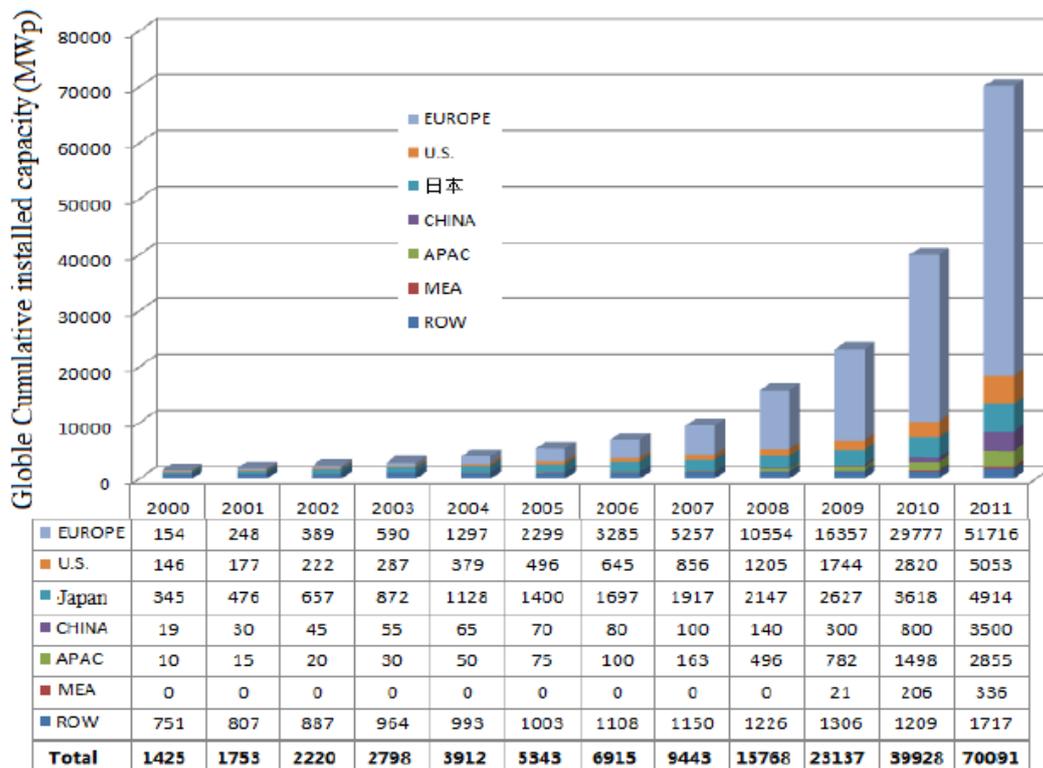


Fig.7 PV system accumulative installation in major countries and regions of the world in 2000-2011

圖 10、截至 2011 年全球累計安裝太陽能系統圖

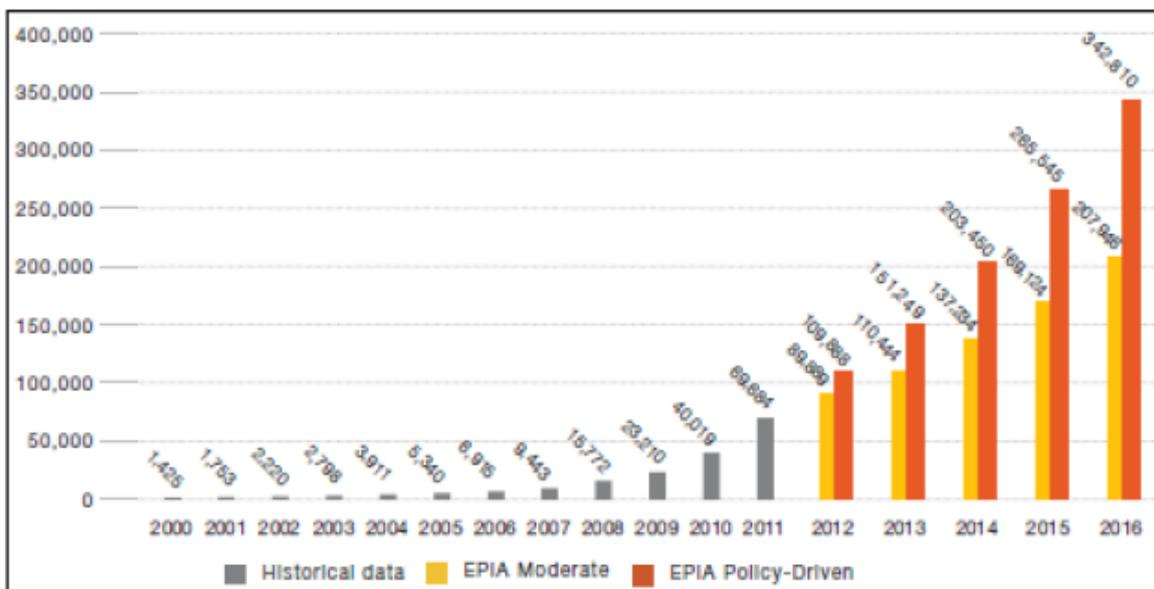


Fig.8 The EPIA prediction of global PV Cumulative installation in 2012-2016[3]

圖 11、由 EPIA 預測在未來 5 年全球太陽能電池市場（2012-2016 年）

圖12為IEA PVPS主席報告之部份投影片，此報告說明IEA(International Energy Agency)是一個從事全球性太陽能發電能源技術合作工作計劃的國際能源機構。該計劃主要在支持發展太陽能發電作為可再生能源的解決方案，並開展了一系列的國際合作項目。這些項目涉及一些技術性及非技術性問題，目的是為一個可持續在不同的應用領域和市場發展的太陽能產業。IEA機構將自己定義為一個來自政府和產業間的角色，並在各種利益相關者中以中立和客觀的態度作為全球的參考。在報告中選定的IEA PVPS活動和結果，提到PVPS未來發展方向，包括市場的發展、經驗分享、技術與非技術的問題、降低交易成本的大型太陽發電部署，以政策方向驅動業務的市場等。

Global cooperation for a sustainable PV sector – selected activities and results from the IEA PVPS Programme

Speaker: Stefan Nowak, Chairman IEA PVPS

Dr. Stefan Nowak
 Managing Director
 NET Nowak Energy & Technology Ltd.
 Waldweg 8
 CH - 1717 St. Ursen
 Switzerland

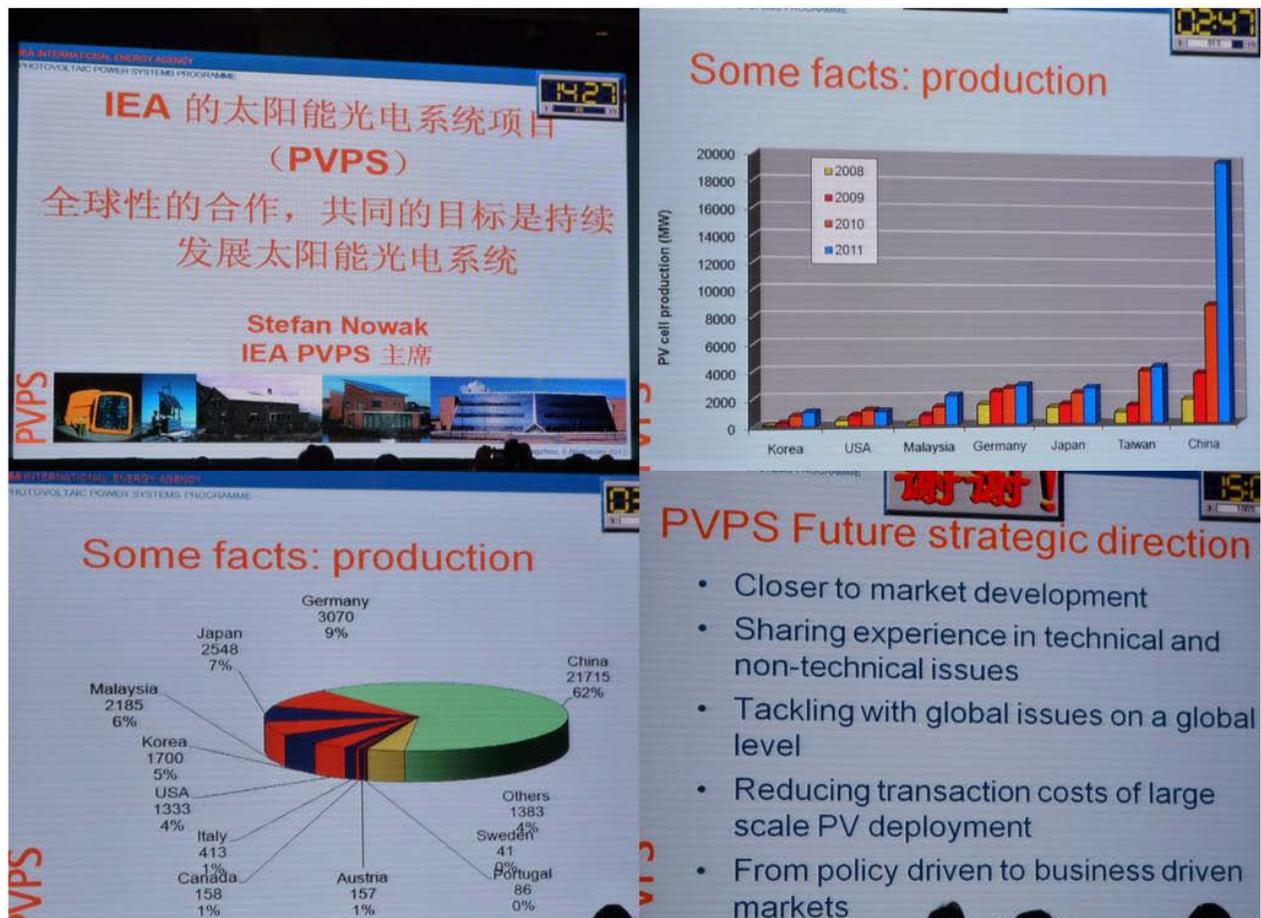


圖 12、IEA PVPS 主席報告之部份簡報內容

圖 13 為日本松下在會場中對先進的太陽能電池的簡報，提到松下對太陽能電池超過 35 年的研究和開發，並生產了世界上第一個非晶矽的太陽能電池及 HIT 太陽能電池，其模組轉換效率可達 19%，單一太陽能電池轉換效率可達 21.6%。簡報中說明現在的 HIT 結構，它具有一個非常薄的 a-Si 層之間插入摻雜的 a-Si 層和 n 型結晶矽，作為實現高效率的太陽能電池的結構。並成功地應用於高效率的膜組中，目前研究階段的薄矽基太陽能電池在 100 μm 厚度有最佳轉換效率，而轉換效率達到為 23.7%。簡報中也提及目前開發的高效率的矽薄膜太陽能電池和模組塊 a-Si/微晶矽 ($\mu\text{C-Si}$) 聯結構。穩定效率值已達 10.7%大型模組 (G5 規模 1252mm X 1502mm) 和 12.2%的樣品 (1 平方厘米)。

Progress of Panasonic's R&D on Advanced Photovoltaic Technologies

*Shigeo Yata**, *Yoichiro Aya*, *Akira Terakawa*, *Masahiro Iseki* and *Makoto Tanaka*
Next-Generation Energy Device Development Center, Panasonic Corporation
180 Ohmori, Anpachi-cho, Gifu 503-0195, Japan

* E-Mail: yata.shigeo@jp.panasonic.com

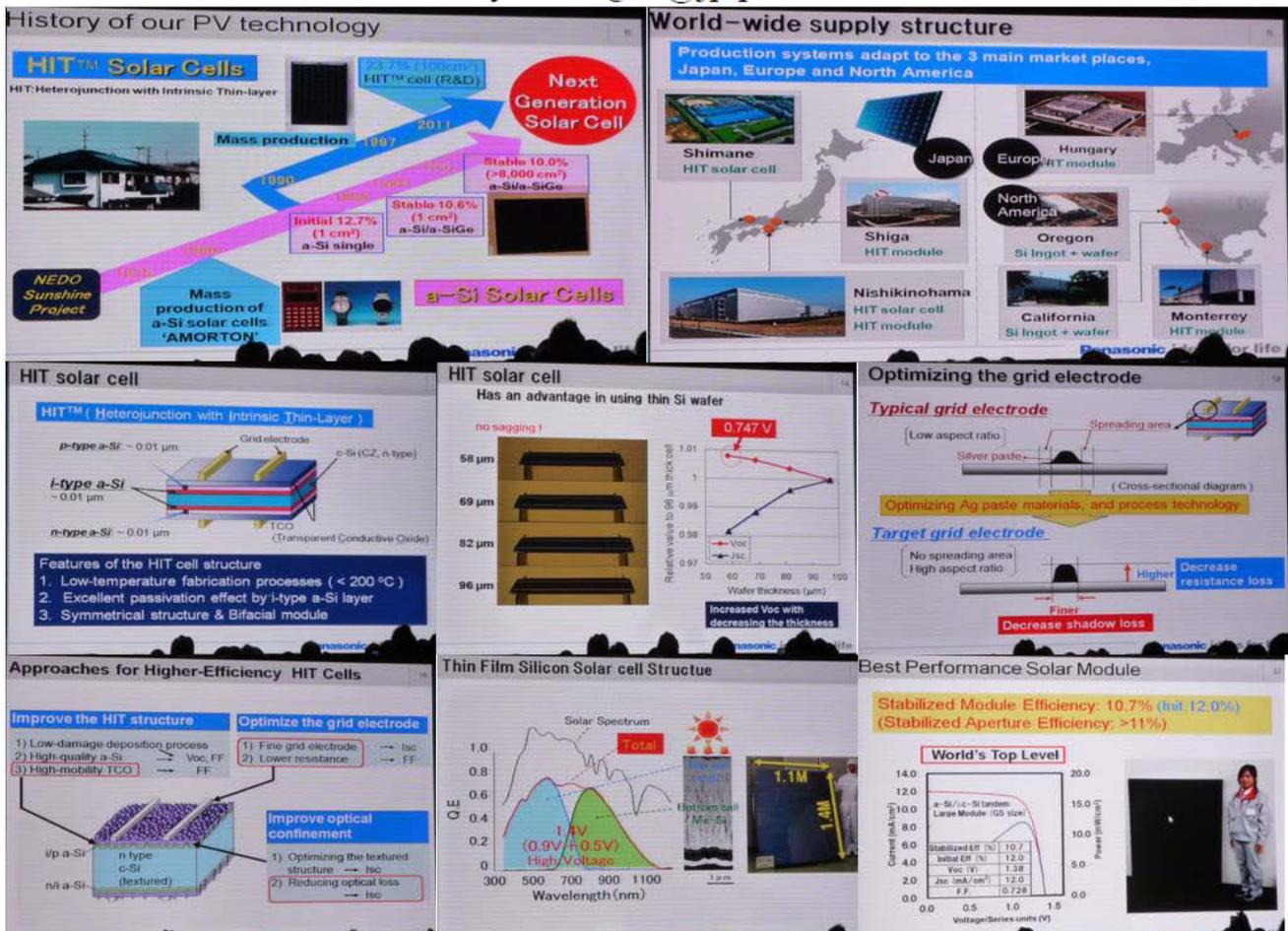


圖 13、日本松下在會場中對先進的太陽能電池部份簡報內容

在簡報中提到微晶矽($\mu\text{c-Si}$)製程使用的電漿設備稱為 LPC-CVD 簡報內容如圖 14 所示，此電漿源使用 VHF 電漿源，報告中並揭露此電漿源部份結構，電極結構上布滿錐體噴嘴，製程氣體由噴嘴穩定和均勻噴出，錐體噴嘴間有均勻抽氣，使得氣體停留時間均勻，電漿可均勻分佈在電極面上，可參考簡報中電極所產生電漿分佈圖。電漿使用頻率在 27-40MHz，VHF 電漿功率密度在 $1.0\text{-}3.0\text{W}/\text{cm}^2$ ，製程壓力在 600-2000Pa，製程溫度 $100\text{-}200^\circ\text{C}$ ，鍍膜速率為 $<3\text{nm}/\text{sec}$ ，而一般 RF PECVD 鍍膜速率 $<0.3\text{nm}/\text{sec}$ 。報告中說明以前電漿源 $\mu\text{c-Si}$ 鍍膜速率為 $1.5\text{ nm}/\text{sec}$ 面積為 $200\text{mm}\times 200\text{mm}$ ，使用新式 LPC-CVD 電漿源 $\mu\text{c-Si}$ 鍍膜速率為 $1.8\text{ nm}/\text{sec}$ 面積可達 $1100\text{mm}\times 1400\text{mm}$ 。

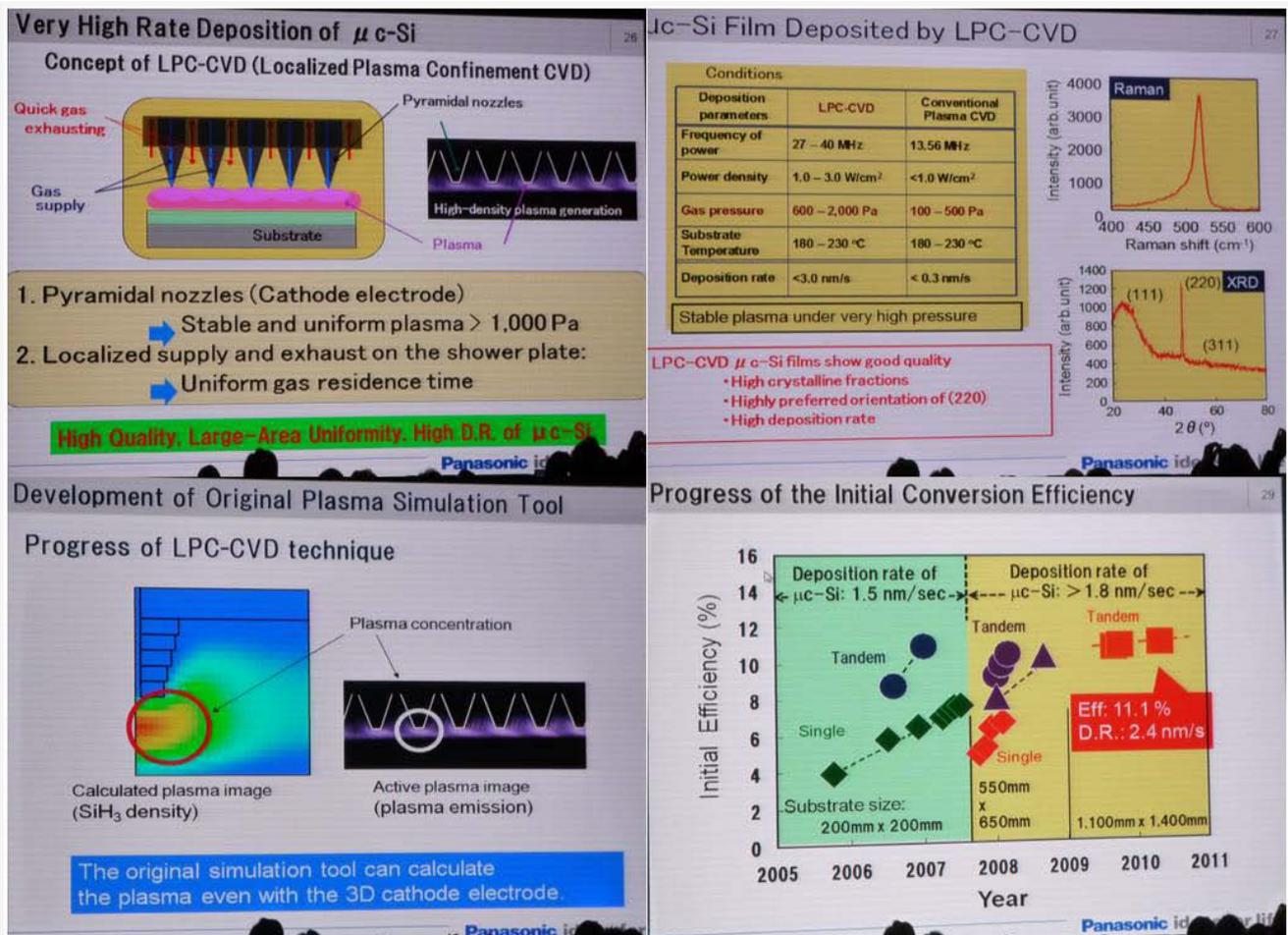


圖 14、微晶矽($\mu\text{c-Si}$)製程使用的電漿設備 LPC-CVD 部份簡報內容

會議簡報中對矽太陽能電池發展的最新進展和未來方向的報告簡報部份內容如圖 15 所示，簡報中先對未來太陽能電池價格、矽用量、尺寸大小價格及效率做預測，顯示在燃氣、風力、核能及太陽能發電中，在 2011 年太陽能及風力有顯著的增加。由 SEMI 對太陽能電池價格預測，在目前價格約在 $0.9\text{\$/W}$ ，未來至 2016 年將驅進 $0.5\text{\$/W} \sim 0.6\text{\$/W}$ ，並驅近於穩定價格。在矽用量方面將由 2011 年 500KG 逐年上升，預估至 2020 年達到 1100KG。而矽晶大小影

響單位成本，簡報中顯示在面積為 G5 大小時成本為 72.3RMB/KG，當面積到達 G7(1950mm×2250mm) 時成本將下降至 39.63RMB/KG。以 multi-wafer 為利在 G5 下成本約 1.7RMB/W，當規模達到 G7 時成本下降至 0.9 RMB/W。

Silicon solar cells: recent progress and future directions
M. Green
 University of New South Wales, Australia

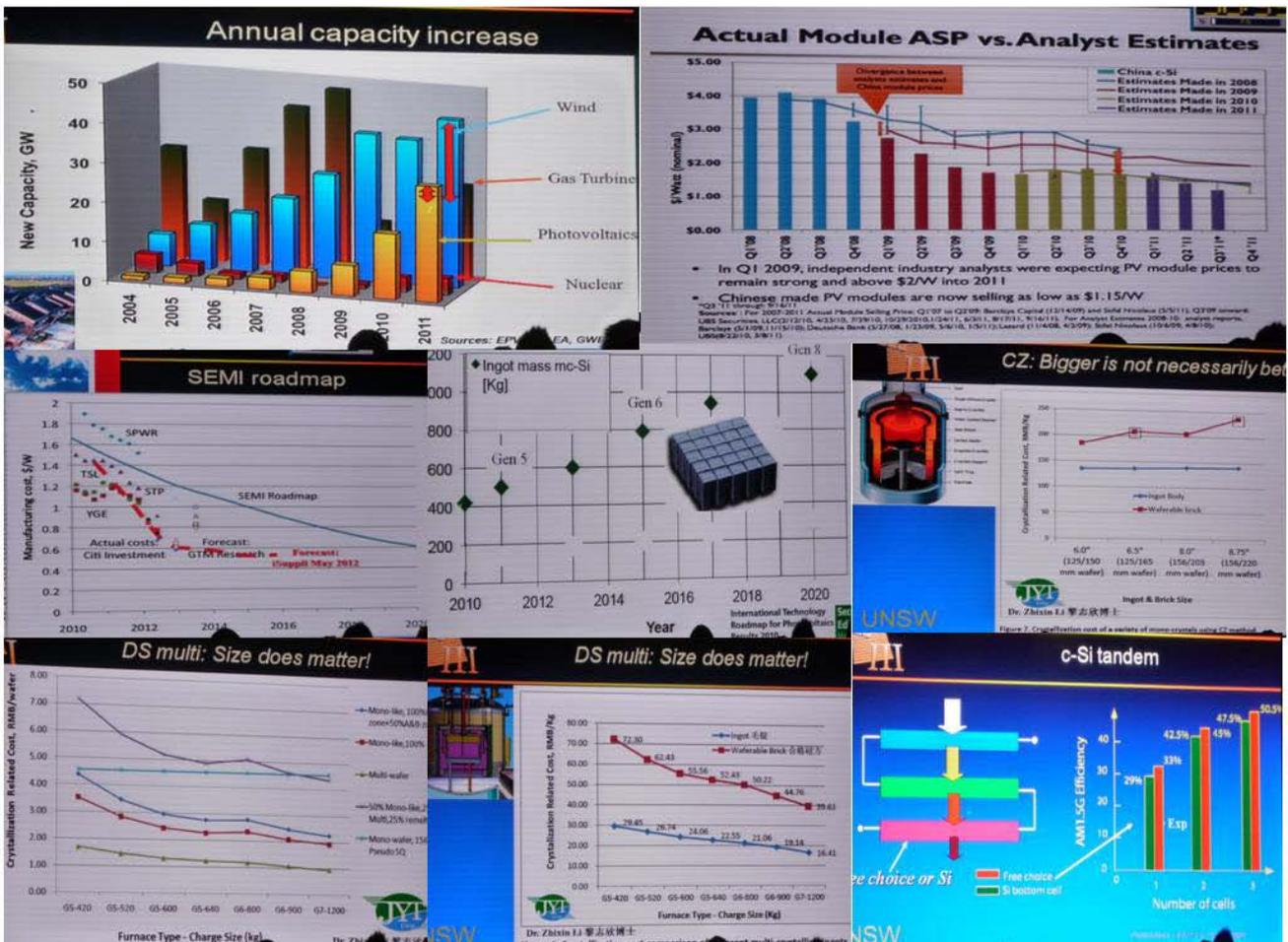


圖 15、簡報中對未來太陽能電池價格、矽用量、尺寸大小價格及效率預測

簡報中並介紹從 1974 年太陽能電池發展之結構，顯示在 1980 年代出現的 22% 效率的太陽能電池，到 1990 年代出現 25% 效率的太陽能電池，如圖 16 所示。簡報中對未來太陽能電池將運用太陽光譜所有波段及結構為堆疊多層結構，每層截取某一波段，預估未來太陽能電池發展的效率可能到達 40% 以上。

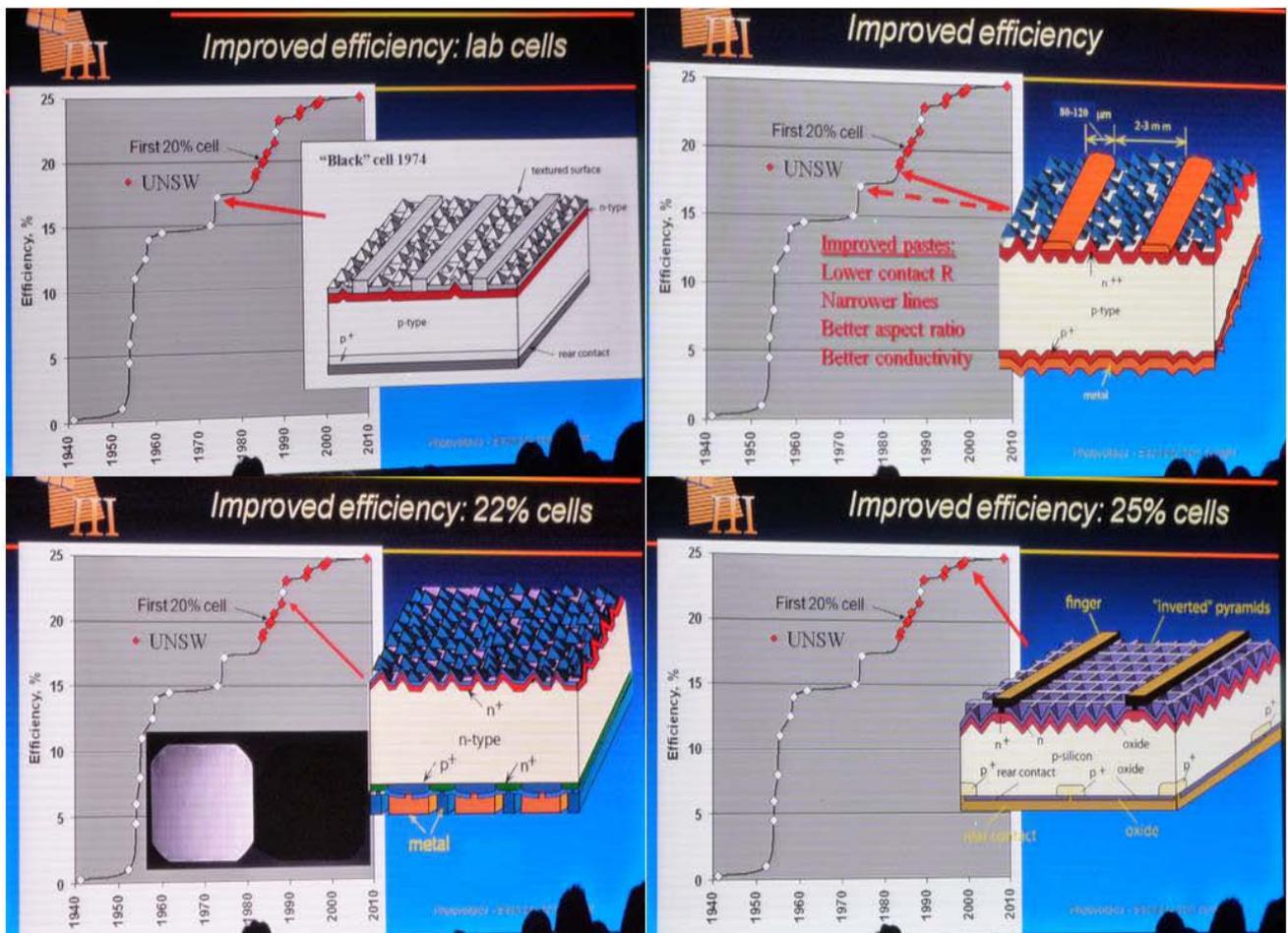


圖 16、太陽能電池發展之結構

而後介紹三種新一代高效率技術結構的太陽能電池如圖 17 所示，首先介紹雷射摻雜選擇性發射極 Laser Doped Selective Emitter (LDSE)，在目前實驗室生產的小面積測試電池最高效率可達 19.7%，原理是通過激光作用在摻雜源和矽片表面，利用激光融化原理，塗層的摻雜原子擴散到矽基材表面，當激光作用完後，矽基材冷卻並結晶，與摻雜原子形成合金。激光在整個過程中只起到了局部融化材料，同時摻雜源在一定的熱力學條件下快速擴散到矽表面，形成重摻雜區，使太陽能電池效率提升。第二種介紹 Metal Wrap Through (MWT) 金屬貫穿式背電極結構其效率達到 19.5%，配合使用金屬貫穿孔技術的導電材料，可將太陽能電池發電效率提升 0.4~0.6 個百分點，再加上 MWT 技術可減少一般模組封裝後效率減低的比率約 1%。

最後介紹 HIT 太陽能電池是採用晶體矽基板和非晶矽薄膜製成的混合型太陽能電池，所謂 HIT (Heterojunction with intrinsic Thinlayer) 結構就是在 P 型氫化非晶矽和 n 型氫化非晶矽與 n 型矽襯底之間增加一層非摻雜氫化非晶矽薄膜，採取該技術方法後，改變了 PN 結構的性能。因而使轉換效率達到 20.7%，開路電壓達到 719 mV，並且全部技術可以在 200°C 以下實現。簡報中表明 HIT 太陽能電池按單位面積計算的發電量保持著世界領先水準。HIT 具有製備技術工藝溫度低、轉換效率高、高溫特性好等特點，是一種低價高效電池，且轉化效率高，意味著它

更加具有可與傳統的矽晶太陽能電池相匹敵的優勢。

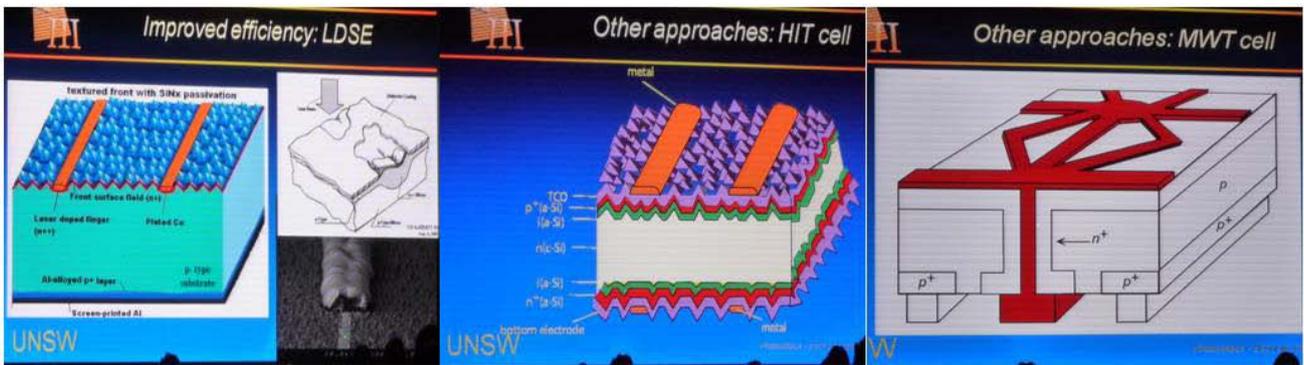


圖 17、新一代高效率技術結構的太陽能電池結構

會議簡報中介紹新非晶矽太陽能電池製作方式，此為一新方法唯效率過低，但非常適合大量生產，未來如果可行將可使太陽能電池價格降低普及率上升，如圖 18 為簡報使用溶液製作氫化非晶矽太陽能電池的流程，圖 19 為簡報中氫化非晶矽溶液化學結構，圖 20 為簡報中的部份投影片，此簡報為這次研討會中唯一使用旋轉塗佈方式製作太陽能電池，如果以大形機器製作將可大量製造及降低成本，但此太陽能電池轉換效率低，卻極有發展淺力。製作過程在論文中表述所有的矽層經由旋轉塗佈方式製作 p-i-n 層的方法是使用摻雜和非摻雜聚矽烷(polysilane)的方法解決。另外，在 Si 薄膜氫自由基的處理採用降低旋轉密度。經過這種處理的 Si 薄膜可以改善薄膜電性，並且能提高轉換的太陽能電池的效率，使效率增加 0.01% 至 0.51%。最後此報告的結論為此方法證明太陽能電池可採用矽烷溶液完成，並表明此製作 p-i-n 層結構程序為一未來的應用技術。

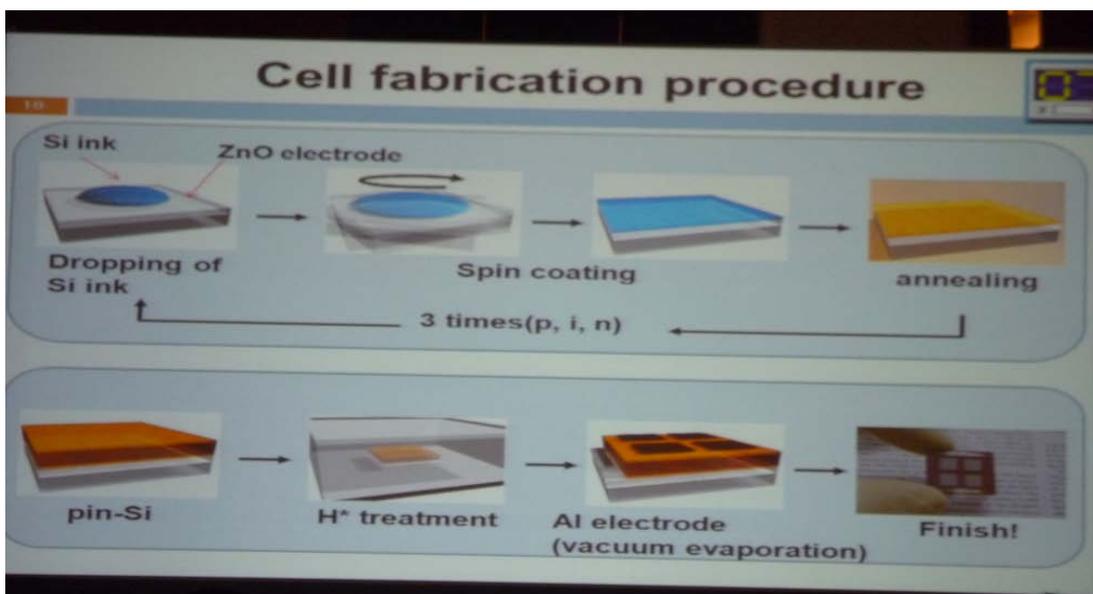


圖 18、簡報中使用溶液製作氫化非晶矽太陽能電池的流程

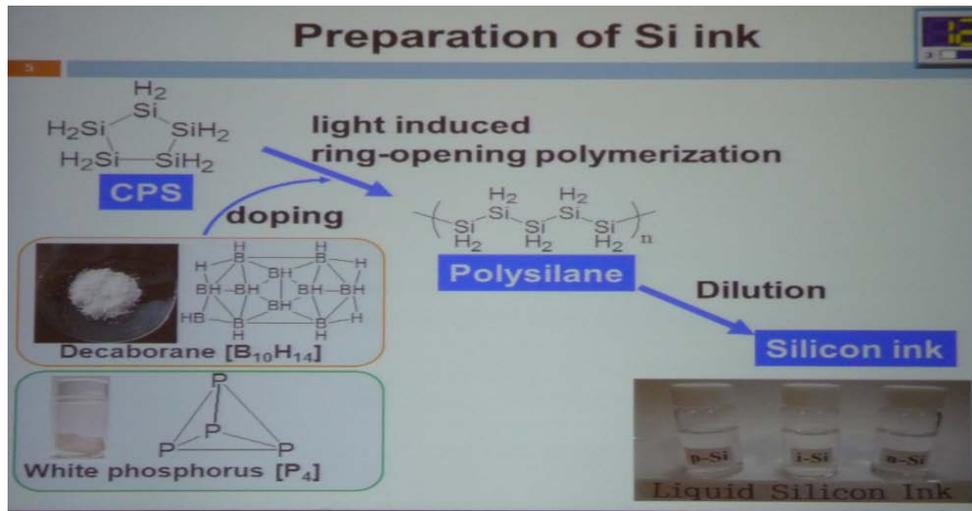


圖 19、簡報中氫化非晶矽溶液化學結構

a-Si:H solar cell made from silicon inks

T. Masuda^{1,2}, Y. Matsuki^{1,3}, T. Shimodas^{1,2}

1. Japan Science and Technology Agency, ERATO, Shimoda project, 2-13 Asahidai, Nomi, Ishikawa, 923-1211, JAPAN,
2. Japan Advanced Institute of Science and Technology, 1-1 Asahidai, Nomi, Ishikawa, 923-1292, JAPAN
3. Yokkaichi Research Center, JSR Corporation, 100 Kawajiri-cho, Yokkaichi, Mie, 510-8552, JAPAN.

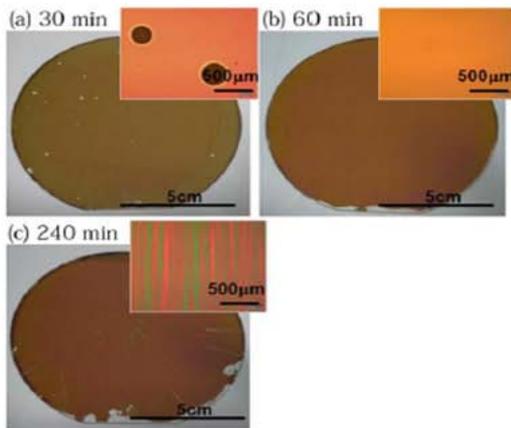


Fig. 4 photographic image of solution processed a-Si:H films. Polysilane was polymerized with different irradiation time (a)30 min, (b) 60 min, and (c) 240 min.

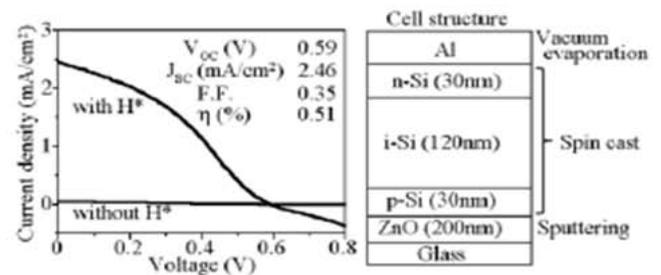


Fig. 6 Structure and J-V curves of the cells with/without H* treatment.

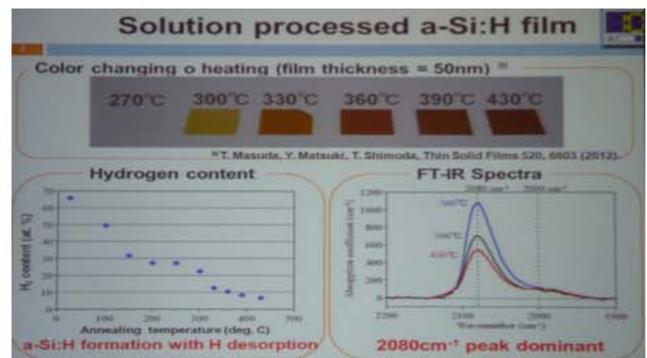
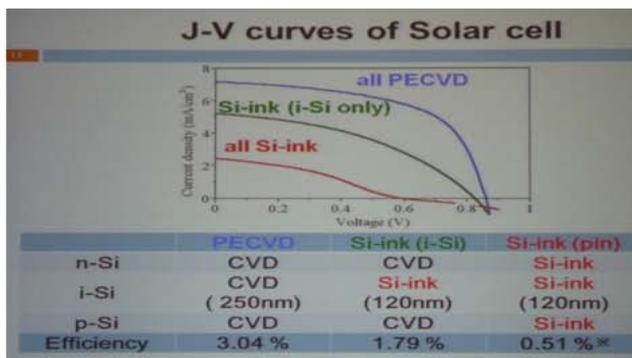


圖 20、使用溶液製作氫化非晶矽太陽能電池部份簡報圖

如圖 21 為此會議中對雷射光蝕刻圖案化技術，報告說明在單片串聯非晶矽 (a-Si) 太陽能電池模組製造程序，在第三步驟圖案化工序 (P3) 的消融矽層和背接觸層為最關鍵的過程。在報告研究中控制雷射光峰值功率值 (P_{peak}) 以波長 532nm 雷射光脈波時間 5-15ns 以不同的參數條件在面積較大的 a-Si 模塊 (1300 毫米×1100 毫米) 進行調查 P3 劃線和電氣性能的影響和品質。報告中使用雷射光消融線測試太陽能電池，獲得 P_{peak} 剛剛高於 1.25 千瓦為最佳值。過高 P_{peak} 導致較大的熔化區域，導致太陽能電池組件的性能惡化。可以改變雷射光 P_{peak} 參數，改變二極管的電流和頻率，一個小衰減因子使得二極管在大電流及低頻率下有高 P_{peak} 值

Effects of laser peak power on P3 pattern process in silicon thin film solar module fabrication

R. Sun, H. Wang, J. Wang, C. Xu, L. Lu, D. Wang, Y. Huang, H. Jia*, Y. Mai
Baoding Tianwei Solarfilms Co., Ltd., Baoding 071051, China

Effects of laser peak power on P3 pattern process in a-Si thin film solar cell fabrication
R. Sun, H. Wang, J. Wang, C. Xu, L. Lu, D. Wang, Y. Huang, H. Jia*, Y. Mai
Baoding Tianwei Solarfilms Co., Ltd.

Introduction
series connection:
Laser scribing:
* sharp edge
* no micro-crack/flakes
The scribing quality was affected by:
* Micromachining system
* Film properties
* Laser system

Peak power Measurement and Calculation
laser micromachining system:
➢ Solid state laser source Nd:YVO₄
➢ Wavelength $\lambda=532$ nm
➢ TEM₀₀ mode
➢ Pulse durations $\tau=9-15$ ns
➢ Use an external attenuator
TFSC-5G laser micromachining system (EO Technics Co., Ltd.)

Effect of laser parameters on peak power
large diode current
small attenuator
low frequency
Measurement $P_{average}$
Calculation P_{peak}
high P_{peak}
the influence of P_{peak} on solar module (1.1m × 1.3m a-Si single junction)
1600nm BZO
220nm Si
1600nm BZO
glass
laser

Introduction
Laser system: P_{peak}
* diode current
* attenuator
* frequency
* ...
 P_{peak} an effective factor to monitor the laser scribing process.
 P_{peak} : (1) maximum of power and time-domain function.
(2) power FWHM in pulse duration
➢ P_{peak} embody other parameters change.
In this work:
□ monitored P_{peak} under different laser parameters
□ investigated P_{peak} effects on P3 quality and module performance

Summary
□ Monitored the P_{peak} under different laser parameters
* P_{peak} is a useful indicator of the quality of P3 process
* P_{peak} could be changed by laser parameters
* large diode current / small attenuator / low frequency resulted in high P_{peak}
□ ~1.25 kW is threshold value for the P_{peak} of P3 process.
 $P_{peak} \sim 1.25kW$ → well done
 $P_{peak} < 1.25kW$ → uncompleted removal
 $P_{peak} > 1.25kW$ → thermal damage on P3 line
deteriorated modules' electrical properties

圖 21、最佳雷射蝕刻 P3 矽層和背接觸層為最關鍵的過程之研究部份簡報

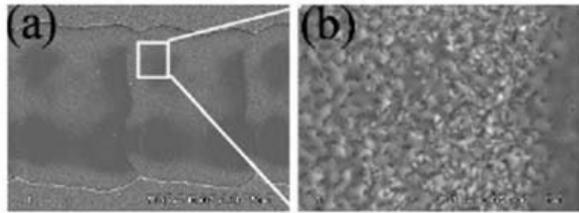


Fig. 5 The SEM pictures of P3 pattern with P_{peak} (b) 1.25 kW

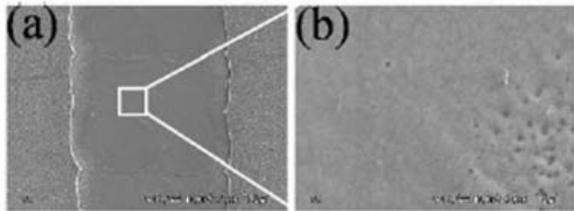


Fig. 6 The SEM pictures of P3 pattern with P_{peak} (b) 1.98 kW

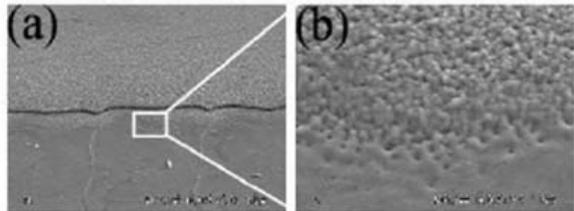


Fig. 7 The SEM pictures of P3 pattern with P_{peak} (b) 2.56 kW

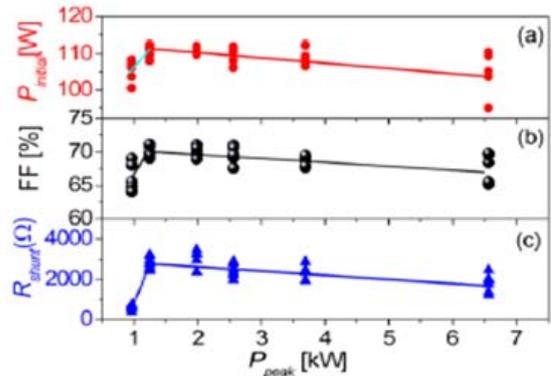


Fig. 8 initial power ($P_{initial}$), Fill factor (FF) and R_{shunt} of a-Si thin film solar cell modules fabricated under different P_{peak}

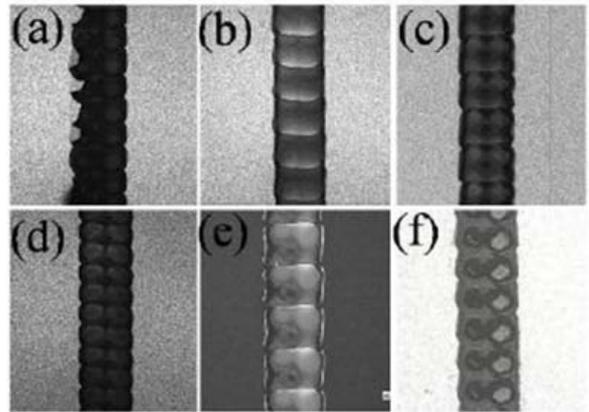


Fig. 4 P3 patterns with different P_{peak} (a) 0.97 kW, (b) 1.25 kW, (c) 1.98 kW, (d) 2.56 kW, (e) 3.69 kW, (f) 6.56 kW

圖 22、最佳雷射蝕刻 P3 矽層和背接觸層為最關鍵的過程之研究內容

下列報告為此次會議中有關可撓式基板鍍膜之資料，資料中包括 PET、聚酰亞胺 (PI) 及不銹鋼可撓式材料鍍製太陽能電池的報告，說明捲揚式電漿鍍膜設備研發可撓式輕薄的太陽電池模組，預期將會加速其應用之發展，目前中日韓歐美正積極拓展相關應用領域，本所正順此趨勢發展，擺脫國外設備整廠輸出(Turnkey solution)的限制，開發本土化設備，產出具差異化技術競爭優勢。

會議報告中以低溫共蒸鍍方法在可撓性聚酰亞胺鍍製 $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ 並以原位 X-射線分析如圖 23 所示，報告中說明可撓性聚酰亞胺 (PI) 為重量輕，可應用於 roll-to-rol 系統鍍製 $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ (CIGSe) 薄膜太陽能電池，此基材可承受溫度高達 420°C ，而 CIGSe 理想生長溫度約 200°C 以下。簡報中使用通過原位能量分散型 X 射線衍射儀 (EDXRD) 量測 CIGSe 結晶材料共蒸鍍在低溫 (420°C) 和標準 (530°C) 所形成的相位，並比較在玻璃上成長的差異，發現主要差異發生在銅成長的階段，其中的最大的差異出現在溫度高低。

In situ X-ray analysis of a low-temperature Cu(In,Ga)Se₂ co-evaporation process for flexible polyimide foil

D. Greiner¹, C. A. Kaufmann¹, R. Mainz¹, H. Rodriguez-Alvarez¹, A. Weber¹, M. D. Heinemann¹, J. Lauche¹, M. Klaus¹, C. Genzel¹, H.-W. Schock¹

¹Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, Hahn-Meitner-Platz 1, 14109 Berlin, Germany

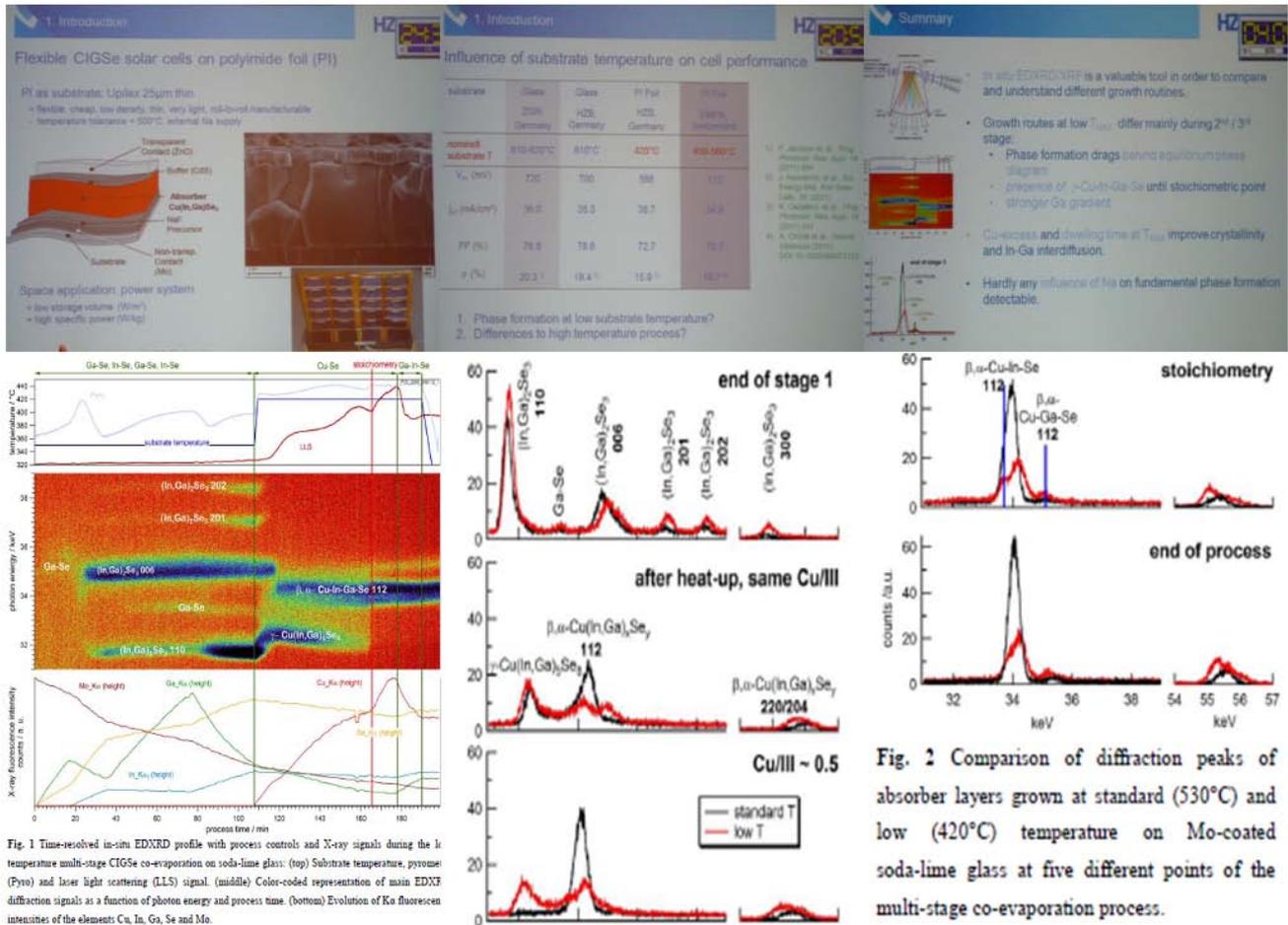


圖 23、低溫共蒸鍍方法在可撓性聚酰亞胺鍍製 Cu(In,Ga)Se₂ 之研究內容

此篇報告為聚酰亞胺基板鉬背膜接觸 Cu(In,Ga)Se₂(CIGS)太陽能電池的研究如圖 24 所示，聚酰亞胺 (PI) 由於聚合物性質具有比較高的熱膨脹係數 (CTE)，Mo 膜熱膨脹係數是低於的 PI，因此鉬膜結構適合在 PI 基板上，作為 Cu(In,Ga)Se₂(CIGS)的背面接觸，鉬薄膜已經可以運用 DC 濺射沉積在 PI 表面。報告中說明測試不同 Ar 氣壓力製程下的 Mo 薄膜的性質。研究中證明 Mo 薄膜的殘餘應力與製程氣體壓力有關，增加的氣體壓力可減少 Mo 薄膜的應力，而且 Mo 薄膜有較少的裂縫時，是在更高的氣體壓力製程下沉積的。霍爾測量 Mo 薄膜電阻率證明薄膜製程壓力越高電阻率會變得更高。報告中最後結果得到 Mo 薄膜鍍製在 PI 上附著力、殘餘應力及電子特性的性能改善。

Research on Mo back contact of Cu(In,Ga)Se₂ solar cell on polyimide substrate

Jingjing He, Wei Liu*, Zhiguo Li, Anjun Han, Yun Sun**

Institute of Photo-Electronics Thin Film Devices and Technique, Key laboratory of photo electronics thin film devices and technique of Tianjin, College of Information Technical Science, Nankai University, Tianjin 300071, China

Table 1. Macroscopic characteristics of different Mo films: "Curl" is shown whether the substrates with Mo thin films can stay flatten on the level surface; "Adhesion" is assessed by the tape test.

Samples	Curl	Adhesion
Mo_0.2	YES	POOR
Mo_2	NO	GOOD
Mo_5	NO	GOOD
Mo_10	NO	POOR

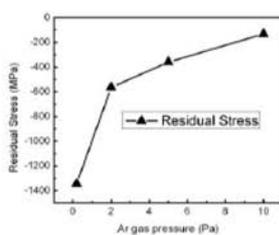


Fig. 2 Evolution of the residual stress for Mo films PI substrate at different Ar gas pressure

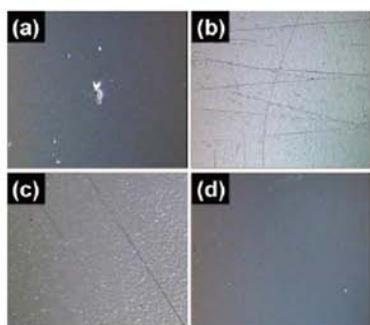


Fig. 1 Optical microscope images (x50) of (a) Mo_0.2, (b) Mo_2, (c) Mo_5 and (d) Mo_10 structures

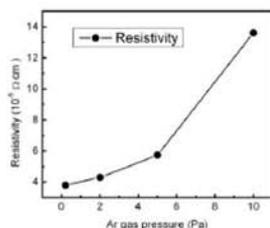


Fig. 5 Resistivity variation of the Mo films sputtered with different gas pressure

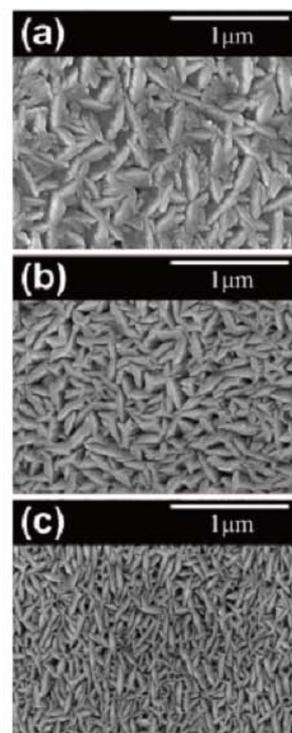


Fig. 4 SEM micrographs of (a) Mo_0.2, (b) Mo_2 and (c) Mo_10

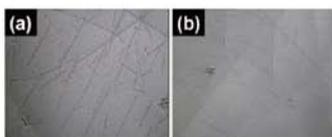


Fig. 6 Optical microscope images (x50) of (a) bi-layers and (b) tri-layers

圖 24、聚酰亞胺基板鉬背膜接觸 Cu(In,Ga)Se₂(CIGS)太陽能電池之研究內容

會議中有關捲楊式(Roll to Roll)系統發表的研究是由中國航天科技集團公司(China Aerospace Science and Technology Corporation)所發表有關捲楊式系統及可撻式太陽能電池之論文如圖 25 所示，是以捲楊式所發展之非晶矽太陽能電池，可鍍製於 300 毫米寬的聚酰亞胺(PI)基板的技術。聚酰亞胺基板使用厚度為 25um 並先鍍製 Ag/AZO 導電層，而矽薄膜之 N、I、P 層鍍膜三個步驟在此捲楊式腔體中完成，並對 H₂/SiH₄ 的最佳製程比例做研究，並對此結果做太陽能電池的穩定性研究做 100 小時光暴露測試 (Light soaking)，是以測試通過模擬太陽照射

之方法，穩定薄膜模組之電性能，平均效率下降 9.65%，主要是由於短路電流密度的降低。最後以可撓式機板(PI)鍍膜結果短路電流密度為 $2\text{mA}/\text{cm}^2$ ，a-Si/H 太陽能電池轉換效率在 PI 基板上達到 6.5%。

圖 26 為所發表論文中的捲揚式系統結構圖，圖中主要腔體分五部份，收放料腔體及太陽能電池 N、I、P 三層鍍膜腔體，每層使用氫氣做為此三層製程鍍膜隔離氣體，圖中的收料腔體中包痕含鍍膜完成後貼合保護膜。

Fabrication of Large-area Amorphous Silicon Solar Cells on Flexible Substrate Using Roll-to-roll Technology

Zhou lihua, Ye xiaojun, Tang daoyuan, Wang xiaoshun and Jiang shuai

Center for Photovoltaic Engineering, Shanghai Institute of Space Power Sources,

Introduction

- Fabricate large-area a-Si:H solar cell on 2490mm-wide polyimide (PI) substrate continuously by roll-to-roll technology.
- Optimize performance of a-Si:H solar cell using pulsed increased silicon concentration (new 1-layer cell).
- Research the stability of the roll-to-roll system.
- Obtain high efficiency a-Si:H solar cell with good light soaking stability.

Experiment

Substrate: PI, 2490mm; Ag/ZnO back (ITO) and ITO: roll-to-roll sputtering system; silicon: PECVD system; simulated 1-sun solar concentration; light soaking: 100 hours, 1000W/m².

Performance of the two kinds of cells

Parameters	Old cell	FF (%)	Ef (%)
V _{oc} (mV)	948.81	61.66	4.71
J _{sc} (mA/cm ²)	11.34	87.76	2.96

Stability of the new cell

a-Si:H solar cell: 6.5% (AM0, 64cm²)

Conclusion

• Via pulsed increased silicon concentration of 1 layer improves the short-circuit current by 26% compared with constant silicon concentration.

• The stability of the solar cell with new 1-layer is improved because of the increased H₂ dilution.

• Single junction a-Si:H solar cell with efficiency about 6.5% is achieved on the PI substrate by R2R's roll-to-roll pilot line (2490mm).

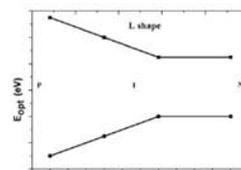


Fig.3 Band gap profile of the increased H₂/SiH₄ ratio solar cells.

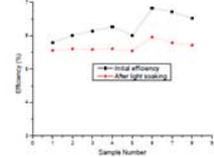


Fig.4 Efficiency change of the increased H₂/SiH₄ ratio solar cells after 100 hours light soaking.

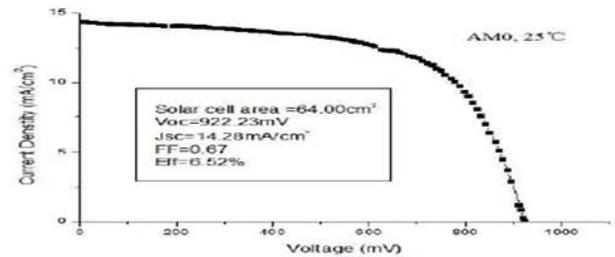


Fig.5 IV and spectral response result of the optimized solar cell

圖 25、捲揚式發展之非晶矽太陽能電池之研究

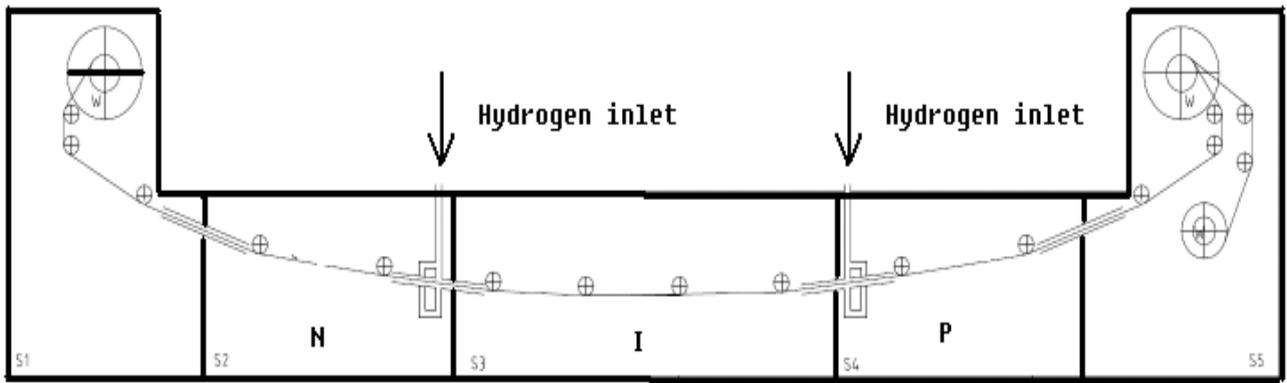


圖 26、捲揚式發展之非晶矽太陽能電池論文中設備結構圖

如圖 27 中國航天科技集團公司使用 Inline 鍍膜設備鍍製對非晶矽薄膜沉積氣體的光學研究，運用氣體噴射化學氣相沉積法配合使用電子束在玻璃基板上混合矽烷和稀釋劑氣體（Ar，H₂）。並記錄光學穿透光譜研究查光學的屬性，並以不同溫度作測試，量測在 500-1000nm 範圍內的光譜，測定折射率及吸收係數下的光譜干涉條紋以得的到包絡法及 PUMA code。成長溫度造成空閥區濃度的減少，使得折設率及吸收系數增加，此與薄膜中氫濃度減少與基板加熱光學能帶隙值減少是有相關，在較薄弱的地區的邊界和較強的吸收（1.7 - 1.8 eV）清晰可辨，此研究主要說明隨著氫濃度的增加，在非晶矽價帶邊緣向下移動而導致增加在能帶間的差距。

Optical studies of amorphous silicon thin films

Evgeniy Baranov¹, Alexander Zamchiy^{1, 2}, and Sergey Khmel^{1, 2}

1. Institute of Thermophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentiev Ave. 1, 630090 Novosibirsk, RUSSIA,
2. Novosibirsk State University, Pirogova Str. 2, 630090 Novosibirsk, RUSSIA

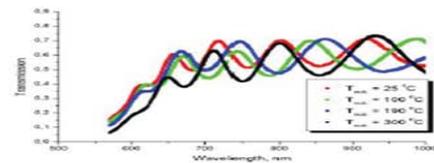


Fig. 2 The spectral transmittance of amorphous silicon films synthesized at different substrate temperatures

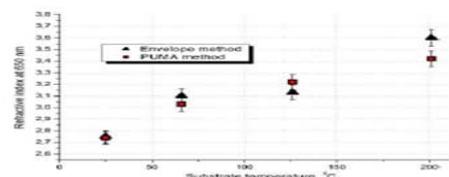


Fig. 3 The dependence of the refractive index (at wavelength 650 nm) on the substrate temperature

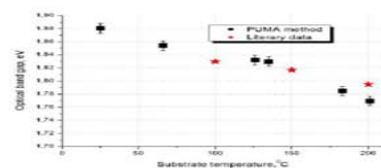


Fig. 4 the dependence of the optical band gap versus the substrate temperature in comparison with literature data [10]

圖 27、使用 Inline 鍍膜設備鍍製對非晶矽薄膜沉積氣體的光學之研究

如圖28為中國航天科技集團公司使用Inline設備鍍製非晶矽/非晶矽鍺（a-Si/a-SiGe）串聯的太陽能電池在可撓性聚酰亞胺(PI)基板報導。論文中說明理想p層的寬能隙在a-Si太陽能電池是不適當的，而窄帶隙的a-SiGe太陽能電池則是因為能帶偏移。論文中表明P層沉積在140°C製程條件下可在a-SiGe i層形成良好的界面，並獲得適當的重組為 tunnelling 界面結構，此界面為a-Si/a-SiGe疊層太陽能電池中的N⁺（a-Si:H）/P⁺（nc-Si:H）界面。並以此條件在可撓性聚酰亞胺基板完成a-Si/a-SiGe的堆疊式太陽能電池，測試轉換效率可達11.21%。

AMORPHOUS SILICON / AMORPHOUS SILICON GERMANIUM TANDEM SOLAR CELLS ON FLEXIBLE POLYIMIDE SUBSTRATES

Cheng Liu, Zhengjun Xu, Junkun Yang

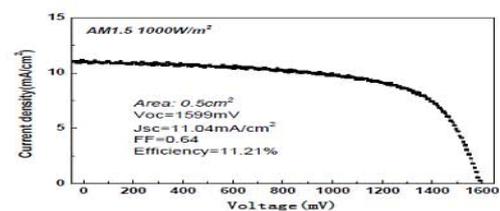
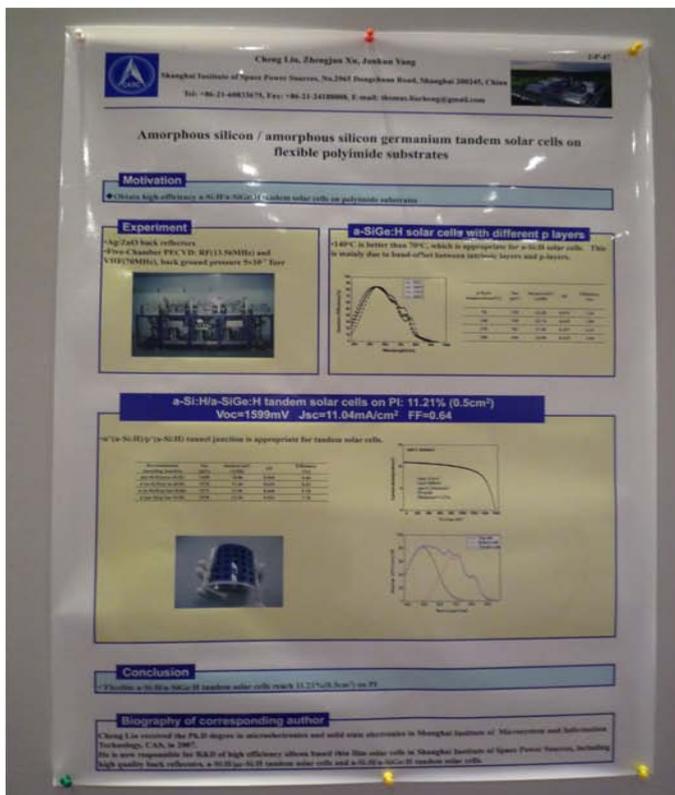


Fig.2 J-V Curves of a-Si/a-SiGe tandem solar cells(AM1.5, 1000W/m²)

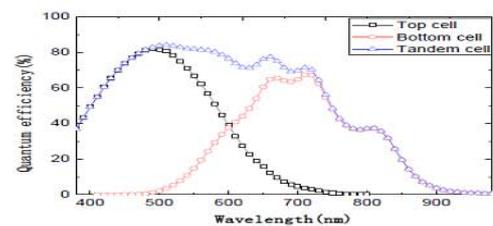


Fig.3 Quantum efficiencies of a-Si/a-SiGe tandem solar cells



圖 28、太陽能電池鍍製在可撓性聚酰亞胺(PI)基板之研究

此篇在報告說明非微晶堆疊（Micromorph）薄膜矽太陽能電池可撓性基板的發展如圖29所示，首先對Ag/ZNO的背反射層BRs（back reflectors）的表面和結構特性進行研究。對此BRs的表面形貌與衍射峰強度之間找到一個明確的相關性。以優化的微晶矽的本質層和穿隧接點，使微晶矽太陽能電池的轉換效率達到12.31%。在25mm²厚50μm的不銹鋼（SS）基材上微晶矽太陽能電池轉換效率為7.79%，而在厚38μm聚酰亞胺（PI）的可撓性基板轉換效率為7.06%，在太陽能電池的聚酰亞胺上的具體功率可超過800W/kg。

DEVELOPMENT OF MICROMORPH SILICON SOLAR CELLS ON THIN FLEXIBLE SUBSTRATES

Cheng Liu, Lihua Zhou, Xiaoshun Wang, Daoyuan Tang, Junkun Yang, Mingbo Chen
 Shanghai Institute of Space Power Sources, Shanghai 200245, China

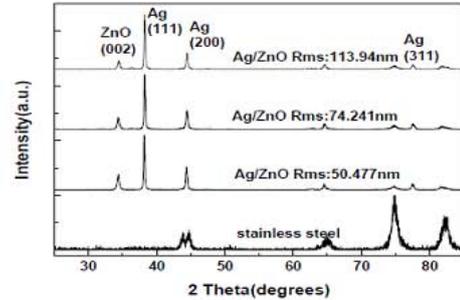
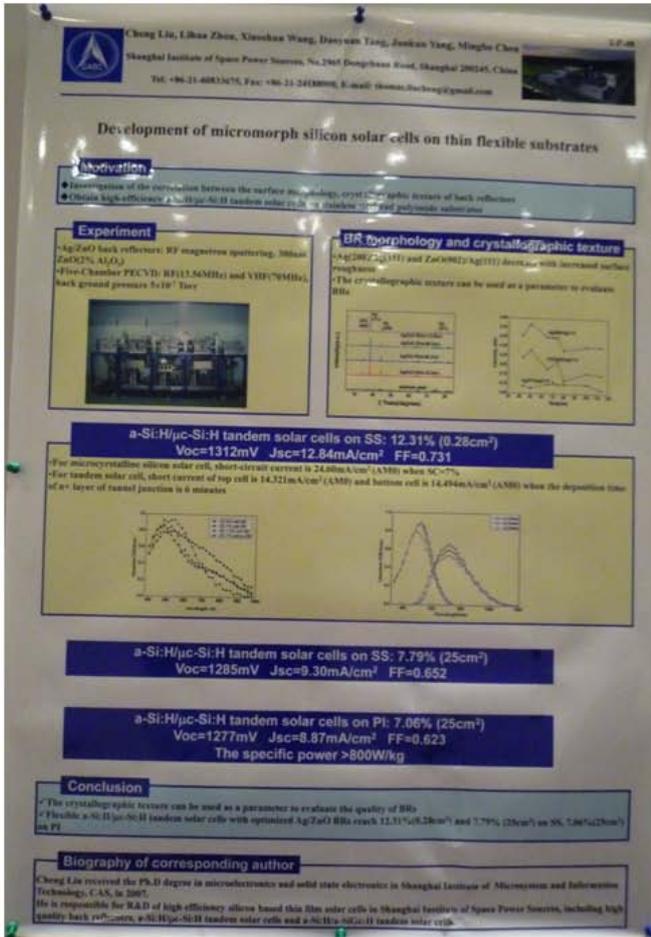


Fig.1 XRD images of Ag/ZnO back reflectors

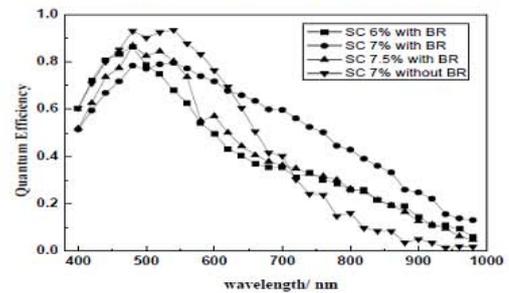


Fig.3 Quantum efficiencies of microcrystalline silicon cells

Table.1 Electrical parameters of micromorph solar cells(AM1.5)

Substrate	Area (cm ²)	Voc (mV)	Jsc (mA/cm ²)	FF	Efficiency (%)
SS	0.28	1312	12.84	0.731	12.31
SS	25	1285	9.30	0.652	7.79
PI	25	1277	8.87	0.623	7.06

圖 29、非微晶堆疊式薄膜矽太陽能電池可撓性基板的發展研究

如圖 30 矽薄膜太陽能電池基底 p 型非晶矽 SiO:H 的適用性之研究，它研究寬能帶間隙窗戶層的應用，窗戶層為它一受光面要兼具透光性及導電性，接近受光面的太陽電池材料選擇上，會選用寬能帶間隙的材料，再漸漸減小能帶間隙，因為寬能帶間隙的材料僅能吸收能量較大的光，這種設計能盡量使大部份的光進到太陽電池內。ZnO 是屬寬能帶間隙材料。最後於可撓性 PET 材料備製太陽能電池，報告內容如下，寬能帶間隙窗戶層的應用是最重要的技術之一，可提高矽薄膜太陽能電池的光電轉換性能。非晶矽碳合金(amorphous silicon-carbon-alloy) a-SiC:H 和非晶氧化矽合金(amorphous silicon-oxygen-alloy) (a-SiO:H)材料具有廣泛用作為窗戶層。a-SiO:H 成長機制尚未詳細的研究。在這篇報告中主要集中在 B-摻

雜的 a-SiO:H 的成長過程中和它的矽薄膜太陽能電池窗戶層的適用性。P 型 α-SiO:H 薄膜的製備使用的電容性耦合 RF (13.56MHz) 電源，使用 PECVD 系統，並使用 B₂H₆/SiH₄/H₂/CO₂ 混合氣體。基材表面溫度為 200°C。設定摻雜比 (B₂H₆/SiH₄) 在 5000 ppm 和氣體流量比 CO₂/SiH₄ 固定在 6/4。輸入 RF 功率、總氣體流量及工作壓力保持在恆定值。進行測試暗電導率，光學帶隙及氫的含量，以知道得到的 p 型 a-SiO:H 薄膜的電子和結構特性。測試結果隨著基板溫度增加，p-a-Si:H 的暗電導率大幅上升，由於氫的含量減少使得光學能帶隙減小。量測 p-a-SiO:H 暗導電及基材溫度趨於飽和時，仍然保持 1.9eV 寬的光學能帶隙比。這一結果必須歸因於存在頂端和機材表面間氧原子的薄膜成生長過程，所以 p-a-Si:H 是可運用於窗戶層的矽薄膜系太陽能電池的材料，且備製低於原基板的溫度。將此結果在可撓性 PET/ZnO 塑料基板上製造太陽能電池，製備溫度使用低溫 125°C 鍍製 a-SiO:H，太陽能電池效率可達 6.3%

Applicability of p-type amorphous SiO:H to thin film silicon based solar cells

Takanori Maeda^{1*}, Yoshihiko Kitani¹, Shota Kinoshita¹,

Yasushi Sobajima^{1,2}, Chitose Sada^{1,2}, Akihisa Matsuda^{1,2}, Hiroaki Okamoto^{1,2}

¹Graduate School of Engineering Science, Osaka University, Toyonaka Osaka, 560-8531, Japan,

²JST-CREST

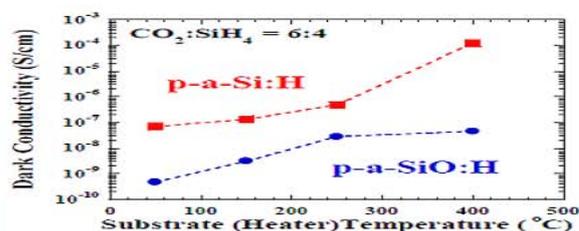
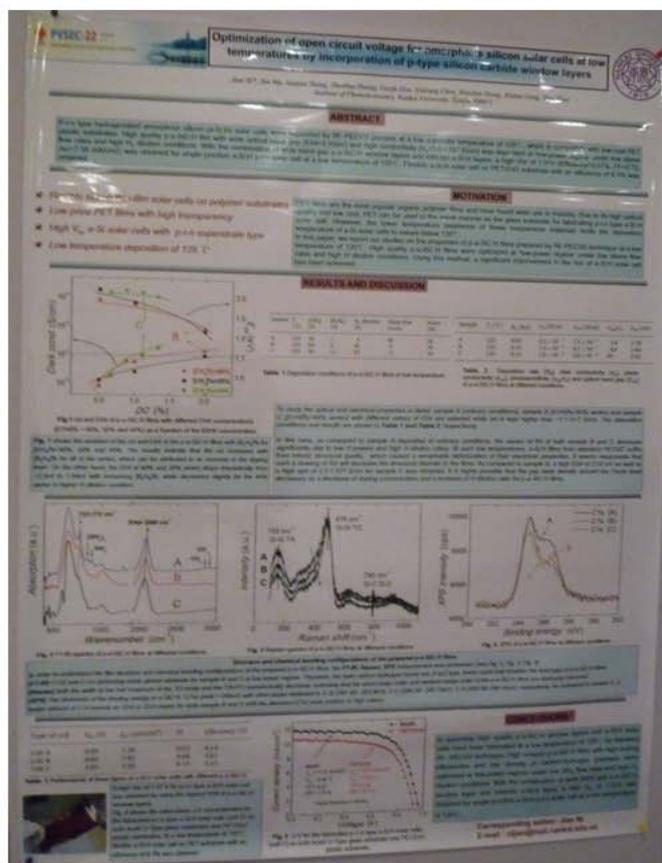


Fig.1: Dark conductivity of p-a-Si:H and p-a-SiO:H films as a function of substrate (heater) temperature during film growth.

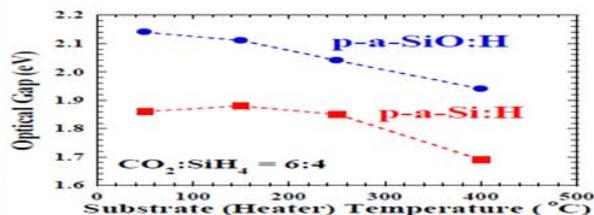


Fig.2: Optical gap of p-a-Si:H and p-a-SiO:H films as a function of substrate temperature during film growth.

Table. 1 Performance of three types of a-Si:H solar cells with different p-a-SiC:H.

A high Voc of 1.01 V for p-i-n type a-Si:H solar cell was obtained by using the highest E04 of p-a-SiC:H window layers.

Fig. 5 shows the initial photo J-V characteristics for the fabricated p-i-n type a-Si:H solar cells (cell C) on both Asahi U-Type glass substrates and PET/ZnO plastic substrates. At a low temperature of 125°C, flexible a-Si:H solar cell on PET substrate with an efficiency of 6.3% was obtained.

圖 30、矽薄膜太陽能電池基底 p 型非晶矽 SiO:H 的適用性之研究
第 26 頁

四、建議事項

- (一)在薄膜太陽能電池應用方面，藉由本組薄膜太陽能電池研發與儲能或、節能等元件間相互整合，藉以發揮薄膜太陽能電池最大效益，此研發方向與本組目前電漿領域發展方向一致。
- (二)電漿製程技術為目前太陽能電池元件發展主流，利用電漿沉積半導體並應用於可撻式太陽能電池薄膜元件技術仍是全球研究重點項目之一，此研發方向與本組目前電漿領域發展方向一致。
- (三)可撻式電漿鍍膜設備及技術屬次世代研發熱門技術，技術掌握在先進國家，目前本組正進在進行此項技術開發，與次世代研發技術發展方向一致。
- (四) 可撻式太陽能電池元件發展技術，主要以電漿設備及電漿製程技術為主，電漿研究領域發展為本組主要技術，開發過程必須與廠商共同參與合作開發，並主動搭配廠商，方能發揮整體效益。
- (五)第 23 屆太陽能光電科技與工程國際研討會明年將在臺灣舉行，屆時請把握此難得機會，請本所不同類型太陽能研發單位踴躍投稿，以提升本所研發技術及國際能見度。