

計畫編號:105-D0104

# 研究機構能源科技專案

105年度執行報告

## 高性能太陽光電系統技術研發計畫

年度計畫:自105年1月1日至105年12月31日 執行單位:財團法人工業技術研究院

中華民國 106 年 3 月

研究機構能源科技專案一〇五年度執行報告

# 期末審查意見回復表

105年度「高性能太陽光電系統技術研發」計畫執行單位:財團法人工業技術研究院

序號	審查意見	回復意見及應改善事項
1	本計畫在成果績效	谢谢委員的意見。
	上應有延續性之追	(1) 矽晶電池:以表面鈍化技術與昱晶公司合作,
	蹤說明。例如:前兩	開發高效率 PERC 太陽電池, 創下國內最高的
	年所提報之技轉或	21.4%記錄,以及與太陽光電公司合作 P 型雙
	廠商投資,目前進	面太陽電池之應用。銅電鍍電極技術,包括
	度如何等。	有:與昱晶於雷射轉印電極上之增厚應用,與
		元晶於低成本 PERC 電池之應用、與茂迪公司
		於 N 型太陽電池之應用等,期能加速其產業
		化,提升國內太陽電池技術能量。
		(2) 異質接面電池:與鉅安科技合作,提升業者製
		程能力,促成投資雷射與快速退火爐,目前接
		單穩定。與聯相光電合作,協助建立基本矽晶
		太陽電池技術,並成功申請工業局補助計畫
		「熱穿透型 BIPV 模組與安裝工法開發」,目前
		該公司在高毛利的 BIPV 市場佔有一席之地。
		(3) 模組封裝:與設計業者奇想創造合作,導入新
		型光波導模組設計,符合可靠度規格與安規確
		認項目,縮短商用設計與產品化差距,而光波
		導模組亦獲得國際設計大獎德國 Red Dot 殊
		榮,並已在模組廠商進行批量生產,將通過
		TUV 國際認證。輔導廠商開發國產自主設備技
		術,包括:樂利士的長脈衝光太陽光模擬器開
		發、光焱的校正參考電池開發,並搭配工研院
		的太陽光模擬校驗技術,對於國內重要功率量
		測的國產化供應鏈提供更完整服務,目前提供
		高效率背面鈍化(PERC)電池評價使用。

序號	審查意見	回復意見及應改善事項
		(4) 染敏電池:目前主要的合作廠商為台塑公司,
		每年投資金額約 3,000 萬,用於研發效率與壽
		命,近兩年更積極於工業物聯網的應用,將染
		敏電池技術結合感測器,於台塑內部開發,化
		工物聯網所需的感測器,近期將籌化試量產,
		規劃導入自動化並與整線技術進行整合,開始
		提供客製化服務。
2	本案有關銅電鍍製	谢谢委員的意見。
	程,國內量產線之	本計畫的銅電鍍製程技術,目前有昱晶、元晶、茂
	生產期程為何?技	迪等多家業者在工研院建置的平台上進行測試,於
	術瓶頸為何?	小量實驗上已有一定成果,但對於進行放大產能的
		品質製程穩定性仍尚有疑慮,再者國內廠商對於金
		額較大之設備投資仍持觀望態度,預估實際導入量
		產需再等待 2~3 年時間。除了上述因素外,還有
		廢水處理所需之成本不明,而工研院正在研擬解決
		方案,評估廢水集中處理商業模式之可行性。
3	本案銅電鍍電極太	謝謝委員的意見。
	陽電池效率可達	銅電鍍電極太陽電池與現有銀膠網印電極相較,在
	20.60%,於銅導電	性能上其線寬可縮減至30μm以下(現有銀膠電極
	層覆蓋銀保護層再	約 45 µm),除可增加照光面積外,電鍍電極與矽
	結合 PERC 電池技	表面的接觸電阻亦優於銀膠網印電極,更適於未來
	術,與現有之銀膠	高阻值射極之元件應用,可提升絕對效率
	網印電極性能上之	0.2~0.4%。在成本上由於銅的材料成本遠低於銀,
	差異及成本之優勢	在考慮設備成本等因素後,銅電極技術約可降低
	為何?此與低銀含	50%的電極成本,相當於電池成本的 5~7%。
	量導電漿料(銀含	在與低銀含量導電漿料的比較上,目前銅電電極主
	量 20wt%)之競爭	要使用雷射開孔於氮化矽抗反射層上進行圖案
	性為何?請說明。	化,不易於異質接面太陽電池等全面性導電的
		TCO 表面製作,故其目標載具元件為傳統結構太

序號	審查意見	回復意見及應改善事項
		陽電池。而低銀含量導電漿料,因其為了防止銅之
		氧化無法進行高溫燒結,故無法如傳統銀膠貫穿氮
		化矽以形成接觸,故其目標載具元件為如異質接面
		之下世代太陽電池。
4	國內 HJT 發展部	謝謝委員的意見。
	分,新日光已投入	新日光所使用的異質接面電池(HJT)之關鍵設備,
	試量產線,與本研	電漿輔助化學氣相沉積(PECVD)及反應式電漿沉
	究之技術差異為	積(RPD),皆向精曜科技購置。儘管國內其他廠商
	何?是否可提供業	都曾送樣給精曜打樣 HJT 電池,但只有新日光初
	界參考。	期先購買精曜的兩腔體 PECVD,並投入試量產
		線,其他廠商不敢貿然實行,主要在於 RPD 所需
		成本遠高出一般濺鍍設備3倍以上,靶材僅能由日
		本提供,保養週期縮短,使得成本居高不下;再加
		上大面積 PECVD 會受到駐波效應之影響,使得良
		率不易掌控。本計畫已朝改良型 HJT 技術發展,
		其關鍵在於避免使用 PECVD 及 RPD 等昂貴製程
		技術,而以爐管及傳統的濺鍍(Sputtering)技術取
		代,希望能提供業者適合量產具有成本效益的 N
		型太陽電池技術。
5	本案於無切割損太	謝謝委員的意見。
	陽電池之驗證效率	此技術國外已有數家新創公司進行試產,量產之關
	可達 18.7%,此項	鍵之一為高產能的磊晶設備,亦有日本東京威力
	技術是否有量產之	(TEL)等國外大廠進行開發,就長遠而言,此技術
	可能?國內預期之	仍有發展潛力。目前工研院所開發技術相較其他實
	量產期程為何?與	驗室而言,其差距不大(面積及效率指標)。就成本
	矽晶電池比較是否	而言,我們估算此技術優勢在於薄型晶片(≦120
	具成本優勢?與國	μm),但在實際量產上,三氯矽烷的供應來源是
	外之技術差異為	另一項關鍵,就此國內原有李長榮福聚公司意欲投
	何?請說明。	入,但自福聚公司前年(104)倒閉後,僅寶德能源

序號	審查意見	回復意見及應改善事項
		具有此能量。此技術之量產化將視量產磊晶設備的 成熟程度、薄刑品片的進展、與國際多品矽價格等
		成然在这 将至曲斤的起版 共國保夕曲少貨相守 因素而定。
6	無切割損技術開	谢谢委員的意見。
	發,良率是關鍵因	如同委員所說無切割損晶片技術開發的關鍵在於
	素,請說明後續將	良率,本計畫的後續希望與國內磊晶廠合作,以放
	如何進行以提高效	大其產量、提高效率及驗證其生產良率。另外,無
	率。	切割損晶片技術在國外已有新創公司與東京威力
		(TEL)等大型設備商進行合作,技術上已有一定程
		度上的驗證,未來也希望與國內外設備廠合作,進
		行量產設備的設計與開發。
7	本案新型封裝材料	谢谢委員的意見。
	開發中其技術指標	關於新型封裝材料(Polyolefin,以下簡稱 PO 膜)量
	透光度≧90%,實	测的穿透度差異說明如下:
	際達成 90.9%,但	表 3.2.1 係由工研院所研發的透明封裝膜,在成型
	與其它市售樣品之	後的原始固態膠膜,量測時以空氣作 baseline 校
	全光穿透率仍有差	正,在全光穿透(TT%)的量測結果為 90.9%,而表
	距(95.7%以上,如	中的 P(無螢光添加劑)及 PF(添加螢光增益)亦分別
	表 3.2.1 所示),是	為自行開發的不同 PO 膜配方,評估時為了確認
	否影響模組封裝性	PO 膜與玻璃的封裝性,因此樣品是以模擬模組封
	能?如何改善?請	裝條件,使用玻璃夾層形成 50mm×50mm 的樣品
	說明。	進行全光穿透的量測,並以同款空白玻璃作
		baseline 校正,兩者實驗結果皆為96%左右,亦針
		對市售商品膜如:3M、BS 等進行比較,在相同封
		裝條件下進行測試比對,所得結果差異約 1%左
		右,對模組性能應無影響。
8	本案低照度太陽電	謝謝委員的意見。
	池封裝技術開發中	本計畫開發的 UV 膠材,相較於市售產品 Surlyn,
	UV-3 與市售之	所需成本遠低於 Surlyn 的一半以下,是相當具有

序號	審查意見	回復意見及應改善事項
	Surlyn 其於性能及	競爭優勢;而在效率的浮動上,會稍微上升後再
	成本上是否具競爭	降,在染敏電池屬於正常現象,主要來自於電池內
	優勢?報告中之圖	部的平衡,不管哪一種封裝材料都會有此現象,因
	3.3.14,以 UV-3 封	此在計算衰退程度時都必須待其達到穩定後才能
	裝之電池於冷熱循	計算。
	環測試下效率會有	
	<b>高低之變動,以</b>	
	Surlyn 封裝之電池	
	其效率會先增加後	
	降低,此為正常現	
	象亦或量測誤差?	
	請說明。	

# 目 錄

105年度政府部門科技計畫年度摘要報告	I
一、前 言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	3
二、技術應用之情境	4
2.1 應用情境與衍生之技術需求	4
2.2 專利佈局說明	13
2.3 產業化佈局說明	19
三、計畫執行情形	24
3.1 計畫實際執行內容	24
3.1.1 實際工作內容與進展說明	24
3.1.2 敘明計畫研發技術之實際應用情形	
3.1.3 分包研究計畫執行說明	
3.1.4 技術引進計畫執行說明	
3.2 實際進度與預定進度比較	
3.3 查核點說明	113
3.4 目標達成情形	117
3.5 計畫延長或變更執行情形	120
四、執行績效說明	123
4.1 人力運用情形	
4.2 經費運用情形	126
4.3 研發成果收入	127
4.4 研發成果統計	
4.5 重要成果清單	129
4.6 重要績效指標(KPI)	145
4.7 重要成果說明	150

4.8 設備使用情形	154
4.9 性別主流化推動成果說明	155
五、結論與檢討	158
六、參考文獻	162
七、附件	164
附件一、研究成果照片及說明	164
附件二、分包計畫摘要說明	166
附錄、節能與環保成效自評說明	169

# 圖目錄

圖	1.1.1、太陽光電系統應用情境	1
圖	1.1.2、太陽光電產業發展現況	2
圖	2.1.1、傳統晶片製程與無切割損晶片製程	4
圖	2.1.2、不同種類矽晶太陽電池發展趨勢	5
圖	2.1.3、PERC 太陽電池(上) 與 P 型雙面太陽電池(下)	6
圖	2.1.4、矽晶太陽電池電極柵線寬度發展趨勢	7
圖	2.1.5、矽晶太陽電池與異質接面轉換效率對溫度的關係	8
圖	2.1.6、太陽光電模組的新型封裝材料趨勢	.10
圖	2.1.7、太陽光電2年擴大計畫	. 11
圖	2.1.8、低照度太陽電池應用情境	.12
圖	2.2.1、矽晶太陽電池專利分析與佈局	.14
圖	2.2.2、太陽光電模組封裝材料示意圖 螢光轉換(上),透明背板(下)	.16
圖	2.2.3、新型封裝材料配方 Polyolefin 開發	.16
圖	2.2.4、自主性封裝材料之專利技術	.17
圖	2.2.5、低照度太陽電池專利分析與佈局	.18
圖	2.2.6、低照度太陽電池結構與製程	.18
圖	2.3.1、矽晶太陽電池技術發展之產業化規劃	.21
圖	2.3.2、低照度太陽電池實驗室等級製程設備與檢測設備	.22
圖	2.3.3、低照度太陽電池市場應用分布統計圖	.23
圖	3.1.1、無切割損晶片製造流程	.24
圖	3.1.2、多孔矽蝕刻裝置	.25
圖	3.1.3、蝕刻晶片與電極板	.26
圖	3.1.4、高電流蝕刻基板所得到的多孔矽結構(左),與表面磊晶狀況(右)	27
圖	3.1.5、Stacking fault 缺陷	.27
圖	3.1.6、低電流蝕刻基板所得到的多孔矽結構(左),與表面磊晶狀況(右)	28
圖	3.1.7、下層孔隙度低的磊晶情形	.28
圖	3.1.8、下層孔隙度高的磊晶情形	.29
圖	3.1.9、抛光晶片上的磊晶結果	.30

啚	3.1.10、磊晶層的表面電子顯微鏡觀察	.30
圖	3.1.11、大面積多孔矽與電子顯微鏡觀察	.32
圖	3.1.12、大面積磊晶結果	.33
圖	3.1.13、EPD 觀察	.33
圖	3.1.14、分離下來的單晶矽晶片	.34
圖	3.1.15、ELO 單晶矽晶片製作成太陽電池元件	.35
圖	3.1.16、ELO 單晶矽晶片分離後晶片表面	.36
圖	3.1.17、ELO 晶片經抛光後的電池和經表面織化後的電池	.36
圖	3.1.18、不同表面蝕刻方式的光電流量測值	.37
圖	3.1.19、ELO 電池之 I-V 曲線	.38
圖	3.1.20、P型雙面太陽電池之背面結構模擬	. 39
圖	3.1.21、P型雙面太陽電池之背面氮化矽介電係數模擬	.40
圖	3.1.22、P型雙面太陽電池製作流程	.41
圖	3.1.23、4 匯流排 P 型雙面太陽電池的正面(右)、背面(左)圖案	.41
圖	3.1.24、P型雙面太陽電池量子效率	.42
圖	3.1.25、使用 G1 銀膠之匯流排狀況	.43
圖	3.1.26、使用 D3 銀鋁膠之匯流排狀況	.44
圖	3.1.27、新設計匯流排圖案	.44
圖	3.1.28、拉力測試結果	.45
圖	3.1.29、鈍化層測試結構 A	.45
圖	3.1.30、鈍化層退火溫度測試結果	.46
圖	3.1.31、鈍化層測試結構 B	.46
圖	3.1.32、P型雙面太陽電池效率	.47
圖	3.1.33、漸變式抗反射層光學反射率	.48
圖	3.1.34、漸變式抗反射層厚度與電池效率的關係	.49
圖	3.1.35、6 吋 P 型雙面電池流程圖	.50
圖	3.1.36、6 吋電池正面氧化鋁溢鍍現象	.50
圖	3.1.37、去溢鍍對短路電流與效率的影響	.51
圖	3.1.38、6吋P型雙面電池退火與鈍化保護層製程整合	.52
圖	3.1.39、退火時間對開路電壓與短路電流的影響	.53
圖	3.1.40、背面抗反射層不同厚度的背面反射率	.55

圖	3.1.41、背面氮化矽厚度對短路電流與效率的影響	.56
圖	3.1.42、P型雙面電池實驗流程圖	.56
圖	3.1.43、P型雙面電池背面拋光面(左)、與粗糙面(右)圖案比較	.57
圖	3.1.44、P型雙面電池正背面電極圖案最佳化	.58
圖	3.1.45、P型雙面太陽電池封裝結構	. 59
圖	3.1.46、電極太陽電池製程流程圖與元件結構圖	.60
圖	3.1.47、銅覆蓋保護層測試元件結構圖	.61
圖	3.1.48、電極附著力測試數據圖	.62
圖	3.1.49、UV 雷射開孔條件 DOE 實驗之 SEM 分析圖	.63
圖	3.1.50、最佳 UV 雷射開孔 SEM 分析圖	.64
圖	3.1.51、大面積連續銅電鍍製程流程圖	.64
圖	3.1.52、電鍍(EP)與照光誘導電鍍(LIP)技術示意圖	.65
圖	3.1.53、大面積銅電鍍電極製程優化之 SEM 圖	.65
圖	3.1.54、大面積銅電鍍電極 PERC 電池結構與製程流程示意圖	.66
圖	3.1.55、未製程整合優化前的銅電鍍電極電池(a)、經製程整合優化後的	]銅
	電鍍電極電池(b)	.67
圖	3.1.56、銅電鍍電極電池(a)、銀覆蓋層之銅電鍍電極電池(b)、大面積矽	7晶
	太陽電池銅電鍍電極模組成品圖(c)	.68
圖	3.1.57、導電膠實驗設計概念	.70
圖	3.1.58、EDX 元素分析結果	.71
圖	3.1.59、電膠之流變特性分析	.71
圖	3.1.60、低銀含量導電膠之網印情形	.72
圖	3.2.1、電池結構與製程示意圖	.73
圖	3.2.2、SiNx 不同沉積時間之反射率	.73
圖	3.2.3、波長 600nm 下之反射率	.74
圖	3.2.4、實驗結構示意圖	.75
圖	3.2.5、氧化物厚度之 TEM 圖	.75
圖	3.2.6、少數載子生命時間的改進	.75
圖	3.2.7、多晶矽表面之二次電子顯微鏡	.76
圖	3.2.8、背接式異質接面太陽電池元件製作流程	.77
圖	3.2.9、P/N 寬度比例對特性的影響	.78

圖 3.2.10、背接式電壓電流曲線圖	78
圖 3.2.11、舊蝕刻條件之 SEM 圖(a),與新蝕刻條件之 SEM 圖(b	o)79
圖 3.2.12、開路電壓與輸入電漿功率關係圖	79
圖 3.2.13、元件特性圖:I層厚度較厚(a),I層厚度適中(b),I層厚	建度較薄(c)
	80
圖 3.2.14、元件特性圖	
圖 3.2.15、四次鍍膜循環步驟示意圖	
圖 3.2.16、太陽電池元件特性圖	
圖 3.2.17、太陽電池效率隨溫度變化圖,其斜率溫度係數為 0.27	7%/°C82
圖 3.2.18、高分子材料結構	
圖 3.2.19、建立 PID free 封裝材料技術(符合 IEC62804 規範)	
圖 3.2.20、Polyolefin 自有配方之封裝材料技術	
圖 3.2.21、新型封裝膜開發與模組驗證流程	
圖 3.2.22、高分子螢光粉 UV 激發前後發光情形	
圖 3.2.23、高分子螢光粉 no.0 激發與放光波長	86
圖 3.2.24、高分子螢光粉 no.1 激發與放光波長	
圖 3.2.25、封裝膜添加的專利螢光高分子製成膜片	
圖 3.2.26、專利螢光高分子封裝膜的光學特性	
圖 3.2.27、膜材配方的透水率特性	91
圖 3.2.28、模組 PID 測試前後的 EL 圖	92
圖 3.2.29、矽晶太陽光電模組剖面圖	93
圖 3.2.30、模組封裝前後的 EL 圖	94
圖 3.3.1、UV 膠所使用的單體	95
圖 3.3.2、Acrylic acid 的作用原理	96
圖 3.3.3、封裝膠材阻水性的測試流程	96
圖 3.3.4、膠材阻水氣測試樣品:封裝寬度 10mm(左),封裝寬度	5mm(右)97
圖 3.3.5、單次-40℃ 到 85℃ 冷熱循環曲線	98
圖 3.3.6、封裝完成之測試樣品(左),設立之空白對照組(右)	98
圖 3.3.7、電解液在-40℃ 到 85℃ 冷熱循環測試 200 次之重量損	失99
圖 3.3.8、UV 膠應用於染料敏化電池的封裝步驟:UV-1、雙邊築牆	(左),UV-2、
單邊築牆(右)	100

圖	3.3.9、MP15 電流分佈儀檢測示意圖10	1
圖	3.3.10、UV-1 與 UV-2 與 Surlyn 分別以 MP15 量測之起始電流分佈圖 10	1
圖	3.3.11、電池模組在-40℃~85℃ 冷熱循環下發電面積損失的變化情況.10	2
圖	3.3.12、UV-3 優化封裝膠之製程流程圖10	3
圖	3.3.13、UV-3 方法在-40℃~85℃ 冷熱循環下發電面積損失的變化情況10	4
圖	3.3.14、UV-3 方法在-40℃~85℃ 冷熱循環下效率變化百分比圖10	4
圖	3.4.1、工研院開發之染敏電池應用商品設計原型品10	7
圖	3.5.1、多晶矽射極之多晶矽奈米級點接觸示意圖	8
圖	3.5.2、分析結構效應所使用之三種 IBC 結構10	9
圖	4.1.1、105 年度能源領域性別主流化推動說明會	5

## 表目錄

表 2.2.1、傳統型異質接面太陽電池之關鍵專利	15
表 2.2.2、新結構異質接面太陽電池之關鍵專利	15
表 3.1.1、磊晶層的 GDMS 分析結果	
表 3.1.2、碳氧含量與一般晶片的比較	31
表 3.1.3、剝離後磊晶層之 GDMS 分析結果	34
表 3.1.4、碳氧含量與一般晶片的比較	35
表 3.1.5、不同 i-layer 沉積秒數對 ELO 電池 IV 參數的影響	
表 3.1.6、P 型雙面太陽電池射極 Profile 模擬	40
表 3.1.7、初次 P 型雙面太陽電池特性	42
表 3.1.8、不同背面氮化矽厚度之比較	42
表 3.1.9、不同正面電極材料之比較	43
表 3.1.10、鈍化層厚度比較	47
表 3.1.11、P 型雙面太陽電池元件測試結果	47
表 3.1.12、漸變式抗反射層電池光電特性	49
表 3.1.13、去正面氧化鋁溢鍍的 6 吋電池光電特性	51
表 3.1.14、不同退火時間的電池載子存活期	
表 3.1.15、不同退火時間的電池光電特性	53
表 3.1.16、理論計算背面電極不同參數之效率增益	54
表 3.1.17、P 型雙面電池背面不同厚度的光電特性	55
表 3.1.18、電池正面光電特性	57
表 3.1.19、電池背面光電特性	58
表 3.1.20、P 型雙面電池正背面最佳效率	59
表 3.1.21、P 型雙面太陽電池封裝損失	59
表 3.1.22、銅覆蓋保護層測試電阻率比較表	61
表 3.1.23、銅覆蓋保護層測試元件 IV 數據比較表	61
表 3.1.24、銅電鍍電極與銀膠電極之元件 IV 數據比較表	67
表 3.1.25、大面積銅電鍍電極模組驗證項目	69
表 3.1.26、大面積銅電鍍電極模組驗證測試數據表	70
表 3.1.27、開發之低銀含量導電膠與國際商品比較	72

表 3.2.1、測試樣本數與測試資料之統計標準差分析結果	
表 3.2.2、高分子材料的體積電阻率特性	
表 3.2.3、膜材配方的體積電阻率特性	90
表 3.2.4、測試樣本數與測試資料之統計標準差分析結果	90
表 3.2.5、模組 PID 測試前後的電性比較	92
表 3.2.6、模組封裝前後之功率增益比較	94
表 3.3.1、測試樣品在-40℃ 到 85℃ 冷熱循環測試 200 次循環的結果	
表 4.1.1、本計畫執行人員的性別佔比-人數	156
表 4.1.2、本計畫執行人員的性別佔比-學歷別	156
表 4.1.3、本計畫執行人員的性別佔比-職級別	157
表 4.1.4、本計畫執行人員的性別佔比-專長領域	157

計畫名稱:福	高性能太陽光	電系統技術研發計畫	計畫編號:105-D0	104
主管機關:約	<b>涇濟部能源局</b>		執行單位:財團法	人工業技術研究院
計畫主持人:	;黄崇傑	協同主持人:杜政	勳 計畫聯	絡人:陳曉眞
聯絡電話:0	3-5917115		傳真號碼:03-5822	2157
年度期程:1	05年1月1日3	至105年12月31日		
經費:新臺幣	条 84	,150 千元	投入人力:	25.85 人年
執行進度	期 間	預 定 (A)	實 際(B)	比 較(A-B)
(%)	當 年	100.00	100.00	0.00
經費支用	期 間	預 定(C)	實 際(D)	支用率(D/C)(%)
(新臺幣千元)	當 年	84,150	84,094	99.93%

105 年度政府部門科技計畫年度摘要報告

主要執行成果:

一、計畫內容概要

本計畫內容包括:新型太陽電池技術開發、低溫度效應模組技術開發、低照度太陽電池 封裝技術開發。

(一)新型太陽電池技術開發:針對產業需求所開發的新技術以降低成本為首要方向,本分 項藉由無切割損晶片技術、高效能電池技術開發、以及銅電鍍製程平台之建立,提升國 內廠商的國際競爭力。對於技術成果則力求可用於現行製程產線,提升現有產品品質, 帶動國內太陽光電產業之動能。

(二)低溫度效應模組技術開發:異質接面太陽電池技術是目前電池廠商積極希望掌握的技術,本分項藉由非晶矽太陽電池的研發經驗,擴展到下一世代矽晶電池產品,期能拉大國內太陽電池業者與中國大陸廠商之技術差異化。發展低成本光學增益型透明封裝材料,建構符合環保與高效能的模組材料與模組,將關鍵材料國產化以替代進口材料,增加材料商與模組廠商在品質與價值上的競爭力。

(三)低照度太陽電池封裝技術開發:以產品應用導向開發染料敏化太陽電池模組研發平台 ,從材料與製程著手開發專屬封裝膠以增強阻水氣及耐久度,提供客製化服務與模組測 試,有助將弱光應用商品拓展至民生用品或BIPV等異業市場。

二、計畫執行成果

(一)新型太陽電池技術開發

1.無切割損晶片技術開發:完成5吋無切割損晶片技術開發,在矽晶片上製作雙層多孔矽 結構,進行磊晶層沉積並完整晶片分離,平均厚度152 $\mu$ m,電阻率2.13~2.63ohm-cm,厚 度均勻度≦1%,平均缺陷密度1.51E4/cm<sup>2</sup>,金屬雜質含量≦0.1ppm,氧含量≦5E16/cm<sup>3</sup>, 電池驗證效率18.7%。

2. P型雙面電池技術開發:藉由鈍化射極與背面電池(PERC)技術為基礎,建立P型雙面 電池基本製程與正背面電極材料選用,針對正面抗反射層參數、背面反射層參數、背表 面平坦度、背面電極圖案參數等進行模擬最佳化,以背面原子層沉積氧化鋁鈍化層不同 厚度對應之退火參數優化調整,提升載子存活期(life-time)至 186µs,完成面積 156×156 mm<sup>2</sup>,正面效率達21.1%,背面效率達14.4%,同時以高散射背板及電池陣列間距設計提 升背面增益,封裝損失達到0.88%之效果。

3.非銀電極技術開發:開發細線化銅電極太陽電池,以低損 UV 雷射做為雷射開孔光源, 使開孔線寬 11µm;並結合 156×156mm<sup>2</sup>大面積銅電鍍技術,採照光誘導電鍍技術(LIP), 形成鎳與銅種子層,再直接電鍍銅增厚做主要銅導電層,使得柵線 finger 寬度縮為 28.5µm,優化射極,結合銅電鍍細線化電極與 PERC 技術,提升電池效率達 20.6%,其 濕熱測試 1000 小時之衰退率為 0.65%;而熱循環 200 次為 2.84%,符合 IEC 61215 規範 功率損失≦初始值的 5%,通過驗證。

(二)低温度效應模組技術開發

 異質接面太陽電池技術開發:利用非晶矽進行表面鈍化,開發多階段式鍍膜處理增加 表面鈍化能力,降低表面載子複合,提升載子存活期達 822 μsec,低溫度效應 0.27 %/°C, 太陽電池效率 23.28 %。

2.新型封裝材料與模組增益技術開發:以新型無醋酸封裝材料之聚烯烴(Polyolefin),添 加自有專利之螢光材料改質,獲得配方最佳化,使得穿透度達 90.9%,霧度 1.88%,體 積電阻抵抗率 2.3E+16(Ω·cm),破壞電壓 16kV,透水率 2.8 g/m<sup>2</sup>•24h。製作新型透明封 裝材料之太陽電池模組,面積 300×300mm<sup>2</sup>,以高電壓 1000V、高濕熱 85℃、85%RH 之 環境條件進行 168 小時電位誘發衰減(Potential Induced Degradation,PID), Polyolefin 材料 功率衰退 0.43%,結合自有螢光轉換配方,可將紫外光轉換可見光以增加模組發電量, 提升輸出功率 1.43%。

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

1.高可靠度封裝技術開發:完成之聚氨酯丙烯酸樹脂型 UV 膠開發,已達到封裝染料敏化 電池所要求的高黏著力(剪應力>10MPa)與低透濕率(W.V.T. <10-6 g/h at 60℃/85RH)之特 性。在維持既有的高黏著力與低透濕率特性下進行阻擋電解質洩漏的功效強化,經由所 建立的測試平台分析,針對電池元件封裝結構其封裝寬度設定為 5mm 以及 10mm,在-40 ℃和 85℃間冷熱循環 200 次測試後,其重量損失兩者皆小於 1%以下。另外,針對 10×10cm<sup>2</sup> 電池模組封裝結構其封裝寬度設定為 6.5mm,並針對膠材以及電池結構特性改 善封裝製程後,電池在-40℃和 85℃間冷熱循環 200 次後發電面積損失百分比僅 1.35%, 且效率可維持起始值沒有衰退。

三、預期產業效益

(一)新型太陽電池技術開發

1.無切割損晶片技術開發:在本年度開發的磊晶晶片製程,已確保其雜質缺陷密度、厚度 均勻度等符合產業規格。規劃將工研院發展的多孔矽蝕刻技術及晶片剝離技術,與具有 磊晶設備及經驗的公司洽談合作,協助廠商將多孔矽蝕刻、磊晶、晶片剝離三道程序結 合起來,以達到無切割損晶片的製造目標。

2.P型雙面太陽電池技術開發:目前市場上雙面太陽電池皆以N型為主,P型太陽電池雖為市場主流,但市面上尚未有廠商投入P型雙面太陽電池,工研院目前已與國內太陽光電公司(BigSun)合作共同開發P型雙面太陽電池,驗證其穩定性與可靠性。由於製程步驟與鈍化射極與背面電池相同,將不會額外增加設備成本,兼具效率與產品應用之優點, 未來將尋找國內生產此類電池之太陽能大廠(如:昱晶、旭泓、新日光、茂迪等)導入量產,同時尋找模組廠共同開發P型太陽電池模組封裝技術。 3.非銀電極技術開發:本計畫以銅電鍍技術代替銀膠,電鍍液亦可由國內自主開發,大幅降低材料成本。藉由電鍍平台建置與對外邀集廠商參與(如:茂迪、昱晶、元晶等),與業者共同開發量產技術,以協助產業界以較大規模進行測試,加速台灣銅電鍍電極之產業化。

(二)低温度效應模組技術開發

1.異質接面太陽電池技術:完成建置異質接面太陽電池小型研發平台,效率可達23.28%, 自前段清洗蝕刻製程到後段金屬電極製程均投入開發,技轉予鉅安科技,協助廠商改善 快速退火技術,提升鈍化效果並縮短製程時間。因此對於高單價、高溫度、低光強度等 特殊領域,有機會可創造新技術應用之商機。

2.新型封裝材料與模組增益技術開發:基於已開發之 Polyolefin 封裝材料專利材料配方,將結合模組廠商或封裝材料廠商進行材料導入,針對廠商 EVA 產品或背板產品進行改良與加值,共同開發增益型 Polyolefin 封裝材料,除了進行配方試驗驗證,將促使封裝材料廠商可在同一條產線具有多樣化的產品,藉以提升傳統產業產品的附加價值,未來技術發展希望能讓 Polyolefin 可替代僅一層的 EVA 結構,如:玻璃/Polyolefin/電池/EVA/背板,預期可有效提高模組體積電阻率、降低水滲透率,作為降低成本的高可靠度模組方案。 (三)低照度太陽電池封裝技術開發

1.高可靠度封裝技術開發:從國內外的研究報告中發現,低照度太陽電池應用市場已逐漸 打開並滲入民生需求,尤其面對物聯網即將興起的世代,低照度太陽電池用於環境能源 回收技術,預計將扮演一個不可或缺的能量,開發染敏電池高可靠度封裝技術以提高電 池性能及壽命,提早因應進入試量產的準備。

計畫變更說明:(300字以內說明)

依工作需求進行人員異動,已發文能源局備查並獲同意,於季報之計畫變更詳列說明。

落後原因:(300字以內說明)

均按照原規劃達成各項目標。

因應對策(檢討與建議):

本計畫針對矽晶太陽電池成本佔比最高的兩項:晶片及電極,尋求成本降低解決方案, 致力於光電轉換效率提升,希望兼顧產業的現在需求與未來發展。另外,為推動低照度 太陽電池產業化,目前以染料敏化電池最為成熟,亟需建立量產所需之機台設計及製程 技術,而工研院長期耕耘染敏太陽電池關鍵材料及製程技術,驗證由小面積到模組製程 的轉移,希望相關單位能持續支持及協助,加速染敏電池技術開發朝向商品化方向發展。 (一)新型太陽電池技術開發

1. 無切割損晶片技術開發

無切割損晶片技術已可在5吋大面積上製作出良好的雙層多孔矽結構,並在上層磊晶得 到高品質單晶矽。剝離下來的單晶矽晶片,無論在金屬雜質含量、碳含量、氧含量均可 控制在極微量,晶片電阻率與厚度均勻度也達到良好的控制,缺陷密度的控制在 EPD 可控制在預估磊晶層可做為高效太陽電池的材料。實驗結果雖已達標,但是良率低仍是 一大瓶頸,每批次磊晶的結果在片與片之間仍有落差,未來本技術如要能夠量產,仍需 要磊晶設備的進一步改良。目前已開始接觸國內磊晶廠等公司,佈局未來技術的後續發 展,但此技術前瞻性高,要能真正產業化尚需有設備、原料來源等多項條件必需克服。 2.P 型雙面太陽電池技術開發

經過模擬與實際測試,已確立 P 型雙面太陽電池初步製程參數與使用材料,並將效率提 升至 21.17%,模組損失降低至 0.88%,目前已開始與國內太陽電池廠合作,進行技術移 轉與量產製程評估。P 型雙面太陽電池在製作背面電極時需進行對準,而對準的偏差往 往會造成良率的降低,是此技術量產化的關鍵,未來在自動化時需有較精密的設計。 3.非銀電極技術開發

開發 156×156mm<sup>2</sup> 大面積銅電鍍細電極化技術,提升電池效率達 20.6%,對於推廣電鍍 技術之的量產化,也與廠商開始考量良率、成本、產能等實際問題,尤其是廢水處理、 鍍液維持、保存等,亦會在生產過程中成為關鍵環節,皆會再詳加檢討,方能有助於落 實真正的量產成果。

(二)低温度效應模組技術開發

1.異質接面太陽電池技術開發

開發無 IPA 織化晶片製程,節省 IPA 的使用量,降低織化製程成本,並搭配透明導電 膜及非晶矽表面鈍化,開發多階段式鍍膜處理增加表面鈍化能力,降低表面載子複合, 達到開路電壓 733.09 mV、短路電流 38.72 mA/cm<sup>2</sup>、填充因子 82.01%、電池效率 23.28 %,目前與廠商積極洽談合作,但目前電池廠都不願做設備投資,只能進行技術驗證開 發,未來期望發展不需投資高額設備的關鍵技術,提升異質接面太陽電池技術競爭力。 2.新型封裝材料與模組增益技術開發

開發無醋酸的聚烯烴(Polyolefin)材質,Polyolefin 具有低水滲透率、高體積電阻率及無 醋酸等優點,由於去氫化的苯乙烯嵌段共聚物官能化聚烯烴材料,具有黏著性高且低透 水率性的性質,將朝向調控高分子型可塑劑配方適應現有製程條件,以符合目前製程的 匹配性,並結合過去開發的自有專利的螢光材料改質添加,以使模組封裝製程最佳化, 並符合模組長久可靠與發電性能。後續將規劃模組結構採電池上下層為不同材料 (EVA/Polyolefin),開發製程與配方調整與適應性,希望從單一化到產品多元化,開發具 有高值化的模組產品。

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

1.高可靠度封裝技術開發

為了觀察染料敏化電池專屬型 UV 膠對電解液的耐化性,工研院建立一套驗證膠材耐化性的方式,除了針對自行開發的 UV 膠材進行測試外,亦設立對照組以市售封裝材料 Surlyn 進行比較,經實驗發現自行開發的 UV 膠材其測試結果與 Surlyn 材料品質相當。 Surlyn 膠材除了價格昂貴外,因屬於熱溶膠材料,須先用雷射切割成製程所須之封裝圖 樣後,再以人工對位進行電池模組封裝;而本計畫自行開發的 UV 膠材,僅需 10~20 秒的曝光時間即達到封裝效果,製程時間大幅縮短,但在良率及效率方面仍有改善空 間。後續將發展一道完整檢測程序,提高良率及效率,對於有意跨足低照度電池領域的 業者,將可提供相關的客製化服務,有助於減少整體的操作時間。 一、前 言

### 1.1 研究背景

目前國際對於能源與環保議題越來越重視,2015年12月聯合國氣候峰 會(COP21)由全球 195 個國家簽署同意之「巴黎協議」、以及「突破能源聯 盟」(Breakthrough Energy Coalition)成立,莫不冀望將把潔淨能源的創新技 術應用到生活上,並共同遏阻全球暖化趨勢,考量層面包括:資源使用、人 體健康以及生態影響等。我國的能源技術發展應轉型以應用為主之產業型態, 思考未來太陽電池走入民生的實用性,與技術在台紮根的可能性,擺脫過去 僅是代工的窘境,同時搭配政策的推動與技術的推廣,快速擴散太陽電池在 台灣民眾的能見度,藉由教育與推廣的方式,使太陽電池真正走入大眾的生 活(圖 1.1.1)。



圖 1.1.1、太陽光電系統應用情境

現今太陽光電產業鏈以矽晶太陽電池產品為主流,可分為:上游之多晶 矽材、矽晶圓/晶錠,中游之太陽電池、模組,以及下游之系統生產建置。 此外,尚有材料(包括玻璃、軟性基材、氣體、靶材、槳料、染料及電極材 料等)及設備等相關產業。以台灣太陽光電產業而言(圖 1.1.2),主要佈局在 中游的電池製造領域,電池產量佔全球比重約為二成,矽晶片產量佔全球比 重約為一成,都皆僅次於中國大陸。然而台灣在上游及下游產業領域較為弱 勢,尤其在量產製程材料及設備技術水準,遠落後於歐美大廠,造成國內電 池廠大多以國外整廠輸出方案(turnkey solution)導入量產線,成本不易下降, 亦壓縮了國內設備商的空間,應以高性能的系統取向、以高可靠度、高發電 量,以及低成本、低耗能技術價值,提高整體系統能源效益,建全市場機制, 平衡產業結構,開發太陽光電關鍵性應用技術,擴大太陽電池的應用層面, 帶動相關產業興起,提升我國產品之國際競爭力。



圖 1.1.2、太陽光電產業發展現況

(工研院整理,2016.06)

隨著環境能量擷取的興起,回收室內人造光能轉換成電能使用的技術, 亦可稱為低照度太陽電池,以染料敏化電池為首選。近年來,全球物聯網熱 潮帶動先進封裝、感測器與微機電元件整合、以及低耗電產品高階產品興起, 加速低照度太陽電池產業化之成形,相較矽晶電池以瓦數計價,低照度太陽 電池是以整體產品價值呈現。除了基礎研究或是效率提升外,電池模組的使 用壽命將是影響產業能否形成的關鍵之一,其中牽涉到材料本身耐久度與封 裝可靠度。現階段的染料敏化電池封裝材料技術掌握在國外廠商,導致電池 生產成本居高不下,應發展自我封裝技術能力,擺脫原物料被國外束縛的窘 境,建立自主化之量產技術與可靠之特性驗證平台,除可提供學界進行理論 探討及新材料開發,並可對產業界扮演各關鍵材料或技術快速測試角色,以 提早因應未來市場端需求。 1.2 研究目的

為協助能源局達成綠能產業躍升計畫及第二期能源國家型計畫政策目標,帶動綠色能源產業。本計畫的考量是從系統面、應用面之切入,以高性能的系統、高可靠度、高發電量,以及低成本、產業化效益為研發重點,希 望經由計畫執行能夠健全產業結構,建立新一代太陽能光電關鍵核心技術與 專業人才,突破國外大廠技術寡佔局面,擴大太陽電池的應用層面,建立帶 動相關產業興起。

本計畫內容包含:新型太陽電池技術開發、低溫度效應模組技術開發、 低照度太陽電池封裝技術開發,期望透過本計畫執行能提升國內太陽光電業 者在國際競爭的優勢、開創更多元性市場,並配合政策以達成國內太陽光電 設置目標。

- 1.新型電池技術開發:以提升電池性能與降低成本為重點,將從佔太陽電池 成本最大的晶片與電極著手,開發無切割損晶片製程,尋求晶片的低成本 化。開發P型雙面太陽電池,利用電池及模組的整合效應,以降低模組的 功率損失,最大化模組輸出。建立試產級銅電鍍電極製程技術,加速銅電 極技術的產業化;同時佈局高效能低成本電池技術,解決產業所面臨的問 題。
- 2.低溫度效應模組技術開發:異質接面太陽電池著重於前段到後段的製程, 結構與介面間影響、以及關鍵製程開發,協助廠商驗證設備狀況,縮短異 質接面太陽電池研發放大時程。發展無醋酸新型封裝材料 Polyolefin,其 具有高電阻絕緣、低水滲透等耐候阻隔特性,透過自有專利基礎進行材料 整合與開發,達到增益型透明封裝材料產品,可提供模組廠進行使用,增 加模組效率的提升與應用價值。
- 3.低照度太陽電池封裝技術開發:為使染敏太陽電池產品能佈局於低照度應 用之利基市場,在效率提升的同時也提高壽命,以對應到不同產品設計需 求。封裝技術上主要克服外部的水氣進入與有機溶劑腐蝕或洩漏,方能有 能延長電池使用壽命。染敏電池製作流程已經建立標準的操作程序,將以 開發封裝膠材以及評估技術為主進行深入的探討。

### 二、技術應用之情境

### 2.1 應用情境與衍生之技術需求

(一)新型太陽電池技術開發

1. 無切割損晶片技術開發

為使太陽光電應用快速融入民生所需,應加快普及化腳步以讓生活 中隨處可見太陽電池,此一目標情境在矽晶太陽電池上,對於技術要求 必須能夠進一步提升效率、降低成本、以及簡易安裝系統技術的開發, 積極地擴大太陽電池的應用範圍,使其在電廠、住宅、建物、車輛、甚 至日常用品,處處可見到太陽電池應用。由於矽晶太陽電池中所佔成本 最大者為矽晶片材料,佔了電池成本的六成以上,故降低成本的首要根 據此一技術需求。

本計畫子項之一為無切割損磊晶晶片製作技術 ELO (Epi & Lift-off) 技術由三氯矽烷(TCS)直接製造晶片,省略了多晶矽製造(西門子法)、晶 體生長及切片製程,可以大幅度降低生產成本(圖 2.1.1)。國際矽晶太陽 電池技術領先的相關單位均已投入 ELO 技術研究,但尚未真正量產, 若其成功產業化,勢必對台灣原有的晶片廠產生不小衝擊。因此台灣必 須與國際研發同步,積極進行佈局,避免國內太陽光電產業受到國外公 司競爭取代之威脅。



圖 2.1.1、傳統晶片製程與無切割損晶片製程

#### 2. P型雙面太陽電池技術開發

目前太陽電池市場之主流類型為 P 型矽晶太陽電池,其中鈍化射極 與背面電池(Passivated Emitter and Rear Cell, PERC)為 P 型太陽電池所衍 生之高效率太陽電池技術,其效率日益提升,需求量在近幾年大幅成長, 預期將取代市場上標準的全背鋁電池。ITRPV 預測從 2015 至 2025 年, PERC 將從市占率約 5%大幅提升至 35%,高效率 PERC 電池技術將成為 市場的主流趨勢(圖 2.1.2)。



圖 2.1.2、不同種類矽晶太陽電池發展趨勢 (資料來源: ITRPV 2015)

受益於鈍化射極與背面電池(PERC)技術發展的日益成熟,目前 P 型 單晶太陽電池的效率已到達 20.7%左右的產業化效率。但另一方面也逼近 了 P 型電池所能到達的極限。國內廠商雖然將高效率 PERC 技術先導入量 產,但中國大陸也在不到半年的時間就大量採購歐洲整廠輸入(turn-key) 技術設備,即將導入量產,而且產能更是國內的兩倍之以上,國內與中國 大陸之技術領先已縮小,時間差距不到半年,所以必須開發有更大技術差 異性之技術,才能持續保持市場及技術上之優勢。

本計畫針對目前產業所面臨的問題,欲解決現在台灣太陽電池廠商的 短期產品升級需求,遂提案 P 型雙面電池技術之開發,其可利用現有廠商 PERC 太陽電池產線,搭配特殊的模組封裝設計,來達到降低模組損失的 效果,其可將現在 3~5%的模組損失降到 1%以下,同時又可節省材料成 本,提升產品之獲利。

5

由於 PERC 在太陽能市場中相當具有競爭性,以其製程步驟為基礎, 進一步開發出的P型雙面太陽電池可以視為其下一代更具競爭性的產品, 結構如圖 2.1.3 所示,主要優勢在於:

(1)背面非全背鋁而是局部鋁,可以減少電池製造的材料成本。

- (2)模組封裝後由於背面照光亦可發電,背面發電增益的補償可以降低模 組封裝損失。
- (3)由於非全背鋁電極,入射光的遠紅外光部分可以穿透電池,使電池在 較低溫下的情況運作。



圖 2.1.3、PERC 太陽電池(上) 與 P 型雙面太陽電池(下)

在國際其他研究單位方面,德國 ISFH(Institute for Solar Energy Research)利用 5 條匯流排(busbars)達到正面最佳效率 21.2%,背面效率 16.7%,與其比較的 PERC 電池效率為 21.1%,至少可以提升 0.4%以上。 而美國 SolarWorld(SolarWorld Americas Inc.)在 2014 年研發 P型雙面電池, 放在戶外驗證其每年可以比 PERC 模組多 5%~25%。國內目前以工研院為 主,並特殊的背面設計申請電池結構專利與模組專利,希望將 PERC 轉換成 P 型雙面太陽電池,後續模組封裝上能進一步突破,同時降低封裝損失。

#### 3.非銀電極技術開發

在銅製程開發方面,由於太陽電池面臨極大的成本降低壓力,而太陽 電池中除了晶片外,佔成本電池比重第二高的是銀膠電極。但因銀材料價 格昂貴,且易隨貴金屬價格波動,故有以銅取代銀的研究之投入。但除少 數特珠結構電池外,皆未開始量產。銅金屬導電率與銀相當,但原材料價 格約為銀的1/100。另外,在2016年ITRPV的太陽光電國際技術發展趨 勢報告中指出,現今商用矽晶太陽電池正面電極之柵線寬度介於50μm至 60μm;預測未來十年內,正面電極柵線寬度將逐步縮小至30μm以下。 銅電極技術若配合雷射圖案化術,可將線寬縮小至30μm以下,進而提升 照光面積及光電流,並有接觸電阻較低等優點(圖2.1.4)。持續與國內有意 投入的廠商洽談合作,並擬以平台方式與業者共同進行量產技術發。



圖 2.1.4、矽晶太陽電池電極柵線寬度發展趨勢 (資料來源: ITRPV 2016)

目前在國際上發展銅電極太陽電池單位,包括有:比利時 IMEC(Interuniversity MicroElectronics Center,校際微電子研究中心)與荷 蘭 Besi Meco 公司以垂直電鍍設備類型,德國 Fraunhofer ISE 與 Rena 公司 以水平電鍍機設備類型,其最佳元件表現為 22.5%之 N型 PERT 電池,但 因量產穩定性與產品可靠性,尚未有電池製造商投入量產產品。國內目前 以工研院為主,以自主開發雷射細線化技術與直接銅電鍍技術,結合 Besi Meco 試量產電鍍設備,於本年度建置國內第一條試產級銅電鍍平台,積 極與廠商合作,嘗試應用於各種不同結構之太陽電池,未來將持續研發提 升元件轉換效率與大面積矽晶太陽電池銅電鍍電極模組開發,通過 IEC61215 規範測試。 (二)低温度效應模組技術開發

#### 1.異質接面太陽電池技術

目前太陽光電產業面臨多晶矽電池跌幅太大造成利潤微薄,雖然國內 的單晶 PERC 電池相較中國大陸技術差距約領先半年,若想獲得更多利潤 並拉大競爭差距必須要有高效率技術創新與突破。另外從使用者的角度, 發電量大小將為影響太陽光電普及化關鍵因素之一,如何在有限面積下促 使系統能發更多的電,是一般消費大眾所重視的。因此,具有高效率競爭 優勢兼具低溫度效應的技術,就非異質接面太陽電池技術莫屬。異質接面 太陽電池擁有下列優點:(1)光電轉換效率高,目前世界紀錄為日本 Panasonic 於 2015 年發表 24.7%(100cm<sup>2</sup>);(2)能與薄晶片(<100um)相容; (3)具低溫度係數(比傳統矽晶低,詳圖 2.1.5);(4)具高發電量;(5)全低溫 製程<250℃;(6)戶外真實發電與標準測試發電比率高(High PTC/STC rating);(7)無光劣化效應(no LID, Light Induced Degradation);(8)無電位誘 發衰減(no PID, potential Induced Degradation)。雖然有關異質接面太陽電 池的原始結構專利皆已過期,但由於對該太陽電池技術了解有限且擔心投 資到不適合之產線,業者大多持觀望態度而不敢貿然大舉投入,因此產業 界需要初期製程的建立及技術驗證平台。



圖 2.1.5、矽晶太陽電池與異質接面轉換效率對溫度的關係 (資料來源: In Proceedings of the 31st IEEE Photovoltaic Specialist Conference, p 866-871 (2005))

異質接面太陽電池技術開發之重要方向,包括:(1)關鍵製程的建立, 可協助廠商了解各階段製程技術重點,並且量化此規格,當規格確立後就 可確立設備設計開發方向,能夠減少廠商研發時間。加速產品化時程。(2) 關鍵設備的設計製造,可帶動相關真空產業及相關設備商,加速其擴大量 產與擴大技術領先差距。(3)關鍵材料的開發,可提供高品質及降低成本 之材料,使異質接面技術在價格競爭中勝出。

本計畫之低溫度效應異質接面太陽電池技術開發於今年度的研發重 點:(1)背接式異質接面抗反射層開發反射率小於5%(at 600nm),以提升 光電流。(2)改善晶片品質改善及表面結構,並以非晶矽或氧化物鈍化晶 片表面,使載子生命周期≧800µsec,提升開路電壓。(3)將電極製作於背 面,提升照光面積,使短路電流大於40mA/cm<sup>2</sup>。(4)整合以上技術,提供 產業技術及研發平台需求,並達成低溫度效應≦0.28%/°C,異質接面太陽 電池效率≧23%。

目前異質接面太陽電池的世界紀錄以日本Panasonic於2015年發表的 24.7%(100cm<sup>2</sup>),採用98µm厚度的晶片,利用非晶矽鈍化N型矽晶片表 面製程,使開路電壓達到750 mV,填充因子達到83.2%。然而使用非晶 矽鈍化晶片必須使用真空設備,昂貴的設備價格將導致電池生產成本上升。 因此在開發非晶矽鈍化技術的同時,應搭配國內設備商開發自有設備技術, 並進行新鈍化材料的開發,降低製程及材料之成本,才能有效提升異質接 面太陽電池競爭力,創造更多利潤

#### 2.新型封裝材料與模組增益技術開發

由於各材料及模組大廠正積極開發各式各樣透明封裝材料,以解決雙 面受光模組與透光型模組所需的高透光與高可靠度問題,透過現有封裝材 料專利性基礎(如:自主性 EVA、背板與螢光轉換材料),進行材料整合與 開發來達到增益型透明封裝材料產品,為目前可期的解決方案同時是整合 與加值專利產品價值,未來對於模組材料端與模組系統端具高度競爭力。

新型封裝材料發展趨勢以取代 EVA(乙烯-醋酸乙烯共聚物, Ethylene Vinyl Acetate)為開發重點,由於 EVA 會因長期日照曝曬造成模組老化析出 醋酸,進而腐蝕內部金屬電線造成發電量降低等問題,因此新型封裝材料 以高品質無醋酸材料為封裝材料標的,例如:聚烯烴(Polyolefin)。Polyolefin 可解決的醋酸腐蝕問題,具有高電阻絕緣、低水滲透等耐候阻隔特性,達

到抗電位誘發衰減(Potential Induced Degradation, PID)與抗濕熱性(Damp Heat, DH),符合模組長久可靠與發電性能。

依據 ITRPV 分析太陽光電模組的新型封裝材料發展趨勢,預估至 2019 年 Polyolefin 市佔率將明顯提升,到了 2025 年估計非 EVA 封裝材料佔比 將達到 35% (圖 2.1.6)。另外,ITRPV 亦預估到 2020 年全球矽晶太陽電池 的設置量將比 2016 年增加約 220GW,而 Polyolefin 市佔率約達 15%,預 估矽晶電池使用 Polyolefin 約有 33GW。



圖 2.1.6、太陽光電模組的新型封裝材料趨勢 (資料來源:ITRPV 2015)

由於政府的補助方向大都屬於環境嚴苛之水上型系統、以及需要通過加 重嚴苛測試之模組,如:免競標優惠的水上型模組、電能躉購制度的水上型 系統擬定等,行政院已於105年9月1日核定「太陽光電二年擴大計畫」, 將在2年衝刺1.44GW太陽光電發電系統以促進國內投資(圖2.1.7)。行政院 擬朝地面型、屋頂型雙管齊下,其中地面型選擇鹽灘地、嚴重地層下陷區及 水利設施來舖設;鹽灘地區共篩選4,700公頃,優先選擇位於嘉義及台南的 800多公頃土地;並仿照日本,選擇水位變化小的水庫及滯洪池共15處地 點舖設水上太陽光電板,約有150MW規模。由於水上型系統多位於易腐蝕 環境,考量模組老化容易析出醋酸物質腐蝕模組內部金屬,導致系統發電量 的衰退,透過新型無醋酸封裝材料(Polyolefin)技術開發,將有效解決可靠度 問題,減少材料衰退並增加模組使用之年限。

太陽光電2年擴大計畫		
期 程	105下半年~	~107上半年
	數量	1.44GW(1440MW)
	日間投資額	逾936億元
	鹽灘地	4,700公頃篩選803公頃, 舖設535MW, 投資約350億
地面型	嚴重地層 下陷區	總計1,253公頃,可裝置835MW,優先以雲林 境內先設
	水上型	選15處小水庫或滯洪池舖設150MW
民活刑	政府機關	中央及地方政府辦公大樓、學校、國營事業
座頂空	用電大戶	中鋼台積電等大用戶及廠房佔地大工廠
		製表:呂雪彗

圖 2.1.7、太陽光電 2 年擴大計畫 (資料來源:中時電子報 2016.08.01)

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

#### 1.高可靠度封裝技術開發

電力的使用是目前最方便與最普遍的能源,幾乎人人無時無刻都在 耗用電力,因此如何可以更簡單地得到一個方便的電力來源,在消費市 場長久以來一直是項熱門的賺錢賣點,也促使太陽光電應用商品,就這 樣一個個的產生,但是因為使用上的不方便以及誇大的廣告,造成很多 商品幾乎一次性的就下架了,分析其中之主要使用情境發現:人們一天 幾乎有八到九成的時間都待在室內,而室內的光強度根本就只有戶外的 百分之一不到,在此情況下太陽電池很難發揮作用,因此要解決在低光 強度下,發電效率偏低的問題,就必須找尋一種在低光下效率衰退不大 的太陽電池技術,染料敏化太陽電池就是其中的一種選擇,該技術可由 材料與製程著手,控制其發電量/光強度的比值於低光度下不衰退,使其 即使在弱光下依舊有很好的效率表現,繼而能使太陽電池延伸到產品應 用端,做到節能處處在的地步,整體而言除了造就技術差異性外,還能 提高競爭力,更能有效率地做到節能的目的,也較為符合一般大眾使用 的習慣(圖 2.1.8)。

由於染料敏化太陽電池技術在台灣尚屬於新興技術,整個生產鏈雖 然已具雛型,但在整體市場定位尚未明朗化之前,都算是處於研發試量 產階段。然而此技術由材料、製程、設備與整合,大多都可由台灣廠商 自行開發生產,幾乎不須仰賴國外,因此對於價格的控管、技術的生根、 到最後的產品價值,都可以擺脫以往整線製程造成的設備及材料端的層 層剝削及削價競爭。為了加速產業發展的能力,產品可靠度與壽命也必 須兼顧,其建構在封裝技術的開發,因此研發電池專用封裝材料更能全 盤掌握材料技術,對於未來該產業的競爭力提升有決定性的影響。

為使國內產業投入新興技術,並輔導傳統產業轉型高利基新事業, 因此先行在材料佈局上做突破,並且進行製程放大與改良,縮短廠商未 來進入量產的時程,同時針對電池特性,發展獨特的太陽電池應用,未 來不僅在材料上可以技轉給相關廠商,在製程與設備上也可技轉到模組 廠商,甚至在成品應用更可以結合應用廠商,做到太陽電池走入民生之 效益。



圖 2.1.8、低照度太陽電池應用情境

### 2.2 專利佈局說明

- (一)新型太陽電池技術開發
- 1. 無切割損晶片技術開發

無切割損晶片技術可分為三個部分:多孔矽蝕刻、磊晶、晶片剝離。 目前專利佈局已針對:

- (1)多孔矽蝕刻步驟申請設備專利,該專利相較起目前的蝕刻方法,具有 蝕刻較均勻且製程成本較低的競爭優勢,具有量產潛力。
- (2)晶片剝離製程上,本計畫預計開發剝離的設備專利,針對大面積晶片的剝離,降低晶片的破損率。

正在佈局中,其他在開發過程所產生新的設計及技術開發,皆可產生 新的專利,例如:

- (3)成長磊晶層的快速量產化磊晶設備之設計。
- (4)本技術研發有一項中華民國獲證專利"太陽電池及其製備方法",提出利用超薄晶片太陽電池製作一具曲面結構之模組,不同傳統高溫環境易破壞元件品質,可提升模組的發電效率,增加超薄晶片在未來應用範圍。

#### 2.P 型雙面太陽電池技術開發

為尋求新的電池結構設計,提升 PERC 太陽電池產品價值及降低成 本,本計畫技術團隊透過專利搜尋工具,以「雙面電池結構」為關鍵字, 篩選出認為較重要專利有6篇,經分析結果發現:專利權人主要皆為美國 廠商,而且對手的專利都在背面電場層與電極製作技術,因此在光學設計 項目應是專利佈局的切入重點之一。其他在未來亦將針對不同電極技術或 設計,如:細或無匯流排(Busbar)電極結構,與電鍍電極、雷射轉印電極 之整合等方面進行佈局。

目前 P 型雙面太陽電池已申請專利"雙面光電轉換元件"(1 案 2 件)並正 在審查中,主要技術為藉由正背面不同粗糙度之設計達到電池正面效率最 大化,再追求背面效率最佳化。可與生產鈍化射極與背面電池之太陽電池 廠合作試量產,加速 P 型雙面電池技術之產業化。

3.非銀電極技術開發

銅電鍍電極太陽電池開發,本計畫開發低溫非銀電極元件技術,並整 合高效率太陽電池技術,並曾申請多項技術,例如:

- (1)銅電鍍製程整合反轉層電池,其利用固定電荷層在晶片表面誘發的反轉層,來形成 PN 接合或背表面電場(BSF),可減少雜質可能引起的載子再結合現象,以提升光電轉換效率。
- (2)銅電鍍製程整合 PSG 電池,其利用擴散時所形成的氧化磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)層,來 進行表面鈍化,其同時可以做為電極燒結時或使用雷射之局部摻雜的摻 雜源,此製程並有自我對準之特性。

在未來的發展上,亦可針對不同元件的特性進行相對應電鍍技術的發展並進行專利佈局,例如:

(3)異質接面太陽電池,在透明導電膜上的銅電極圖案化方式。

(4)N型太陽電池,P型/N型雷射摻雜技術與雙面銅電鍍技術。

(5)電鍍導線氮化矽開孔與表面處理技術,以增加附著力等。

綜合上述,本計畫在矽晶太陽電池技術近年所產出的專利成果、以及未 來佈局方向規劃,詳如圖 2.2.1 所示。



圖 2.2.1、矽晶太陽電池專利分析與佈局

### 1.異質接面太陽電池技術開發

異質接面太陽電池專利原為日本 Sanyo 公司擁有, Panasonic 於 2011 年 12 月併購 Sanyo 之 HIT 品牌,因此 HIT 現為日本 Panasonic 異質接面 太陽電池商標,其主要專利已經過期,目前有效專利只剩表面結構專利, 研究發現可迴避,且未發現創新技術可降低成本(表 2.2.1)。由於傳統之異 質接面電池的基礎專利使用非晶矽進行晶片表面鈍化來減少載子複合,本 計畫技術團隊欲改變鈍化材料及結構來進行佈局(表 2.2.2),希望取代日本 Panasonic 專利中非晶矽(a-Si)材料,避免用到 PECVD 昂貴製程設備,可 利用此佈局提升開路電壓與填充因子,有效提升電池效率。

傳統型之異質接面	到期時間	說明
HIT 單面結構專利	2010.9.20	單面鈍化矽晶片,使載子不
US 5,213,628	(已過期)	易複合,增加載子存活期
HIT 雙面結構專利	2015.8.29	雙面鈍化矽晶片,使載子存
US5648675	(已過期)	活週期增加,高開路電壓
表面結構專利	2021.5.21	使薄膜在金字塔結構上沉積
US6380479	(未過期)	更均匀

表2.2.1、傳統型異質接面太陽電池之關鍵專利 (工研院整理,2016.03)

表2.2.2、新結構異質接面太陽電池之關鍵專利 (工研院整理, 2016.03)

新結構之異質接面	到期時間	說明
SiO <sub>2</sub> /poly-Si 異質接面電池 US8686283 B2	2030.05.04 (未過期)	薄 SiO <sub>2</sub> ,使載子不易複合, 增加載子存活期
Counter dope/SiO <sub>2</sub> / poly-Si 異質接面電池 US20130298973 A1	2032.05.14 (申請中)	反摻雜使導電度改善
SiO <sub>2</sub> /poly-SiC 異質接面電池 DE102014205350 A1	2035.09.24 (申請中)	poly-SiC 使使載子不易複合, Voc 提昇

#### 2.新型封裝材料與模組增益技術開發

工研院近年完成太陽光電模組封裝材料開發,包含:螢光轉換、透明 背板等,延續過去以非氟系樹脂背板技術開發之專利佈局,開發配方調控 與混合押出成型的透明封裝材料,如:自有專利非氟系樹脂製成透明背板, 螢光轉換材料添加至模組封裝材料,以紫外光轉換為可見光提升輸出功率 (圖 2.2.2)。



圖 2.2.2、太陽光電模組封裝材料示意圖 螢光轉換(上),透明背板(下)

對於新型封裝膜材的光學增益,結合與已佈局透明封裝膜材的專利, 運用自有專利的螢光高分子材料,有效應用在目前封裝膜材裡面,結合傳 統型 EVA 封裝膜螢光專利,對於封裝膜螢光電性增益將更具全面性,有 助於未來整個模組的電性提升,可使國內模組產品更具國際競爭力(圖 2.2.3)。



圖 2.2.3、新型封裝材料配方 Polyolefin 開發
本年度以新型封裝材料配方 Polyolefin 開發為主, Polyolefin 屬於鏈狀 材料及新型長鏈型發光分子材料,利用苯乙烯和其二烯(丁二烯與異戊二 烯)的塊狀共聚物材料,同時調控高分子型可塑劑配方以開發新型封裝膜 材。在模組增益型透明封裝材料技術之專利佈局規劃,將結合多項自主性 專利技術,如光轉換增益封裝材料、透明封裝材料(如背板)等技術,同時 添加自有專利的螢光材料改質,藉由材料配方設計與開發符合低成本需求 之功能性模組材料與膜材技術 (圖 2.2.4)。



圖 2.2.4、自主性封裝材料之專利技術

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

#### 1.高可靠度封裝技術開發

染料敏化電池技術發展鎖定在效率提升、壽命延長、應用整合三大部 分,其中效率與壽命提升技術又可細分為關鍵材料、電池結構、製程、設 備,如圖 2.2.5 所示。目前工研院在關鍵材料與製程上佈局較廣,技術也較 為成熟,統計分析染料敏化電池專利佈局趨勢,也是以此部分佔最大宗, 原因在於產業化尚為成形,多半仍在基礎研究與實驗室階段。然而隨著技 術日漸成熟,在持續擴展關鍵材料與製程專利的基礎下,設備與應用整合 專利同時也應開始著手進行,方能搶得進入市場先機。設備專利將配合自 動化製程與電池結構為考量,如圖 2.2.6 所示,其電池結構可歸類成硬式玻 璃基板與軟性可撓基材,無論是那一種結構,都可以應用於消費型的產品, 依所使用情境而不同,會有不一樣的設計,這也是低照度太陽電池專利局 重點之一。目前染料敏化太陽電池的使用情境,漸漸被定位在光驅動電池、 低照度太陽電池,其最大特點在於低照度下使用(約為 10000Lux 以下)效能 很好,可結合於感測器的使用,以及相關商品的開發,因此應用整合專利 將朝此方向進行,保護成果取得自主性。



# 圖 2.2.5、低照度太陽電池專利分析與佈局



圖 2.2.6、低照度太陽電池結構與製程

## 2.3 產業化佈局說明

(一)新型太陽電池技術開發

#### 1. 無切割損晶片技術開發

本計畫開發無切割損晶片與電池技術,為前(103)年剛起步之前瞻技術,但目標設立希望在五年後能夠產業化。按照本計畫之規劃,今年度除繼續開發超薄晶片太陽電池之技術外,並建立大面積無切割損磊晶晶片之 製作開發,驗證其晶片品質在太陽電池上之適用性。

針對所開發的無切割損磊晶晶片技術,將先使用於生產較厚之無切割 損晶片,供一般太陽電池生產使用,以期較易切入市場。此技術可省略多 晶矽提煉、長晶等高耗能製程,以及切晶等所造成的材料損失。在 105 年度開發的磊晶晶片製程,已確保其雜質缺陷密度、厚度均勻度等符合產 業規格。今年並與具有磊晶設備及經驗的公司進行合作,將多孔矽蝕刻、 磊晶、晶片剝離三道程序結合起來,以達到無切割損晶片的製造目標。而 未來的遠程目標則是協助廠商將研發設備擴大為量產設備,使得晶片的產 能可以達到 20MW 的規模,以達到真正量產的目標。

#### 2.P 型雙面太陽電池技術開發

目前市場上雙面太陽電池皆以N型為主,P型太陽電池雖為市場主流, 但市面上尚未有廠商投入P型雙面太陽電池,工研院目前已與國內太陽光 電公司(BigSun)合作共同開發P型雙面太陽電池,驗證其穩定性與可靠性。 由於製程步驟與鈍化射極與背面電池相同,可以在不增加設備成本情況下 進一步節省成本,可說明效率與產品應用之優點,未來將尋找國內生產此 類電池之太陽能大廠(如:昱晶、旭泓、新日光、茂迪等)導入量產,同時 尋找模組廠共同開發P型太陽電池模組封裝技術。

#### 3.非銀電極技術開發

在電極材料方面,太陽電池一直使用銀膠塗佈燒結的方式製作電極, 而此一材料不僅受到銀的價格影響,而且銀膠材料技術本身掌握於杜邦 等國外大廠的控制而成本無法降低。而本計畫試圖將銀膠用銅電鍍技術 代替,不僅原材料成本大幅降低,電鍍液本身的開發國內亦可自主,可 大幅降低電極之成本。

19

本技術的產業化規劃,將藉電鍍平台之建置進行量產電鍍技術之評 估,將先前建立之實驗室技術,以更接進量產的形式進行驗證,除了於 本計畫中開發核心製程技術外,另將開放其平台,招集廠商,成立銅電 極技術聯盟,與業者共同開發量產技術,以協助產業界以較大規模進行 測試,加速台灣銅電鍍電極之產業化。目前已有三家國內大廠參與,進 行銅電極技術試量產技術的驗證,期能加速達成商業化產品,提升國內 產業界的競爭力。

#### (二)低温度效應模組技術開發

## 1.異質接面太陽電池技術開發

目前產業界在初期投入新技術資本時,會進行初步關鍵技術研究及驗 證。本技術團隊建置異質接面太陽電池小型研發平台,可先輔導業者提供 初步技術驗證及關鍵技術移轉教學,若有設備廠商有意願投入此技術,則 可再進一步洽談設備開發及相關設備規格訂定等細節,使後續電池廠商可 在自主技術開發的量產設備進行使用,提升國內設備商競爭力及降低設備 成本。同時在關鍵材料的開發上,也必須進行低成本鈍化材料及膠料之開 發,掌握材料核心技術,使電池成本可以降低,完成電池驗證後再搭配國 內相關膠料商,進行相關材料的量產,使電池廠商可以有相對應的材料可 以使用。在中期將規劃建置試量產線,提供電池廠、設備商及材料商進行 相關營運成本、設備性能、材料性能及試量產效率的實證,了解後續實際 量產過程可能會遇到的問題並進行該段製程改善,縮短廠商實際量產後的 學習曲線。

#### 2.新型封裝材料與模組增益技術開發

目前國內太陽電池產能雖佔全球第二之優勢,但在材料與模組自主供 應端卻相當不平衡,將持續協助模組關鍵材料與組件產品發展,建構產業 環境平台,培育自主性材料與模組技術。本計畫之模組增益型透明封裝材 料技術開發,將結合模組廠商與材料開發商,針對廠商 EVA 產品或背板 產品進行改良與加值,共同開發增益型 Polyolefin 封裝材料,除了進行配 方試驗驗證,技轉給模組廠商進行量產外,同時也將與異業洽談合作如提 供給 塑 膠材 料業者轉行,藉以提升傳統產業產品的附加價值。 綜合上述,矽晶太陽電池技術發展之產業化規劃如圖 2.3.1 所示:



太陽電池結構

圖 2.3.1、矽晶太陽電池技術發展之產業化規劃

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

#### 1.高可靠度封裝技術開發

低照度之染料敏化太陽電池為第三代太陽電池之一,相對於其他太陽 電池而言,製程較為簡單,且技術及設備國內可自主化(圖 2.3.2)。這幾年 隨著應用需求漸漸被了解與接受,發現其模組的關鍵技術在於電池壽命年 限與弱光發電性能,壽命需要高可靠度電池技術的開發,主要為封裝材料 與搭配性的封裝方法,以及整體的評估策略,若將此技術及材料研發成功, 則可直接為國內廠商提供此技術,以在地化生產方式免去仰賴國外技術所 造成的高技術授權金成本。

弱光發電性能的另一項關鍵,除了在穩定的模組製程之下,還需要深入的理論基礎,在一個太陽光強光下(1 sun)的配方調配與製程調整,以期 能夠優化符合弱光發電使用,對於太陽光電產業而言,是嶄新的技術新知 (knowhow)並合乎低成本效益訴求,不用再花很長的時間研發與嘗試,可 直接應用於室內低照度發電。



圖 2.3.2、低照度太陽電池實驗室等級製程設備與檢測設備

產業化主要佈局目的為著眼於未來的新能源技術領域,提供本土企 業的競爭力,由關鍵材料研發、到生產製造的能力,使我國在往後低成 本與多樣化能源開發上,具備競爭之能力,使傳統之製造產業轉型為高 科技能源製造業,衍生相關之高附加價值產品(圖 2.3.3),由國內外的研 究報告中發現,低照度太陽電池應用市場已逐漸打開,儘管分布範圍很 廣,但大多滲入民生需求。因此除了原本模組廠外,對於國內泛用化學 品工業也能刺激競爭,透過跨領域整合導入特殊化學品的用途,扶植太 陽能產業的同時也能促進化學工業的進展,促使國內周邊材料及設備供 應商跨入太陽光電產業,形成供應鏈與群聚效應,帶動國內產業發展, 尤其面對物聯網即將興起的世代,低照度太陽電池用於環境能源回收技 術,預計將扮演一個不可或缺的能量。

為能協助我國廠商擁有自主性及貼合民生利用的本土化技術,成為 技術領先廠商,提升國內產業的國際形象與地位。使得技術得於國內生 根,促使各大產業進行異業整合;由於此技術原為仿生太陽電池技術, 可謂取之自然用之自然,對於環境的影響將可降至最低。對於正在推行 的太陽能政策,除了協助產業佈局關鍵技術外,更可使節能具有實質的 功效,因為當太陽電池走入民生,邁入家庭,使用環境變得更廣,那將 會普遍被利用於各項產品中,相對地也教育社會,環保節能的觀念,促 使產業所設計的商品更具競爭力。



圖 2.3.3、低照度太陽電池市場應用分布統計圖 (資料來源: Grand View Research 2016)

# 三、計畫執行情形

# 3.1 計畫實際執行內容

3.1.1 實際工作內容與進展說明

(一)新型太陽電池技術開發

## 1. 無切割損晶片技術開發

無切割損薄晶片之製程開發,其製程為首先在矽晶片上製作多孔矽層, 再加以氫氣的高溫處理,使其表面封合,利用其較緻密的表面為種晶層, 進行快速磊晶矽的成長,再將此磊晶層剝離。

所謂多孔矽(SPF)的蝕刻技術,通常藉由電化學蝕刻,在固定的氫氟 酸濃度之下,造成自矽從表面往基板內部蝕刻出一層如海綿狀的多孔矽結 構。而事實上此陽極氧化反應只在多孔矽層結構的底部發生,這是因為 多孔矽層的電阻很高,因此若部分電流流經過多孔矽層旁的殘餘單晶矽層, 電壓將隨著多孔矽層的增厚而迅速變高,然實際上電壓卻會隨著蝕刻深度 有緩慢降低的現象。也就是說多孔矽電化學蝕刻機制中之蝕刻現象僅發生 於多孔矽之孔洞底部。在陽極氧化的過程中,隨著電流路徑的進行,在多 孔矽層有類似挖溝的現象產生。

無切割損晶片開發使用磊晶的方式,在基板上生長出單晶矽晶層,再 將生長完的矽晶層從基板上剝離下來,來得到單晶矽晶片,由於該製程沒 有用到切割切片的方式,因此稱為無切割損晶片製程。無切割損製程又稱 為 ELO 製程(磊晶與分離, Epi & Lift-off),其製造流程如圖 3.1.1 所示。



圖 3.1.1、無切割損晶片製造流程

本計畫去年著重多孔矽蝕刻製程的開發,而今年則專注與磊晶技術的 整合,故今年研發重點在於磊晶製程的開發,及與其後的晶片剝離製程。 但在計畫執行的過程中,發現磊晶時的熱製程對多孔矽的封合會有影響, 故針對配合磊晶成長,其多孔矽蝕刻製程尚需進行微調。

進行多孔矽蝕刻,其蝕刻溶液使用 HF 與乙醇的混合溶液,HF 為蝕 刻的主要溶液,添加乙醇的目的為加強矽晶片表面與蝕刻溶液的接觸能力, 使得蝕刻時溶液可以進入蝕刻孔洞中。蝕刻時將矽基板一面接上陽極,晶 面的另一面接觸蝕刻溶液(圖 3.1.2、3.1.3),蝕刻溶液中懸吊有一個接上陰 極的銀電極,當晶片通過直流電流時,由於陽極氧化的原理,矽晶片表面 會因為電流氧化而產生許多微小的孔洞,最後成為多孔矽的結構。多孔矽 的孔洞尺寸與電流大小有關,多孔矽的厚度則是與蝕刻時間有關,經過蝕 刻條件的調整,我們可以得到不同的蝕刻結果,並整理出其中的關係。



圖 3.1.2、多孔矽蝕刻裝置



圖 3.1.3、蝕刻晶片與電極板

其後展開始磊晶成長,由於磊晶生長時,生長出來的晶片品質與基板 的表面狀況息息相關,必須表面越平整越好、多孔矽層的表面孔洞越小越 好。然而無切割損製程的第三的步驟是將磊晶層從矽基板上分離,則是要 此多孔矽層的孔洞必須越大越好,才能在晶片剝離中扮演分離結構的角色。 為了同時滿足上述兩個條件,因此多孔矽層必須製作出兩層結構,上層的 孔洞小,下層的孔洞大,並且在高溫磊晶的過程中,上層多孔矽的表面處 孔洞要能夠閉合以減少磊晶產生的缺陷,下層多孔矽層的孔洞要變大,讓 多孔矽層變得脆弱好進行後續的分離。

(1-1)小面積多孔矽蝕刻測試

本研究初期先使用小面積晶片(3 吋)進行雙層多孔矽蝕刻測試,經由 實驗發現,當上層的蝕刻電流過大時,會造成高缺陷的磊晶表面,如圖 3.1.4 所示,圖中晶片表面的斑點即為 stacking fault 缺陷。圖 3.1.5 為顯微 鏡底下觀察到的 statcking fault 缺陷,會產生這種缺陷的原因是表面的孔 洞過大,而過大的孔洞壁面成為磊晶生長時的新界面,此時磊晶不再是單 純沿著晶片的<100>方向進行生長,孔洞的位置因為原子的錯位會形成疊 差,當 stacking fault 數量密集時,就會形成如圖 3.1.5 的大面積表面缺陷。



圖 3.1.4、高電流蝕刻基板所得到的多孔矽結構(左),與表面磊晶狀況(右)



圖 3.1.5、Stacking fault 缺陷

為了降低磊晶的缺陷,因此必須將上層蝕刻的電流降低,使得表面的 孔洞直徑可以縮小,此時在高溫狀態時表面的細微孔洞可以閉合,創造出 一個有利於單晶矽生長的表面,因此經過實驗調整後,可以得到缺陷密度 極低的磊晶層,如圖 3.1.6 所示。



圖 3.1.6、低電流蝕刻基板所得到的多孔矽結構(左), 與表面磊晶狀況(右)

為了後續的晶片剝離,晶片在磊晶時的高溫狀態下,除了表面孔洞的 封閉之外,下層多孔矽的孔洞移動聚集是另一個重要關鍵,我們在實驗中 觀察孔洞的聚集情形,實驗發現當底層孔洞孔徑型態細且深時(如圖 3.1.7 左),無法提供足夠的表面能量吸引上層的小孔洞往下移動,此時孔洞反 而傾向於往上表面移動,造成磊晶的起始面具有殘留孔洞(如圖 3.1.7 右), 這會影響到磊晶的品質。經過多次實驗發現,當將下層的多孔矽製做成淺 且寬的型態時(如圖 3.1.8 左),下層孔洞就容易在高溫狀態下吸引上層多 孔矽的孔洞,最後在下層孔洞層的位置凝聚出更大的孔洞,當孔洞連續在 同一個平面時,磊晶的晶片就變得容易分離下來。



圖 3.1.7、下層孔隙度低的磊晶情形



圖 3.1.8、下層孔隙度高的磊晶情形

## (1-2)磊晶品質測試實驗

為了確認磊晶製程的品質,因此實驗設計在小面積拋光的晶片表面進 行磊晶品質的鑑定,在拋光的矽晶片進行單晶矽層的磊晶(圖 3.1.9),得到 的晶片厚度均勻度可控制在 1%以內(厚度 108 μm),並且電阻率控制在 1.9~2.5 ohm-cm。晶片經過顯微觀察,其缺陷密度<1/cm<sup>2</sup>,這是因為磊晶 的缺陷與基板的狀況具有完全的關聯性,由於測試使用的是高品質單晶拋 光晶片,因此缺陷品質可以受到完美的控制,未來使用多孔矽基板進行磊 晶時,理應不會有如此低的缺陷數量。此外經過金屬雜質含量以輝光放電 譜儀(GDMS)分析,進行 74 種金屬雜質元素的含量,偵測結果如表 3.1.1 所示,個雜質含量均低於偵測極限(0.05 ppm),因此推論金屬雜質總含量 低於 1 ppm。此外利用 SIMS 來進行碳氧含量的分析,分析結果如表 3.1.2 所示,碳含量低於 3×10<sup>16</sup>/cm<sup>3</sup>,氧含量低於 5×10<sup>16</sup>/cm<sup>3</sup>,比較起一般單晶 晶片或多晶晶片,如此低的碳氧含量有利於未來高效率電池的製作。圖 3.1.10 為磊晶層的表面狀況,在電子顯微鏡的觀察下表面十分光滑,幾乎 看不到任何的缺陷在表面。



圖 3.1.9、拋光晶片上的磊晶結果



圖 3.1.10、磊晶層的表面電子顯微鏡觀察

Element	Concentration	Element	Concentration
		0	[ppn wt]
LI	< 0.001	Ag	< 0.01
Be	< 0.001	Cd	< 0.05
В	0.008	In	< 0.01
F	< 1	Sn	< 0.01
Na	< 0.01	Sb	< 0.01
Mg	< 0.005	Те	< 0.01
AI	< 0.01	I	< 0.01
Si	Matrix	Cs	< 0.001
Р	< 0.01	Ba	< 0.01
S	0.03	La	< 0.01
CI	< 0.05	Ce	< 0.005
К	< 0.05	Pr	< 0.005
Ca	< 0.05	Nd	< 0.005
Sc	< 0.001	Sm	< 0.005
Ti	< 0.005	Eu	< 0.005
V	< 0.005	Gd	< 0.005
Cr	< 0.01	Tb	< 0.005
Mn	< 0.005	Dy	< 0.005
Fe	< 0.01	Ho	< 0.005
Co	< 0.005	Er	< 0.005
Ni	< 0.01	Tm	< 0.005
Cu	< 0.01	Yb	< 0.005
Zn	< 0.05	Lu	< 0.005
Ga	< 0.05	Hf	< 0.01
Ge	< 0.05	Ta	< 100
As	< 0.01	W	< 0.05
Se	< 0.01	Re	< 0.01
Br	< 0.01	Os	< 0.01
Rb	< 0.5	Ir	< 0.01
Sr	< 0.01	Pt	< 0.01
Y	< 0.01	Au	< 0.1
Zr	< 0.01	Hg	< 0.01
Nb	< 0.01	TĬ	< 0.01
Mo	< 0.05	Pb	< 0.01
Ru	< 0.01	Bi	< 0.01
Rh	< 0.01	Th	< 0.005
Pd	< 0.01	U	< 0.005

# 表 3.1.1、磊晶層的 GDMS 分析結果

Analysis conducted according to SEMI PV1-0309

Purity = 99.9999962%

種類碳含量氧含量Cz 單晶矽晶片<1×10<sup>17</sup>/cm³8×10<sup>17</sup>~10<sup>18</sup>/cm³多晶矽晶片<5×10<sup>16</sup>/cm³1.7×10<sup>17</sup>~2.8×10<sup>17</sup>/cm³本實驗磊晶晶片<3×10<sup>16</sup>/cm³<5×10<sup>16</sup>/cm³

# 表 3.1.2、碳氧含量與一般晶片的比較

(1-3)大面積 ELO 實驗

經過小面積的多孔矽實驗測試以及拋光面之磊晶測試後,我們將晶片 基板尺寸放大為6吋,因為蝕刻裝置的限制,因此實驗面積為5吋大小, 以相同電流密度條件進行多孔矽蝕刻,蝕刻結果如圖 3.1.11 所示,蝕刻表 面用肉眼觀察可以發現蝕刻的色澤十分均勻,經過取樣進行 SEM 分析, 發現多孔矽厚度之均勻度良好,上層多孔矽平均厚度 2.38µm(均勻度 4%), 下層多孔矽平均厚度 1.52µm(均勻度 12%),上層多孔矽的表面緻密性良 好,適合用於下階段之磊晶生長。



圖 3.1.11、大面積多孔矽與電子顯微鏡觀察

將蝕刻完成之6吋晶片進行單晶矽磊晶,實驗結果如圖 3.1.12 所示。 磊晶目標厚度為 150 µm,所得到的平均厚度為 152.5µm,厚度均勻度<1%, 電阻率控制良好(2.13~2.63ohm-cm),分離下來的晶片經過輝光放電譜儀 (GDMS)進行 74種金屬雜質元素的含量分析,結果顯示純度達 99.99999(7N),偵測結果如表 3.1.3所示,各雜質含量均低於偵測極限(0.05 ppm),因此推論金屬雜質總含量低於 1 ppm。此外利用 SIMS 來進行碳氧 含量的分析,分析結果如表 3.1.3 所示,碳含量低於 3×10<sup>16</sup>/cm<sup>3</sup>,氧含量 低於 5×10<sup>16</sup>/cm<sup>3</sup>,僅有針測到摻雜的磷元素 1.9×10<sup>15</sup>/cm<sup>3</sup>,經過計算與晶 片量測到的電阻率吻合。晶片以酸蝕刻後進行缺陷密度分析,圖 3.1.13 為光學顯微鏡下所作的 EPD 觀察,平均 EPD 為 1.51×10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>。圖 3.1.14 為分離下來的 5 吋 ELO 晶片。



圖 3.1.12、大面積磊晶結果



圖 3.1.13、EPD 觀察



圖 3.1.14、分離下來的單晶矽晶片

表	3.1.3	`	剝離後	磊晶	層之	GDMS	分析結果
---	-------	---	-----	----	----	------	------

Element	Concentration	n Element Concentra	
	[ ppm wt ]		[ ppm wt ]
Li	< 0.001	Ag	< 0.01
Be	< 0.001	Cd	< 0.05
В	< 0.001	In	Binder
F	< 1	Sn	< 0.01
Na	< 0.01	Sb	< 0.01
Mg	< 0.005	Te	< 0.01
AI	< 0.01	I	< 0.01
Si	Matrix	Cs	< 0.001
Р	< 0.01	Ba	< 0.01
S	0.04	La	< 0.01
Cl	0.37	Се	< 0.005
К	< 0.05	Pr	< 0.005
Ca	< 0.05	Nd	< 0.005
Sc	< 0.001	Sm	< 0.005
Ti	< 0.005	Eu	< 0.005
V	< 0.005	Gd	< 0.005
Cr	< 0.01	Tb	< 0.005
Mn	< 0.005	Dy	< 0.005
Fe	< 0.01	Ho	< 0.005
Co	< 0.005	Er	< 0.005
Ni	< 0.01	Tm	< 0.005
Cu	< 0.01	Yb	< 0.005
Zn	< 0.05	Lu	< 0.005
Ga	< 0.05	Hf	< 0.01
Ge	< 0.05	Та	=< 200
As	< 0.01	W	< 0.05
Se	< 0.01	Re	< 0.01
Br	< 0.01	Os	< 0.01
Rb	< 0.5	Ir	< 0.01
Sr	< 0.01	Pt	< 0.01
Y	< 0.01	Au	< 0.1
Zr	< 0.01	Hg	< 0.01
Nb	< 0.01	TI	< 0.01
Mo	< 0.05	Pb	< 0.01
Ru	< 0.01	Bi	< 0.01
Rh	< 0.01	Th	< 0.005
Pd	< 0.01	U	< 0.005

Analysis conducted according to SEMI PV1-0309

種類	碳含量	氧含量
Cz 單晶矽晶片	$< 1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$	$8 \times 10^{17} \sim 10^{18} / \text{cm}^3$
多晶矽晶片	$< 5 \times 10^{16}$ /cm <sup>3</sup>	$1.7 \times 10^{17} \sim 2.8 \times 10^{17} / \text{cm}^3$
本實驗磊晶晶片	$< 2 \times 10^{16}$ /cm <sup>3</sup>	$< 5 \times 10^{16} / cm^3$

表 3.1.4、碳氧含量與一般晶片的比較

(1-4)太陽電池製作

將分離之晶片切成邊長 2cm 的正方形晶片,再利用異質接面太陽電 池的製程技術來製作成太陽能元件電池。首先將分離的晶片雙面經過 KOH 的結構化蝕刻以及 RCA 的標準清洗製程後,再浸泡 HF 溶液去除表 面氧化層,接著使用電漿輔助化學氣相沈積系統(PECVD)在清洗後乾淨的 晶片背面沉積本質非晶矽薄膜層(i-layer)與p型摻雜非晶矽薄膜層(p-layer), 在晶片正面沉積 i-layer 與n 型摻雜非晶矽薄膜層(n-layer),接著在正反面 鍍上穿透導電薄膜 TCO 作為抗反射層以及雙面電極,即完成太陽電池的 製作。圖 3.1.15 為 ELO 太陽電池元件的示意圖:



圖 3.1.15、ELO 單晶矽晶片製作成太陽電池元件

將分離下來的 ELO 晶片,我們會使用化學蝕刻的方式來進行晶片表面的蝕刻。由於分離下來的 ELO 晶片的表面會產生很多表面缺陷,如圖 3.1.16 所示,這些缺陷在電池元件中會讓光電流產生嚴重的複合,因而降

低電池的轉換效率。因此我們針對晶片表面經過分離後所產生的缺陷來進行移除,以得到較佳的轉換效率。



圖 3.1.16、ELO 單晶矽晶片分離後晶片表面

我們分別使用了化學鹼蝕刻拋光的方式以及化學鹼蝕刻表面織構化 的方式來移除 ELO 晶片表面缺陷,進而將不同的蝕刻方式之晶片製作成 太陽電池,圖 3.1.17 分別是晶片經過拋光後的電池元件和經過表面織化後 的電池元件。ELO 晶片表面經過拋光處理後得到的電池其短路電流為 30.33mA/cm<sup>2</sup>,這是因為拋光後的表面過於平坦,大部分的光線被反射掉, 因而降低了短路電流。當晶片表面進行了織構化後,其短路電流可增加至 36.10 mA/cm<sup>2</sup>,從圖 3.1.18 的 QE 量測結果上可看到明顯的不同。



圖 3.1.17、ELO 晶片經拋光後的電池和經表面織化後的電池



圖 3.1.18、不同表面蝕刻方式的光電流量測值

另外,使用 ELO 單晶矽晶片製作太陽電池元件時,我們利用了異質 接面結構的技術來製作,而表面鈍化層是異質接面結構中扮演最關鍵的腳 色。在我們所採用的異質接面太陽電池中,使用了本質非晶矽層(i-layer) 作為表面鈍化層,在研究本質層的實驗中,我們調變了沉積本質非晶矽層 的厚度來探討對 ELO 太陽電池轉換效率的影響,考慮機台的特性,實驗 中控制本質非晶矽層的沉積秒數分別是 12 秒、15 秒、18 秒,不同沉積秒 數對應到的元件轉換效率 IV 參數如表 3.1.5 所示:

i-layer 沉積秒數 (sec)	V <sub>oc</sub> (mV)	J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	F.F. (%)	Effi. (%)
12	633	36.2	81.75	18.74
15	651	35.08	71.1	16.26
18	670	33.07	58.97	13.08

表 3.1.5、不同 i-layer 沉積秒數對 ELO 電池 IV 參數的影響

從表 3.1.5 可以觀察出 i-layer 的厚度對 Voc、Jsc 以及 F.F.皆有很大 的影響,當 i-layer 厚度越厚,也就是沉積秒數增加時,對 Voc 是有所提 升的,原因是 i-layer 厚度增加可以提升對晶片表面的鈍化效果。然而當 i-layer 厚度越厚時,對 Jsc 以及 F.F 會有所下降,這是因為 i-layer 厚度越 厚會增加對光的吸收,使得影響光電流下降; i-layer 厚度越厚也會使得串 聯電阻增加,導電性下降,以至於 F.F 下降。圖 3.1.19 為電池之 I-V 曲線, 經過量測電池的能量轉換效率為 18.7% (Voc=633mV; Jsc=36.2mA/cm<sup>2</sup>; FF=81.75%)。



圖 3.1.19、ELO 電池之 I-V 曲線

## 2. P型雙面太陽電池技術開發

(2-1)P型雙面電池模擬

雙面電池由於正背面皆可發電,一般雙面都會有織構化結構來增加入 射光;但本計畫開發之雙面太陽電池不同於目前一般市面上之太陽電池, 而是"將雙面太陽電池封成單面太陽電池模組,利用電池背面結構與背板 之反射來提升整體發電量",故其光學設計將不同於一般雙面太陽電池的 光學設計。針對我們所開發的雙面電池光學結構參數,重新進行模擬,計 算正面要達到效率最佳化之背表面平坦度,觀察穿透光之強度,結果發現: 當背表面粗糙度大於 160°後強度為 0,代表此時入射光已達到全反射,光 源為最佳化利用(圖 3.1.20)。



圖 3.1.20、P 型雙面太陽電池之背面結構模擬

其後進一步調整正面氮化矽抗反射層之厚度與折射率,計算不同折射 率下最佳厚度與產生的短路電流密度,其結果如圖 3.1.21 所示,可以發現 在折射率為 1.9 之下,其最佳厚度為 78 nm 時可以產生的短路電流密度約 為 43.2 mA/cm<sup>2</sup>,趨勢上折射率越小,相對應的厚度越厚,則產生的短路 電流密度越高。



圖 3.1.21、P 型雙面太陽電池之背面氮化矽介電係數模擬

最後,針對射極的表面濃度與深度對電池光電特性進行模擬,作為實驗調整之參考與依據,射極阻值固定為95Ω/□,計算數據如表3.1.6所示, 結果顯示:當表面濃度降低且深度加深者,其電池效率會有較佳的表現。

Depth[µm]	Conc. $[cm^{-3}]$	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
0.44	8E19	9.386	0.641	80.67	20.20
0.40	9E19	9.385	0.640	80.67	20.19
0.37	1E20	9.385	0.640	80.65	20.18
0.22	2E20	9.386	0.637	80.59	20.08
0.10	5E20	9.390	0.633	80.48	19.93

表 3.1.6、P 型雙面太陽電池射極 Profile 模擬

(2-2) 製程開發與材料評估

基於鈍化射極與背面電池之製程,開發 P 型雙面太陽電池,調整製程 參數與電極材料評估,其製程如圖 3.1.22 所示:



圖 3.1.22、P 型雙面太陽電池製作流程

正背面電極採用4條匯流排,電池完成品之正背面圖案,如圖 3.1.23 所示:



圖 3.1.23、4 匯流排 P 型雙面太陽電池的正面(右)、背面(左)圖案

初次實驗之光電特性結果如表 3.1.7,結果顯示:正面平均效率達到 20.11%,最佳效率為 20.25%,但背面平均效率僅有 12.02%,最佳效率 12.16%亦偏低,仍有很大的改善空間。

Surface		Isc [A]	Isc [A] Voc [V]		Eff. [%]
Front	Avg.	9.399	0.659	77.89	20.11
Front	Best	9.389	0.661	78.35	20.25
Rear	Avg.	5.759	0.639	78.39	12.02
	Best	5.794	0.641	78.56	12.16

表 3.1.7、初次 P 型雙面太陽電池特性

其電池之量子效率量測結果如圖 3.1.24 所示,由於背面相對較平坦, 所以會有震盪的現象,也代表可以藉由調整背面氮化矽反射層的厚度來改 善背面效率。



圖 3.1.24、P 型雙面太陽電池量子效率

另外,針對背面氮化矽反射層進行調整,將其厚度從190 nm 減少至90 nm,觀察電池正背面光電特性如表 3.1.8 所示:

SiNx	Surface	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
00 nm	Front	9.359	0.659	79.71	20.56
90 nm	Rear	6.604	0.648	77.42	13.87
190 nm -	Front	9.346	0.652	81.06	20.66
	Rear	5.857	0.650	76.86	12.25

表 3.1.8、不同背面氮化矽厚度之比較

結果顯示:正面平均效率減少了 0.1% ,但背面平均效率大幅增加了 1.62%,顯示背面反射層參數仍可持續改善,以提升電池正背面之綜合表現。

至於膠料評估部分,原本正面電極材料為 D1 銀膠,評估另一正面電 極材料 G1 銀膠,結果顯示 G1 擁有更好的特性,如表 3.1.9 所示,之後的 實驗正面電極將會採用 G1。

Paste	Jsc [mA/cm <sup>2</sup> ]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
D1	38.22	0.642	81.88	20.08
G1	38.36	0.645	81.67	20.22

表 3.1.9、不同正面電極材料之比較

而背面原本指狀細線電極部分使用 D2 鋁膠,匯流排使用 D1 銀膠, 同樣評估 G1 銀膠,結果顯示改用 G1 銀膠在 D2 與 G1 交接處會出現嚴重 不相容的情形,如圖 3.1.25 所示。



圖 3.1.25、使用 G1 銀膠之匯流排狀況

由於 D2 與 G1 有嚴重的不相容特性,嘗試匯流排使用 D3 銀鋁膠, 結果顯示仍然有同樣的情形,如圖 3.1.26 所示:



圖 3.1.26、使用 D3 銀鋁膠之匯流排狀況

為了解決匯流排電極與指狀細線電極不相容問題,並考量到後續封裝 問題,重新設計背面電極圖案並製作成電池,圖案如圖 3.1.27 所示,其中 4條匯流排區塊狀為 D3,其餘為 D1,燒結後無太大問題:



圖 3.1.27、新設計匯流排圖案

最後,正面電極材料選定 G1,背面指叉狀細線選定 D2,分段匯流排 選用 D3,其封裝拉力測試結果如圖 3.1.28 所示,無太大問題。



圖 3.1.28、拉力測試結果

(2-3)表面鈍化結構調整

由於背面鈍化效果對電池效率有很大的影響,藉由調整鈍化層厚度與 退火溫度,量測其載子存活期以找出較佳之參數,其測試結構示意圖如圖 3.1.29 所示:



圖 3.1.29、鈍化層測試結構 A

為了排除退火溫度對電池正面的影響,量測到精確的載子存活期,測 試的晶片雙面拋光並鍍上不同厚度的氧化鋁鈍化層與氮化矽保護層進行 退火,其結果如圖 3.1.30 所示,載子活期可達 207µsec。



圖 3.1.30、鈍化層退火溫度測試結果

從圖 3.1.30 可以看出氧化鋁鈍化層厚度 7 nm 的較佳退火溫度為 500 ℃,而 10 nm 則為 600℃,顯示氧化鋁鈍化層厚度越厚,則退火溫度會越 高;考量到電池製造過程中,最後一步需要進行高溫燒結形成金屬電極, 氧化鋁會產生水泡破壞鈍化效果,所以厚度越薄越好,最後我們選用退火 溫度 500℃並進一步比較氧化鋁鈍化層厚度 5 nm 與 7 nm 應用在電池半成 品上的效果與效率表現,其測試之結構示意圖,如圖 3.1.31 所示:



圖 3.1.31、鈍化層測試結構 B

結果顯示:氧化鋁鈍化層厚度在7nm有較佳之載子存活期,平均值 達到118µs,如表 3.1.10所示:

$Al_2O_3$ [nm]	Lifetime [µs]
5 nm	94±11
7 nm	118±18

表 3.1.10、 鈍化層厚度比較

對電池光電特性的影響,如表 3.1.11 所示,結果顯示:氧化鋁厚度 7 nm 的雙面太陽電池在 Isc 與 Voc 表現的都比 5 nm 好,平均效率達到 20.48%,比 5 nm 高 0.09%。

Thickness	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
5 nm	9.240±0.029	0.647±0.002	81.86±0.45	20.39±0.12
7 nm	9.297±0.005	0.652±0.002	81.11±0.20	20.48±0.06

表 3.1.11、P 型雙面太陽電池元件測試結果

藉由調整氧化鋁鈍化層參數與背面氮化矽保護層,並使用合適之金屬 膠料與金屬化燒結參數,最佳效率可達到 20.71%,平均為 20.67%其光電 曲線,如圖 3.1.32 所示:



圖 3.1.32、P 型雙面太陽電池效率

(2-4)漸變式抗反射層

電池正面的氮化矽抗反射層對入射光的多寡有很大的影響,我們採用 多層形式並調整厚度與折射率,藉由觀察其光學反射率並製作成五吋標準 電池以求達到最佳的效果。圖 3.1.33 為不同抗反射層參數的正面光學反射 率,其中漸變式反射層是依序以折射率為 2.3、2.2、2.1、2.0、1.9,厚度 為倍減式一次性堆疊上去的;在短波長 300 nm~400 nm 的範圍內,多層 抗反射層比標準組皆有較低的反射率,但可以發現總厚度大於 120 nm 時 其反射率在 400 nm~600 nm 已經偏高;在長波長 600 nm~1000 nm 範圍內, 可以發現多層抗反射層總厚度至少要大於 100 nm 才會比標準組低,表示 在 300 nm~1100 nm 矽晶主要的吸收波段範圍內,漸變式抗反射層厚度在 100 nm~120 nm 有最佳效果。



圖 3.1.33、漸變式抗反射層光學反射率

表 3.1.12 為 5 吋標準電池使用不同抗反射層之光電特性,與參考組相比,漸變式抗反射層只有厚度在 100 nm~110 nm 時,才有所增益;其中 Isc 增加了 0.011~0.013A,效率增加了 0.05~0.06%。

Refractive index	thickness	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
2.08	95nm	5.950	0.645	80.48	19.80
1.9~2.3	100nm	5.902	0.640	79.96	19.38
1.9~2.3	80nm	5.913	0.644	79.38	19.39
1.9~2.3	90nm	5.963	0.646	78.98	19.52
1.9~2.3	100nm	5.961	0.645	80.66	19.86
1.9~2.3	110nm	5.976	0.645	80.32	19.85
1.9~2.3	120nm	5.934	0.647	80.02	19.69

表 3.1.12、漸變式抗反射層電池光電特性

觀察漸變式抗反射層的厚度對效率的影響,如圖 3.1.34 所示。當厚度 從 80 nm 增加到 100 nm 時,效率有明顯的提升(增加 0.47%);在 100 nm~110 nm 時,效率無太大變化;但當厚度繼續增加時,效率開始下降,顯示最 佳的厚度在 100 nm~110 nm 之間。



圖 3.1.34、漸變式抗反射層厚度與電池效率的關係

(2-5)正面氧化鋁溢鍍

本實驗在進行時的另一問題是,在進行背面氧化鋁鈍化層的鍍膜時, 正面邊緣會有些微的溢鍍現象,6吋P型雙面電池的製作流程(圖 3.1.35)、 以及溢鍍情形(圖 3.1.36):



圖 3.1.35、6 吋 P 型雙面電池流程圖



圖 3.1.36、6 吋電池正面氧化鋁溢鍍現象

一般銀膠燒結時無法穿過氧化鋁,所以此溢鍍現象會導致電極與矽基 板邊緣無法有效形成良好的接觸;一般正面氧化鋁的溢鍍會使用氫氟酸溶 液去除,但如浸泡時間過久,中間區域的氮化矽會受到損傷,因此去溢鍍 的時間控制就變得非常重要。

Removal time	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
0 sec	9.184	0.642	77.04	19.10
STD.	0.035	0.002	2.86	0.73
5 sec	9.232	0.647	80.15	20.10
STD.	0.016	0.006	0.54	0.05
10 sec	9.272	0.651	81.05	20.57
STD.	0.020	0.001	0.21	0.02

表 3.1.13、去正面氧化鋁溢鍍的 6 吋電池光電特性

去溢鍍參數分別為 0 秒、5 秒與 10 秒,當時間大於 5 秒時,肉眼觀 察已完全看不出有溢鍍現象,其電池光電特性如表 3.1.13 所示:可以發現 去溢鍍時間 10 秒時才是最佳,電池平均效率達到 20.57%,整理去溢鍍對 其短路電流與效率的影響如下圖 6 所示,隨著去溢鍍時間的增加,電池效 率與短路電流皆有明顯的提升(Eff. +1.47%、Isc +0.088A),而且標準變異 差越來越小,顯示去溢鍍會讓電池製程更加穩定。



圖 3.1.37、去溢鍍對短路電流與效率的影響

(2-6)氧化鋁退火與鈍化保護層製程整合

原本退火參數為在小爐管內的氧氣環境進行 500℃、20 分鐘,之後取 出再放置 PECVD 爐管內沉積背面氮化矽保護層,藉由將此兩步驟整合至 PECVD 爐管內進行,除可避免從小爐管移至 PECVD 爐管過程可能的汙 染,亦可節省時間與成本。實驗流程如圖 3.1.38 所示:



圖 3.1.38、6 吋 P 型雙面電池退火與鈍化保護層製程整合

Anneal [sec]	Lifetime [µs]		
600	155		
1200	147		
1800	186		
3000	185		

表 3.1.14、不同退火時間的電池載子存活期

退火參數改為在 PECVD 爐管內的氮氣環境下進行,將溫度控制在 500℃,改變退火時間從 10 分鐘到 50 分鐘,其電池半成品之載子存活期 如表 3.1.14 所示,顯示時間越久載子存活期越高;而電池光電特性如表 3.1.15 所示,結果顯示退火時間 20 分鐘時,電池最佳平均效率達到 20.62%。
Anneal [sec]	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
600-AVG.	9.298	0.640	81.82	20.30
600-STD.	0.009	0.000	0.14	0.04
1200-AVG.	9.336	0.656	80.86	20.62
1200-STD.	0.004	0.003	0.36	0.07
1800-AVG.	9.328	0.652	80.68	20.43
1800-STD.	0.006	0.003	0.27	0.08
3000-AVG.	9.328	0.652	80.88	20.49
3000-STD.	0.012	0.003	0.44	0.06

表 3.1.15、不同退火時間的電池光電特性



圖 3.1.39、退火時間對開路電壓與短路電流的影響

從開路電壓與短路電流的趨勢來看,退火時間從 10 分鐘拉長到 20 分鐘時,開路電壓增加了 0.016V,短路電流增加了 0.038A,兩者都有大 幅提升;時間增加至 30 分鐘時,數值反而略微下降並固定不動,顯示較 佳退火參數為 20 分鐘,時間再拉長反而沒有效用。 (2-7)P型雙面電池背面效率

P型雙面電池背面非全面電極,背面照光後亦可發電,藉由改善背面 電極圖案、背面抗反射層與背面粗糙度可以有效提升電池效率,表 3.1.16 為針對 6 吋雙面電池背面電極參數進行理論計算後的結果,目前背面使用 的線寬/線距分別為 150μm、750μm,如能將線寬縮減至 100μm,背面效 率會有 8%的相對提升,將線寬縮減至與開線寬度 40μm 一致時,更有將 近 2 成的大幅提升,但為了考量到網印對位的穩定性與準確性,仍然維持 原本的線寬線距。

Finger [µm]	Pitch [µm]	Busbar [µm]	Metal Coverage [%]	Capture Area [%]	Gain
40	750	2000	10.1	89.9	1.18
100	750	2000	17.5	82.5	1.08
150	750	2000	23.7	76.3	1
150	1500	2000	14.5	85.5	1.12
100	1500	2000	11.3	88.7	1.16

表 3.1.16、理論計算背面電極不同參數之效率增益

改變 P 型雙面電池背面氮化矽的厚度,觀察背面氮化矽厚度從 90nm 增加至 190nm 的反射率變化:由於背表面為拋光面,所以會有明顯的駐 波震盪現象,而且厚度為 90 nm 時,在波長 1100nm 的反射率達到 29.3%, 如圖 3.1.40 所示。



圖 3.1.40、背面抗反射層不同厚度的背面反射率

表 3.1.17 為電池背面光電特性, 背面氮化矽厚度在 90nm 時, 最佳效率達到 13.26%, 比 190nm 厚度的效率增加了 2.45%, 主要增益的貢獻來 自於短路電流 Isc 上,將其整理如圖 3.1.41 所示, 可以發現效率與短路電 流的趨勢與增幅一致, 顯示厚度越薄效率越高。

Rear SiNx	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
90 nm	6.216	0.635	80.67	13.26
115 nm	5.935	0.634	80.88	12.68
140 nm	5.311	0.632	79.76	11.15
165 nm	5.358	0.633	79.48	11.23
190 nm	5.214	0.632	78.71	10.81

表 3.1.17、P 型雙面電池背面不同厚度的光電特性



圖 3.1.41、背面氮化矽厚度對短路電流與效率的影響

織構化表面能夠很好的吸收入射光,藉由調整實驗流程,在雙面織構 化步驟後將背面保護起來進行正面射極形成,即可使 P 型雙面鈍化射極與 背面電池表面維持粗糙結構,而後觀察其對電池正背面效率的影響,其實 驗流程如圖 3.1.42 所示:



圖 3.1.42、P 型雙面電池實驗流程圖

電池背面圖案如圖 3.1.43 所示, 左圖為拋光面, 右圖為本次實驗的粗 糙面, 可很明顯看出粗糙面的顏色較為暗沉, 不像拋光表面那麼亮。



圖 3.1.43、P 型雙面電池背面拋光面(左)、與粗糙面(右)圖案比較

電池正背面之光電特性分別如表 3.1.18 所示,從該表可以看出有無鈍 化層,對電池的光電特性有非常明顯的影響,氮化矽厚度固定為 95nm, 鍍制氧化鋁的正面電池平均效率從 17.67%提升至 20.04%,增加了 2.37%; 而當氮化矽厚度由 95nm 增加至 190nm,正面平均效率效率從 20.04%提 升至 20.14%,僅有些微提升。

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiNx		Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
Onm	95 nm	Ave.	8.828	0.611	78.57	17.67
omn		Std.	0.028	0.006	0.93	0.13
8nm	0.5	Ave.	9.362	0.641	80.11	20.04
8mm 95mm	Std.	0.032	0.003	0.36	0.08	
8nm	190 nm	Ave.	9.404	0.646	79.57	20.14
		Std.	0.016	0.004	0.49	0.15

表 3.1.18、 電池正面光電特性

從表 3.1.19 可以看出背面氮化矽不論 95nm 或是 190nm, 背面電池效率的變化不大,平均效率都達到了 13.86%,最佳效率都超過 14%,其中 95nm 有最佳的效率, 達到了 14.43%。

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiNx		Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
0,	05 nm	Ave.	2.921	0.576	75.40	5.32
UIIII	95 1111	Std.	0.470	0.004	3.73	1.11
9.nm	05 nm	Ave.	6.761	0.610	80.62	13.86
8nm 95 nm	95 1111	Std.	0.153	0.001	0.80	0.44
9	0 100	Ave.	6.696	0.613	81.08	13.86
8nm 190	190 nm	Std.	0.108	0.005	0.48	0.33
Best cell						
8nm	95 nm		6.901	0.612	82.00	14.43

表 3.1.19、 電池背面光電特性

(2-8) 製程整合

基於鈍化射極與背面電池的製程改良並且確認適用於 P 型雙面電池 正背面特性的電極材料組合後,再針對正背面電極圖案以盡量減少電極接 觸面積保留鈍化效果為原則情況下進行4條匯流排的設計最佳化,其圖案 如圖 3.1.44 所示。



圖 3.1.44、P 型雙面電池正背面電極圖案最佳化

調整表面光學抗反射層與鈍化堆疊層參數,正面採用多層抗反射層, 背面則改良為折射率 1.9 的氮化矽鈍化保護層,將適用於 P 型雙面的鈍化 層參數最佳化並消除正面溢鍍的影響後,電池最佳效率如表 3.1.20 所示, 正背面最高效率分別可達到 21.17%與 14.43%。

Surface	Isc [A]	Voc [V]	F.F. [%]	Eff. [%]
Front	9.417	0.652	82.71	21.17
Rear	6.901	0.612	82.00	14.43

表 3.1.20、P型雙面電池正背面最佳效率

(2-9)模組封裝損失率

雙面電池由於背面為局部電極,封裝成模組時,入射光可經由背板反 射與散射至電池背面發電,藉由使用高散射背板與電池陣列間距設計可提 升背面增益,對整體功率提升與降低封裝損失率有所助益,其光學入射示 意圖與模組封裝結構圖,如圖 3.1.45 所示:



圖 3.1.45、P 型雙面太陽電池封裝結構

其封裝結果如表 3.1.21 所示,電池原本功率為 4.751W,封裝後功率為 4.710W,封裝損失率達到 0.88% (<1%),主要的增益在短路電流 Isc 上, 提升了 0.973A,顯示雙面電池在模組封裝上比全背電極具有更大的優勢 與潛力。

	Isc [A]	Voc [V]	F.F.	Pmax[w]
封裝前	9.341	0.647	0.79	4.751
封裝後	10.314	0.646	0.71	4.710

表 3.1.21、P 型雙面太陽電池封裝損失

## 3.非銀電極技術開發

(3-1)銅電鍍電極技術開發

本計畫以低成本的銅電極取代昂貴的傳統網印銀膠電極,僅須在一般 電池後段製程中,加入雷射開孔技術與直接電鍍技術,參考圖 3.1.46 為銅 電極太陽電池製程流程圖與元件結構圖,藉由雷射開孔劃開表面不具導電 性的抗反射層(ARC),利用照光誘導電鍍技術(Light induced plating; LIP) 沉積鎳金屬層,僅需不到 1µm 的厚度作為種子層(Seed layer)與阻障層 (Barrier layer),再利用照光誘導電鍍與電鍍(Electroplating; EP)銅金屬層, 作為主要銅導電層。雖然銅具有低的電阻率(Resistivity)與良好的抗電遷移 (Electromigration)的特性可作為電極導電層,但由於銅接觸到空氣中易氧 化的特性,尤其在高濕度的環境中,將會影響到電池效率表現與模組產品 可靠度。為防止氧化,將評估選擇一種金屬材料可作為銅覆蓋保護層。



圖 3.1.46、電極太陽電池製程流程圖與元件結構圖

為評估銅覆蓋保護層材料,我們依照以下幾個原則作篩選:易電鍍 金屬、不影響元件效率表現、具良好 Ribbon 串焊特性與抗腐蝕性,挑 選銀或錫作為本實驗評估銅覆蓋保護層的材料。測試實驗規劃為在一般 傳統網印銀膠電池,測試元件結構如圖 3.1.47,利用電鍍銅增厚電極技 術,在銀膠電鍍增厚銅金屬層,再分別電鍍錫或電鍍銀金屬層作為銅覆 蓋保護層。



圖 3.1.47、銅覆蓋保護層測試元件結構圖

實驗數據	網印銀膠	電鍍銅/錫	電鍍銅/銀
電阻率	電極	增厚電極	增厚電極
(µΩ·cm)	(厚度:15µm)	(厚度:1µm)	(厚度:0.5μm)
Busbar	4.51	4.08	3.61
Finger	5.69	4.61	4.40

表 3.1.22、銅覆蓋保護層測試電阻率比較表

元件 IV 數據	Jsc [mA/cm <sup>2</sup> ]	Voc [V]	F.F. [%]	Cell eff. [%]	${ m R}_{ m shunt}$ [ $\Omega$ ]	R <sub>ser</sub> [mΩ]
網印銀膠電極	38.59	0.652	78.18	19.67	100	1.30
網印銀膠電極 (Ribbon 串焊)	38.58	0.647	76.81	19.16	100	2.05
電鍍銅/錫增厚 電極 (Ribbon 串焊)	37.73	0.649	77.81	19.06	100	1.59
電鍍銅/銀增厚 電極 (Ribbon 串焊)	37.91	0.651	77.79	19.21	100	1.50

表 3.1.23、銅覆蓋保護層測試元件 IV 數據比較表

從表 3.1.22 銅覆蓋保護層測試電阻率比較表,利用電鍍銅增厚能有效 降低匯流電極(Busbar)與柵線(Finger)電阻率,尤其柵線可降低將近 20% 電

阻率。接著再分別電鍍錫或電鍍銀金屬層,由於作為防止銅氧化之覆蓋保 護層,不需太厚,但因錫導電性較銀差,錫鍍層取兩倍厚度。從表中可以 看到電阻率變化差異不大,不影響電極導電特性。而從表 3.1.23 測試元件 IV 數據來看,經模組封裝 Ribbon 串焊後,雖然電鍍銅/錫或電鍍銅/銀增 厚,會使電極線徑變寬,增加電極遮蔽率使光電流變低;但同時會降低電 極電阻率,可有效降低模組封裝之串聯電阻值並提升填充因子,其元件轉 換效率甚至比原本只有網印銀膠電極的元件好。



圖 3.1.48、電極附著力測試數據圖

為了解銀或錫作為銅覆蓋保護層的銅箔銲線(Ribbon)之串焊特性,我 們利用拉力測試儀測試其電極附著力,以避免未來模組產品失效情形發生。 從圖3.1.48 電極附著力測試數據圖來看,其串焊特性與銀膠無太大差異。 但因銀電鍍液為強鹼性(pH>10),錫電鍍液為強酸性(pH<1),使電鍍液會 有蝕刻銀膠之疑慮,為其拉力較差之主因。

從以上實驗結果來看,銀之材料成本雖較高,但擁有高鍍率且低製程 維持成本;且具高熔點,對電極退火製程能有較多的操作空間,能連續電 鍍鎳、銅與銀在進行電極退火處理,可防止鎳獨立退火造成氧化之情形發 生。因此,基於實驗多樣性與製程穩定性,優先使用銀作為銅覆蓋保護層。

為降低材料用量與提升元件轉換效率,本計畫將開發低損細線化雷射開孔技術,採對矽基板低吸收深度 UV 雷射做為雷射開孔光源,以降低雷

射對矽晶片的損傷。規劃 DOE 實驗以優化開孔條件(圖 3.1.49),調整雷射輸出功率強度 91%~92%與操作頻率(110~140kHz),盡可能縮小開孔線寬與移除表面絕緣之抗反射層,以利後續電鍍製程形成均勻性與細線化電極。



圖 3.1.49、UV 雷射開孔條件 DOE 實驗之 SEM 分析圖

經多組 DOE 實驗,將操作空間設定為功率(91%~92%)與操作頻率 (110~140kHz),利用 SEM 與 EDS 來分析雷射開孔樣貌與殘留成分,作為 判斷雷射開孔條件的基準。從圖 3.1.49 之 UV 雷射開孔 SEM 分析圖,利 用 SEM 形貌分析與 EDS 元素分析,從判斷表面金字塔(Texture)損傷程度 與表面元素殘留物分析,第四與第八組為較佳的開孔條件,最佳雷射開孔 線寬為 11µm,如圖 3.1.50 所示。



Spectrum Label	N (Wt%)
Spectrum 1	none
Spectrum 2	none
Spectrum 3	none
Spectrum 4	12.31

圖 3.1.50、最佳 UV 雷射開孔 SEM 分析圖

為測試其雷射開孔條件,參考前面銅電極太陽電池製程流程與元件結構圖,結合大面積連續銅電鍍製程技術,採照光誘導電鍍(LIP)與電鍍(EP) 製程技術(圖 3.1.52)。參考圖 3.1.51 連續銅電鍍製程流程圖,首先會先做 前處理清洗表面,去除雷射開孔的氧化層,以利後續電鍍製程。



圖 3.1.51、大面積連續銅電鍍製程流程圖

接著利用照光誘導電鍍(LIP)以形成鎳金屬層,利用太陽電池的特性, 在鍍浴槽體外加光源,當太陽電池受光會產生電子與電洞對,其光誘發之 電子會跑至N型射極區域,與鍍浴中的金屬離子結合,還原沉積金屬層; 而電洞則往P型區與背電極區移動,倘若此時沒有對電池施以偏壓的話, 則會使背電極被氧化(Oxidised),造成背電極之鋁膠的金屬離子會跑至鍍 浴。相對地,若在電池的背電極施以偏壓的話,如圖 3.1.52 所示,將會降 低背電極被腐蝕析出,且會使電鍍之電流密度接近其電池的短路電流,能 有效加快電鍍之鍍率,而電鍍之鍍率會與照光強度有關。而該層可作為後 續電鍍的種子層(Seed layer)與防止銅擴散的阻障層(Barrier layer),並可與 矽經熱處理(Thermal treatment)形成鎳矽化合物(Nickel Silicide),以降低電 極阻抗與增加附著力。



圖 3.1.52、電鍍(EP)與照光誘導電鍍(LIP)技術示意圖

接著利用電鍍(EP)技術,為利用電解(Electrolysis)反應,當鍍浴受到 外加偏壓時,電解質的陽離子會向陰極移動,而陰離子則是向陽極移動。 若將欲鍍物作為陰極,並浸泡於含欲鍍金屬離子之鍍浴中,且同時另一邊 放置欲鍍的金屬塊作為陽極,而鍍浴中的金屬離子則會在陰極接受電子而 析出形成金屬層;由於此反應只會造成陽極的金屬溶解,鍍浴中的離子濃 度不變,因此很好監控與維護,適合用在金屬導體或導電性較佳之基材。 利用電鍍(EP)銅形成銅導電層與銀覆蓋保護層。藉由搭配 UV 低損雷射開 孔,以及調整大面積連續銅電鍍製程參數:照光強度、頻率、電流與電壓 強度,以控制鍍層厚度。從圖 3.1.53 之 SEM 分析圖,其柵線 finger 線寬 可降至 30μm 以下,使寬度來到 28.5μm。



圖 3.1.53、大面積銅電鍍電極製程優化之 SEM 圖

為再提升太陽電池元件轉換效率表現,將整合低成本大面積銅電鍍電 極與高效率鈍化射極與背面電池(Passivated Emitter and Rear Cell, PERC) 電池技術。以銅電鍍電極技術,突破網印銀膠線寬極限,能使柵線線寬縮 小至 30µm, 能減少電極遮蔽損失,並能有銅金屬擁有與銀相匹配之導電 度,電鍍金屬層能有降低的電極阻抗等優勢,結合現今 P 型主流高效率 PERC 電池技術,希望能藉此再提升元件轉換效率表現。



圖 3.1.54、大面積銅電鍍電極 PERC 電池結構與製程流程示意圖

為應用銅電鍍電極技術於 PERC 電池,如圖 3.1.54 所示,基本上與傳統 PERC 製程相同,差異點在於捨去高成本之銀膠網印製程,加入大面積 連續銅電鍍製程。在整合 PERC 電池與銅電鍍電極技術製程時,為維持抗 反射層(Anti-reflection layer)與鈍化層(Passivation layer)品質,像是矽基材 表面或本身的雜質(Impurity)、懸浮粒子(Particle)與內裂(Creak)等,易會造 成表面的鈍化層或抗反射層容易出現小孔隙(Pinhole);而在 PERC 製程中, 也需盡量減少雙面浸泡氫氟酸 HF 的步驟,因為頻繁的浸泡氫氟酸也會造 成抗反射層與鈍化層易出現小孔隙(Pinhole)。而這些鈍化層或抗反射層上 的小孔隙(Pinhole)將會造成在電鍍製程時,發生表面溢鍍(Back Ground Plaitng)的現象,又可稱為 Ghost Plating 或 Over Plating,會造成電極遮光、 鈍化效果變差、局部短路等問題,將會使元件轉換變差。為避免此情形發 生,其電池製程中的清洗、低機械應力操作、製程步驟順序,以及電鍍前 處理(Treatment)皆能有效避免此現象發生。如圖 3.1.55 所示,分別為製程 整合優化前後與表面電鍍溢鍍之差異圖。



圖 3.1.55、未製程整合優化前的銅電鍍電極電池(a)、經製程整合 優化後的銅電鍍電極電池(b)

表 3.1.24、銅電鍍電極與銀膠電極之元件 IV 數據比較表

PERC Cells - IV數據		lsc [A]	Jsc [mA/cm <sup>2</sup> ]	Voc [V]	F.F. [%]	Cell eff. [%]
4.4.4	銀膠電極(Ref.)	9.292	38.72	0.663	79.75	20.46
實驗組A (M1 cells)	銅電鍍電極	9.361	39.01	0.657	78.80	20.20
	Thermal Treatment	9.367	39.03	0.653	80.53	20.52
實驗組B (M2 cells)	銅電鍍電極	9.459	38.72	0.663	78.97	20.28
	Thermal Treatment	9.466	38.75	0.664	80.13	20.60

參考表 3.1.24 銅電鍍電極與銀膠電極之元件 IV 數據比較表,藉由製 程整合優化、調整銅電鍍電極柵線條數、電鍍鍍層與電極熱處理(Thermal treatment)優化,能較銀膠電極提升 0.31 mA/cm<sup>2</sup> 的光電流與 0.78%的填充 因子,提升元件轉換效率,能使效率達 20.60%。 為驗證非銀電極之銅電鍍電極技術,藉由大面積矽晶太陽電池銅電鍍 電極模組開發與IEC 61215 規範之濕熱測試 1000 小時及熱循環 200 次測 試驗證,評估其技術可行性。同傳統網印銀膠電極,可利用一般的模組封 裝 Ribbon 串焊材料與製程,即可製作銅電鍍電極模組。藉由本計畫開發 之銅電鍍電極電池,如圖 3.1.56 所示,搭配銀做為銅覆蓋層以防止銅氧化 與增加焊接特性。其驗證測試項目及規格,如表 3.1.25 所示,而合格之準 則(Pass criteria)則亦依 IEC 61215 規範中所訂定。



圖 3.1.56、銅電鍍電極電池(a)、銀覆蓋層之銅電鍍電極電池(b)、大面 積矽晶太陽電池銅電鍍電極模組成品圖(c)

表 3.1.25、大面積銅電鍍電極模組驗證項目

測試章節	試驗名稱	試驗條件及合格標準
第10.11節	熱循環測試 (Thermal Cycling Test;TC)	-40°C (×min 10分)到85°C (×min 10分)50次或 200次循環。200次循環,當模組溫度25°C 以上 加上電流(STC peak power)在試驗過程中,無 間歇斷路或漏電現象。無嚴重外觀缺陷。Power degradation ≤ 初始值的5% (測試後1hr後量IV) 絕緣電阻满足初始試驗同樣的要求。
第10.13節	濕熱測試 (Damp Heat Test;DH)	85±2℃/85±5%相對濕度下,共持續1000小時。 沒有主要目視缺陷之跡象; Power degradation ≦初始值的5% (測試後1hr後量IV),絕緣電阻 測試和濕漏電流測試需符合如初步量測之相 同規格。 Temperature Humidity 85% 1000 hrs So Time

藉由本計畫開發之銅電鍍電極電池,搭配薄銀金屬層做為銅覆蓋保 護層,以防止銅氧化與增加焊接特性,根據 IEC 61215 規範送去模組封 裝測試。大面積矽晶太陽電池銅電鍍電極模組其測試結果參考表 3.1.26, 其濕熱測試(Damp Heat Test)1000 小時之衰退率為 0.65%;而熱循環 (Thermal Cycling Test)200 次為 2.84%,符合 IEC 61215 規範功率損失≦ 初始值的 5%,通過驗證。

relative change	∆Isc	∆Voc	∆FF	∆Power
IEC 61215	[%rel.]	[%rel.]	[%rel.]	[%rel.]
500h DH	0.28	0.37	0.21	0.12
1000h DH	0.16	0.41	0.4	0.65
100 TC	0.20	0.13	2.32	2.65
200 TC	0.13	0.05	2.66	2.84

表 3.1.26、大面積銅電鍍電極模組驗證測試數據表

(3-2)低銀含量導電漿料技術

本計畫另外開發低銀含量導電漿料,藉由添加低成本之金屬導體如 銅金屬,減少銀之使用量來降低成本。將利用微米/次微米尺度之不同粒 徑金屬粒子(銅/銀)及低熔點合金混摻調配提高填充密度(packing density),形成金屬顆粒膜(metal granular film),提升導電度。藉由 Ag 包 覆於 Cu 粒子表面,提升抗氧化能力(圖 3.1.57)。並藉由添加界面改質劑、 流變調整劑調整膠材之流變行為適合於網印製程。



圖 3.1.57、導電膠實驗設計概念

將不同比例微米/次微米尺度之不同粒徑金屬粒子,低熔點合金,樹脂,起始劑,界面改質劑、流變調整劑及 Solvent 加入塑膠容器中,利用 paste mixer 混和均勻後,再利用三滾筒研磨分散即完成所需導電膠配 置,經由網印、氮氣氣氛下以 200℃×10 min 條件或是 300℃×10 min 烘烤 硬化成型後,測量導電膠電阻率,符合開發規格之導電膠材料再進一步 分析其他性質。其中符合規格之 MHP58 導電膠材料,性質測量如圖 3.1.58 所示:以 SEM/EDX 元素分析得金屬銀的比例約為 20 wt%。



圖 3.1.58、EDX 元素分析結果

以流變儀觀測導電膠之流變行為。經量測後可得黏度約為 59,500cps (shear rate = 10 1/s) (圖 3.1.59),可符合網印製程。





經網印以 300℃×10min 於氮氟氟氛下進行烘烤硬化成型後,可得線 寬約為 42~50μm, 電阻率為 14.9μΩ-cm 之導電膠材料(圖 3.1.60)。



圖 3.1.60、低銀含量導電膠之網印情形

表 3.1.27、開發之低銀含量導電膠與國際商品比較

code R(Ω)	MHP19	MHP23	MHP58* <sup>1</sup>	MHP58* <sup>2</sup>	PV412
Ag/Cu	100/0	100/0	20/80	20/80	100/0
Metal%	95	95	95	95	95
ρ (μΩ- cm)	22.0	13.9	20.1	14.9	52.9

Curing conditions:\*1 200°C \*10min :\*2 300°C \*10min

本計畫完成低銀含量導電漿材料開發:經 SEM/EDX 分析後測得銀 含量約 20wt%,導電膠黏度為 59,500cps (shear rate = 10 1/s),網印線寬約 為 42~50 $\mu$ m,電阻率為 14.9 $\mu$ Ω-cm@300 $^{\circ}$ C×10 min,如表 3.1.27 所示, 符合本計畫規格需求。 (二)低温度效應模組技術開發

## 1.異質接面太陽電池技術開發

(1-1)背接式異質接面入光面抗反射層開發,反射率小於 5%(at 600 nm)

背接式電池結構如圖 3.2.1 所示,整個元件的結構,從晶片表面進行 金字塔形貌的織化實驗開始,金字塔的形貌有助於入射光的多重反射,降 低反射率,增加入射光量,提升電池的短路電流(Jsc)。電池的背面則採用 平面結構,以利於製作指叉狀的電池射極、背電場與電極結構。



圖 3.2.1、電池結構與製程示意圖



圖 3.2.2、SiNx 不同沉積時間之反射率

為了進一提升光電流,於電池的正面進行抗反射層 SiNx 的沉積,利 用氮化矽較低的光學折射係數(n 值),能夠降低入射光的反射量,提升電 池的短路電流(Jsc)。在實驗中利用不同厚度的 SiNx,如圖 3.2.2 所示,為 測試反射率結果。從實驗結果中,再取波長 600nm 的反射率作為參考值, 來評估抗反射層的效果,其結果如圖 3.2.3 所示,發現最低的反射率座落 於沉積時間 180sec 時,其 600nm 波長之反射率可達 0.19%,此結果低於 反射率 5%目標。



圖 3.2.3、波長 600nm 下之反射率

(1-2)利用氧化物鈍化晶片,載子存活期≧800µsec

氧化層鈍化之鈍化結構為一個低成本的鈍化結構,測試結構如圖 3.2.4 所示。先將晶片進行拋光,在拋光後於晶片表面成長二氧化矽(SiO<sub>2</sub>) 與多晶矽(poly-Si),氧化物的厚度可從圖 3.2.5 的穿透式電子顯微鏡 (Transmission Electron Microscopy: TEM)分析中觀察。利用 TEM 量測可 以發現,二氧化矽的厚度約在 1nm 左右,這樣的厚度有利載子的穿隧。

Poly-Si
SiO <sub>2</sub>
C-Si (n)
SiO <sub>2</sub>
Poly-Si



圖 3.2.4、實驗結構示意圖

圖 3.2.5、氧化物厚度之 TEM 圖



圖 3.2.6、少數載子生命時間的改進

接著利用改變 poly-Si 的沉積條件對少數載子生命時間的影響,圖 3.2.6 為研究改進的結果,實驗發現:當 poly-Si 的厚度太薄時(條件 A 與 B),其 dilute HF 浸泡後,少數載子生命的時間從~800µsec 降低~200µsec。 會隨著 poly-Si 厚度的增加與退火條件的調整,這個現象可以獲得改善。 將 poly-Si 的厚度調整至約 80nm 左右(條件 C),發現在浸泡 HF 後,少數 載子生命時間不再有下降的現象,最後調整 poly-Si 的摻雜使得少數載子 生命時間提升到 822µsec (條件 D),超過 800µsec,達到計畫目標。



圖 3.2.7、多晶矽表面之二次電子顯微鏡

圖 3.2.7 為厚度 20nm 左右之多晶矽表面, 在經由高溫爐管退火後, 表面會產生許多氣泡,這些氣泡使得少數載子生命時間下降。從 Mathias Mews 等人在 2013 年的 Applied physics letters 發表之論文(Hydrogen plasma treatment for passivation of amorphous-crystalline silicon-heterojunctions on surfaces promoting epitaxy)中可以發現,氣泡的產 生主要來自非晶矽薄膜加熱時會使得原本在非晶矽裡的氫往外擴散,導致 破洞產生。藉由厚度的調整以及退火條件的曲線改善, 可以克服這樣的問 題, 使得少數載子生命時間在 dilute HF 浸泡後, 仍可達到超過 800µsec。

(1-3)以非黃光方式將電極製作於背面,達成無電極遮蔽,短路電流大於 40 mA/cm<sup>2</sup>

在背接式異質接面太陽電池中,利用切割 Wafer 來作為遮罩,製作出 異質接面矽太陽電池,這樣的作法使得製程簡化,不使用黃光製程降低製 作成本,同時可以快速的產出。圖 3.2.8 顯示整個實驗的製作流程。晶片 首先進行平坦化製程,去除切割晶片時的損傷,接著進行單面織化製程, 在受光面具有金字塔狀的形貌,用以增加光吸收率。在織化後,晶片進行 清洗,用以去除晶片表面的汙染,如金屬汙染等。完成清洗後,晶片的受 光面進行非晶矽本質層與n型非晶矽的沉積,用以建立表面電場,降低受 光面少數載子的複合。在晶片的非受光面,非晶矽本質層的沉積用以鈍化 非受光面的表面缺陷。接著晶片會蓋上定義 N 或 P 型區域的遮罩, 進行 N 或 P 的沉積,並形成 P/N 接面。為了更進一步降低光的反射,於 受光面進行抗反射層的研究,最後會如圖 3.2.3 所示,將反射率降低至小 於 1%,這有助於短路電流的提升。最後進行金屬化製程完成元件。



圖 3.2.8、背接式異質接面太陽電池元件製作流程

由於載子都要藉由背部的 P、N 層導出,為了改善元件特性,所以兩 個不同膜層不能接觸再一起, P 層與 N 層的導電性也不同,所以在設計 上需要不同的寬度比例,研究不同 P 對 N 寬度的比例,如圖 3.2.9 所示。 研究發現,短路電流在 PN 寬度比例 1.5 時可達到最高。



圖 3.2.9、P/N 寬度比例對特性的影響

為了更加提升元件的電流,從非晶矽本質層特性來進一步改進,實驗 中發現優化本質層厚度,不僅改善了開路電壓,同時也提升了短路電流, (圖 3.2.13 所示)。藉由非晶矽本質層的改進,並利用 PN 寬度比例 1.5 的 背接式電池結構,能夠獲得如圖 3.2.10 之電壓電流曲線,其效率可達 18.99%,並獲得 41.35 mA/cm<sup>2</sup> 之短路電流,達成規格短路電流大於 40mA/cm<sup>2</sup>。



(1-4)低溫度效應 $≤0.28\%/^{\circ}$ C,異質接面太陽電池效率≥23%

一般製作表面織構(texture)時需要用到 KOH 或 NaOH(鹼)與 IPA(異 丙醇),其中 IPA 具有易燃燒與危害人體的可能性,因此嘗試不需 IPA 的 蝕刻製作,經過調整蝕刻配方可以製作出與舊有條件相似的表面結構,可 以降低在蝕刻時花費大量 IPA 溶液之成本,如圖 3.2.11 所示,以此作為太 陽電池的表面織構條件。



圖 3.2.11、舊蝕刻條件之 SEM 圖(a),與新蝕刻條件之 SEM 圖(b)

為了能更加精準地控制鍵膜條件,我們將電漿源由 40.68 MHz 更換成 13.56 MHz,其中優點是可以降低鍍膜速度使實驗較好調控。圖 3.2.12 為 在氣體比例上沿用舊有之比例,調整輸入電漿功率,在適當的瓦數下(200 W)可以得到最高的開路電壓(Voc)。



圖 3.2.12、開路電壓與輸入電漿功率關係圖

在電漿功率 200 W 的條件底下調整非晶矽 I 層厚度,其元件電性如圖 3.2.13 所示。在 I 層較厚的情況下,填充因子(FF)較差但 Voc 較高。反之, 在 I 層較薄的情形下,填充因子(FF)較高但 Voc 較差。在 I 層厚度適中時 可以得到較高的元件光電轉換效率。由此可知 I 層過厚時會增加串聯電阻 以至於使得 FF 較低。另一方面也可得知此 I 層的表面鈍化效果尚未達到 最佳化,以至於需增加厚度來達到較好的表面鈍化效果。因此必須針對 非晶矽 I 層做進一步改良。



圖 3.2.13、元件特性圖:I層厚度較厚(a),I層厚度適中(b),I層厚度較薄(c)

I層厚度調整完後得到光電轉換效率最高達 22.61%,在其利用之前 開發的退火條件退火(溫度 200℃),效率上升至 22.83%,如圖 3.2.14所示。 後續希望能繼續降低表面缺陷,提高薄膜鈍化效果來增加開路電壓(Voc), 以推升元件轉換效率。



圖 3.2.14、元件特性圖

根據文獻指出,I 層經過氫氣處理後可以增加表面鈍化能力,因此 開發了多階段式鍍膜,利用 SiH4 鍍膜再利用 H2 處理,以此順序做三次 循環,獲得了良好的 I 層,為了更進一步增加表面鈍化效果,改成了四 次的鍍膜循環,其步驟如示意圖 3.2.15 所示。



圖 3.2.15、四次鍍膜循環步驟示意圖

圖 3.2.16 為目前效率最高的元件特性圖,經過改良式多階段鍍膜得 到開路電壓為 733.09 mV,短路電流 38.72 mA/cm<sup>2</sup>,填充因子 82.01 %, 元件效率為 23.28 %。圖 3.2.17 為溫度係數量測的結果,分別在 15℃、 25℃、35℃、45℃、55℃量測其效率值,再對 25℃下之效率做標準 化,最後取斜率可以得到溫度係數為 0.27 %/℃,合乎預期的結果。



圖 3.2.16、太陽電池元件特性圖



圖 3.2.17、太陽電池效率隨溫度變化圖,其斜率溫度係數為 0.27%/℃

## 2.新型封裝材料與模組增益技術開發

傳統矽晶太陽電池模組採用 EVA 醋酸材料進行模組封裝,利用此種 方式所得到的電池模組容易受到水氣、空氣及材料結構的限制導致發電量 低、效率差及成本高等問題;近來因由於電池抑制電位誘發衰減(Potential Induced Degradation, PID)問題與電池模組產生,因此藉由新型態的電池模 組封裝材料,提高發電效率亦可降低封裝成本,以解決業界問題以及提供 技術需求,透過本計畫開發新型增益型無醋酸透明封裝材料,如:聚烯烴 (Polyolefin),以及整合模組設計最佳化,提升模組效益建立產業的需求產 品與技術。

(2-1)新封裝膜開發與模組增益技術開發流程

EVA 材料為了提高可靠度使用了架橋劑等添加物而產生更多不易解決的問題,例如為了確保 EVA 材料不因添加反應試劑或架橋未完成所造成的耐光特性不穩定,在膜材組成物中也必需額外添加紫外光吸收劑來確保其光或熱的穩定性,但是經由將紫外光吸收的結果,也因此降低光轉換效率,或為了得到較好的架橋率與接著性而添加相關極性添加劑而造成吸水問題。

在高分子產業中,聚烯烴產業(HDPE、LLDPE、LDPE、PP、PS等) 佔所有高分子總需求量的70%以上,為產量最大,應用廣泛的高分子材料, 具有質輕、耐化學性佳、耐水性好、機械物性佳等特點,可應用於薄膜、 管材、板材、各種成型製品、電線電纜等,在農業、包裝、電子、電氣、 汽車、機械、日常用品等方面有廣泛的用途。

高分子材料結構如圖 3.2.18 所示,代表高分子材料以聚乙烯、聚丙烯 (PP)最為重要,其次為聚乙烯和丙烯共聚物(EPR、EPDM)、聚乙烯共 聚物(EVA)、聚 4-甲基-1-戊烯(Polyisobutylene)、苯乙烯及丁二烯橡膠 (SBR、SBS、SEBS)、環烯烴聚合物等。在技術開發及製程加工過程, 皆需針對材料的特殊微結構設計與物性調控,並針對純度、穩定性加以優 化,如改善貼合性、機械物性、熔融強度、著色性質以及與無機材料介面 之相容性等,並應用於高值化產品市場。

83

圖 3.2.18、高分子材料結構

聚烯烴在實際材料應用裡,因受限於其無極性與低表面能之特性,近 年來隨著催化聚合技術精進,增韌和功能化改質技術的進步,藉由分子材 料設計與微結構調控,研發新型聚烯材料開發以取代特用EVA、PU、ABS、 PVC 等其他品種的塑膠,本技術利用去氫化的苯乙烯嵌段共聚物官能化 聚烯烴材料做為太陽能封裝材料,具高穿透度,低介電常數等優點,加上 不具醋酸基,因此模組耐蝕性能提高。

目前國際往高效率、低成本、高可靠度模組技術發展,由於各材料及 模組大廠正積極開發各式各樣透明封裝材料,以解決模組所需的高透光與 高可靠度問題,透過現有封裝材料專利性基礎(如自主性 EVA、背板與螢 光轉換材料),進行 Polyolefin 材料整合與開發來達到增益型透明封裝材料 產品是目前解決方案,同時是整合與加值專利產品價值,未來對於模組材 料端與模組系統端具高度競爭力。

近年因應能源局獎勵補助,高效率模組加上 PID 可獲得免競標補助, 亟待建立自有 PID free 封裝材料技術,開發 Polyolefin 材料(圖 3.2.19),期 能解決 EVA 老化醋酸析出的老化腐蝕問題,並將 Polyolefin 材料加入自有 專利的紫外光螢光轉換,提高模組輸出功率增益。



圖 3.2.19、建立 PID free 封裝材料技術(符合 IEC62804 規範)

建立 Polyolefin 自有配方與螢光轉換增益的封裝材料技術開發流程 (圖 3.2.20)。以 Polyolefin 配方、添加劑評估並且加以改善至最佳化,接續 混練押出加工,加以掌握其流變與形態特性,針對成型性與材料性能評估, Polyolefin 膜材(Sheet)的加工溫度參數與混練,實際應用於封裝製程分析、 模組性能與耐候驗證。



圖 3.2.20、Polyolefin 自有配方之封裝材料技術

新型封裝膜開發與模組驗證流程如圖 3.2.21 所示:



步驟 1、新樹脂配方混合



步驟2、造粒



步驟 3、壓膜前



步驟4、熱壓成型



壓成型 步驟 5、封裝膜成品 圖 3.2.21、新型封裝膜開發與模組驗證流程

經由上述流程的操作步驟:(1)新樹脂配方混合,(2)樹脂造粒,(3)壓 膜前,(4)熱壓成型,(5)封裝膜成品後就完成封裝膜的製程,初步完成的 封裝膜材,其特性需要再通過一連串檢測階段後,才算是正式符合太陽電 池模組封裝驗證。目前新型太陽電池封裝膜已於今年上半年通過光學驗證、 絕緣電性、以及透水性等規格,後續需要持續封裝誠模組繼續做電性增益 與 PID free 等電性測試。

(2-2)封裝膜物性檢測

A.光學性質

Polyolefin 封裝膜添加材化所專利螢光粉配方,利用不同激發波長配方,達到模組的電性增益,由圖 3.2.22 高分子螢光粉 UV 激發前後可以看 到發出螢光情形。



圖 3.2.22、高分子螢光粉 UV 激發前後發光情形

不同螢光高分子具有不同激發光波長,同時放光波長也不同,如圖 3.2.23 與圖 3.2.24 所示。



圖 3.2.23、高分子螢光粉 no.0 激發與放光波長



圖 3.2.24、高分子螢光粉 no.1 激發與放光波長

封裝膜添加自有專利的螢光高分子製成膜片,如圖 3.2.25,因與樹脂 具有高相容性,使得封裝樹脂不容易結晶,進而提高穿透度及降低霧度, 而添加螢光高分子後獲得配方最佳化,使得穿透度與霧度皆明顯提升,經 過封裝膜配方調整後,光學穿透度達 90.9%與霧度 1.88%。對於測試樣本 數與測試資料之統計標準差分析結果,如表 3.2.1 所示。

T PF Millions BS (comme	膜材穿透度& 霧度	ITRI 透明封裝材				
	透光度%	90.90				
	霧度%	1.88				
3M BS P PF	膜材透水率	WVTR (gm/m²·day)				
	Р	2.8 (343μm)				
3M BS P PE	5*5封裝雙玻 2張膜封裝	<b>HAZE</b> 霧度(%)	<b>T.T</b> 全光穿透率(%	<b>P.T</b> ) 平行透過率(%	DIF ) 擴散率(%)	
	P	3.16	89.01	86.2	2.81	
	PF	2.91	88.18	85.62	2.57	
	BS	1.75	89.7	88.12	1.57	
	3M	1.12	89.88	88.88	1	

圖 3.2.25、封裝膜添加的專利螢光高分子製成膜片

測試樣品數。	Sample Name#	霧度%↓	全光穿透率%↓	平行透過率%↓	擴散率%↓	HAZE 標準	海淮后关,	T.T 標準偏差↔	P.T 標準偏差↔	1717 海淮后关。
		HAZE₽	T.T +	P.T.	DIF₽		標準偏差↔			DIF 傑华偏差↔
1/3¢	ITRI 透明封裝膜-1@	1.99	90.91	ę.	ę	Ą		ą	ą	ą
2/30	ITRI 透明封裝膜-2@	1.98	90.98	Ф	ę	ę		ą	¢	ę
3/3+	ITRI 透明封裝膜-3-	1.67	90.81	ę.	ę	ę		ą	Ą	ø
average₽	ITRI 透明封裝膜。	1.88	90.9	ę.	ę	1	0.181934054	0.085440037	ę.	ę
1/30	P-1@	2.77	96.81	94.13	2.68	ę		ę	4	P
2/30	P-2.	3.8	96.82	93.14	3.68	Ą		ę	ę	ą
3/3+	P-3 <sub>e</sub>	2.53	96.68	94.23	2.45	ę.		ą	¢	Ŷ
average₽	Ρ <sub>φ</sub>	3.03	96.77	93.83	2.94	1	0.674709814	0.078102497	0.602522475	0.653936796
1/30	PF-1₽	2.33	95.76	93.53	2.23	ę.		ę	¢	۰¢
2/30	PF-2*3	2.19	95.91	93.81	2.1	ę		ą	¢,	¢
3/3#	PF-3+	2.34	95.72	93.48	2.24	ę.		ą	Ŷ	Ş
average≠	PF₽	2.29	95.8	93.61	2.19	l.	0.083864971	0.100166528	0.177857621	0.078102497
1/30	BS-1¢	1.14	97.69	96.58	1.11	Ş		ę	ę	ې
2/30	BS-2¢	1.61	97.6	96.03	1.57	ę.		¢	¢	ş
3/30	BS-30	1.17	97.62	96.48	1.14	e.		ą	¢,	¢
average+2	BS₽	1.31	97.64	96.36	1.27	1	0.263122278	0.047258156	0.292973264	0.257358375
1/30	3M-1+	0.72	97.81	97.11	0.7	c.		ę	ę	Ŷ
2/30	3M-2+	0.67	97.84	97.18	0.66	ę.		ę	C4	ę
3/30	3M-3₽	0.55	97.91	97.37	0.54	ц.		<i>ب</i>	¢	Ą
average₽	3M4 <sup>2</sup>	0.65	97.85	97.22	0.63	1	0.087368949	0.051316014	0.13453624	0.08326664

表 3.2.1、測試樣本數與測試資料之統計標準差分析結果

自有專利的螢光高分子配方濃度特性分析(圖 3.2.26),以玻璃 /Polyolefin/玻璃實驗結構將封裝膜添加的專利螢光高分子製成樣品,紫外 線高透光延伸至320~340nm,較EVA僅350nm有更多的紫外光穿透能量; 當變化專利螢光高分子配方的不同濃度 0~0.3%,愈高濃度將吸收愈多紫 外光,將其轉換為可見光 450~700nm 能量的螢光轉換,藉此提高太陽電 池的光吸收能量。



圖 3.2.26、專利螢光高分子封裝膜的光學特性
B.電絕緣性質

新型封裝材料配方 Polyolefin 開發利用苯乙烯和其二烯(丁二烯與異 戊二烯)的塊狀共聚物材料,同時添加自有專利的螢光材料改質,達到高 性能材料,Polyolefin 鏈狀材料及新型長鏈型發光分子材料,同時調控高 分子型可塑劑配方,因為去氫化的苯乙烯嵌段共聚物官能化聚烯烴材料具 低介電特性,因此展現優異的介電特性,如表 3.2.2 高分子材料的體積電 阻率特性所示。

高分子化合物	体积电阻率 /Ω·cm	高分子化合物	体积电阻率 /Ω・cm
聚乙烯	$10^{16} \sim 10^{20}$	聚酰胺	$10^{13} \sim 10^{14}$
聚丙烯	$10^{16} \sim 10^{20}$	乙基纤维素	$10^{13} \sim 10^{14}$
聚苯乙烯	$10^{17} \sim 10^{19}$	聚酯	$10^{12} \sim 10^{14}$
聚四氟乙烯	$10^{15} \sim 10^{19}$	蜜胺树脂	$10^{12} \sim 10^{14}$
ABS 树脂	$(1 \sim 4.8) \times 10^{16}$	脲醛树脂	$10^{12} \sim 10^{13}$
聚碳酸酯	$2.1 \times 10^{16}$	环氧树脂	$10^8 \sim 10^{14}$
聚偏二氯乙烯	$10^{14} \sim 10^{16}$	醋酸纤维素	$10^{10} \sim 10^{12}$
聚氯乙烯	(软) 10 <sup>14</sup> ~10 <sup>16</sup> (硬)	硝酸纤维素	10 <sup>10</sup> ~ 10 <sup>11</sup>
丙烯酸树脂	$10^{14} \sim 10^{15}$	酚醛树脂	$10^9 \sim 10^{12}$
聚氨基甲酸酯	$10^{13} \sim 10^{15}$	聚乙烯醇	$10^{7} \sim 10^{9}$
聚硅酮	$10^{13} \sim 10^{14}$	纤维素	$10^{7} \sim 10^{9}$
		于酪素	$10^7 \sim 10^9$

表 3.2.2、高分子材料的體積電阻率特性

實際將膜材調整不同光學增益配方比例後,以商用封裝膜材約 0.47~0.48mm 而言,編號1與編號2的封裝膜具有體積電阻2.3E+16(Ω· cm)≧5.0E+15(Ω·cm)與破壞電壓16kV≧15 kV,如表3.2.3。對於測試樣 本數與測試資料之統計標準差分析結果,如表3.2.4 所示。

高分子化合物的体积电阻率

表 3.2.3、膜材配方的體積電阻率特性

配方	0	1	2	3
體積電阻Ω・cm	1.6E+16	1.4E+16	2.3E+16	1.5E+16
破壞電壓 kV	12kV	18kV	16kV	12.8kV
膜厚 mm	0.363	0.424	0.391	0.381

表 3.2.4、 測試樣本數與測試資料之統計標準差分析結果

	添加螢光高分子0%	添加螢光高分子0.1%	添加螢光高分子0.2%	添加螢光高分子0.3%
量測電阻(MΩ×10 <sup>7</sup> )-量測次數1	18.9	18.5	24.8	14.7
量測電阻(MΩ×10 <sup>7</sup> )-量測次數2		21.6	34.4	22.4
量測電阻(MΩ×10 <sup>7</sup> )-量測次數3		18.9		
量測電阻(MΩx107)-平均	18.9	19.7	29.6	18.6
量測電阻標準差		1.686219	6.788225	5.444722
膜厚mm-量測次數1	0.354	0.426	0.394	0.38
膜厚mm-量測次數2	0.373	0.421	0.385	0.378
膜厚mm-量測次數3	0.363	0.425	0.393	0.384
膜厚mm平均	0.363	0.424	0.391	0.381
膜厚mm標準差	0.009504	0.002646	0.004933	0.003055
體積電阻Ω・Cm				
=(30/膜厚)x量測電阻	1.56E+16	1.39E+16	2.27E+16	1.46E+16
破壞電壓KV	12KV	18KV	16KV	12.8KV

### C.透水率

苯乙烯和其二烯(丁二烯與異戊二烯)的塊狀共聚物材料 Polyolefin, 因為去氫化的苯乙烯嵌段共聚物官能化聚烯烴材料具優越耐水性,因此展 現優異的低透水率特性,如圖 3.2.27 所示之高分子材料的低透水率特性, 透水率 2.8 g/m<sup>2</sup>•24h,完成封裝配方加工技術建立,以及封裝膜基本介電 性與透水性等物性符合封裝膜需求。之後將針對光學增益性技術建立與抗 PID 技術進行研究。



圖 3.2.27、 膜材配方的透水率特性

(2-3)新封裝膜模組化的特性驗證

A.電壓誘發功率衰減測試(Potential Induced Degradation test, PID test)

太陽能發電系統的逆變器(inverter)沒有做好接地措施時,對模組會產 生偏壓,偏壓愈大對模組造成的輸出功率衰退愈嚴重,嚴重時甚至會導致 電池的抗反射層分解及電極腐蝕影響,此一現象即稱為電壓誘發功率衰減 現象。電壓導致衰退現象通常可分為腐蝕與極化現象,若為腐蝕現象,會 因本身電池已經腐蝕破壞,導致衰退的功率無法回復,若為後者極化現象, 則可以施加一反向偏壓或外加溫度應力使得原本衰退的功率得以回復八 成左右。在政府政策補助下,太陽能發電系統愈建愈多,愈蓋愈大,PID 現象也愈趨嚴重,因此本計畫擬開發一新型封裝材料以解決 PID 問題。

本計畫開發之新封裝膜若以商用封裝膜材約 0.47~0.48mm 而言,其 體積電阻 2.3E+16(Ω·cm),遠高於傳統 EVA 封裝膜的體積電阻 6.88E+12(Ω· cm)。將封裝材料模組化後進行 PID 測試,測試條件為高電壓 1000V、85°C 和 85%環境條件進行 168 小時,表 3.2.5 與圖 3.2.28 分別為 PID 測試前後 之電性比較結果與 EL 圖。本計畫開發之新封裝膜 Polyolefin 功率衰退 0.43%,傳統 EVA 材料衰退 8.85%,而由圖 3.2.28 也可以看出傳統 EVA 封裝而成之模組在 PID 測試 168 小時後,已有明顯之變黑現象,新材料 封裝而成之模組老化前後則無明顯變化,實驗結果顯示 Polyolefin 具有優 越抗 PID 能力。

		PID 测試前				PID 168 小時後					
	Voc (V)	Isc (A)	Pmax (W)	FF (%)	Voc (V)	Isc (A)	Pmax (W)	FF (%)	ΔPma x (W)	Powe r loss (%)	
新封裝膜 Polyolefi n	2.51 7	8.99 6	16.73 0	73.88 0	2.53 5	8.97 6	16.65 8	73.19 4	-0.072	0.430	
商品料 Polyolefi n	2.52 2	9.08 1	16.94 5	73.99 0	2.51 7	9.09 2	16.84 0	73.59 1	-0.105	0.622	
傳統 EVA	2.51 8	9.00 2	16.73 7	73.84 5	2.50 7	9.01 5	15.25 4	67.49 2	-1.483	8.858	

表 3.2.5、模組 PID 测試前後的電性比較



新封裝膜 Polyolefin

傳統EVA

圖 3.2.28、模組 PID 測試前後的 EL 圖

B.模組光學增益檢測

為確保太陽光電模組的使用壽命,於 EVA 封裝膜添加之抗 UV 劑造 成紫外光進不了太陽光電模組,使得太陽光電模組的光轉換效率變低。有 鑑於此,本計畫開發一新封裝膜,透過添加的專利螢光高分子,延伸紫外 線高透光至 320~340nm,並將其轉換為可見光 450~700nm 能量的螢光轉 換,藉此提高太陽電池的光吸收能量。

實驗流程是將開發之新封裝膜與商品料各自封裝成如圖 3.2.29 所示 之太陽光電模組結構,其中每批實驗之各個太陽光電模組間只改變封裝膜, 其他所需之材料皆相同,然後根據規範 IEC61215 利用太陽光模擬機進行 太陽光電模組封裝前後的最大功率量測並比較新封裝膜與商品料因光學 增益導致太陽光電模組發電量的增益率。



圖 3.2.29、矽晶太陽光電模組剖面圖

不同的螢光高分子種類與添加比例,會有不一樣的光轉換效果,成現 在太陽光電模組上的功率增益也會有所不同,表 3.2.6 與圖 3.2.30 分別為 不同材料配方於太陽光電模組上功率增益結果與 EL 圖。實驗結果顯示配 方1與商品料 UV cut 之 polyolefin 比較,其提升輸出功率為 1.438%,符 合計畫目標之提升輸出功率大於 1%。

		封	裝前		封裝後						
	Voc (V)	Isc (A)	Pmax (W)	FF (%)	Voc (V)	Isc (A)	Pmax (W)	FF (%)	ΔPmax (W)	Power gain (%)	
商品料 UV cut	2.557	9.193	17.889	76.112	2.545	9.189	17.694	75.668	-0.195	-1.089	
商品料 UV pass	2.559	9.196	17.948	76.262	2.552	9.281	18.010	76.036	0.062	0.346	
新封裝 膜配方 1	2.557	9.165	17.851	76.180	2.543	9.301	17.914	75.731	0.062	0.349	
新封裝 膜配方 2	2.556	9.139	17.886	76.562	2.546	9.014	17.498	76.236	-0.388	-2.168	
新封裝 膜配方 3	2.552	9.132	17.912	76.847	2.542	8.838	17.164	76.386	-0.747	-4.173	

表 3.2.6、模組封裝前後之功率增益比較



圖 3.2.30、模組封裝前後的 EL 圖

#### 3.1 高可靠度封裝技術開發

本計畫中所進行之紫外光固化膠材(以下簡稱 UV 膠)開發重點分別為: 對 FTO 玻璃具有高貼合能力、對電解液有高耐化性、以及高阻水性。因 此,在膠材主體部分選擇脂肪族聚氨酯丙烯酸樹脂(Aliphatic urethane acrylate)的寡聚物(oligomer)作為骨幹,搭配單官能基單體 Acrylic acid isobornyl ester (IBOA), IBOA 具有極佳的耐化性與對玻璃基材有良好的附 著性,可作為寡聚物的稀釋劑降低 UV 膠黏度與增加抗腐蝕性,三官能基 單體我們選用 trimethylolpropane triacrylate (TMPTA),此類單體除了具有 三官能基單體應有的快速反應性,可增加光固化速度外,其三官能團結構 也可增加交鏈程度,具有極佳的黏著性與熱穩定性,另外,選用 2-Methyl-4'-(methylthio)-2- morpholinopropiophenone 作為整個光反應的光 起始劑,以此配方所組成的 UV 膠已被證實可有效抵抗電解質的腐蝕及對 玻璃的貼合力高(圖 3.3.1)。





тмрта

Acrylic acid isobornyl ester

圖 3.3.1、UV 膠所使用的單體

為了增加 UV 膠材對 FTO 玻璃貼合能力,在配方中加入添加劑 acetic acid (AA),AA 會侵蝕玻璃表面,增加接觸面粗糙度,提升接合面積,接 合面黏接程度自然提升,其作用原理如圖 3.3.2 所示。在封裝染料敏化電 池的使用情境中,膠材勢必得承受來自於高溫熱膨脹與電解液產生的蒸氣 壓等應力拉扯,因此膠材黏合後的剪應力(shear stress)為評估其適用與否 的重要依據,剪應力的量測樣品由二片 FTO 導電玻璃與封裝膠材組合所 成,膠材在黏著面積設定為 2 cm × 2 cm,在配方中添加不同比例含量之 AA,其剪應力則隨 AA 含量上升而增加,從 4.412 MPa 增加至 8.078 MPa。



圖 3.3.2、Acrylic acid 的作用原理

接著,為了防止膠材固化不完全而影響剪應力降低的現象發生,光起始劑的含量也必須調整。當光起始劑含量為4.5 wt%時,膠材有最高的剪應力>8.2Mpa,已超過機台操作極限。針對添加劑 AA 以及光起始劑含量配方的調整來提升對玻璃基板間的貼合力,其最高剪應力可達>8.2 MPa,若與目前 製程上所使用之市售 Surlyn 材料比較 (Surlyn 材料之剪應力為>8.2 MPa), 優化後之 UV 膠材配方對玻璃的貼合能力可相當於 Surlyn 材料。

光起始劑含量的差異亦會影響 UV 膠固化的完成度,也將影響 UV 膠阻 擋水氣的特性,因此,透過建立一阻水氣的量測方式,觀察不同光起始劑含 量在高溫高濕環境中,水蒸氣滲透膠材進入封裝內部之情況。此檢測方式為 在一具有凹槽的玻璃裡填充入吸水性極強的材料,如氯化鈣粉末,一旦水氣 穿過膠材封裝部分進入到樣品內部,馬上就會被吸收,呈現於樣品的重量上, 因此,當膠材所封裝的樣品重量增加愈多,表示水氣進入的量愈多,說明膠 材阻擋水氣的能力差,另外,由於染料敏化電池在製程過程中需將工作電極 浸泡入染料溶液中 24 小時後使用,在浸泡過程中可能會有部分染料吸附在 玻璃表面情況發生,因此,在阻水氣實驗中亦須將此一可能加入實驗條件觀 察,圖 3.3.3 為封裝膠材阻水性的測試流程。



圖 3.3.3、封裝膠材阻水性的測試流程

量測的樣品使用光起始劑含量(4.5 wt%~12.4 wt%)不同UV膠佈滿在二 片玻璃四周,進行黏合,玻璃四周 UV 膠貼合的寬度亦會影響阻擋水氣的效 果,封裝面愈寬,封裝強度高,阻擋水氣的效果相對也會提升,但過寬的封 裝面積會縮減電池實際工作發電面積,在此考量下選擇封裝寬度5±0.5mm 和 10 ± 0.5 mm 兩種尺寸進行測試,為避免實驗誤差其測試樣品數量為各 5 個,圖 3.3.4 為 UV 膠材封裝完成後之測試樣品。製作完量測樣品後,先記 錄初始的樣品重量,即未吸水前的重量,並放入溫度 60 ℃、相對濕度 85% 環境條件的恆溫恆濕烘箱,隨著時間增加,烘箱中的水氣會逐漸進入樣品內 部被吸水材料吸收,定期追蹤樣品重量的增加值,即可得知水氣進入樣品內 部的重量,因此便可以計算膠材阻擋水氣的透濕率,其可由公式所計算:透 濕率 =(樣品當下重量 – 樣品初始重量)/測試時間。膠材所量測到的透濕率 愈低,表示此膠材阻擋水氣的效果愈好。測試結果發現不論在任何封裝寬度 以及光起始劑含量的條件下,透濕率皆為0以下,另外,經染料浸泡處理後 的樣品,其對 UV 膠貼合面的黏著力雖有些許影響,在光起始劑含量為 4.5 wt%條件,其樣品測試結果之透濕率仍然維持數值0,顯示為沒有水氣滲透 進入樣品內部。



圖 3.3.4、膠材阻水氣測試樣品:封裝寬度 10mm(左),封裝寬度 5mm(右)

作為染料敏化電池封裝材料需要有對電解液的高抗腐蝕性以及抵抗高 溫環境下蒸氣壓膨脹的特性,染料敏化電池的電解液中常見之組成有碘以及 3-methoxypropionitrile (MPN)溶劑等材料,為了測試利用 UV 膠材進行封裝 後,在不同溫度變化下對電解液的抗腐蝕性,我們設計了一組檢測方式來觀 察測試樣品在溫度-40°C 到 85°C 冷熱循環下 UV 膠材是否會封裝失效,造成 電解液洩漏,圖 3.3.5 為單次-40°C 到 85°C 冷熱循環曲線。



圖 3.3.5、單次-40℃ 到 85℃ 冷熱循環曲線

首先,將經噴砂挖槽後的玻璃清洗乾淨,在玻璃四周塗佈上UV 膠並蓋 上另一側玻璃進行光固化貼合,設定封裝寬度為5±0.5 mm和10±0.5 mm 兩種尺寸,並灌注入定量的電解液後記錄其初始重量,接著同樣使用UV 膠 將注入孔封住,使電解液不會經由注入孔流出,放入溫度-40°C 到 85°C 冷熱 循環環境下,觀察電解液隨循環次數的重量變化,若電解液之重量有所損失 表示電解液在冷熱循環過程中可能會對UV 膠有影響造成封裝失效,使電解 液洩漏,為了避免UV 膠材本身在冷熱環境下溶劑的揮發造成對重量損失的 誤判,同時,製作一組空白實驗作為對照組,其對照組僅使用UV 膠材封裝 邊框,並無灌注電解液,一起放入-40°C 到 85°C 冷熱循環進行實驗,並將其 重量損失回饋至測試樣品,避免誤差產生,圖 3.3.6 為封裝完成之測試樣品 以及空白對照組,測試樣品數量為各5個,其重量損失百分比%=(樣品當下 重量 - 樣品初始重量)/ 樣品初始重量×100%。



圖 3.3.6、封裝完成之測試樣品(左),設立之空白對照組(右)

為了比較 UV 膠材以及目前現有製程使用的市售 Surlyn 材料的封裝效 果,在測試樣品中加入一組以 Surlyn 材料封裝的測試樣品,其封裝寬度為 5±0.5 mm,目前測試樣品在-40°C 到 85°C 冷熱循環測試 200 次循環的結果 如表 3.3.1 以及圖 3.3.7 所示,發現以 UV 膠材進行封裝,封裝寬度達 5±0.5 mm 以及 10±0.5 mm 兩種條件下,其重量損失變化皆低於 1%以下,對電解 液的耐腐蝕特性可與市售商用之 Surlyn 熱塑性膠材相當,完全符合實際封 裝電池使用的需求。

表 3.3.1、測試樣品在-40℃ 到 85℃ 冷熱循環測試 200 次循環的結果

溫度-40℃ 到 85℃ 冷熱循環,200 次後的重量變化									
	封裝寬度	重量變化 (g)	重量變化百分比(%)						
UV paste	$5\pm0.5$ mm	-0.00678	-0.869						
		-0.00127	-0.175						
	$10\pm0.5$ mm	-0.00088	-0.065						
		-0.00039	-0.132						
Surlyn	$5\pm0.5$ mm	-0.00240	-0.167						



圖 3.3.7、電解液在-40℃ 到 85℃ 冷熱循環測試 200 次之重量損失

針對這支膠材主體為聚氨酯丙烯酸樹脂寡聚物的 UV 膠不論在對 FTO 玻璃的貼合能力、透濕率以及耐腐蝕性等特性的評估皆呈現相當良好的結果, 因此,將其實際應用當作染料敏化太陽電池之封裝膠材,並觀察其在 -40℃~85℃ 冷熱循環下發電面積損失的變化情況。

目前所開發的 UV 膠材配方中並未添加 spacer 成分,根據前期的實驗指 出,添加 spacer 顆粒會降低 UV 膠材對玻璃的黏著能力,因此在後續電池模 組製程中,未添加 spacer 顆粒的 UV 膠材在電池對組貼合時很容易會有溢膠 的情況,當膠材溢膠蓋住部分工作電極面積,會使得該區域無法吸附染料, 損失發電面積,所以在封裝貼合步驟需要事先進行"築牆"動作,避免膠材 溢流情況發生,UV 膠封裝步驟如圖 3.3.8 所示,其中 UV 膠是以網版印刷 將固定圖型塗佈在電極上,而在築牆以及銀線保護層部分,皆為使用 UV 膠 材。



A-2 在<u>兩邊電極</u>的銀線保護層外圍塗布上"築牆"部分, 並將其固化



A-3. 在銀線保護層上網印上UV膠,進行電極貼合對組後, 將封裝膠材固化





圖 3.3.8、UV 膠應用於染料敏化電池的封裝步驟:UV-1、雙邊築牆(左), UV-2、單邊築牆(右)

UV-1、UV-2 分別為雙邊築牆以及單邊築牆,電池模組在組裝完成後兩 邊電極內部的間距(gap)約為 180um以及 140um,四邊封裝寬度為6.5mm, 電極二氧化鈦間的封裝寬度為 2.5mm,兩種封裝方式皆可成功封裝電池模組, 沒有短路現象亦沒有溢膠情形發生,對照組實驗之封裝材為 Surlyn 其電池 內部間距約 60-70um,以 UV 膠進行封裝之電池模組間距增加許多,實驗測 試結果以 MP15 電流分佈儀進行電解液在冷熱循環下洩漏造成發電面積損 失的量測,測試樣品數量為各 5 個,其量測示意圖如圖 3.3.9 所示,圖 3.3.10 分別為 UV-1、UV-2、Surlyn 以 MP15 量測之起始電流分佈圖



圖 3.3.9、MP15 電流分佈儀檢測示意圖



圖 3.3.10、UV-1 與 UV-2 與 Surlyn 分別以 MP15 量測之起始電流分佈圖

圖 3.3.11 為電池模組在-40°C~85°C 冷熱循環下發電面積損失的變化情況,發現 UV-1 以及 UV-2 在冷熱循環過程中,電解液損失比例較 Surlyn 高, 推測電解液損失原因可能為電極在塗佈 UV 封裝膠後,對組時須要經過 UV 光曝光固化,但因模組上下電極設計為鏡像對稱,在電流收集銀線位置會有 曝光不完全的情形發生,可能造成封裝強度減弱,在冷熱循環過程中熱漲冷 縮撐開 UV 封裝膠,未固化之 UV 膠接觸到電解液會吸收部分的電解液造成 發電面積損失,進而反應在電流分佈上。



圖 3.3.11、電池模組在-40℃~85℃ 冷熱循環下發電面積損失的變化情況

為了進一步改善因電池結構造成 UV 封裝膠固化不完全的情況,將 UV 膠封裝製程步驟進行優化,改善之封裝步驟如圖 3.3.12 所示:UV-3 在固化 銀線保護層後,僅在兩邊電極的外框部分(不被遮蔽位置) 塗佈上 UV 封裝 膠,進行封裝對組,由此一來可避免因銀線遮蔽所造成 UV 膠固化不完全的 情況發生。

圖 3.3.13 為 UV-3 以及 Surlyn 進行冷熱循環 200 次後所得到電解液損失 之百分比圖,經優化改善 UV 封裝膠應用在染敏太陽電池的封裝步驟後,由 數據上可得在經過-40℃~85℃ 冷熱循環 200 次後,其電解液損失(發電面積 損失)僅 1.35%,優於市售之 Surlyn 熱塑性膠材;另外,圖 3.3.14 為 UV-3 以及 Surlyn 在冷熱循環下效率變化圖,由數據可知利用紫外光固化膠(UV 膠)當做染料敏化太陽電池之封裝膠,在經過封裝置成優化改善後,其在冷熱循環 200 次之後,效率可維持起始數值沒有衰退現象,對照組市售 Surlyn 熱塑性膠材其電池模組效率衰退約 10%。

C-1. 將UV膠透過網印方式塗佈在銀線位置後,



圖 3.3.12、UV-3 優化封裝膠之製程流程圖



圖 3.3.13、UV-3 方法在-40℃~85℃ 冷熱循環下發電面積損失的變化情況



圖 3.3.14、UV-3 方法在-40℃~85℃ 冷熱循環下效率變化百分比圖

#### 3.1.2 敘明計畫研發技術之實際應用情形

(一)新型太陽電池技術開發

1. 無切割損晶片技術開發

本技術已針對多孔矽蝕刻設備申請專利3件(美國、台灣、中國),目 前進行專利審查作業,未來專利通過將尋求具有磊晶經驗的廠商進行技術 移轉,再結合該公司磊晶技術能量,以其能將非切割晶片製作技術推向產 業化。

2.P型雙面太陽電池技術

本計畫所開發之 P 型雙面太陽電池技術,目前已技轉國內太陽光電 (BigSun)公司,並開始協助該公司開發高發電量模組技術,期能在計畫上 繼續突破,能對提升該公司之產品品質有所幫助。另外,針對材料廠商, 本技術亦技轉國內膠料公司凌昇能源科技,協助其開發 P 型雙面太陽電池 或 PERC 專用膠料,期能搭配電池技術,更發揮技術自主效益。

3.非銀電極技術開發

本計畫開發之細線化銅電極太陽電池,其實際應用情形:

- (1)與茂迪公司合作,協助N型太陽電池之雙面雷射細線化開孔技術服務, 並進行連續式銅電鍍電極製程技術之開發,加速銅電鍍電極產業化。
- (2)與昱晶公司合作,協助雷射轉印電極之電鍍增厚技術開發,以開發細線寬之高效率電池技術,開發差異化技術。
- (3)與元晶公司合作,協助 PERC 太陽電池之銅電極技術整合,以提升效 率降低成本,提升產業競爭力。
- (4)與百聚公司合作,進行太陽電池電鍍藥水之驗證,協助其開發產品, 推動材料技術之國內自主化。
- (5)與懿陽公司合作,進行低成本導電膠特性評估,以應用於該公司之金 屬連接器相關產品。

(二)低溫度效應模組技術開發

1.異質接面太陽電池技術開發

工研院完成異質接面太陽電池之小型研發平台建立,可提供國內學術單位(如:國家奈米元件實驗室、清大、交大、中山等)的製程技術服務,

協助改善電池效率及部分關鍵製程。此外也與太陽電池廠商合作研究異質 接面太陽電池在P型晶片上的效果,並技轉表面鈍化技術予快速退火處理 的業者鉅安科技,期望利用快速退火來進行鈍化效果的提升,佈局於高單 價特殊應用市場。清潔與蝕刻製程提供晶片,可讓有意投入高效率 N 型 電池技術的設備商進行異質接面設備鈍化效果的驗證,改良設備之狀況。

2.新型封裝材料與模組增益技術開發

開發無醋酸增益型透明封裝材料聚烯烴(Polyolefin)取代傳統 EVA 封 裝膜,開發完成自有專利的苯乙烯和其二烯(丁二烯與異戊二烯)的塊狀共 聚物材料 Polyolefin,展現優異的電絕緣性與耐水性,並搭配自有專利的 螢光材料改質結果,達到透明封裝材料配方最佳化。製作新型透明封裝材 料之太陽電池模組,以高電壓 1000V、高濕熱 85℃、85%RH 之環境條件 進行 168 小時電位誘發衰減(Potential Induced Degradation,PID),Polyolefin 材料功率衰退 0.43%。整合先期開發的自有專利螢光轉換配方,可將紫外 光轉換至可見光以增加模組發電量,提升輸出功率 1.43%,符合模組長久 可靠與發電性能。同時佈局 Polyolefin 結構的材料專利,針對封裝材料極 性改善與封裝流動適應性,作為模組封裝材料的異質接面開發,提供界面 強度與封裝流動的改善機制

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

1.高可靠度封裝技術開發

本計畫所開發的染料敏化電池封裝技術使用在室內弱光下,經過測試統 計結果,已可達到超過5年以上的使用(符合現在消費型商品的使用年限)。 對於一些應用商品的設計也持續在進行中(圖 3.4.1),並與國內業者(如華暘 等)洽談商品設計合作之可行性。另外,與國內石化大廠台塑集團技術合作 數年,協助該公司建立染料敏化太陽電池研發能量以及試量產規劃,近期內 將規劃推動低照度太陽電池結合於工業物聯網,應用於化工領域,期望能夠 首創全球獨有整合型應用,預期藉由研發能量的建立,擴大該集團內部的整 合,促使染料敏化太陽電池應用能更快速產出,並使技術扎根台灣並進一步 提升技術深度。



光啟動大樓信箱(DSC Mail Box)



自供電時鐘(DSC Clock)



光動能香氛噴霧機

圖 3.4.1、工研院開發之染敏電池應用商品設計原型品

#### 3.1.3 分包研究計畫執行說明

分包研究計畫名稱:穿隧鈍化層接觸技術

分包對象及主持人:國立清華大學材料系甘炯耀副教授

本年度希望發展複晶矽電極製程技術,藉以取代非晶矽電極用在高效矽 晶太陽電池的量產上。研究項目擬分為 IC wafer 以及 Solar wafer 兩階段: 第一項主要是利用微結構觀察進行製程調控,包括:(1)介面層成長製程調 控,(2)介面層結構與熱處理條件調控。第二項主要是利用電性量測求出最 佳化的 poly-Si emitter 的特性與製程條件,包括:(1)雜質摻入製程條件。(2) 各類最佳化的 poly-Si emitter 介面層結構與表面復合速率。(3)各類最佳化的 poly-Si emitter 介面層結構與接面電阻。

上半年利用電漿輔助化學氣相沉積系統製備多晶砂/富矽氮化砂(SRN)/ 單晶矽之多晶矽射極結構,藉由光電子能譜儀分析樣品中之含矽量變化,以 及利用穿透式電子顯微鏡觀察樣品之平面、介面影像,來分析樣品經高溫退 火處理後產生的再結晶矽分布現象。與多晶砂/介電層/單晶矽接面穿隧現象 相關的基礎理論計算。另外,我們製備的多晶矽奈米級點接觸,如圖 3.5.1 所示。研究結果顯示:(1)多晶矽射極之接觸特性(Jo 及 ρ c)易受絕緣層厚度 與高溫製程影響。(2)多晶矽奈米級點接觸(polysilicon nano-point contact)可同 時得到相當低的 Jo 及 ρ c。(3)透過調變 PECVD 中的 SiH4 流量與退火製程, 可控制 SRN 薄膜中的矽析出量與其結晶性。(4)由於 PECVD 中的 a-Si 製程 中含氫量過多的問題,經過高溫製程後,會造成薄膜破裂的現象。



圖 3.5.1、多晶矽射極之多晶矽奈米級點接觸示意圖

下半年利用 Sentaurus TCAD 軟體對具有穿隧氧化層的交趾式背向接觸 太陽電池(Interdigitated back contact (IBC) solar cells)進行模擬計算,如圖 3.5.2 所示,包含結構、氧化層厚度、介面複合速率以及塊材生命週期等效 應。研究結果顯示:(1)在 IBC 結構下,具有穿隧氧化層的元件由於良好的 界面鈍化效果而能有較好的轉換效率表現。(2)穿隧氧化層厚度在 1 nm 時, 元件可得最佳的效率表現,當氧化層厚度為 1.4 nm 時,串聯電阻的影響將 變得顯著,超過 1.4 nm 後,結構對電流的汲取能力不佳。(3)界面復合速率 與塊材生命週期效應,具有穿隧氧化層的 IBC 結構下,短路電流密度與開 路電壓隨界面復合速率與塊材生命週期的變化不明顯,填充因子的改變是串 聯電阻變化的變相體現。(4)可能需要透過調整 TCAD 中的織構化結構,來 得到貼近真實情況的載子產生率。(5)高界面復合速率下的 TCAD 計算 I-V 曲線,需要透過雙二極體模型描述。



圖 3.5.2、分析結構效應所使用之三種 IBC 結構

3.1.4 技術引進計畫執行說明

魚。

# 3.2 實際進度與預定進度比較

		6 進度						105-	年度					
工作項目	比重%		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
(一)新型太陽電	池技術開	]發												
無切割損晶片	20	預定			*1			*4			*7			*10
技術開發	20	實際												
P型雙面電池技	40	預定			*2			*5			*8			*11
術開發		實際												
非銀電極技術	40	預定			*3			*6			*9			*12
開發		實際												
 ۸ کار	100	預定累計	25			50			75	L		100	<u> </u>	
		實際累計	25			50			75		100			
(二)低溫度效應;	模組技術	<b></b> 「開發												
異質接面太陽	00	預定			*	1		*3			*5			*7
電池技術	80	實際												
新型封裝材料	20	預定			*2	2		*4			*6			*8
與候 組 墙 血 投 術開發	20	實際												
<u>ــــــــــــــــــــــــــــــــــــ</u>	100	預定累計		25			50			75		100		
	100	實際累計		25			5(	)		75			100	1

	比重%	進度	105年度											
工作項目			1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
(三)低照度太陽電池封裝技術開發														
<b>立</b> 可 告 府 封 裝	100	預定			*1			*2			*3			*4
技術開發		實際												
合 計	100	預定累計	25		50				75			100		
		實際累計		25			50			75			100	

### 3.3 查核點說明

(一)新型太陽電池技術開發

查核點	預定時間	查核點概述	實際時間	差異說明
*1	105年3月	確認磊晶成長製程條件,厚度均 勻度、缺陷密度、金屬雜質含 量、氧含量等檢測方法。	105年3月	無差異
*2	105年3月	<ul> <li>(1)完成P型雙面太陽電池技術基本製程及材料選用確定。</li> <li>(2)完成P型雙面太陽電池模擬,進行針對抗反射層與反射層參數、背表面平坦度、背面電極圖案等之最佳化。</li> </ul>	105年3月	無差異
*3	105年3月	不同銅覆蓋保護層材料測試,選 擇適合的保護層材料,不影響電 池IV 電性與封裝焊接特性。	105年3月	無差異
*4	105年6月	抛光晶片上進行磊晶,電阻率 $1\sim3$ ohm-cm,厚度均勻度 $10\%$ ,缺陷密度 $\leq 1E5/cm^2$ ,金屬 雜質含量 $\leq 1$ ppm,氧含量 $\leq 1E18/cm^3$ 。	105年6月	無差異
*5	105年6月	開發 P 型雙面電太陽池技術,表 面鈍化結構調整,載子存活期≧ 70µs,正面效率達 20%。	105年6月	無差異
*6	105年6月	156×156mm <sup>2</sup> 銅電極太陽電池細 線化,柵線 finger 寬度≦30μm 電 池。	105年6月	無差異
*7	105年9月	開發無切割損晶片技術,厚度 $\geq$ 50 $\mu$ m,電阻率 1~3ohm-cm,厚度 均勻度 $\leq$ 10%,電池驗證效率 15%。	105年9月	無差異

查核點	預定時間	查核點概述	實際時間	差異說明
*8	105年9月	開發P型雙面電池技術,背面表 面結構與介電層參數調整,在波 長1100nm的反射率≧25%,正 面效率達20.5%,背面效率達 12%。	105年9月	無差異
*9	105年9月	完成 PERC 太陽電池與銅電極製 程之整合,156×156mm <sup>2</sup> 尺寸太 陽電池效率≧20.5%。	105年9月	無差異
*10	105 年 12 月	開發 5"無切割損晶片技術,電阻 率 1~3ohm-cm,厚度均勻度 $\leq$ 10%,缺陷密度 $\leq$ 1E5/cm <sup>2</sup> ,金屬 雜質含量 $\leq$ 0.1ppm,氧含量 $\leq$ 1E17/cm <sup>3</sup> ,電池驗證效率 18%。	105年12月	無差異
*11	105 年 12 月	完成 P 型雙面電池技術整合,面 積 156×156 mm <sup>2</sup> ,正面效率達 21%,背面效率達 14%,同時以 高散射背板及電池陣列間距設 計提升背面增益,封裝損失≦ 1%之效果	105年12月	無差異
*12	105 年 12 月	非銀電極技術開發,完成大面積 矽晶太陽電池銅電鍍電極模組 開發,面積 156×156 mm <sup>2</sup> ,並完 成 IEC61215 規範之濕熱測試 1000 小時及熱循環 200 次之測 試。	105 年 12 月	無差異

(二)低温度效應模組技術開發

查核點	預定時間	查核點概述	實際時間	差異說明
*1	105年3月	背接式異質接面入光面抗反射 層開發反射率小於 5%(at 600 nm)。	105年3月	無差異
*2	105年3月	完成新型透明封裝材料的光學 特性量測與水氣透過率分析,以 非 EVA 樹脂接著配方開發,達到 透光度≧90%、霧度≦2.0%。	105年3月	無差異
*3	105年6月	利用氧化物鈍化晶片後載子存 活期≧800µsec。	105年6月	無差異
*4	105年6月	完成新型透明封裝材料配方最 佳化,體積電阻抵抗率(Ω·cm) ≧5.0E+15、破壞電壓(kV)≧15、 透水率≦5.0g/m <sup>2</sup> •24h。	105年6月	無差異
*5	105年9月	以非黃光方式將電極製作於背面,達成無電極遮蔽,短路電流大於40mA/cm <sup>2</sup> 。	105年9月	無差異
*6	105年9月	完成透明封裝電池模組製作,面 積 $\geq$ 300mm×300mm, Anti-PID 功率損失 $\leq$ 5.0%。	105年9月	無差異
*7	105年12月	低溫度效應≦0.28%/°C,異質接 面太陽電池效率≧23%。	105年12月	無差異
*8	105 年 12 月	完成新型透明封裝材料界面匹配分析與光轉換增益設計,完成 透明電池模組製作,面積 ≧ $300mm \times 300mm$ ,提升輸出功率 ≧1%。	105 年 12 月	無差異

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

查核點	預定時間	查核點概述	實際時間	差異說明
*1	105年3月	開發 UV 膠網印技術應用於模組 封裝製程, 需成功封裝模組, 且 在室溫 24 小時不漏液。	105年3月	無差異
*2	105年6月	UV 膠封裝元件在-40 到 85℃ 冷 熱循環 10 次後,以重量(或體積) 變化為計算基準,電解質消耗不 超過 10%。	105年6月	無差異
*3	105年9月	UV 膠封裝元件在-40 到 85℃ 冷 熱循環 50 次後,以重量(或體積) 變化為計算基準,電解質消耗不 超過 10%。	105年9月	無差異
*4	105年12月	UV 膠封裝元件在-40 到 85℃ 冷 熱循環 200 次後,以重量(或體積) 變化為計算基準,電解質消耗不 超過 10%。	105年12月	無差異

3.4 目標達成情形

計畫目標	達成狀況	差異
(一) 新刑太陽雲池站術開發		伮 討
1. 無切割損晶片技術開發		無差異
1-1. 開發 5 吋無切割損晶片技 1-	1.完成 5 吋無切割損晶片技術開發,	
術,厚度≧50µm,電阻率	在矽晶片上製作雙層多孔矽結構,	
1~3ohm-cm,厚度均匀度≦	進行磊晶層沉積並完整晶片分離,	
10%,缺陷密度≦	平均厚度 152µm, 電阻率	
1E5/cm <sup>2</sup> ,金屬雜質含量≦	2.13~2.63ohm-cm,厚度均匀度≦	
0.1ppm,氧含量≦	1%,平均缺陷密度 1.51E4/cm <sup>2</sup> ,金	
1E17/cm <sup>3</sup> , 電池驗證效率	屬雜質含量 $≦$ 0.1ppm, 氧含量 $≦$	
18% °	5E16/cm <sup>3</sup> , 電池驗證效率 18.7%。	
2.P 型雙面太陽電池技術開發		無差異
1-2.完成P型雙面太陽電池基 1-	·2.藉由鈍化射極與背面電池(PERC)技	
本製程確定及整合,表面鈍	術為基礎,建立 P 型雙面電池基本	
化結構調整,載子存活期≧	製程與正背面電極材料選用,針對	
70µs,面積 156×156 mm <sup>2</sup> ,	正面抗反射層參數、背面反射層參	
正面效率達21%,背面效	數、背表面平坦度、背面電極圖案	
率達14%,同時以高散射	參數等進行模擬最佳化,以背面原	
背板及電池陣列間距設計	子層沉積氧化鋁鈍化層不同厚度對	
提升背面增益,封裝損失≦	應之退火參數優化調整,提升載子	
1%之效果。	存活期(life-time)至186µs,完成面積	
	156×156 mm <sup>2</sup> ,正面效率達 21.1%,	
	背面效率達 14.4%,同時以高散射背	
	板及電池陣列間距設計提升背面增	
	益,封裝損失率為0.88%之效果。	
3.非銀電極技術開發		無差異
1-3.完成 156mm×156mm 大面 1-	-3.開發細線化銅電極太陽電池,以低	
積矽晶太陽電池銅電鍍電	損 UV 雷射做為雷射開孔光源,使	
極製程開發,柵線 finger	開孔線寬 11µm;並結合	
寬度 $\leq$ 30 $\mu$ m,電池效率 $\geq$	156mm×156mm 大面積銅電鍍技	
20.5%,模組通過IEC61215	術,採照光誘導電鍍技術(LIP),形	

計畫目標	達成狀況	差異檢討
規範之濕熱測試 1000 小時 及熱循環 200 次之測試。	成鎳與銅種子層,再直接電鍍銅增 厚做主要銅導電層,使得柵線 finger 寬度縮為 28.5 $\mu$ m,優化射極,結合 銅電鍍細線化電極與 PERC 技術, 提升電池效率達 20.6%,其濕熱測 試 1000 小時之衰退率為 0.65%;而 熱循環 200 次為 2.84%,符合 IEC 61215 規範功率損失 $\leq$ 初始值的 5%,通過驗證。	
<ul> <li>(二)低溫度效應模組技術開發</li> <li>1.異質接面太陽電池技術開發</li> <li>2-1.表面鈍化應用於異質接面 太陽電池,載子存活期≧</li> <li>800µsec,低溫度效應≦</li> <li>0.28%/°C,太陽電池效率≧</li> <li>23%。</li> </ul>	2-1.利用非晶矽進行表面鈍化,開發多 階段式鍍膜處理增加表面鈍化能 力,降低表面載子複合,提升載子 存活期達822 μsec,低溫度效應0.27 %/°C,太陽電池效率23.28%。	無差異
2.新型封裝材料與模組增益技 術開發 2-2.開發新型封裝材料配方最 佳化,透光度 $\geq$ 90%,霧度 $\leq$ 2.0%,體積電阻抵抗率 $(\Omega \cdot cm) \geq$ 5.0E+15,破壞 電壓(kV) $\geq$ 15,透水率 $\leq$ 5.0 g/m <sup>2</sup> •24h。製作 300mm×300mm透明電池 模組,Anti-PID 功率損失 $\leq$ 5.0%,提升輸出功率 $\geq$ 1%。	2-2. 開發新型無醋酸的聚烯烴 (Polyolefin)封裝材料,添加自有專 利的螢光材料改質,獲得配方最佳 化,使得穿透度達 90.9%,霧度達 1.88%, 體積電阻抵抗率 2.3E+16(Ω·cm),破壞電壓16kV, 透水率 2.8 g/m <sup>2</sup> •24h。製作新型透明 封裝材料之太陽電池模組,面積 300mm×300mm,以高電壓1000V、 高濕熱 85℃、85%RH 之環境條件進 行 168 小時電位誘發衰減(Potential Induced Degradation,PID), Polyolefin 材料功率衰退 0.43%,結	無差異

計畫目標	達成狀況	差異檢討
	合自有專利的螢光轉換配方,可將 紫外光轉換可見光以增加模組發電 量,提升輸出功率1.43%。	
(三)低照度太陽電池封裝技術 開發		
<ul> <li>1.同「非反到表初衲開發</li> <li>3-1.UV 膠封裝元件在-40℃到</li> <li>85℃冷熱循環 200 次後,</li> <li>以重量(或體積)變化為計</li> <li>算基準,電解質消耗不超</li> <li>週10%,光電轉換效率衰</li> <li>減率&lt;20%。</li> </ul>	3-1.完成聚氨酯丙烯酸樹脂型 UV 膠材 開發,達到封裝染料敏化電池所要 求的高黏著力(剪應力>10MPa)與 低透濕率(W.V.T.<10-6 g/h at 60℃ /85RH)之特性。在維持既有的高黏 著力與低透濕率特性下進行阻擋電 解質洩漏的功效強化,經由所建立 的測試平台分析,針對電池元件封 裝結構其封裝寬度設定為5mm 以及	燕左六
	10mm, 在-40℃和 85℃間冷熱循環 200 次測試後, 其重量損失兩者皆 小於 1%以下。另外, 針對 10×10cm <sup>2</sup> 電池模組封裝結構其封裝寬度設定 為 6.5mm, 並針對膠材以及電池結 構特性改善封裝製程後, 電池在-40 ℃和 85℃間冷熱循環 200 次後發電 面積損失百分比僅 1.35%, 且效率可 維持起始值沒有衰退。	

# 3.5 計畫延長或變更執行情形

# 1.人員異動

	計書戀		計畫	計畫書內容		金額		
項次	更項目	變更類別	變更前	變更後	變更前	變更後	變更原因〔含日期〕	
1	人員 異動	其他	詹麒璋(1.8 人月) 熊谷秀(1.0 人月) 楊倉錄(1.0 人月)	詹麒璋 (2.1 人月) 熊谷秀(0.85 人月) 楊倉錄(0.85 人月)			工作調整,第一季季報備查 (105年4月7日能技字 第10500558560號同意核備)	
2	人員 異動	其他	徐國昌(1.6 人月) 黃嘉偉(1.8 人月) 蕭博聰(4.5 人月) 林揚芬 (1 人月) 吳德清 (2 人月) 陳思伊 (2 人月)	徐國昌(3.55 人月) 黃嘉偉 (0.8 人月) 蕭博聰 (4.0 人月) 林揚芬(0.85 人月) 吳德清(1.85 人月) 陳思伊(1.85 人月)			工作調整,第一季季報備查 (105 年 4 月 7 日能技字 第 10500558560 號同意核備)	
3	人員 異動	其他	吳春富(1.8 人月) 賴勃勳(2.0 人月) 陳香如(2.0 人月)	吳春富 (2.1 人月) 賴勃勳(1.85 人月) 陳香如(1.85 人月)			工作調整,第一季季報備查 (105年4月7日能技字 第10500558560號同意核備)	
4	人員 異動	其他	待聘 (1.1 人月)	待聘 (1.0 人月) 游平貴 (0.06 人月) 徐肇瀅 (0.04 人月)			新增人力,第二季季報備查 實驗室廠務人員 (105年6月3日能技字 第10500113910號同意核備)	

-E h	計畫變	供西北山	計畫書內容		經費金額		始また団(ムっ切)	
項次	更項目	愛史類別	變更前	變更後	變更前	變更後	變更原因 [ 含日期 ]	
5	人員 異動	其他	待聘 (6.3 人月) 呂信緯 (2.0 人月) 彭健凱 (2.0 人月) 温尚曄 (1.0 人月) 官巧之 (3.0 人月)	待聘 (3.5 人月) 呂信緯 (2.65 人月) 彭健凱 (2.30 人月) 温尚曄 (2.35 人月) 官巧之 (3.50 人月)			工作調整,第二季季報備查 (105年6月3日能技字 第10500113910號同意核備)	
6	人員 異動	其他	待聘 (1.0 人月) 游平貴(0.06 人月) 徐肇瀅(0.04 人月) 陳松裕 (7.6 人月)	游平貴 (0.35 人月) 徐肇瀅 (0.36 人月) 陳松裕 (7.99 人月)			工作調整,第三季季報備查 (105 年 10 月 5 日能技字 第 10500187290 號同意核備)	
7	人員 異動	其他	待聘 (3.5 人月) 呂信緯 (2.65 人月)	呂信緯 (6.15 人月)			工作調整,第三季季報備查 (105 年 10 月 5 日能技字 第 10500187290 號同意核備)	
8	人員 異動	其他	呂佳勳 (3.0 人月)	呂佳勳 (0.54 人月) 黃朝煌 (2.46 人月)			新增人力,第三季季報備查 (105 年 10 月 5 日能技字 第 10500187290 號同意核備)	
9	人員 異動	其他	徐振庭 (2.0 人月) 劉漢章 (2.0 人月) 王友志 (2.0 人月)	徐振庭 (1.0 人月) 劉漢章 (2.5 人月) 王友志 (2.5 人月)			工作調整,第三季季報備查 (105 年 10 月 5 日能技字 第 10500187290 號同意核備)	

石山	計畫變	計畫變 鐵西板山 計畫書		行內容 經		金額	始また町(人口畑)	
項次	更項目	愛史類別	變更前	變更後	變更前	變更後	愛更原因〔含日期〕	
10	人員 異動	其他	吴振中 (6.0 人月) 吴坤益 (3.0 人月) 陳昱燊 (4.2 人月)	吳振中 (4.26 人月) 吳坤益 (4.24 人月) 陳昱燊 (4.7 人月)			工作調整,第三季季報備查 (105 年 10 月 5 日能技字 第 10500187290 號同意核備)	

### 四、執行績效說明

### 4.1 人力運用情形

四八	٠	1 2
里加	•	ヘエ
		· • ·

			職	稱			學	: ,	歷		
分項計畫		研究 員級	副研 究員 級	助理 研究 員級	技術 員級 以下	博 士	碩 士	學 士	專科	其他	合計
新型太陽電池 技術開發 小 計	預計	12.82	1.98	0.20		5.85	7.25	1.04	0.86		15.00
	實際	14.39	0.67	0		6.10	7.09	0.81	1.06		15.06
低溫度效應 模組技術開發 小 計	預計	5.98	0.94	0.08		2.73	3.39	0.48	0.40		7.00
	實際	5.92	0.86	0.34		2.29	3.82	0.84	0.17		7.12
低照度太陽 電池封裝技術	預計	3.30	0.50	0.05		1.50	1.86	0.27	0.22		3.85
開發 小 計	實際	3.37	0.52	0		1.94	1.95	0	0		3.89
	預計	22.10	3.42	0.33		10.08	12.50	1.79	1.48		25.85
《恩 計	實際	23.68	2.05	0.34		10.90	12.29	1.56	1.32		26.07

【備註】1.本表中之橫短線 (---) 表示原計畫書中並無該項預估值。

 <sup>2.</sup>為加速技術研發時程,調度人力支援,投入較多的研究員職級人員(博士學歷), 其餘皆依原規劃完成研發工作執行。

工作要項	執行人員	工作內容/執行進度說明
(一)新型太陽		
電池技術開發		
1. 無切割損晶	杜政勳、陳建勳、王珽玉	1-1.開發5 吋無切割損晶片技
片技術開發	許世朋、龍健華、林鈺璇	術,厚度≧50µm,電阻率
	陳松裕*、陳昱燊*	1~3ohm-cm,厚度均勻度≦
		10%,缺陷密度≦1E5/cm <sup>2</sup> ,
		金屬雜質含量≦0.1ppm,氧
		含量≦1E17/cm <sup>3</sup> ,電池驗證效
		率 18%。
○D 刑錐五十	陆建翻、木立宁、晤士山	1 7 中卡 D 刑錐五十四 示山甘士
2.1 空受国人 唱雪油甘街開	休廷割、子立于、禹义 T   エシヨ、蕃索山	1-2. 元成「尘受圆众汤电池举本制 招 磁 宏 及 敕 人 , 表 而 结 化
汤 电 <sup>2</sup> 双 柄 两	上小祝 開查 	
78	超勃動、陳香如、呂佳動	70us,面積 156×156 mm <sup>2</sup> ,正
	徐振庭、吴振中	面效率達 21%,背面效率達
		14%,同時以高散射背板及電
		池陣列間距設計提升背面增
		益,封裝損失≦1%之效果。
		支援矽晶電池展覽推廣及企
		劃之業務。
3.非銀電極技	吴坤益*、林宸澂	1-3.完成 156mm×156mm 大面積
術開發	彭健凱*、呂信緯*	矽晶太陽電池銅電鍍電極製
	曾峰柏、孫文檠、游勝閔	程開發,柵線 finger 寬度≦
	黄朝煌"	30µm,電池效率≧20.5%,模
		組通過IEC61215規範之濕熱
(一)加四庄北		测试 1000 小時及熱循環 200
(一) 低温及效		火之測試。 <u>秋行員廠至廠務</u>
感候血权侧用		
│ <sup>7</sup> 1.異質接面大	  陳俊亨、葉熔銘、陳玉鴻	2-1.表面鈍化應用於異質接面大
陽電池技術	林昭正、劉俊岑、游平貴#	陽電池,載子存活期≥
	徐肇瀅#	800µsec,低溫度效應≦
		0.28%/°C,太陽電池效率≧
		23%。 <u>執行實驗室廠務工作</u>
2.新型封裝材		(#新增人力)。
料與模組增益	彭成瑜、黃建福、黃兆平	
工作要項	執行人員	工作內容/執行進度說明
---------	-------------	------------------------
技術開發	黄中騰、李文貴、廖士霆	2-2.開發新型封裝材料配方最佳
	林美秀、温尚燁*	化,透光度≧90%,霧度≦
	劉漢章*、王友志*	2.0%,體積電阻抵抗率(Ω·
	王文獻、關旻宗、林慈婷	cm)≧5.0E+15,破壞電壓(kV)
	林美汝、詹麒璋、吴春富	≧15、透水率≦5.0
	徐國昌、黃嘉偉	g/m²•24h。製作
(三)低照度太		300mm×300mm 透明電池模
陽電池封裝技		組, Anti-PID 功率損失≦
術開發		5.0%,提升輸出功率≧1%。
1.高可靠度封		支援模組可靠度性能評估。
裝技術開發	童永樑、盧明德、傅思萍	
	吳曜杉、蕭博聰、范佳銘	3-1.開發 UV 膠封裝元件在-40℃
	官巧之*、邱榮賓	到 85℃冷熱循環 200 次後,
	林揚芬、陳思伊	以重量(或體積)變化為計算
		基準,電解質消耗不超過
		10%。 <u>支援染敏電池應用商品</u>
		展覽及推廣。
		*為工作調整,變更人月數,支
		援計畫執行。

註:人員調整及異動情形,請參閱「3.5計畫延長或變更執行情形 1.人員異動」。

### 4.2 經費運用情形

單位:新臺幣千元

	全年度	預算數	變更後	預算數	流用後	運算數	决争	氧數	
經費科目	金額	占總額	金額	占總額	金額	占總額	金額	占總額	備註
	<b>(D</b> )	(%)		(%)		(%)		(%)	
	( <b>B</b> )	C = (B/A)	( <b>D</b> )	<b>E=(D/A)</b>	(1)	G=(F/A)	(H)	I=(H/A)	
一、經常支出									
1.人事費	33,257	39.52	33,257	39.52	33,257	39.52	33,238	39.50	
2.旅運費	1,320	1.57	1,320	1.57	1,212	1.44	1,181	1.40	
3.材料費	11,443	13.60	11,443	13.60	11,062	13.15	11,062	13.15	
4.維護費	3,249	3.86	3,249	3.86	3,620	4.30	3,620	4.30	
<ul><li>5.業務費</li><li>(含分包費用)</li></ul>	20,470	24.33	20,470	24.33	21,438	25.48	21,438	25.48	
6.設備使用費	5,996	7.13	5,996	7.13	5,146	6.11	5,146	6.11	
7.管理費	8,415	10.00	8,415	10.00	8,415	10.00	8,409	9.99	
8.其他									
經常支出小計	84,150	100.00	84,150	100.00	84,150	100.00	84,094	99.93	
二、資本支出									
1.土地	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
2.房屋及建築	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
3.資訊設備	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
4.機器儀器設備	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
5.交通及運輸設備	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
6.雜項設備	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
7.其他權利	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
資本支出小計	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
總計(A)	84,150	100.00	84,150	100.00	84,150	100.00	84,094	99.93	

【備註】本計畫年度決算金額 84,094,027 元。

### 4.3 研發成果收入

#### 單位:新臺幣千元

成果項目		預估收入	實際收入	實際繳庫金額	備註
warku	配合款	_	_	_	
業界合作 (合作研究)	先期技術授權金	_	_	_	
	權利金	_	_	_	
	技術服務費	1,275	250	0	
業界合作 (失期參與)	先期技術授權金	3,500	3,850	1,540	9項 8家
	權利金	_	_	_	0 %
	技術授權金	4,500	4,161.6	1,664.6	
一船沽街垮楼	技術權利金	_	400	160	8項
* 为又 7又 741 7又 7年	專利授權金	_	1,000	400	8家
	專利權利金	_	200	80	
甘術眼致費	全菇	2 000	2 630 7	0	6項
7义149 月12月5 月	亚积	2,000	2,030.7	U	6家

說明:

一、備註欄內請註明項數及家數。

二、本表中之横短線 (---) 表示原計畫書中並無該項預估值。

三、本表所列實際繳庫金額,已扣除營業稅、印花稅...等必要支出。

### 4.4 研發成果統計

金額單位:新臺幣千元

成 果			項	目	預 定	寶	際達	成	成 果		項		目	預	定	實際達成
	<u>н</u>	4	威	內	3		3			件			數	3		8
	中	朚	威	外	5		5			項			數	3		8
A.專 利 權	14 J	18	國	內	1		4		I. 一般技術	廠	物	R	數	3		8
(項數)	獲 ⁄	侍	國	外	1		5		授 權	技	術技	受權	金	4,500		4,161.6
	15		國	內	0		1			權	禾	IJ	金	0		600
	理,	用	威	外	0		0			專	利疹	受權	金	0		1,000
	Hn	T.1	威	內	2		3			件			數	3		6
B.論 文	朔 -	刊	或	外	1		1		工业体吅改	廠	溕	R	數	3		6
(篇數)		A	國	內	1		1		J. 投 俯 服 務	項			數	3		6
	研訂	習	國	外	2		3			金			額	2,000		2,630.7
	年度	幸	执行報	告	1		1			學	件		數	1		1
	技			術	5		5		VATTR	界	金		額	500		499
C.研究報告	調			查	0		0		K.分巴研充	業	件		數	0		0
(篇數)	訓			練	0		0			界	金		額	0		0
	出			威	2		2		L.研討會	場			次	0		0
	分			包	2		2		座談會、	人			數	0		0
	件			數	0		0		示範觀摩會、			收	$\lambda$	0		0
D.業界合作	項			數	0		0		培訓課程、說 明 會	金	額	支	出	0		0
(-)	廠		家	數	0		0			場			次	2		3
合作研究	配		合	款	0		0		M. 推廣活動	~	275	收	λ	0		0
	先期	技	術授權	金	0		0			金	額	支	出	600		500
	權		利	金	0		0			人			數	0		0
	件			數	5		9		N.人才培訓	場			次	0		0
	項			數	5		8			金			額	0		0
E.業界合作	廠		家	數	5		8		01+145	博			Ŧ	0		0
(ニ)	技祥	行	服務	費	1,275		250		0.入才培育	碩			Ŧ	2		1
先期參與	先期	技	術授權	金	3,500		3,850		P. 環保效益	減少 量	〉 C( ( ^2	O2 抈 > 喃	<b>⊧放</b> 〔 〕	0		0
	權		利	金	0		0			増力	口能	源供	快應	0		0
	件			數	4		8		Q. 能 凉 效 益	或 (	即秉论	能出	重 量)	0		0
F.促進投資	項			數	4		8			數	712 13	- 14	<u>工</u>	0		0
生産	金			額	150,000		150,000	)	R.宣導手冊	金			菊	0		0
	人			數	13		13									
G.促進就業	件			數	4		5		S.媒體露出	次			數	0		0
	件			數	0		0		T.性別主流化							
H.技術引進	項			數	0		0		推動成效及投	件			數	1		1
	金			額	0		0		入經費統計表							

註:1.技術服務之件數係指服務之廠家數;項數係指本計畫各項技術之名稱。

2.凡金額數字皆以千元計。

3.專利權請填報具應用價值之專利權項數。

4.成果項目經費金額以未稅計算。

# 4.5 重要成果清單

### 一、專利權

### (1)專利申請一覽表

項次	申請編號	專利名稱	申請日期	國 家	類別
1	201610011730.0	電化學蝕刻設備與電鍍設備	2016/01/08	中國大陸	發明
2	105120494	一種太陽能電池多晶矽晶片	2016/06/29	中華民國	發明
3	105128215	光電元件、包含其之太陽能電池	2016/09/01	中華民國	發明
4	201610659357.X	異質結太陽能電池	2016/10/26	中國大陸	發明
5	15/351,450	低光衰矽晶片與低光衰矽晶片製造技術	2016/11/15	美國	發明
6	201611021064.5	太陽能電池	2016/11/14	中國大陸	發明
7	105134485	太陽能電池	2016/10/26	中華民國	發明
8	15/351,455	太陽能電池	2016/11/15	美國	發明

### (2)專利獲得一覽表

項次	專利證號	專利名稱	獲證日期	國家	類別	發明人	專利時間
1	I514604	太陽電池及其製備方法	2015/12/21 (證書收到日 2016/01/13)	中華民國	發明	王珽玉,陳建勳	2015/12/21~ 2034/01/23

項次	專利證號	專利名稱	獲證日期	國家	類別	發明人	專利時間
2	I518929	染料敏化太陽能電池及 其製造方法	2016/01/21	中華民國	發明	李佳樺,官巧之 吳曜杉,傅思萍 童永樑	2016/01/21~ 2033/12/23
3	5864660	異質接面太陽電池結構	2016/01/08	日本	發明	陳玉鴻,劉俊岑 劉永宗,林宸澂	2016/01/08~ 2034/04/16
4	ZL20121008069 6.4	異質接面太陽能電池及 其電極	2016/03/30	中國大陸	發明	陳建勳,范佳銘 吳建良,蕭睿中 吳德清,林景熙	2016/03/30~ 2032/03/19
5	I540748	選擇性射極太陽能電池 之製造方法	2016/07/01	中華民國	發明	許世朋,杜政勳 王永親	2016/07/01~ 2032/11/25
6	ZL20131035053 1.9	模塊結構	2016/06/08	中國大陸	發明	王文獻,關旻宗 李宗銘,周文賢 林福銘,李文貴 葉清正,陳明宏 黃中騰,傅學仁	2016/06/08~ 2033/08/12
7	1545788	板材與模組結構	2016/8/11	中華民國	發明	關旻宗,楊沛瑩 王文獻,周文賢 李文貴,劉漢章	2016/08/11~ 2035/06/29
8	ZL20121008949 1.2	全背電極異質結太陽能 電池	2016/06/29	中國大陸	發明	吳德清,蕭睿中 陳建勳,林景熙 Dimitrov Zahariev	2016/06/29~ 2032/03/26
9	9412921	模組結構	2016/08/09	美國	發明	王文獻,關旻宗	2016/08/09~

項次	專利證號	專利名稱	獲證日期	國家	類別	發明人	專利時間
						李宗銘,周文賢 林福銘,李文貴 葉清正,陳明宏 黃中騰,傅學仁	2034/01/04

### (3)專利運用一覽表

項次	專利證號	專	利	名	稱	運用廠商		效	益	說	明	
1	I474492	增強光捕	捉之太	、陽光電	電模組	同昱能源科技	本主要。 秦要是 動間 院 之 一 利	華	獲光池間強捕。,非常捉動。	1,專利 太直於 正直效應 用 訂 捉。	授權金額, 電模組, 陽電池的  於模組及	頁120萬, 包括串接 的串接方向 產品的輸出

# 二、論文

### (1)論文一覽表-期刊

項次	論 文 名 稱	刊出日期	期刊名稱 / 期別	國家	起迄頁數
1	使用發明問題解決理論分析高效率太陽光電傘 (High-efficiency Solar Electricity of Umbrella by TRIZ Analysis)	2016/02/16	Energy and Power Engineering / 8 卷/2 期	美國	51-61

項次	論 文 名 稱	刊出日期	期刊名稱 / 期別	國 家	起迄頁數
2	軟性太陽能電池技術現況與發展	2016/06/05	工業材料 / 354 期	中華民國	122-129
3	P型雙面鈍化射極與背面電池介紹	2016/09/05	工業材料 / 357 期	中華民國	107-113
4	多晶矽製絨技術的介紹	2016/09/05	工業材料 / 357 期	中華民國	114-121

(2)論文一覽表-研討會

項次	論 文 名 稱	刊出日期	會議名稱 / 期別	國 家	起迄頁數
1	少數載子生命時間對異質接面背電極矽太陽能 電池特性的影響 (The Influence of Minority Carrier Lifetime on Characteristics of Heterojunction Back Contact Silicon Solar Cell)	2016/06/08	IEEE Photovoltaic Specialists Conference / 43rd	美國	#665-1-3
2	銅電極太陽電池之射極分佈研究 (The Investigation of Emitter Profile on Copper Plated Silicon Solar Cells)	2016/06/20	European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition / 32nd	德國	no.2 AV.3.2
3	鑽石線切割多晶矽晶片對表面品質的影響 (The Influence of Surface Quality on Diamond Wire Sawn Multi-Crystalline Silicon Wafer)	2016/06/21	European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition / 32nd	德國	307-309

項次	論 文 名 稱	刊出日期	會議名稱 / 期別	國 家	起迄頁數
4	具高貼合與阻水特性之紫外光固化封裝膠材開 發	2016/11/19	105年中國材料科學學會 年會	中華民國	no.774

三、研究報告

項次	報 告 名 稱	類別	完成日期	語言	機密等級	頁數
1	105 年度高性能太陽光電系統技術及設備研發計畫執 行報告	年度執行報告	2016/12/23	中文	非機密級	185
2	105 年度穿隧鈍化層接觸技術-分包研究期中報告	分包報告	2016/07/07	中文	機密級	23
3	105年度穿隧鈍化層接觸技術-分包研究期末報告	分包報告	2016/11/30	中文	機密級	25
4	出席「國際再生能源組織」( IRENA) 第6 屆會員大 會出國報告	出國報告	2016/02/05	中文	機密級	59
5	日本東北大學、AIST、日立化成公司參訪與 PV EXPO 研討會暨展覽參加報告	出國報告	2016/04/08	中文	機密級	52
6	耐久性模組技術報告	技術報告	2016/06/28	中文	機密級	30
7	無切割損太陽電池製作技術研究報告	技術報告	2016/12/20	中文	機密級	66

項次	報告名稱	類別	完成日期	語言	機密等級	頁數
8	P型雙面太陽電池技術研究報告	技術報告	2016/12/20	中文	機密級	27
9	非銀電極技術報告	技術報告	2016/12/20	中文	機密級	32
10	透明導電膜水氣製程技術報告	技術報告	2016/12/20	中文	機密級	25

# 四、業界合作

項次	合作項目名稱	廠商名稱	配合款 (新臺幣千元)	先期技術 授權金 (新臺幣千元)	權利金 (新臺幣千元)	技術服務費 (新臺幣千元)	合作方式	成果及效益說明
1	低溫度效應模組技 術-低電組率導電膠 材料技術	懿陽有限公 司	0	100	0	0	先期參與	協助業者提供客製化方案, 並充分發揮材料特性,達到 高效能界面焊接技術,提高 產品可靠度,提升產品價值 10%以上效益。
2	新型太陽電池技術 -P型雙面矽晶太陽 電池技術	凌昇能源科 技股份有限 公司	0	450	0	50	先期參與	協助業者開發 P 型雙面矽晶 太陽電池/PERC 專用膠料, 提升國內技術自主效益

項次	合作項目名稱	廠商名稱	配合款 (新臺幣千元)	先期技術 授權金 (新臺幣千元)	權利金 (新臺幣千元)	技術服務費 (新臺幣千元)	合作方式	成果及效益說明
3	低温度效應模組技 術開發-表面鈍化技 術	鉅安科技股 份有限公司	0	900	0	100	先期參與	矽晶電池表面鈍化十分重要,相關鈍化製程時間花費 較久,廠商欲開發 RTA 快速 退火爐設備及製程,達成鈍 化效果,縮短製程時間。
4	低溫度效應模組技 術-高可靠度模組技 術開發	茂康股份有 限公司	0	800	0	100	先期參與	協助業者建立太陽光電封裝 膜相關高質化技術,使 EVA 產品商品化,增進市場競爭 力;轉介模組廠,輔導產品 取得國際認證,進軍國際市 場。
5	染敏電池實用化技 術-染料敏化太陽電 池產品開發(微電力 供應技術)	東林科技股份有限公司	0	300	0	0	先期參與	以廠商需求為出發點並結合 DSC 技術,將室內光可自給 供電的裝置具體化。光能擷 取裝置元件組成為太陽電 池、升壓電路、電力儲存、 應用端;此元件唯一的電力 來源為 DSC,而規劃以一般 識別證(5.5×8.5 cm <sup>2</sup> )為設 計,於 200~500 Lux 需產生 180~520μW 的電力輸出。

項次	合作項目名稱	廠商名稱	配合款 (新臺幣千元)	先期技術 授權金 (新臺幣千元)	權利金 (新臺幣千元)	技術服務費 (新臺幣千元)	合作方式	成果及效益說明
6	低温度效應模組技 術-高可靠度模組技 術開發	同昱能源科 技股份有限 公司	0	300	0	0	先期參與	建立 IEC 61215 規範關鍵技 術設計驗證、封裝矽膠材料 研究評析與可靠度提升、國 際認證適應性評估,加速導 入產品實施與認證,縮短開 發時間。
7	低溫度效應模組技 術-新型模組信賴性 驗證	同昱能源科 技股份有限 公司	0	300	0	0	先期參與	為能符合太陽光電模組安規 確認的關鍵項目(規範 IEC 61730),提供規範變更設計 準則參考,並輔以開發經驗 建議、材料規格要求與測試 方法,縮小設計與產品驗證 的差距。
8	低溫度效應模組技 術-新型封裝材料與 模組增益技術	凱耀科技股 份有限公司	0	500	0	0	先期參與	考量關鍵性的光增益材料可 以自主供應;因此透過本計 畫的開發引進凱耀科技來進 行技術建立關鍵原料生產技 術;因此待未來量產製程設 備建立後可進一步商品化, 有機會取代現有玻璃之封裝 膜產品技術。

項次	合作項目名稱	廠商名稱	配合款 (新臺幣千元)	先期技術 授權金 (新臺幣千元)	權利金 (新臺幣千元)	技術服務費 (新臺幣千元)	合作方式	成果及效益說明
9	低溫度效應模組技 術-抗菌材料應用技 術先期技術授權	茂新科技股 份有限公司	0	200	0	0	先期參與	目前市售模組玻璃表面除了 抗反射塗層外,廠商藉由工 研院開發之光觸媒材料應用 於模組玻璃最外層,提升其 功效,以增加市場競爭力。

# 五、促進投資生產

項次	投資項目名稱	廠商名稱	投資金額 (新臺幣千元)	內容及效益說明
1	連續快速電鍍技術開發計畫- 銅電鍍電極平台技術	茂迪股份有限公司	50,000	開發 N 型矽電鍍電極太電池,申請科專計畫進行研發, 減少銀金屬使用量,降低成本並提高效率。
2	銅電鍍電極增厚技術開發-銅 電鍍電極平台技術	元晶太陽能科技股 份有限公司	30,000	研發銅電極 PERC 電池,減少銀金屬使用量,降低成本並提高效率。
3	太陽電池專用銀膠開發	凌昇能源科技股份 有限公司	10,000	開發太陽電池專用銀膠, 並切入國內市場, 落實材料技 術本土化。
4	太陽電池電鍍藥水開發	百聚股份有限公司	1,000	開發太陽電池用電鍍藥水,建立國內自主材料技術,降 低進口依賴。

項次	投資項目名稱	廠商名稱	投資金額 (新臺幣千元)	內容及效益說明
5	快速退火爐與掃瞄頭雷射設 備	鉅安科技股份有限 公司	7,000	開發小尺寸矽薄膜掃瞄頭雷射設備,提供低照度供電市 場相關設備。矽晶電池表面鈍化十分重要,相關鈍化製 程時間花費較久,廠商欲開發 RTA 快速退火爐設備及 製程,達成鈍化效果,縮短製程時間。
6	新模組結構投資市場的新型 模組商品化,進行國際規範 技術的可行性評估	奇想創造事業股份 有限公司	5,000	市場的新型模組商品化需要開發太陽光電模組設計的 耐久性技術,符合太陽光電模組安規確認的關鍵項目 (規範 IEC 61730),直接導入品質要求至產品設計開 發,縮小設計與產品驗證的差距,大幅減少開發時程與 降低錯誤發生的開發成本。
7	建立高可靠度模組技術開發	同昱能源科技股份 有限公司	20,000	投資研發評估模組開發新材料導入產品實施,針對材料 選用規格及模組可靠度測試提升開發
8	DSC 模組及應用開發	台灣塑膠工業股份 有限公司	27,000	進行 DSC 模組、設備及應用開發,朝工業物聯網感測 器所需之微電力開發,有助於擴展 DSC 應用端價值, 並有助未來整體供應鏈不虞匱乏。

### 六、促進就業

項次	投資項目名稱	工作內容	人數	内容	及	效	益	說	明
1	連續快速電鍍技術開發計畫-銅電鍍電極平台 技術	研發及生產	5	預估每1000	萬元	投資	可提	供1ノ	人就業機

項次	投資項目名稱	工作內容	人數	内容及效益說明
2	銅電鍍電極增厚技術開發-銅電鍍電極平台技 術	研發及生產	3	會,就業人數=促進投資÷1000萬元。
3	太陽電池專用銀膠開發	研發及生產	1	
4	建立高可靠度模組技術開發	研發及生產	2	
5	DSC 模組及應用開發	研發及生產	2	

七、技術引進

項次	技術名稱	技術來源	引進金額 (新臺幣千元)	效	益	說	明	
1	無							

八、一般技術授權

項次	技術授權項目名稱	廠商名稱	簽約日期	授權金 (新臺幣千元)	權利金 (新臺幣千元)	合約期間
1	染料敏化太陽電池實用化技術	台灣塑膠工業股份有限 公司	2015/07/01	1,548	0	2015/07/01~ 2016/6/30

項次	技術授權項目名稱	廠商名稱	簽約日期	授權金 (新臺幣千元)	權利金 (新臺幣千元)	合約期間
2	模組品質與壽命提升技術-增強 光捕捉之太陽光電模組專利授 權	同昱能源科技股份有限 公司	2015/12/21	1,000	200	2015/12/21~ 2017/12/20
3	矽晶太陽電池表面鈍化技術-氧 化鋁鈍化技術授權	太陽光電能源科技股份 有限公司	2015/12/29	1,000	400	2015/12/29~ 2017/12/28
4	矽晶太陽電池回收技術-單/多晶 矽太陽電池技術授權	綠能科技股份有限公司	2016/01/01	500	0	2016/01/01~ 2016/12/31
5	模組品質與壽命提升技術-耐久 性模組技術授權	奇想創造事業股份有限 公司	2016/02/22	300	0	2016/02/22~ 2018/02/21
6	矽晶太陽電池表面鈍化技術技 術	矽基科技股份有限公司	2016/03/10	628.6	0	2016/03/10~ 2017/03/09
7	銅電鍍電極太陽電池技術	百聚股份有限公司	2016/10/06	490	0	2016/08/01~ 2017/05/31
8	染料敏化太陽電池製作技術-新 型 TCO 技術	宇益興業有限公司	2016/11/01	476	0	2016/11/01~ 2018/10/31

# 九、技術服務

項次	技術服務	子名稱	技術服務費 (新臺幣千元)	服務對象	項次	技術服務名稱	技術服務費 (新臺幣千元)	服務對象
1	銅電鍍電極增厚 -銅電鍍電極平台	-技術開發 合	1,000	元晶太陽能 科技股份有 限公司	2	連續快速電鍍技術開發計 畫-銅電鍍電極平台	1,000	茂迪光電股份 有限公司
3	低溫度效應模組 (零星檢測服務 試 PO# 4927711	上技術開發 接線盒測 [381]	90	台灣巴斯夫 股份有限公 司	4	低溫度效應模組技術開發 (零星檢測服務-測量鍍膜 試片之穿透度)	190	英志科技股份 有限公司
5	低照度太陽電池 開發(零星檢測 敏化電池應用產	2.封裝技術 服務-染料 品開發)	285	國立清華大 學	6	低照度太陽電池封裝技術 開發(零星檢測服務-膠材 透濕率量測)	65.7	國立臺北科技 大學

十、分包研究

項次	分包項目名稱	分包對象	主持人	簽約金額 (新臺幣千元)	實際執行 (新臺幣千元)	簽約日期	執行期間
1	穿隧鈍化層接觸技術	國立清華大學	甘炯耀 副教授	500	499	2016/04/12	2016/04/01~ 2016/11/30

十一、研討會及推廣活動

項次	活動名稱	舉辦地點	主辦單位	舉辦日期	人次	型 態
1	銅電極平台技術推動記者 會	台灣大學國際會議中心 203 會議室	工研院、能源局	2016/01/21	-	推廣活動
2	台灣太陽光電系統應用展 (Solar Taiwan)	台北南港展覽館	光電科技工業協進會、台 灣太陽光電產業協會、能 源局、工研院、太陽光電 發電系統同業公會	2016/06/16~ 2016/06/18	-	展覽
3	台灣國際太陽光電展覽會 (PV Taiwan)	台北南港展覽館1館	中華民國對外發展貿易協 會、SEMI、台灣太陽光電 產業協會、工研院、太陽 光電系統公會、台灣智慧 型電網產業協會	2016/10/12~ 2016/10/14	-	展覽

【備註】型態包含研討會、座談會、示範觀摩會及推廣活動等。

十二、人才培訓

項次	課程名稱	舉辦地點	舉辨日期	人次	金額(新臺幣千元)
1	無				

十三、人才培育

項次	學校名稱	系/所	姓名	博士/碩士	畢業日期
1	中興大學	電機工程	余信翰	碩士	2016/06

十四、環保效益

項次	技術名稱	應用領域	CO <sub>2</sub> 排放減量	效	益	說	明	
1	無							

【備註】CO2減量成本=2,967 NT\$/t《梁啟源,2007 年10月,能源稅及其配套對台灣經濟之影響,石油市場雙周報。》

1 kWh = 0.536 kg CO2 排放《100 年度電力排放係數(能源局, 2012)》

十五、能源效益

項次	技術名稱	應用領域	增加節能供應 或節能量(KLOE)	效	益	說	明	
1	無							

十六、宣導手册

項次	手冊名稱	數量	出版日期	金額 (新臺幣千元)	備註
1	無				

十七、媒體露出

項次	廣告或活動主要內容	宣導方式	託播對象	刊登或播出時間	檔	次	預計瀏覽人數	備註
1	無							

十八、性別主流化推動成效及投入經費統計

#### 計畫類型:■技術研發 □政策研析與決策支援 □效率管理與服務推廣 □查核輔導與行政支援

類別 <sup>□□1</sup>	業務執行事項及性平成果推動說明 (視計畫屬性及計畫推內容填寫,若無該項填報,可說明原因)	性平使用經費 <sup>±3</sup> (仟元)
性別統計	業務執行事項:定期性別統計 性平成果推動說明:每月進行計畫內部性別統計。	使用本院管理平台資訊, 本計畫費用攤提暫以4千 元估算
性別意識培力	業務執行事項:播放性別主流化相關影片 性平成果推動說明:每季內部執行進度討論會議前播放行政院性平處提供之 性別主流化宣導影片。	使用本院會議室,本計畫 費用攤提暫以1千元估算
強化能源相關資 訊提供之可近性	業務執行事項: 性平成果推動說明:	-
鼓勵女性投入與 決策參與	業務執行事項: 性平成果推動說明:	
培育民間社團、 結合民間力量	業務執行事項: 性平成果推動說明:	-
其他	業務執行事項: 性平成果推動說明:	-
	總計性平使用經費(仟元) 占計書總經費比例(%)	5 0.006%

註1:六大類別係將行政院「性別平等政策綱領」與能源領域相關之24項具體行動措施,整併成六大類成果,包括「性別統計」、「性別意識培力」、「強化能源 相關資訊提供之可近性」、「鼓勵女性投入與決策參與」、「培育民間社團、結合民間力量」及「其他」等類別。

註 2:「業務執行事項」係指本年度計畫應執行之工作內容;「性平成果推動說明」係依據上開「業務執行事項」如何融入性平觀點進行成果推動之說明。

註 3:「性平使用經費」請依據實際支用情況填寫。如有辦理與性平業務有關之經費,可提供估算分攤經費。如於執行業務併同辦理性別統計或性平相關推動時, 毋須另編列經費或難以估算性平經費者,亦僅補充說明即可。

# 4.6 重要績效指標(KPI)

成	果	項	目	預 定	實際達成	說明
	專數)權	申請	國內	3	3	<ul> <li>※專利申請達成6案共8件</li> <li>1. 電化學蝕刻設備與電鍍設備(中國大陸),當一基板被置於第二電極上時,基板的第一表面與第二電極電性接觸,且自蝕刻溶液噴灑頭噴灑出的蝕刻溶液能自然流經基板的第二表面並白其在批台的邊邊法下。</li> </ul>
			國 外	5	5	<ul> <li>1 = 墨板載音的遷緣而下。</li> <li>2. 一種太陽能電池多晶矽晶片(中華民國),太陽能電池多晶矽晶片包含鎵(Ga)及硼(B),鎵的濃度為1×10<sup>13</sup> atoms/cm<sup>3</sup>至3×10<sup>15</sup> atoms/cm<sup>3</sup>,有助於抑制多晶矽晶片之太陽電池經 PERC 製程後的光衰問題。</li> </ul>
		獲得	國內	1	4	3. 光電元件、包含其之太陽能電池(中華 民國),該矽晶基材每一表面由複數個 角錐(pyramid)所組成之高掺雜區域, 相互接觸並構成一電流通道網,提升 光電元件射極層的電流傳輸效能,達 到增加發電流密度與提高光電轉換效 率目標。
			國 外	1	5	4. 異質結太陽能電池(中國大陸),一種異 質接面太陽電池結構,包含具有受光 面之 p 型結晶矽基板、形成在該 p 型 結晶矽基板之受光面上之第一i型非 晶矽薄膜層、形成在該第一i型非晶矽 薄膜層上之 n 型非晶氧化層、以及形 成於該 n 型非晶氧化層上之第一透明
		運用	國內	0	1	導電層。 5.低光衰矽晶片與低光衰矽晶片製造技 術(美國),本發明提供太陽能電池多晶 矽晶片,包含鎵(Ga);以及硼(B),其 中,鎵的濃度為 1×10 <sup>13</sup> atoms / cm <sup>3</sup> 至 3×10 <sup>15</sup> atoms / cm <sup>3</sup> 。本發明之多晶矽晶 片有助於抑制系具の具片之本陽電池
			國 外	0	0	<ul> <li>經 PERC 製程後的光衰問題。</li> <li>6. 太陽能電池(中國大陸、中華民國、美國),一種太陽能電池,其包括矽基板、射極、第一電極、摻雜區、鈍化層、經摻雜的多晶矽層、半導體層以及第二電極。</li> </ul>

	※ 專利獲證達成 8 案共 9 件
	1. 太陽電池及其製備方法(中華民國),包
	含透明載板、第一電極、光電轉換層
	以及第二電極。光電轉換層之厚度介
	於1微米至50微米之間,有別於傳統
	高溫環境易破壞元件品質,以提升光
	電轉換效率。
	2. 染料敏化太陽能電池及其製造方法
	(中華民國),提供一種新穎的染料敏化
	太陽能電池及其製造方法,包括複合
	對電極、工作電極及電解質,以降低
	開發成本。
	3. 異質接面太陽電池結構(日本),以 n
	型非晶氧化層並在製程通入氫氣,選
	擇性地搭配濺鍍製程與熱退火不會造
	成電漿損傷,以提升光電轉換效率。
	4. 異質接面太陽能電池及其電極(中國
	大陸),材料以硼掺雜氧化鋅其成本較
	習知的 ⅡU 電極低, 且可提并光吸收
	双半。
	5. 選擇性射極太陽能電池之製造万法
	(甲畢氏國),提供一種聚程間易且能夠
	稍华控制射極層
	别悭入汤肥电池之彩运力法。
	0. <b>候瑰結構(半國大陸`美國)</b> , 徒供新型 4. 世界社组织者,非抗伦与儿菜乙烯强
	到农村村組成,月放你到几本〇烯坪 州 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
	任脑倒加眉兴水师眉組成之眉爪紹 堪, 不同於傳始雪沙描如,制 积目係
	再 小 闩 然
	六时时夜江阳梅 7 拓壮的描如结堪(由英民國),恐計目右
	· 极内央供知品梅(「半八國) 议司共有 光四此輔扬之祭光宫公子同時崩背柘
	材料相交性佳,露度降低之特點,並
	能增加發電量。
	8 全背雷極異質結大陽能雷池(中國大
	○: 工人包在外人的人包入(十四八)。 ►),本结構在非受光面的射極提供與
	砂基板不同導電型的摻雜區之後,再
	成長異質結,即可增加鈍化效果。
	※ 東利 噰 田 法 よ 1 丛
1	
	1 描述坐出切力上现业原档如(由共民
	<ol> <li>1. 增強光捕捉之太陽光電模組(中華民國), 專利證號 1474492, 獲證口</li> </ol>

				※ 一般技術移轉 8 件共 5,761.6 千元
二獲入金技費配他等、成之後權服合款任何。 你们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们的一个人,我们	金 額 (新臺幣千元)	11,275	12,492.3	<ol> <li>1. 台灣塑膠工業「染料敏化太陽電池實用化技術」技術授權金 767 千元。</li> <li>2. 太陽光電能源科技「矽晶太陽電池表面鈍化技術-氧化鋁鈍化技術」技術授權金 1,000 千元、技術權利金 400 千元。</li> <li>3. 綠能科技「矽晶太陽電池回收技術-單/多晶矽太陽電池技術」技術授權金 500 千元。</li> <li>4. 奇想創造事業「模組品質與壽命提升技術-耐久性模組技術」技術授權金 300 千元。</li> <li>5. 矽基科技「矽晶太陽電池表面鈍化技術」技術授權金 490 千元。</li> <li>6. 百聚「銅電鍍電極太陽電池技術」技術授權金 490 千元。</li> <li>7. 宇益興業「染料敏化太陽電池製作技術-新型 TCO 技術」技術授權金 476 千元。</li> <li>8. 同昱能源科技「模組品質與壽命提升技術-增強光捕捉之太陽光電模組專動的能力 1000 1 元 第</li> </ol>
三、技術移轉 金(含技術及 專利之授權 金及權利金)	金 額 (新臺幣千元)	8,000	9,611.6	<ul> <li>利」,專利授權金 1,000 千元,專利 權利金 200 千元。</li> <li>※先期技術移轉 9 件共 4,100 千元</li> <li>1. 懿陽「低溫度效應模組技術-低電組率 導電膠材料技術」先期技術授權金額 100 千元。</li> <li>2. 凌昇能源科技「新型太陽電池技術-P 型雙面矽晶太陽電池技術」先期技術 授權金額 450 千元及技術服務費 50 千元。</li> <li>3. 鉅安科技「低溫度效應模組技術開發- 表面鈍化技術」先期技術授權金額 900 千元及技術服務費 100 千元。</li> <li>4. 茂康「低溫度效應模組技術-高可靠度 模組技術開發」先期技術授權金額 800 千元及技術服務費 100 千元。</li> <li>5. 同昱能源「低溫度效應模組技術-高可 靠度模組技術開發」先期技術授權金額 300 千元。</li> <li>6. 東林科技「染料敏化太陽電池產品開 發(微電力供應技術)」先期技術授權 金額 300 千元。</li> </ul>

		1		
				<ol> <li>7.同昱能源「低溫度效應模組技術-新型 模組信賴性驗證」先期技術授權金額 300千元。</li> <li>8. 凱耀「低溫度效應模組技術-新型封裝 材料與模組增益技術」先期技術授權 金額 500千元。</li> <li>9.茂新「低溫度效應模組技術-抗菌材料 應用技術」先期技術授權金額 20千 元。</li> </ol>
				<ul> <li>※技術服務費6件共2,630.7千元</li> <li>1. 元晶太陽能科技「銅電鍍電極增厚技術開發-銅電鍍電極平台」技術服務費1,000千元。</li> <li>2. 茂迪「連續快速電鍍技術開發計畫-銅電鍍電極平台」技術服務費1,000千元。</li> <li>3. 台灣巴斯夫「低溫度效應模組技術開發(零星檢測服務-接線盒測試 PO#4927711381)」技術服務費90千元。</li> <li>4. 英志科技「低溫度效應模組技術開發(零星檢測服務-測量鍍膜試片之穿透度)」技術服務費190千元。</li> <li>5. 國立清華大學「低照度太陽電池封裝技術開發(零星檢測服務-染料敏化電池應用產品開發)」技術服務費285千元。</li> <li>6. 國立臺北科技大學「低照度太陽電池封裝技術開發(零星檢測服務-膠材透調率量測), #你服務费657千元。</li> </ul>
	件 數	4	8	<ol> <li>1. 茂迪「連續快速電鍍技術開發計畫-銅 電鍍電極平台技術」投資金額 50,000 千元。</li> <li>2. 元晶太陽能科技「銅電鍍電極增厚技</li> </ol>
四、促進投資 生産	項 數	4	8	<ul> <li>術開發-銅電鍍電極平台技術」投資金額 30,000 千元。</li> <li>3. 凌昇能源科技「太陽電池專用銀膠開發」投資金額 10,000 千元。</li> </ul>
	金 額 (新臺幣千元)	150,000	150,000	<ul> <li>4. 百聚「太陽電池電鍍藥水開發」投資 金額 1,000 千元。</li> <li>5. 鉅安科技「快速退火爐與掃瞄頭雷射 設備」投資金額 7,000 千元。</li> </ul>

		6. 奇想創造事業「新模組結構投資市場 的新型模組商品化」投資金額 5,000
		千元。
		7. 同昱能源科技「建立高可靠度模組技
		術開發」投資金額 20,000 千元。
		8. 台灣塑膠工業「染敏電池模組及應用
		開發」投資金額 27,000 千元。

註:1.專利權請填報具應用價值之專利權項數。

2.凡金額數字皆以千元計。

3.成果項目經費金額以未稅計算。

#### 4.7 重要成果說明

#### 1. KPI 之預期目標及達成情形

本年度成果運用之總收入目標 11,275 千元,實際達成金額 12,492.3 千元,包括:一般技術授權 7 件 7 家金額共 4,561.6 千元,專利授權 1 件 1 家金額共 1,200 千元,先期參與技術授權 9 件 8 家金額共 4,100 千元, 技術服務 6 件 6 家金額共 2,630.7 千元。

(1)新型太陽電池技術開發

由於太陽電池產業變化快速,業者大都佈局在不需太多資本的量產技 術,面對業界的立即需求狀況但卻不易呈現計畫書內,本技術團隊透過輔 導廠商申請 105 年度業界能源專案,以工研院既有之實驗室能量協助技術 開發,並搭配試量產設備進行驗證,促成合作包括有:太陽光電公司「矽 晶太陽電池表面鈍化技術-氧化鋁鈍化技術 | 金額 140 萬元,綠能公司 | 矽 晶太陽電池回收技術-單/多晶矽太陽電池技術 | 金額 50 萬元。另外,在 設備及材料產業面,本計畫所開發表面鈍化技術,技轉予矽碁公司「矽晶 太陽電池表面鈍化技術」金額 62.8 萬元,並於該公司的設備上實現,以 協助其設備產品之推廣。凌昇能源公司「P 型雙面矽晶太陽電池」金額 45 萬元,協助該公司開發新型太陽電池適用之膠料。百聚公司「銅電鍍電極 太陽電池技術」金額 49 萬元,協助該公司開發太陽電池適用之電鍍藥水 產品,促使國內建立自主化之關鍵材料技術。在銅電鍍電極平台推動成果 方面,包括:與元晶太陽能公司合作金額 100 萬元,協助 PERC 太陽電池 之銅電極技術整合,以提升效率降低成本;與茂迪公司合作金額100萬元, 協助 N 型太陽電池之雙面雷射細線化開孔技術服務,進行連續式銅電鍍 電極製程技術之開發,加速銅電鍍電極產業化。

(2)低溫度效應模組技術開發

在異質接面太陽電池技術開發方面,利用已經建立異質接面太陽電池 之小型研發平台,可提供國內學術單位(如:國家奈米元件實驗室、清大、 交大、中山等)的製程技術服務,協助改善電池效率及部分關鍵製程,以 及國內業界相關先進製程之研究,包括:自前段清洗蝕刻製程到後段金屬 電極製程均投入開發。促成技術移轉鉅安科技「表面鈍化技術」金額 100 萬,協助廠商改善快速退火技術,提升鈍化效果並縮短製程時間。因此對

150

於高單價、高溫度、低光強度等特殊領域,有機會可創造新技術應用之商 機。

在新型封裝材料與模組增益技術開發方面,奇想創造事業「模組品質 與壽命提升技術-耐久性模組技術」金額 30 萬元,此為跨領域廠商參與, 業者為設計公司,屢獲國際大獎(包含德國 iF、德國 red dot、美國 IDEA), 透過本計畫研發基礎,能讓廠商能迅速掌握材料與模組技術重點,投入創 新太陽能產品的設計應用。技轉予同昱能源公司金額共 60 萬,分別就符 合 IEC 61215、IEC 61730 規範之關鍵驗證項目,進行模組開發新材料導 入產品實施之研究評析,以及國際認證適應性評估,並輔以本技術團隊之 開發經驗建議、材料規格要求與測試方法,以縮小設計與產品驗證的差距。 在新型封裝材料開發方面,技轉予茂康公司金額 90 萬,協助業者建立太 陽光電封裝膜相關技術,使 EVA 產品商品化,增進市場競爭力。技轉予 凱耀科技公司金額 50 萬,輔導業者建立關鍵原料生產技術,未來規劃於 量產製程設備可進一步商品化,有機會取代現有玻璃之封裝膜產品技術。

(3)低照度太陽電池封裝技術開發

透過優化封裝技術使電池可靠度與壽命更符合產業需求,低照度太陽 電池技術已逐漸進入產品階段,在一般的使用環境上,已可達到商用基本 要求,並且往應用型設計出發。目前搭配物聯網的興起,與多家廠商協議 都對此技術保有相當的興趣。現階段主要是與國內台塑公司持續數年進行 技術移轉合作,該公司以每年投資約2~3千萬的規模,並且規劃試量產, 將低照度電池整合於工業物聯網中,希望能夠實際應用於化工產業,將公 司推向智慧工廠與製造,進而促成化工產業的工業4.0。另外,東林科技 公司「染料敏化電池產品開發(微電力供電技術)」金額30萬,將室內光 可自給供電的裝置具體化,此元件唯一的電力來源為染料敏化電池,結合 於識別證上進行應用。宇益興業公司「染料敏化電池製作技術(新型TCO 技術)」金額47.6萬,染料敏化電池是由工作電極、電解質、對電極組成, 但目前玻璃模組在工作電極、對電極部分均使用FTO導電玻璃且商規基 板厚度達2.2~3.1 mm,而在電流收集線保護則使用玻璃膠,本技術可取 代玻璃膠製程且可使基板厚度下降至1 mm,有助於提高染敏模組的發電 面積占比,進而降低模組重量及提升發電量。

151

#### 2. 專利產出與應用說明

本年度專利申請目標8件而實際達成8件,專利獲證目標2件而實際 達成9件。另外,在專利應用實際達成1件。

專利申請成果方面,本年度利用穿隧氧化層與多晶矽來鈍化晶片表面, 驗證載子存活期提升至 822µsec,表示穿隧氧化層可有效鈍化晶片,但電 池的製程技術以及結構需要持續模擬及試作,完成結構專利申請「太陽能 電池(中國大陸、中國民國、美國)」,未來將針對氧化物鈍化晶片技術及 穿隧氧化層元件進行開發。

專利獲證成果方面,工研院近年完成太陽光電模組封裝材料開發,包 含:螢光轉換、透明背板等,延續過去以非氟系樹脂背板技術開發之專利 佈局,開發配方調控與混合押出成型的透明封裝材料,獲證專利「模塊結 構(中國大陸、美國)」,為提供新型封裝材料組成,背板係非氟系的氫化 苯乙烯彈性體樹脂層與聚烯層組成之層狀結構,不同於傳統電池模組,製 程具優異的封裝性結構。將自有專利的螢光轉換材料添加至模組封裝材料, 以紫外光轉換為可見光提升輸出功率,獲證專利「板材與模組結構(中華 民國)」,設計具有光吸收轉換之螢光高分子同時與背板材料相容性佳,霧 度降低之特點,並能增加發電量。

專利應用成果方面,專利授權予同昱公司「模組品質與壽命提升技術 -增強光捕捉之太陽光電模組專利授權」金額 120 萬元,為中華民國獲證 專利(I474492),主要是一種增強光捕捉之太陽光電模組,將串接的複數個 太陽電池間隙為 4~6mm 間,藉此將模組商品增強光捕捉提高輸出功率約 1%。

#### 3. 其他重要成果

本計畫團隊建置國內第一座「銅電鍍電極太陽電池技術平台」,並於 105年1月21日舉辦成果記者會。藉由平台運作,提供業者進行新電極 技術開發與量產可性評估。目前市面上的矽晶太陽電池光電轉換效率約 20%~21%,普遍使用網版印刷的銀導電膠當作電極材料,佔太陽電池成 本約12~14%。隨著全球太陽電池需求量持續成長,對地球上有限銀藏量 的需求會越來越大,減少銀用量在太陽電池效率提升及成本降低會是很重 要的議題。銅電極具有導電率與銀相當、接觸電阻優於銀膠、不需高溫製 程技術等優勢,還可進一步縮小電極線寬,增加照光面積,有機會進一步 提升電池絕對效率 0.2%以上。國外雖有廠商或研究單位投入研發,包括 如比利時校際微電子研究中心(IMEC)等,然而量產穩定性與長期信賴性, 都尚未達到量產水準。因此只要國內業者掌握技術關鍵,整體效益可增加 毛利率 6~8%,有機會搶先跨入國際銅電極電池市場。目前有多家電池元 件製造商加入,有茂迪、昱晶及元晶等多家電池廠商參與,將由銀電極轉 向銅電極技術,並有導電銲帶(PV ribbon)製造商嘉貿廠商加入,將開發銅 電極之導電銲帶材料,工研院未來也將持續邀集其他業者共同投入,以品 質差異化獲得市場青睐,讓世界都看見台灣製造的優良品質。

# 4.8 設備使用情形

儀器設備名稱〔中、英文〕	國 別/廠 牌/型 號	功能 / 用途	主	要	規	格	購置金額 及日期	財產編號
無								

#### 4.9 性別主流化推動成果說明

#### 一、105年度推動成果說明

行政院於 100 年 12 月 19 日函頒「性別平等政策綱領」,該綱領之 架構分為:總論及 7 篇專論(核心議題),內容以三大基本理念、七大 核心議題、四項論述架構為主。三大基本理念為:「性別平等是保障社 會公平正義的核心價值」、「婦女權益的提升是促進性別平等的首要任 務」、「性別主流化是實現施政以人為本的有效途徑」。七大核心議題, 包括:「權力、決策與影響力」、「就業、經濟與福利」、「教育、文化與 媒體」、「人身安全與司法」、「健康、醫療與照顧」、「人口、婚姻與家庭」 及「環境、能源與科技」等,上述各篇論述均包含四個部分:「現況與 背景分析」、「基本理念與觀點」、「政策願景與內涵」及「具體行動措施」。 期盼性別平等政策綱領作為我國推動性別平等政策基本藍圖,持續打開 社會各界的性別視野,逐步落實性別平等,攜手邁向共治、共享、共贏 的永續社會。

能源局為讓各計畫更清楚了解性別主流化推動機制與策略方向,於 105年5月30日召開「105年度能源領域性別主流化推動說明會」,由 台灣綜合研究院之性別研究團隊將104年度性別主流化推動成果分析 結果,提供各計畫參考;而能源局性平推動期程已由培力期(102年度) 進入深化期(103~105年度),且即將邁入落實期(106年度之後),透過本 次報告檢視是否符合深化期目標,加強計畫經驗交流,有助於後續推動 作業執行。



圖 4.1.1、105 年度能源領域性別主流化推動說明會

本計畫以性別統計為主、性別意識培力為輔。性別統計為應用工研 院之計畫管理平台,建置參與成員之性別統計資料,就學歷、職級、專 長領域等進行分析比較。性別意識培力則參考行政院性別平等會網站所 發佈之相關訊息,於計畫內部工作會議開始前,置入性平宣導(如短片 或平面文宣);與本計畫成果展示會議,鼓勵計畫團隊女性及組織女性 同仁積極參與。

茲就性別統計分析結果進行說明:(1)性別人數:男/女佔比3:1。 (2)學歷別:碩博士的男/女佔比2:1,學士及專科以下的男/女佔比1: 1。(3)職級別:研究員級的男/女佔比3:1,副研究員級的男/女佔比2: 1。(4)專長領域別:理工學院的男/女佔比5:1,醫農的男/女佔比1:2, 而人文管理的男/女佔比1:4。由於本計畫屬於技術研發性質,因此人 數與職級之分佈為男多於女,專長領域的理工類以男性為主,行政類則 以女性為主。







表 4.1.2、本計畫執行人員的性別佔比-學歷別



表 4.1.3、本計畫執行人員的性別佔比一職級別



表 4.1.4、本計畫執行人員的性別佔比-專長領域

#### 二、後續辦理規劃

本計畫未來在推動性別主流化將持續以性別統計及性別意識培力 兩大項為主要具體行動措施。在性別統計方面,除了性別統計資料建置 外,規劃將依性別統計分析結果研提複分類性別統計或是關鍵性別統計 分析項目。在性別意識培力方面,將蒐集更多樣性別主流化宣導影片及 宣導品,強化性別平等觀念宣導及推動,以普及宣導性別平等意識;在 各項會議、課程及活動積極邀請女性專家參與;在研發環境中建立友善 性別工作職場環境,技術導入產品開發過程亦鼓勵女性參與決策等多項 促進友善女性投入環境建構之落實。

#### 五、結論與檢討

#### 5.1 研究結果

(一)新型太陽電池技術開發

1. 無切割損晶片技術開發

開發無切割損晶片技術,成功剝離5吋面積單晶矽晶片,晶片電阻率控制 在 2~3ohm-cm,厚度150  $\mu$ m厚度均匀度 $\leq$ 1%,缺陷密度<1.51E4/cm<sup>2</sup>, 金屬雜質含量 $\leq$ 0.1ppm,氧含量 $\leq$ 5E16/cm<sup>3</sup>,碳含量 $\leq$ 2E16/cm<sup>3</sup>,製作成 太陽電池後,能量轉換效率 18.7%(Voc=633mV; Jsc=36.2mA/cm<sup>2</sup>; FF=81.75%)。

2. P型雙面太陽電池技術開發

經由模擬與實驗進行 P 型雙面太陽電池背面結構調整,並測試不同的膠料 及確立背面電極圖案設計,其正面效率可達到 21.17%,背面效率可達 14.4%。運用核心技術推廣予業界,將 P 型雙面太陽電池技術技轉國內太 陽光電公司(BigSun),並協助該公司將其技術加速產業化。

3. 非銀電極技術開發

結合多家業者建立試量產的銅電鍍技術,以實驗計畫法進行 UV 雷射開孔 調件最佳化,得到11µm的開孔線寬與28.5µm的電鍍導線線寬。整合PERC 太陽電池技術,效率達到20.6%,其濕熱測試1000小時之衰退率為0.65%; 而熱循環200次為2.84%,符合 IEC 61215 規範功率損失≦初始值的5%, 通過驗證。

(二)低温度效應模組技術開發

1. 異質接面太陽電池技術開發

開發非晶矽異質接面太陽電池,利用非晶矽進行表面鈍化,以多階段式鍍 膜處理增加表面鈍化能力,降低表面載子複合,提升載子存活期達 822 µsec,低溫度效應 0.27 %/°C,使得電池效率達 23.28 %。另外,其他製程 開發成果包括有: IPA free 晶片表面織化技術開發,透過金字塔型結構顆 粒大小控制以防止局部晶矽的產生。清潔晶片表面技術,能夠去除殘留在 晶片上之微粒與金屬離子。為了佈局下一期程的新技術,從學理推論可藉 由多晶矽(poly-Si)搭配穿隧氧化層(tunnel oxide),將有效增加晶片表面的 鈍化能力並提升填充因子,本研究為國內第一個利用量子穿隧結構取代傳統直接接觸式的電極結構,針對新型結構的穿隧型異質接面矽晶太陽電池, 目前初步證實量子穿隧型背電場結構的開路電壓可達到 700mV,超越市 售 P 型 PERC 電池於實驗室的最高開路電壓 680mV,已申請相關結構專 利。

2. 新型封裝材料與模組增益技術開發

開發新型無醋酸封裝材質的聚烯烴(Polyolefin)自主專利配方,相較 EVA(乙烯-醋酸乙烯共聚物, Ethylene Vinyl Acetate)封裝膜, 無醋酸封裝膜 具有高絕緣與低透水率特性, 解決模組老化後從封裝膜游離出醋酸而腐蝕 內部電線,影響發電量降低, 加上自有專利的螢光高分子材料改質, 獲得 配方最佳化,使得穿透度達 90.9%, 霧度達 1.88%, 體積電阻抵抗率 2.3E+16(Ω · cm), 破壞電壓 16kV,透水率 2.8 g/m<sup>2</sup> · 24h。製作新型透明 封裝材料之太陽電池模組, 面積 300×300mm<sup>2</sup>, 以高電壓 1000V、高濕熱 85℃、85%RH 之環境條件進行 168 小時電位誘發衰減(Potential Induced Degradation, PID), Polyolefin 材料功率衰退 0.43%, 結合自有的螢光轉換 配方, 可將紫外光轉換可見光以增加模組發電量,提升輸出功率 1.43%, 符合模組長久可靠與發電性能。同時佈局 Polyolefin 結構的材料專利, 針 對封裝材料極性改善, 作為模組封裝材料的異質接面開發, 提供界面強度 與封裝流動的改善機制, 提高模組的附加價值。

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

1. 高可靠度封裝技術開發

本年度完成聚氨酯丙烯酸樹脂型 UV 膠材開發,達到封裝染料敏化電池所 要求的高黏著力(剪應力>10MPa)與低透濕率(W.V.T. <10-6 g/h at 60℃ /85RH)之特性。在維持既有的高黏著力與低透濕率特性下進行阻擋電解質 洩漏的功效強化,經由所建立的測試平台分析,針對電池元件封裝結構其 封裝寬度設定為 5mm 以及 10mm,在-40℃和 85℃間冷熱循環 200 次測 試後,其重量損失雨者皆小於 1%以下。另外,針對 10×10cm<sup>2</sup> 電池模組 封裝結構其封裝寬度設定為 6.5mm,並針對膠材以及電池結構特性改善封 裝製程後,電池在-40℃和 85℃間冷熱循環 200 次後發電面積損失百分比 僅 1.35%,且效率可維持起始值沒有衰退。

#### 5.2 執行檢討與建議

(一)新型太陽電池技術開發

1. 無切割損晶片技術開發

無切割損晶片技術開發已可在5吋大面積上製作出良好的雙層多孔矽結構, 並在上層磊晶得到高品質單晶矽,分離下來的矽晶片HJT結構製作成太陽 電池,電池效率18.7%。實驗結果雖已達標,但是良率低仍是一大瓶頸, 每批次磊晶的結果在片與片之間仍有落差,未來本技術如要能夠量產,仍 需要磊晶設備的進一步改良。目前已開始接觸國內磊晶廠等公司,佈局未 來技術的後續發展,但此技術前瞻性高,要能真正產業化尚需有設備、原 料來源等多項條件必需克服。

2.P 型雙面太陽電池技術開發

經過模擬與實際測試,已確立P型雙面太陽電池初步製程參數與使用材料, 最佳效率可達到正面 21.17%,背面達 14.4%,模組損失降低至 0.88%。目 前已開始與國內太陽電池廠合作,進行技術移轉與量產製程評估。P 型雙 面太陽電池在製作背面電極時需進行對準,而對準的偏差往往會造成良率 的降低,而此項技術為量產化的關鍵之一,未來在自動化時需有較精密的 設計。

3.非銀電極技術開發

開發 156×156mm<sup>2</sup> 大面積銅電鍍細電極化技術,提升電池效率達 20.6%, 對於推廣電鍍技術之的量產化,也與廠商開始考量良率、成本、產能等實 際問題,尤其是廢水處理、鍍液維持、保存等,亦會在生產過程中成為關 鍵環節,皆會再詳加檢討,方能有助於落實真正的量產成果。

(二)低温度效應模組技術開發

1.異質接面太陽電池技術開發

開發無 IPA 織化晶片製程,節省 IPA 的使用量,降低織化製程成本,並搭 配透明導電膜及非晶矽表面鈍化,開發多階段式鍍膜處理增加表面鈍化能 力,降低表面載子複合,達到開路電壓 733.09 mV、短路電流 38.72 mA/cm<sup>2</sup>、 填充因子 82.01 %、電池效率 23.28 %。持續與廠商積極洽談合作,但目前
電池廠都不願做設備投資,只能進行技術驗證開發,未來期望發展不需投 資高額設備的關鍵技術,提升異質接面太陽電池技術競爭力。

2.新型封裝材料與模組增益技術開發

開發無醋酸的聚烯烴(Polyolefin)材質,Polyolefin 具有低水滲透率、高體積 電阻率及無醋酸等優點,由於去氫化的苯乙烯嵌段共聚物官能化聚烯烴材 料,具有黏著性高且低透水率性的性質,將朝向調控高分子型可塑劑配方 適應現有製程條件,以符合目前製程的匹配性,並結合模組廠商或封裝材 料廠商進行材料導入,針對廠商 EVA 產品或背板產品進行改良與加值, 共同開發增益型 Polyolefin 封裝材料。除了進行配方試驗驗證,將促使封 裝材料廠商可在同一條產線具有多樣化的產品,未來技術發展希望讓 Polyolefin 可替代僅一層的EVA結構,如:玻璃/Polyolefin/電池/EVA/背板, 預期可有效提高模組體積電阻率、降低水滲透率,作為降低成本的高可靠 度模組方案,藉以提升傳統產業產品的附加價值。

(三)低照度太陽電池封裝技術開發

1.高可靠度封裝技術開發

建立染料敏化電池封裝技術與提升電池耐久度,其成果包括有:開發自有 之染料敏化電池的紫外光固化型專屬封裝膠,利用多種交聯劑組成,透過 調整其成分比例,使膠材在各種特殊環境中仍可達到高黏合力、低透濕度、 耐有機溶劑腐蝕與防止洩漏,符合染料敏化電池封裝之特殊要求。成功以 紫外光固化膠導入染料敏化電池封裝結構,可控制封裝結構的電極間距、 有效隔離銀線與電解質間接觸、防止溢膠至二氧化鈦電極中,並驗證封裝 改良對電池耐久度的提升。除了針對自行開發的 UV 膠材進行測試外,亦 針對市售封裝材料 Surlyn 進行比較,經實驗發現自行開發的 UV 膠材品質 與 Surlyn 相當。Surlyn 膠材除了價格昂貴外,因屬於熱溶膠材料,須先用 雷射切割成製程所須之封裝圖樣後,再以人工對位進行電池模組封裝;而 本計畫自行開發的 UV 膠材,僅需 10~20 秒的曝光時間即達到封裝效果, 製程時間大幅縮短,但在良率及效率方面仍有改善空間。後續將發展一道 完整檢測程序,提高良率及效率,對於有意跨足低照度電池領域的業者, 將可提供相關的客製化服務,有助於減少整體的操作時間。

161

## 六、參考文獻

- 1. International Technology Roadmap of Photovoltaic 2016.
- Ying, H. G., et al. "Effects of NH4F on the deposition rate and buffering capability of electroless Ni–P plating solution." Surface and Coatings Technology 202.2 (2007): 217-221.
- 3. Farrell, T., and D. Greig. "The electrical resistivity of nickel and its alloys."Journal of Physics C: Solid State Physics 1.5 (1968): 1359.
- 4. H. Steinkemper, F. Feldmann, M. Bivour, M. Hermle, Energy Procedia (2015), 77, 195 201.
- Mathias Mews, et al. "Hydrogen plasma treatment for passivation of amorphous-crystalline silicon-heterojunctions on surfaces promoting epitaxy" Applied physics letters 102, 122106 (2013).
- 6. E. Kobayashi, N. Nakamura, and Y. Watabe, 27th EUPVSEC, Reduction of Optical and Electrical Losses in Silicon Heterojunction Solar Cells by Hydrogenated Tungsten doped In2O3
- Zhongdan Lu, Fanying Meng, Yanfeng Cui, Jianhua Shi, Zhiqiang Feng and Zhengxin Liu, High quality of IWO films prepared at room temperature by reactive plasma deposition for photovoltaic devices, J. Phys. D: Appl. Phys. 46 (2013) 075103 (5pp)
- 8. S. De Wolf and M. Kondo, Appl. Phys. Lett. 90, 042111(2007).
- 9. H. Fujiwara and M. Kondo, Appl. Phys. Lett. 86, 032112(2005).
- 10.S. De Wolf and M. Kondo, J. Appl. Phys. 105, 103707(2009).
- 11.H. Fujiwara, H. Sai and M. Kondo, Jpn. J. Appl. Phys. 48,064506 (2009).

12.太陽光電二年擴大計畫報導,呂雪彗,中時電子報 2016.08.01

- 13.International Technology Roadmap of Photovoltaic 2015.
- 14.H. Nagel, A. Metz and K. Wangemann, "Crystalline Si solar cells and modules featuring excellent stability against potential-induced degradation"
  26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

- 15.Ignacio Fidalgo, , et al. "Potential induced degradation experiments on different encapsulated silicon mini-solar modules" 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition., 2014
- 16.Gunther Stollwerck, et al. "Polyolefin backsheet protects solar modules for a life time" 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition., 2013
- 17.Charles G. Reid, et al. "Contribution of PV encapsulant composition to reduction of potential induced degradation (PID) of crystalline silicon PV cells" 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition., 2013
- 18.D. Ahn, K. R. Shull, Langmuir, 14, 3646-3654 (1998)
- 19.J.N. Tey , A.M. Soutar , S.G. Mhaisalkar , H. Yu , K.M. Hew, Thin Solid Films 504, 384–390, (2006)
- 20.J. Granstrom, M. Gällstedt, M. Villet, J. S. Moon, T. Chatterjee, Thin Solid Films 518, 5282–5287, (2010)
- 21.C.-M. Chen et al. Composites Science and Technology 68, 3041–3046, (2008)
- 22.Y. C. Sua, L. P. Cheng, K. C. Cheng, T. M. Don, Materials Chemistry and Physics 132, 540– 549, (2012)
- 23.S. Cros, R. de Bettignies, S. Berson, S. Bailly, P. Maisse, N. Lemaitre, S. Guillerez, Solar Energy Materials & Solar Cells 95, S65–S69, (2011)

七、附件

附件一、研究成果照片及說明



照片 1、無切割晶片製造技術:非切割製程 ELO 單晶矽晶片,尺 寸 5 吋,厚度 152μm,電阻率 2.13-2.63 ohm-cm



照片 2、非銀電極技術:電鍍電極導線開發線寬 28.5 µm



照片3、新型透明封裝材料的透明封裝膜成品,規格量測:穿透度 90.9%,霧度1.88%,體積電阻抵抗率2.3E+16(Ω·cm), 破壞電壓16kV,透水率2.8 g/m<sup>2</sup>•24h



照片 4、低照度太陽電池封裝技術的紫光外固化封裝膠材料,規格 量測:黏著性為 10 MPa,封裝寬度 5 mm,透溼率< 10<sup>-6</sup> g/h (60 °C/85% RH)、~10<sup>-4</sup> g/h (85 °C/85% RH)、阻檔有機溶 劑洩漏< 1%體積損失(200 次-40 °C/85 °C 冷熱循環)

## 附件二、分包計畫摘要說明

分包研究計畫名稱:穿隧鈍化層接觸技術

分包對象及主持人:國立清華大學材料系甘炯耀副教授

一、研究目的:

本計畫將發展複晶矽電極製程技術,藉以取代非晶矽電極用在高效矽晶 太陽電池的量產。將有系統的製作與檢測含有不同介面層的 poly-Si emitter 的特性。其中第一項包括介面層成長製程調控,介面層結構與熱處理條件調 控。第二項包括雜質摻入製程條件,各類最佳化的 poly-Si emitter 介面層結 構與表面復合速率與各類最佳化的 poly-Si emitter 介面層結構與接面電 阻。

二、研究方法:

本年度的研究項目,擬分為 IC wafer 以及 Solar wafer 兩階段:第一項 主要是利用微結構觀察進行製程調控,包括:(1)介面層成長製程調控,(2) 介面層結構與熱處理條件調控。第二項主要是利用電性量測求出最佳化的 poly-Si emitter 的特性與製程條件,包括:(1)雜質掺入製程條件。(2)各類最 佳化的 poly-Si emitter 介面層結構與表面復合速率。(3)各類最佳化的 poly-Si emitter 介面層結構與接面電阻。本研究之實驗流程如圖 1 所示。

三、計畫執行情形

本計畫將製作與檢測含有不同介面層的 poly-Si emitter 的特性。其中主要介面層包括以 PECVD 鍍製的 SiOx 與 SiNx。鍍完介面層後我們會以 PECVD 製備非晶矽,再以高溫退火成 Poly-Si。我們將以高溫擴散將 n-type & p-type 雜質引入。最後再量測 Poly-Si/Si 之表面復合速率與做成元件量測接面電阻。整個研究將使用到 TEM 與 X-ray diffractometer 等貴儀設備做結構 觀察。其他鍍膜設備以及表面復合速率與接面電阻製作與電性量測設備不是 自有就是可以委託合作完成。

166



圖1、本計畫的實驗流程圖

上半年利用電漿輔助化學氣相沉積系統製備多晶砂/富矽氮化砂(SRN)/ 單晶矽之多晶矽射極結構,藉由光電子能譜儀分析樣品中之含矽量變化,以 及利用穿透式電子顯微鏡觀察樣品之平面、介面影像,來分析樣品經高溫退 火處理後產生的再結晶矽分布現象。與多晶矽/介電層/單晶矽接面穿隧現象 相關的基礎理論計算。另外,我們製備的多晶矽奈米級點接觸,如圖2所示。 研究結果顯示:(1)多晶矽射極之接觸特性(Jo 及 p c)易受絕緣層厚度與高溫 製程影響。(2)多晶矽奈米級點接觸(polysilicon nano-point contact)可同時得到 相當低的 Jo 及  $\rho$  c。(3) 透過調變 PECVD 中的 SiH4 流量與退火製程,可控 制 SRN 薄膜中的矽析出量與其結晶性。(4) 由於 PECVD 中的 a-Si 製程中 含氫量過多的問題,經過高溫製程後,會造成薄膜破裂的現象。



圖 2、多晶矽射極之多晶矽奈米級點接觸示意圖

下半年利用 Sentaurus TCAD 軟體對具有穿隧氧化層的交趾式背向接觸 太陽電池(Interdigitated back contact (IBC) solar cells)進行模擬計算,如圖 3 所示,包含結構、氧化層厚度、介面複合速率以及塊材生命週期等效應。研 究結果顯示:(1)在 IBC 結構下,具有穿隧氧化層的元件由於良好的界面鈍 化效果而能有較好的轉換效率表現。(2)穿隧氧化層厚度在 1 nm 時,元件可 得最佳的效率表現,當氧化層厚度為 1.4 nm 時,串聯電阻的影響將變得顯 著,超過 1.4 nm 後,結構對電流的汲取能力不佳。(3)界面復合速率與塊材 生命週期效應,具有穿隧氧化層的 IBC 結構下,短路電流密度與開路電壓 隨界面復合速率與塊材生命週期的變化不明顯,填充因子的改變是串聯電阻 變化的變相體現。(4)可能需要透過調整 TCAD 中的織構化結構,來得到貼 近真實情況的載子產生率。(5)高界面復合速率下的 TCAD 計算 I-V 曲線, 需要透過雙二極體模型描述。



圖 3、分析結構效應所使用之三種 IBC 結構

## FY105 工業技術研究院節能與環保成效自評說明

部門:行政處設施工程組

政策/規定名稱	105 年度期末成效	
壹、節約能源相關措施		
電力負載管控降低電費。	<ol> <li>中興院區較 FY104 1-10 月同期用電 度增加 1,608,000kWh,但因 FY105 4 月起電費單價調降,電費較 FY104</li> </ol>	
	<ol> <li>1-10月同期減少20,705,122元。</li> <li>光復院區較FY1041-10月同期用電 度節省346,000 kWh。</li> </ol>	
執行 PDCS 節電。	<ol> <li>中興院區各館空調主機陸續改善為 高效變頻機型後,不再納入 PDCS 管控,目前僅執行 51、52、53 館空 調電力負載管控 1-10月較FY104 同 期減少 3,260 kWh。</li> </ol>	
	<ol> <li>光復院區今年1~12 共超約3個月超 約罰款為10.3 萬元,較去年減少超 約費用24.1 萬元。</li> </ol>	
光復院區部分建物(6、7及17館)建置空	節省用電度數約 67,380 kWh。	
調溫度控制器聯網(設定溫度下限)管控。		
空調系統:(低效率冰水主機汰換、系統		
併管改善及提昇能源效率。		
1. 51、52、53 館空調電力負載管控。	1.1~10月較FY104同期減少3,260 kWh	
<ol> <li>24、62、77、館老舊箱型冷氣更換為 高效變頻機型及既有箱型冷氣加裝 變頻器改善。</li> </ol>	2. 截至 11/20 節省用電度數約 48,340 kWh。	
<ol> <li>77 館中央空調智慧情境管理系統建 置。</li> </ol>	3. 截至 11/20 節省用電度數約 17,700 kWh。	
<ol> <li>22 館新增 20RT 熱泵,今年開機率達 到 85%以上,以熱水盤管取代空調箱 電熱器。</li> </ol>	4. 截至 11/20 節省用電度數約 43,200 kWh。	
<ol> <li>5. 58 館新增 80RT 熱泵系統,今年開機 率達到 90%以上,以熱水盤管取代空 調箱電熱器。</li> </ol>	5. 截至 11/20 節省用電度數約 234,108 kWh。	
6. 22 館 AHU1&2 增設節能風門2台, 可控制0~25%回風不經過冷排,節省	6. 截至 11/20 節省用電度數約 28,800 kWh。	

政策/規定名稱	105 年度期末成效
20KW 電熱加熱用電 25% 7. 22 館 10RT 冷凍機 3HP 冰 力控制變頻節能。	。 水泵增設壓 7.截至 11/20 節省用電度數約 3,200 kWh。
<ol> <li>46 館綠能所 136、137 室 式冷氣*2 台更換為 12000 機*2 台。</li> </ol>	9KW 分離 8. 截至 11/20 節省用電度數約 4,778 CFM 小型風 kWh。
<ol> <li>9.14 館冰機系統處理(改善 冷凍油殘存在冷凝器問題 電流已明顯降低5%以上</li> </ol>	令媒洩漏及 9.截至 11/20 節省用電度數約 1,500 .)冰機運轉 kWh。
<ol> <li>10. 各種空調設備室內溫度設 上(全院)。</li> </ol>	定 26℃以 10. 中央、獨立空調皆已設定為 26°C。
<ul> <li>分散獨立空調系統互相備援望</li> <li>能源使用效率。(光復院區)</li> <li>1.8 館:量測 40RT+50RT 及</li> <li>20RT+20RT++30RT+15R</li> <li>→(磁浮主機)90RT+40RT</li> </ul>	<ul> <li>整合,提昇</li> <li>集</li> <li>1.截至11/208 館節電約1,460 kWh。</li> <li>Γ空調主機</li> <li>、50RT、</li> </ul>
50K1(備援)。 2. 19、31 館:19 館 40RT*2 31 館 35RT*2(24 小時)空言 浮主機)90RT+35RT*2 (備	<ul> <li>(12小時)及</li> <li>2.截至11/2019、31館節省用電度數約</li> <li>周主機→(磁 44,895 kWh。</li> <li>援)。</li> </ul>
照明設備節能改善	
中興院區: 1. 77 館樓梯間 LED 照明節	中興院區: 能改善。 1.截至 11/20 節省用電度數約 12,530 kWh。
2. 77 館其他照明節能改善。	2. 截至11/20節省用電度數約992 kWh。
3. 14 館機車停車場 LED 照明	月節能改善。3. 截至 11/20 節省用電度數約 70 kWh。
光復院區;	光復院區:
1. 路燈節能改善。	1. 截至 11/20 節省用電度數約 480 kWh。
2. 母愛室照明節能改善。	2. 截至 11/20 節省用電度數約 140 kWh。
3. 走道照明節能改善。	3. 截至 11/20 節省用電度數約 1,500 kWh。
壓縮空氣系統節能改善	
中興院區	中興院區:

政策/規定名稱	105 年度期末成效
1. 77 館#2 30HP 效率差容調式空壓機汰	1. 截至 11/20 節省用電度數約
换變頻式空壓機。	64,580kWh °
2. 44 館#3 30HP 效率差容調式空壓機汰	2. 截至 11/20 節省用電度數約
换變頻式空壓機。	32,196kWh °
光復院區	光復院區:
1. 10 館#1(15HP)效率差往復式空壓機	1. 截至 11/20 節省用電度數 18,000
汰換變頻式空壓機。	kWh °
2. 廢水室(20HP)空壓機效率差往復式空	2. 截至 11/20 節省用電度數 12,790
壓機汰換 20HP 變頻式空壓機。	kWh °
3.7 館(15HP)螺旋式空壓機效率差汰換	3. 截至 11/20 節省用電度數 670kWh。
15HP 變頻式空壓機。	
1 17 皖 5HD 江省ナ穴厭機 3 ム(15HD)	1
4.17時5111 社役八王座城5日(1511) 対恋差计協 10HD 國施士加歐機 2 ム	4. 截主 11/20 即省府 电反数 000 KWII 5
(20HD)。	
也同效十,河连从按 山	
〒 共 元 四 ・ 一 毎 私 応 与 走 田 彡 な ひ 掛 与 な か か あ か え	<b># 五 11/20 </b>
貢驗廢風處埋系統及排風即能效率改善截至11/20即省用電度數約195,040	
	KWII °
即能议音。	
超高效率两连汰换	1 长工 11/00 然小田雨古期 从 1/ 101
1. ///8 館風里馬達共 / 台汰換為(IE3)	1. 截至 11/20 即省用 龟皮数約 10,181
超局效率局建。	KWN °
2. 光復院區 13 館老售效能不佳 15RT	2. 截至 11/20 節省用電度數約 13,920
王機及小型送風機汰換成備用 20RT	kWh °
氣冷空調主機,並進行管路重整修改	
(集水管)、主機運轉模式調整(回水溫	
過高→10RT 支援運轉)及個別冷風	
機溫度控制等改善。	