

2010 TOPCO 崇越論文大賞

論文題目

III-V 族太陽能電池模組真空焊接之研究

報名編號： SB0019

III-V 族太陽能電池模組真空焊接之研究

摘要

聚光發電方式是使用透鏡將光聚集到狹小的面積上來提高發電效率及經濟效率稱為聚光型太陽電池。聚光型太陽電池假如使用聚光倍率為 1000 倍的透鏡時，單位模組的太陽能電池單元的成本可降至結晶矽類電池單元的 1/10 左右。但聚光會引起高溫而損傷太陽能電池單元及發電系統，探究其原因封裝不良為其損壞之最大原因。亦有以抑制聚光率的方式來控制溫度、但缺點是影響發電效率。根本解決之道在於封裝製程的改進。本研究以真空方式來改善封裝製程，經多次實際測試驗證，找出最佳之溫度曲線假焊(Void)可控制於 3% 以下之理想焊接。

關鍵字：III-V 族太陽能電池，聚光型太陽電池，真空焊接

壹、緒論

一、研究背景與動機

近年來自然災害頻傳，造成氣候變遷的溫室效應經不斷會議討論如何控制，雖然環保永續的節能概念已漸植人心，但是明顯的我們對環保永續、環境關懷、物種多樣、經濟發展等之間的和諧永續還有很大的努力空間。當全球各界所探討的地球暖化問題僅止於而於溫室效應，從未包含人類活動直接的熱排放（例如冷氣空調之熱排放），事實上直接熱排放將造成大量水蒸發上升至天空，遇到冷空氣形成雨或雪再降至地面或海上，就以台灣之空調排放的廢熱為例。

以一輸入功率 1kw, cop = 3 之空調機為例

空調機之能力=輸入能量 * cop = 1kw * 3 = 3kw

運轉 1 小時，對環境之熱貢獻 = 0.638 kg CO₂ 排放 + 3440 kcal 熱排放

一天運轉 10hr, 一年運轉 160 天 CO₂ 排放=1020.8 kg, 熱排放= 5,504,000 kcal

每年增強地面水之蒸發量： 5,504,000Kcal÷600Kcal/kg=9173.3 Kg 水蒸發

台灣空調總裝設容量約 2500 萬 Kw，年均以 1500 萬 Kw

推估，CO₂ 每年排放量= 1,020.8 Kg × 1,500 萬 = 1,530 萬噸

增強地面水之蒸發量= 9.17 噸 × 1500 萬 = 19,755 萬噸水

當我們驚訝於雨為甚麼下這麼大時，要想到是熱排放送水到天上的，是人類對能源之使用不當所造成。而我們思索永續的能源利用不能忘記，太陽是我們的能源之母，能源使用得當，物種才得永續。

在節能產品中，「太陽能電池」是主流產品之一種。有關太陽能電池產品市場常見一般區分為單晶太陽能電池(Single Crystal)、多晶太陽能電池(Poly Crystal)、及薄膜太陽能電池(Amorphous)等三類。較完整之分類如圖 1。

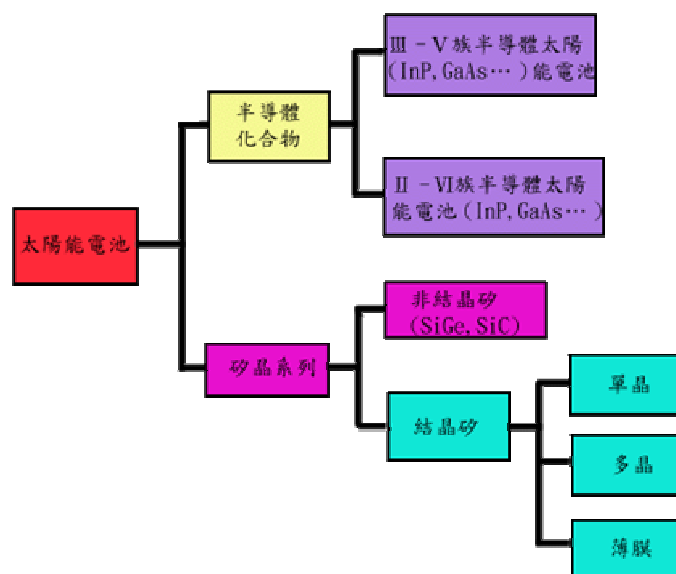


圖 1：太陽電池之類型

但為追求更高性能之發電效率，近來漸有廠商投入III-V族太陽能電池之研發，III-V族太陽能電池之發展原於1956年美國波音公司(Boeing)轉投資子公司Spectrolab，從事於砷化鎵(GaAs)太陽能電池研發製造，主要係供應美國人造衛星上之太陽能板，1959年探險家六號上暨搭載其砷化鎵太陽能電池產品。到2006年12月Spectrolab宣布其聚光型砷化鎵太陽能電池光電轉換效率已達40.7%。至此聚光型砷化鎵太陽能電池之民生用途亦漸露曙光，其他的研究團隊亦先後加入此領域，並朝多層接面疊接磊晶結構來充分吸收太陽光譜中不同波長之太陽光如圖2。而國內廠商近年亦有投入研發領域。然因原料價格昂貴限制其民生用途之發展運用，但其高效能(光轉換效率超過40%)之表現很難讓人遺忘。而聚光型III-V族太陽能電池(光伏)模組之技術也漸成熟，商業應用的腳步也從此邁開大

步。聚光型太陽能電池於 Solar Cell 前方有安置一集光透鏡，如我們稱為 500 個太陽暨太陽能電池面積：集光透鏡面積為 1:500。

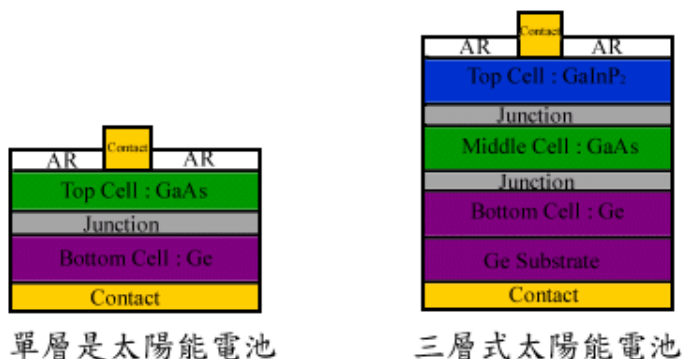


圖 2: 單層與三層式 GaAs 太陽電池結構

以 4 吋晶圓之 III-V 族太陽能電池為例，如不用聚光方式以一個太陽(one-sun)發電，可產生 2.4W 電力，若使用聚光型發電方式，以 500 個太陽聚光比，此 4 吋晶圓之聚光型太陽能電池約可產生 650W 電力。故發展聚光型太陽能電池提高了光電轉換效率可減少晶片面積之使用進而達到降低成本的目的。目前常見的聚光倍率為 500, 1000, 1600 個太陽。另因聚光焦點關係必須保持與光線垂直故模組要有追日系統之搭備，圖 3 為光線聚光焦點示意圖。圖 4 則為菲涅爾透鏡示意圖，其效果較傳統凸透鏡較為輕薄。

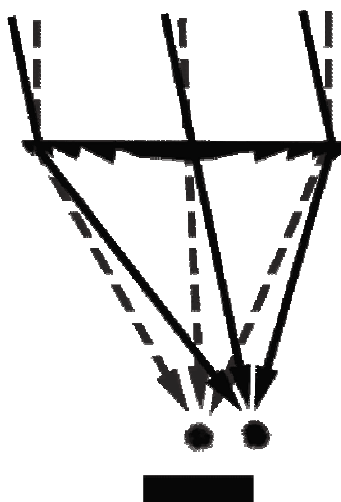


圖 3: 陽光非垂直照射巨光鏡聚光點產生偏移

資料來源：戴寶通、鄭晃忠，「太陽能電池技術手冊」P315

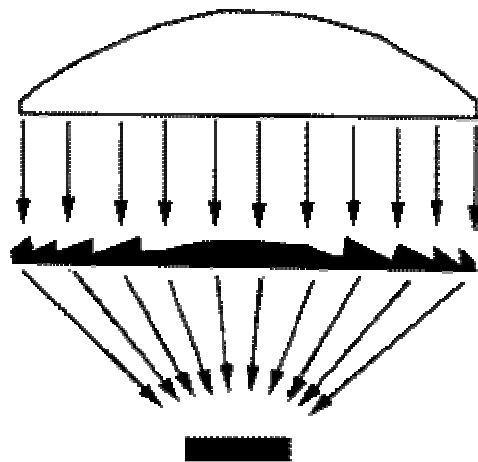


圖 4:傳統凸透鏡與菲涅爾透鏡作為太陽能聚光器示意圖

資料來源：戴寶通、鄭晃忠，「太陽能電池技術手冊」P218

此產業的表徵看似前途光明，但事事豈能盡如人意，聚光型太陽能電池一樣有其製程上問題存在。當其高倍率聚光提升發電效能，嚴苛的工作環境挑戰封裝及模組之製程工藝。當 1000 個太陽照在小小的晶片上，驟升高溫對焊接品質考驗，為保證太陽能電池使用二十年壽命，產品也要經過嚴格之測試。溫度循環試驗 (Thermal cycle test) 攸關鉅錫接合和封裝品質。及判斷接收端能否夠適當承受零件與接合材料(Sub mount)因熱膨脹差所造成的故障原因，溫度循環試驗可顯露銅散熱片的焊接疲勞。溫度循環試驗後需透過送超音波來探測電池的裂紋擴展，這是一個嚴格的挑戰。

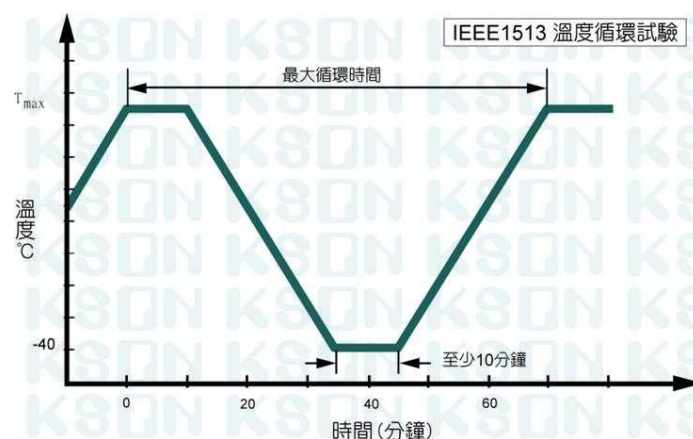


圖 5: 溫度循環試驗圖

資料來源：江志宏，「IEEE1513 溫度循環試驗&濕冷凍試驗&濕熱試驗」

通常小晶粒元件焊接容易，本文所提之 Solar cell 一般晶粒大小為 $2.5 \times 2.5 \text{ mm}^2$, $5 \times 5 \text{ mm}^2$, $10 \times 10 \text{ mm}^2$, $15 \times 15 \text{ mm}^2$ 等，焊接過程易形成假焊(Void)。此為其不易通過溫

度循環試驗之主因，為解決此問題以促進產業發展。真空焊接是一個可期待的製程方式。

二、研究目的

本研究目的在於解決大晶粒焊接過程易形成假焊之現象，以確保Ⅲ-V族太陽能電池之品質，本研究提出真空焊接方式，將焊接過程中由於助焊劑(Flux)產生氣泡以真空抽出，以形成良好焊接面。經實驗其 Void 能穩定控制於 3%以下。

貳、文獻探討

一、產業現況分析

國內半導體及 LED 產業原本已具堅強的產業實力，而從事於 LED 之眾多廠商目前營運實力頗佳，而於節能減碳的風潮下，連台積電等大廠也宣布要進入 LED 產業。LED 產業可謂愛迪生百年之後人類文明的又一大進步，以今年 2010 年 LED 廠商生產皆供不應求，全球節能風潮下市場不斷的擴大。同樣的太陽能電池也一樣受到關注，而Ⅲ-V族太陽能電池晶圓之製程相當類似於 LED 製程，紅光 LED 暨為砷化鎵，故 LED 之晶圓廠商進入此製程領域是相當容易，以台灣半導體產業能量於Ⅲ-V族太陽能電池之機會前景是亮麗的。如能突破封裝焊接技術瓶頸問題，此產業台灣半導體扎實的基礎上必能於綠能環保產業中成為耀眼之星。砷化鎵太陽能電池在國內之從業廠商如表 1。國外之競爭廠商則如表 2。

表 1、聚光型太陽能產業供應鏈(國內廠商)

聚光型太陽能晶圓	全新光電、晶元光電、核能研究所、嘉晶電子、瀚昱能源科技、禧通科技、太聚能源、華宇光能、穩懋半導體
聚光型太陽能晶圓封裝	海德威電子
聚光型太陽能試驗設備	慶聲科技
聚光型太陽能模組	億芳能源、核能研究所、億光電子、佰鴻工業、東貝光電、立基光能
聚光型太陽能接收器模組	台達電子、華旭環能

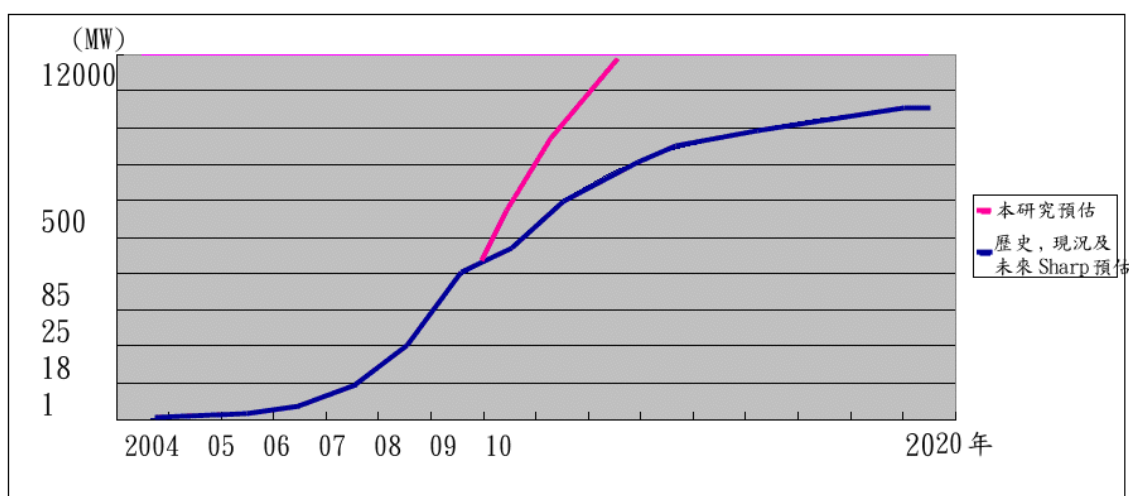
資料來源：江志宏，「聚光型太陽能電池」

表 2、聚光型太陽能產業供應鏈(國外廠商)

聚光型太陽能晶圓	Solfocus, Emcore, Spectrolab, Sharp, Concentrix
聚光型太陽能模組	Solfocus, Emcore, Sharp
聚光型太陽能系統	Concentrix, Sunball, Amonix, Sharp, Daido Steel, Solar Systems, Sol3g, Guascor Foton, Green & Gold Energy

2004 年全球聚光型太陽電池建置容量只有 1MW，2006 年已增加到 18MW，2007 年到 25MW，2008 成長到 85MW，2010 預估約有 500MW 之市場量。日本 Sharp 則預估 2020 年市場將成長到 12GW。本研究預估如封裝問題得到解決，其成長曲線將更具爆炸性如表 3。砷化鎵聚光型太陽電池具備成本上之競爭優勢，於封裝問題解決三至五年之內成長將會超過 Sharp 所預估 2020 之成長目標。

表 3、聚光型太陽能產業成長曲線預估圖



二、低空洞率真空焊接

理論上焊接面之影響因子，如焊接面清潔等都得到理想控制，真空焊接方式將氣泡以真空抽出形成良好焊接面。真空製程除得到理想的焊接水準，同時成品亦有較佳的平整性，焊接面厚度能夠穩定維持很薄等眾多優點。



圖 6：真空焊接爐



圖 7：完成焊接之太陽能電池

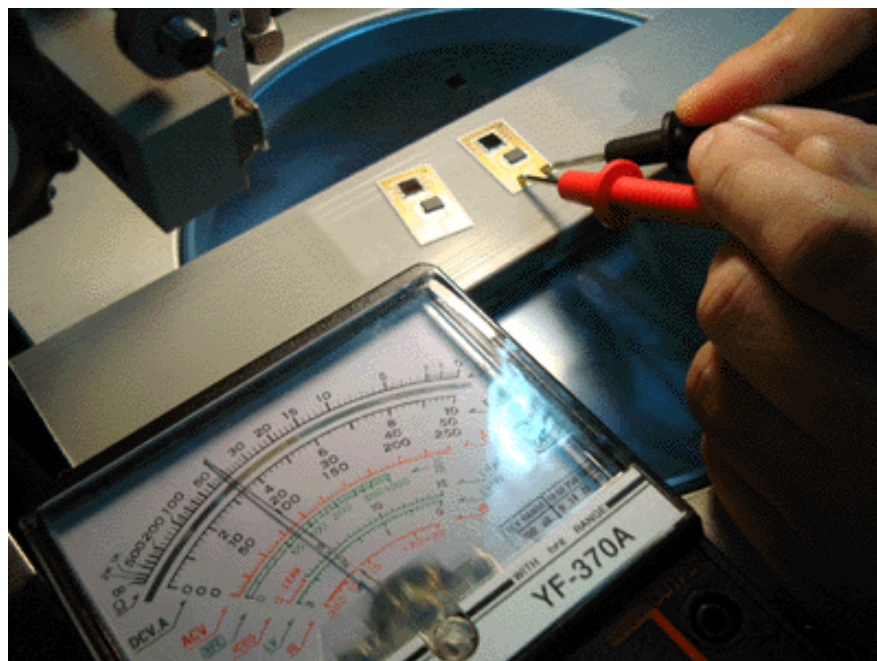


圖 8:焊接後燈光下暨能產生電流

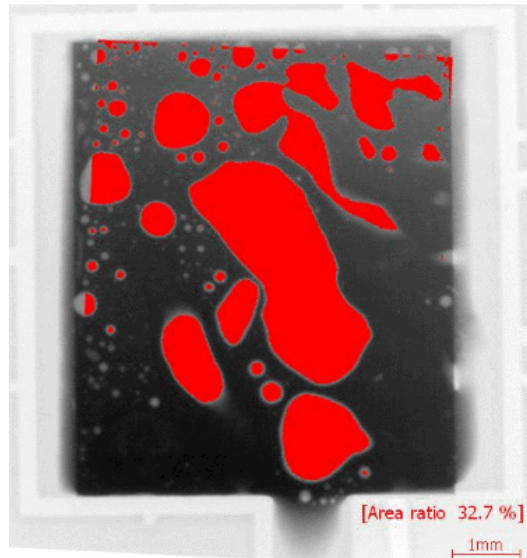
參、研究方法

研究方法主要分成兩個步驟：一、尋找溫度曲線。

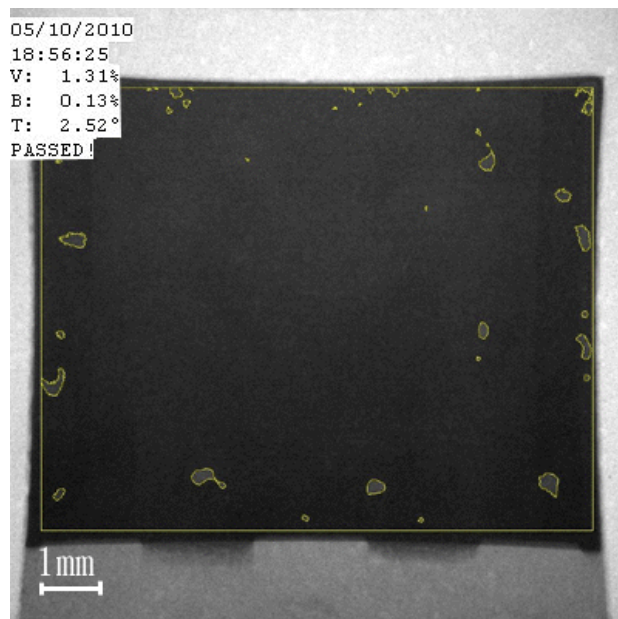
二、溫度循環試驗。

同於一般之熱製程原理，本研究乃以實驗法找出適切溫度曲線。曲線中前段加溫乃將錫膏中之助焊劑揮發出，後段加溫則為融錫焊接。各種不同比例之錫膏使用前皆要尋找其溫度曲線，使得焊接有良好之效果。本研究使用之錫成分為

Sn96.5，最後得到的理想曲線圖如表 4。加熱之控制方式則以 PID 方式來作相對應控制，以符合製程之要求。當實驗得到理想結果，即以此參數為後續之生產參數。於市場上欲達 Void 10%以下已算是「困難」級，本研究經多次實際測試驗證，找出最佳之溫度曲線，經實際運轉驗證其生產成果 Void 能穩定控制於 3%以下，如圖 9，一般如此大面積之晶粒焊接，Void 3%以下已勘稱為「極品」，事實上本製程可達 Void 1%，與本研究之預期得到最佳映證。



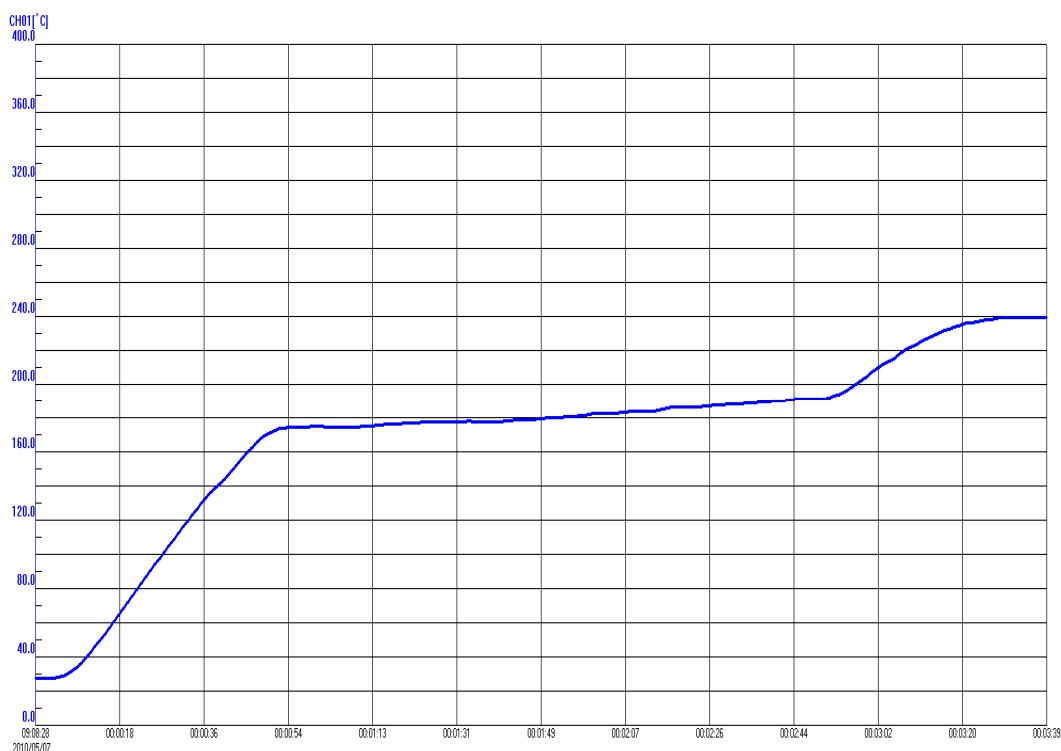
一般焊接易產生假焊



真空焊接效果佳

圖 6：真空焊接效果

表 4、焊接之溫度曲線圖



溫度循環試驗部分，執行 500 小時之循環測試，其溫度從 110℃～-40℃。過程間尚須對受測體加負載電流及淋雨潑水等實驗，500 小時的循環測試將於 6 月 14 日完成，再需兩工作日以超音波檢測電池的裂紋。就目前 15 片受測體至本日(6 月 14 日)皆還能正常工作，已是歷來最優之表現，於截稿前雖還見不到最後資料，但對團隊來說已成果豐碩。500 小時受測後全部還能正常工作，表示可保固二十年。於突破製程上之困境，找到產業瓶頸點加以克服，是最令人欣慰。

肆、結論

產業發展的策略是否得宜，將會撼動企業是否得以續存。III-V 族聚光型太陽能電池成本價格相當具有破壞性，本研究之價值在於提出以真空製程方式解決產業上瓶頸之問題，台灣繼 LED 產業之後，此技術將是產業又一次成長之好機會。我們期待產業的蓬勃發展，也將繼續於製程及設備的研發。後續發展連續生產的完整製程設備，拉開與競爭者之距離，對於節能永續之能源利用方式提供較佳的解決途徑。

Spectrolab 雖為此產業之先驅，於晶圓技術上領先同業，但台灣廠商有製造生產之優勢，此產業瓶頸得以順利解決，台灣廠商不但能迎頭趕上而獲利，身為科技從業的我們也慶幸為節能事業有所貢獻智慧。透過本研究之製程方式，聚光型太陽能電池之發展成長曲線將會更加樂觀驚艷。

目前太陽能電池推廣之最大障礙暨是其投資成本效益，聚光型太陽能電池推廣有價格上之優勢能夠達到投資回收之期望。經濟發展與環境關懷環在技術成長與控制下，是可以雙贏並進，我們期待人類文明與進步，自然環境依然得以永續生生不息。太陽光是一種乾淨的能源，而且取之不盡用之不竭，之前我們所走過錯誤的路，不當的使用能源，應該於省思後，迎頭「改善」。

參考文獻

1. 戴寶通、鄭晃忠(2008)，太陽能電池技術手冊，台灣電子材料與元件協會，209-332 頁(2008)。
2. 高志剛(2007)，大功率芯片+DCB 焊接的改良及應用，現代顯示 Advanced Display，53-58 頁(Apr., 2007, 第 74 期)。
3. 李孝軒、胡永芳(2008)，微波 GaAs 功率芯片的低空洞率真空焊接技術研究，電子與封裝 Electronics & Packaging，17-20 頁(2008 年 6 月第 62 期)。
4. 江志宏，「聚光型太陽能電池」，慶聲科技股份有限公司，
<http://www.kson.com.tw/chinese/study_23-6.htm>，2010 年 6 月 8 日查詢。
5. 江志宏，「聚光型 IEEE1513 溫度循環試驗&濕冷凍試驗&濕熱試驗」，慶聲科技股份有限公司，
<http://www.kson.com.tw/chinese/study_23-7.htm>，2010 年 6 月 8 日查詢。
6. 「認識太陽能電池」(2009)，中華太陽能聯誼會，2009 年 4 月，
<<http://www.solar-i.com/know.html>>，2010 年 6 月 8 日查詢。