

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

硫化銅銦太陽能薄膜電池低溫製程與量產方法之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 96-2221-E-168-012-
執行期間：96年08月01日至97年07月31日
執行單位：崑山科技大學機械工程系

計畫主持人：黃景良

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：陳宏恩
碩士班研究生-兼任助理人員：林松筠
碩士班研究生-兼任助理人員：黃姿蓓

報告附件：赴大陸地區研究心得報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97 年 10 月 28 日

國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

學門領域：能源科技

計畫名稱：硫化銅銻太陽能薄膜電池低溫製程與量產方法之研究

計畫編號：NSC96-2221-E-168-012-

執行期間：96/08/01~97/07/31

執行單位：崑山科技大學

主持人：黃景良

參與學生：

姓名	年級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩士論文)	工作內容
林松筠	碩士班	抗反射膜於矽基薄膜太陽電池之光學性質研究	協助硫化銻鍍層與濺鍍銅晶相觀測與參數調整研究
陳宏恩	碩士班	CIS 薄膜太陽能電池之 Mo 背電極和 CIS 薄膜的製造與特性分析	本計劃中將負責所有行政相關工作及實驗相關工作
黃姿蓓	碩士班		協助合金比例控制與減少硫與銻銅次產物的調控機制研究

合作企業簡介

合作企業名稱：

計畫聯絡人：

資本額：

產品簡介：

網址：

電話：

研究摘要(500字以內)：

目前化石燃料大量使用所衍生的大氣溫室效應，使地球暖化效應和氣候的惡化。我國能源98%以上均需仰賴進口，加以CO₂ 溫室氣體逐年增加為全球第一，一旦再度發生能源危機，我國產業所受的衝擊必然遠高於其他資源豐富的國家。近年大部分已開發國家正積極著手發展潔淨能源產業，其中以太陽光電最具發展潛力。單晶矽和多晶矽太陽光電是目前商用最廣之太陽能面板，但矽長晶過程卻必須耗費大量電能，故單、多晶矽太陽能面板是最具爭議性的潔淨能源。而且目前矽晶圓因供不應求，價格一直上漲中。相對而言，薄膜太陽電池具有對矽原料的仰賴度低、光譜吸收範圍廣，光電效率不受溫度影響、質量輕和可以不同物質作為基材等優點，已成為太陽光電未來發展的超級明星。

本計劃以較高光電轉換效率之硫化銅銻薄膜太陽電池低溫製程與量產方法之研究為主，工作為銻層快速硫化系統建立、硫化銻鍍層與濺鍍銅晶相觀測與參數調整、以及合金比例控制與減少硫與銻銅次產物的調控機制。第二年的工作為太陽能薄膜各鍍層材料與厚度研究，建立硫化銻與硫化銅銻之接合、大面積硫化銻及硫化鋅與硫化銅銻接合、大面積之低溫快速硫化爐設計、不同基材測試、效率與衰減實驗測試與業界合作評估生產線建立之可行性。希望能夠研發出新的硫化銅銻薄膜太陽能製程，並技轉予業界製造硫化銅銻薄膜太陽能電池，以促進國內太陽光電產業之發展。

關鍵字：低溫硫化、硫化銅銻薄膜、硫化銻、薄膜太陽電池

人才培育成果說明：

經由執行計畫過程中，對太陽光電科技的認識和相關學能的增進，以及培養學識與實務結合的能力，使之能學以致用，及學生與老師與合作的科技公司協調互動與實務技術能力，在製程操作上培養出各項機台操作管理與系統維護的熟練度，和實驗製程參數的規劃和操作，有更進一步的提昇。

技術研發成果說明：

1. 硫化溫度升高可使結晶粒子更為精細、分布更為均勻。
2. 硫化溫度 425°C 在 60 分鐘與 90 分鐘均得到較均一 CuInS₂ 的相(圖 1 和圖 2)，但由於硫化的溫度越高、時間越長會使得 In 散失的更嚴重，導致硫化後的 CuInS₂ 峰值強度降低。
3. 比對硫化溫度 425°C 在 60 分鐘與 90 分鐘的 XRD 與 SEM 圖表(圖 3 和圖 4)，發現除了發現有較多的單一相外，還可以從表面構造發現有較多的單一相表面均勻性也較佳。

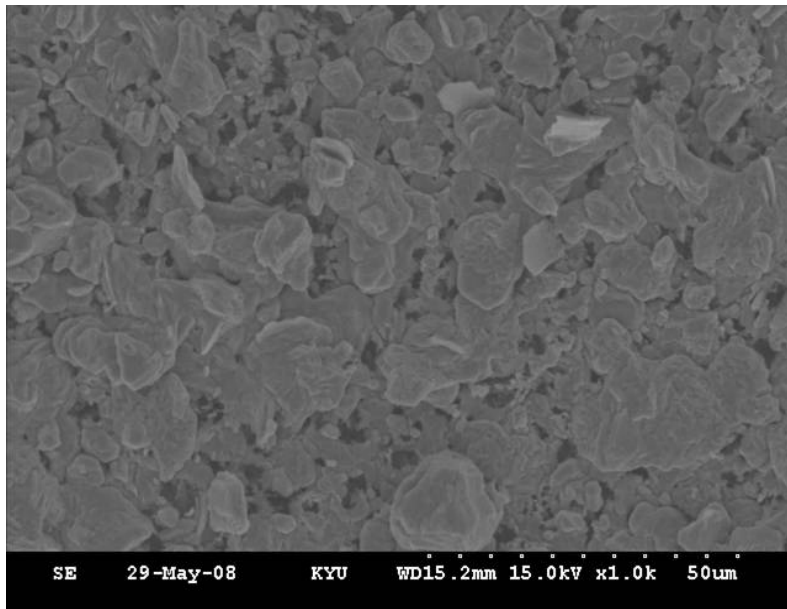


圖 1、425°C 硫化 60 分鐘(SEM)

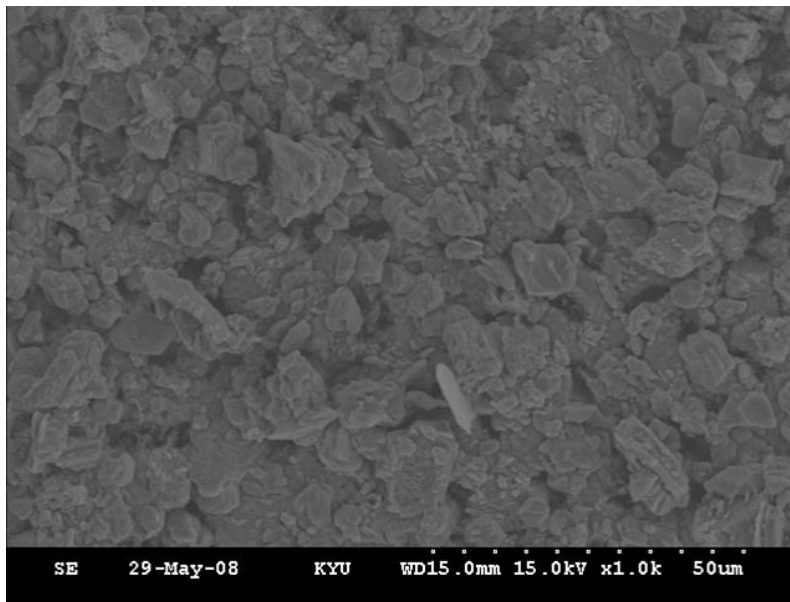


圖 2、425°C 硫化 90 分鐘(SEM)

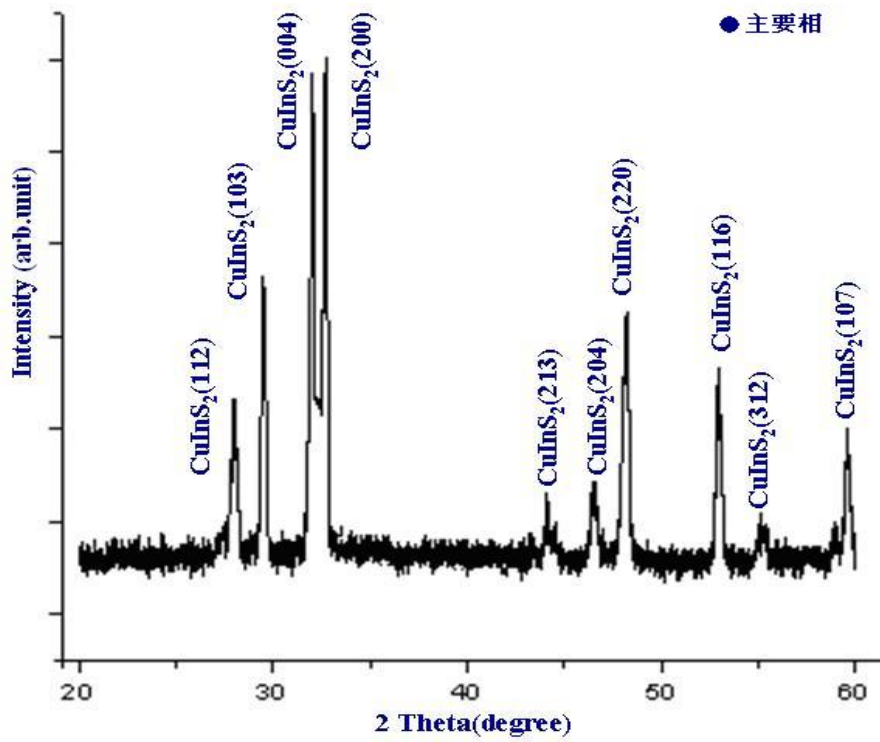


圖 3、425°C 硫化 60 分鐘(XRD)

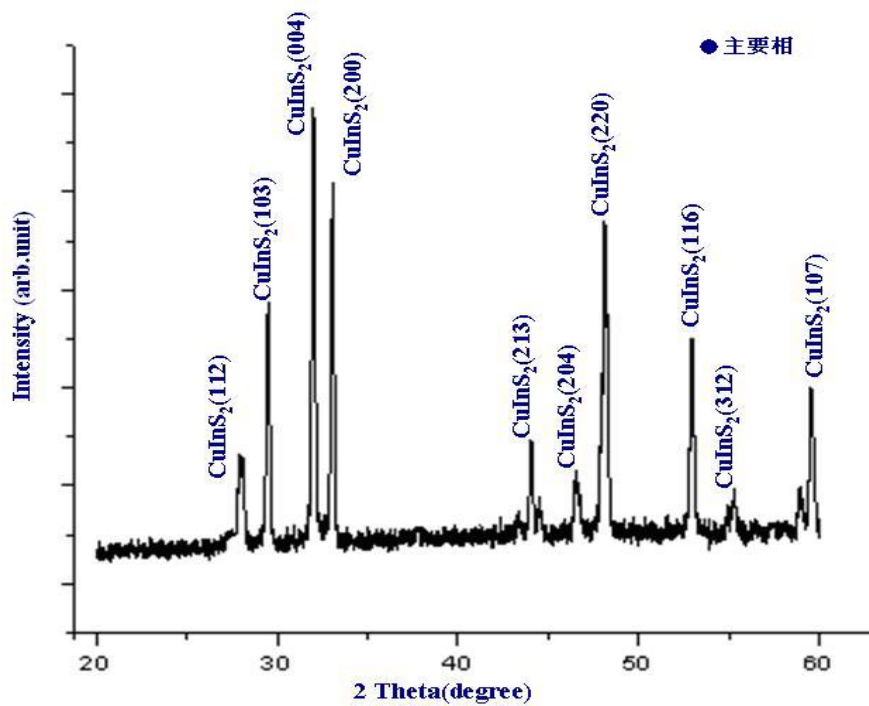


圖 4、425°C 硫化 90 分鐘(XRD)

4. 由資料中得知在 S 過壓的狀態下退火較容易形成 P 型的 CuInS₂，反之在 S 不足的狀態下退火則較容易形成 N 型的 CuInS₂。在經由霍爾量測的電性結果分析中得知，425°C 為 P-type。以固定硫含量來講，425°C 60 分鐘為最佳的製程條件。

Sample 425-CuInS ₂	60min	90min
-------------------------------	-------	-------

Temperature(°C)	20	20
Sheet res. (Ω/cm^2)	1.58×10	2.08×10
Carrier Density (cm^{-3})	3.56×10^{19}	1.84×10^{20}
Mobility ($\text{cm}^2/\text{v-s}$)	141	73.2
Type of carrier	Holes	Holes

表 1、425°C 之霍爾量測

5. 以硫化法成長 CIS 薄膜，可大幅降低成本及製程，並藉由一連串的薄膜特性分析結果，說明本實驗可在常壓下成長出 CuInS_2 薄膜。

技術特點說明：

濺鍍法於鈉玻璃上先後鍍上銅及銦膜，再將鍍完銅銦膜的半成品放入石英加熱管(圖5)內，將管內抽真空後，同時使用快速加熱源加熱管內的硫及銅銦薄膜至600°C進行蒸發硫及回火，使銦擴散至銅膜而硫擴散至銦膜形成硫化銅銦薄膜。此法的好處是可以不修改機台的情況之下進行鍍膜的製程，設計一個新的石英管及光加熱系統就可以進行製造硫化銅銦薄膜，由於使用高熱光源於不接觸材料下快速加熱且在擴散硫的過程中可以同時進行回火的動作，可以節省製程時間。

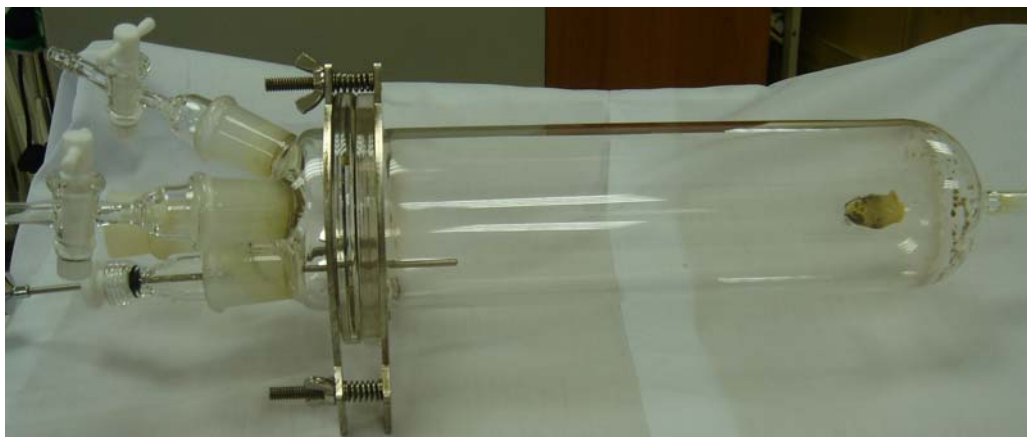


圖 5、特製石英爐管

快速硫化過程：

以Siemer快速硫化方法中石英管加以改良，做為 In_2S_3 靶材的硫化爐管，爐管本身採用石英製成，於爐管的後方拉出一氣孔，以做為管內排氣以及抽真空之用。前方採分離管蓋設計，在蓋子上留下四個瓶孔，可使用磨砂瓶蓋密合，其上可做為溫度及氣壓監控偵測器置入口。管蓋與瓶身之間以鐵環及O型環密封，於硫化製程進行時，將爐管內氣壓維持小於1 torr大氣壓，可將爐管完全密閉，不怕於硫化過程中硫蒸氣逸出。光加熱系統與爐管分離，使用二個300 瓦汞燈做為加熱源，於爐管的正上方加熱管內的銦靶材及硫粉，並於其內放置二個熱敏電阻，以便監控加熱過程。

可利用之產業及可開發之產品：

1. 主要因硫化銅銦薄膜以硫代替硒，材料成本較為低廉外，其後的硫化鎘或硫化鋅製程皆含硫，因此可以大為減少製程的整合的難度，且完成的結構也會降低介面之間的缺陷，可以提高硫化銅銦薄膜太陽能模組的效率，增加商業化成品良率。
2. 薄膜化合物半導體太陽能電池達成高轉換效率的大型基板量產技術。
3. 增大面積之低溫快速硫化。
4. 可與公司合作製作商品化之產品並尋找產業技術轉移的機會。

推廣及運用的價值：如增加產值、增加附加價值或營利、增加投資/設廠、增加就業人數……………等。

- (1)、以成果發表碩士論文，題目為『CIS 薄膜太陽能電池之 Mo 背電極和 CIS 薄膜的製造與特性分析』並發表於 2008 年 11 月 8 日在崑山科大舉行之精密製造研討會。
- (2)、『硫化銅銦太陽能薄膜電池低溫製程方法』技術評估申請專利可能性。
- (3)、碩論通過學校篩選，且代表學校參加『上銀獎』的競賽。
- (4)、以題目『CIS 薄膜太陽能電池元件之成長與分析』在中華民國燃燒學會第十八屆學術研討會發表論文。
- (5)、對研發CIGS薄膜太陽光電之威奈聯合科技公司有參考價值。
- (6)、參與計畫學生林松筠、陳宏恩因熟絡製程技術，已被威奈聯合科技公司錄取網羅為工程師。

※ 備註：精簡報告係可供國科會立即公開之資料，並以四至十頁為原則，如有圖片或照片請以附加檔案上傳，若涉及智財權、技術移轉案及專利申請而需保密之資料，請勿揭露。

赴大陸地區研究心得報告

計畫編號	NSC 96-2221-E-168-012
計畫名稱	硫化銅銻太陽能薄膜電池低溫製程與量產方法之研究
出國人員姓名 服務機關及職稱	崑山科技大學潔淨能源中心教授兼任中心主任-黃景良
出國時間地點	97年03月18日~97年03月21日，共計4日-香港
大陸地區 研究機構	IAENG(International Association of Engineers)

工作記要：

赴香港參加 The 2008 IAENG International Conference on Scientific Computing 國際研討會，該研討會由 IAENG(International Association of Engineers)主辦，有世界 150 國家從事資訊、生資、自動、電腦科學、電機工程、工業工程、影像工程、網路、軟體和科技計算等各種科學和工程研究之學者和有實務經驗的專家共同投稿參加，由投稿一千多篇論文和研究報告中錄取 576 篇，審查非常嚴謹。是我歷年參加國內外研討會最完美的一次。

大會邀請知名之學者包括美國 Kentucky 大學 Prof. Craig Douglas, 英國 Oxford 大學 Prof. Alexander M. Korsunsky 和 Dr. S. I. Ao 來介紹其最新的研發成果，包括最新熱的能源利用和未來交通問題的解決辦法。

本人在會中論文名稱為：A programming design for calculating suitable insulation thickness and heat transfer characteristics of an insulated rectangular duct with one to three insulated layers。反應不錯，有不少學者對我的研究感到興趣，問了不少問題。本人並被大會邀請擔任分段主持人，主要工作是適當控制發言時間，引導聽眾發問，本人必事先瞭解發言人演講內容，在無人發問主動問必要的重點問題，使不要有冷場出現，使大會進行順利。

本人全程參加了所有研習課程，學習不了各類工程之研發成果和新知。也在空檔時間參觀相關廠商所陳列對產品，觸發了不錯對日後研發的靈感。

研習心得與建議：

這次最值得我們學習的地方有：

- 1、 報到後即可取得收據，許多國家是沒有收據的，電子郵件的收據就算數，對許多來自亞洲的國家做成困擾。
- 2、 報告完即發發表論文證書，擔任分段主席完成即發主席證書，對只交報名費不來報告的學者給予壓力，加強研討會的品質。
- 3、 提供的膳食非常有水準，使參加者賓至如歸之感。