

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

新型冶金級矽太陽電池技術(PERL、SHJ-IBC)研究與開發
New upgrade metallurgical grade silicon solar cell technology
research and development (PERL, SHJ-IBC)

計畫編號：1012001INER031

受委託機關(構)：中原大學電子工程研究所

計畫主持人：藍山明

核研所聯絡人員：蘇郁涵

聯絡電話：03-2654637

E-mail address：fr358046@gmail.com

報告日期：2012/12/5

目錄

表目錄	ii
中文摘要	iii
壹、計畫緣起與目的	1
貳、研究方法與過程	5
參、主要發現與結論	15
肆、參考文獻	17
伍、附註.....	18

圖目錄

圖一 P型和N型基板的少數載子生命週期比較圖.....	2
圖二 磊晶矽太陽能電池製作流程.....	5
圖三 pn接面形成過程.....	6
圖四 矽在 T=300K 時電阻率與雜質濃度關係圖.....	7
圖五 正電極 Al 之製作程序.....	8
圖六 反應腔之基本設計.....	11
圖七 p ⁺ -n 接面式矽太陽能電池結構.....	12
圖八 太陽電池照光後所量測之 I-V 關係圖.....	14

表目錄

表一 I-V 量測與效率.....	15
-------------------	----

中文摘要

近年來因地球上非再生能源(石油、天然氣和煤礦)逐漸短缺及京都議定書對溫室氣體的管制行動，促使各國開始重視各種新能源與替代性能源之開發，其中最受矚目的是太陽能電池的發展。由於太陽能容易取得、乾淨且無污染，也不會受到地域的限制，對於缺乏能源資源的國家更是一劑強心針。讓世界各國無不紛紛投入此研究工作，致力於將此能源普遍化，每年的市場成長率皆大於百分之三十，但太陽能電池仍面臨價格過高而不易被普及化的問題，因此如何提升其轉換效率與降低成本，就成為太陽能電池的重要課題。

現今大部分的太陽能電池，大部分是以 p-type 基板，在背面去沉積氧化鋁薄膜為主流，以達到鈍化的效果，所以在過去兩年，我們都試著在 UMG-Si 的基板上沉積氧化鋁薄膜，做出來的元件效率，最高已可以達到 13.57%，跟標準片相比提升了約 3%，在今年度的計劃當中，我們將嘗試以 n-type 基板製作 p^+ -n 接面式矽太陽能電池，但由於目前市場並無 n 型冶金法太陽能級基板，故先使用 CZ 基板代替。首先，先用 BBr_3 摻雜去擴散，使形成 p^+ -n 接面，再以 AP-MOCVD 成長一層很薄的氧化鋁薄膜，再用 PECVD (Plasma-enhanced chemical vapor deposition) 在氧化鋁上面鍍一層 SiN_x 抗反射層。讓氧化鋁發揮更大的鈍化作用在，藉由正背面電極的製作來完成太陽能電池元件。

英文摘要

Owing to the shortage of the non-renewable energy resources (oil, gas and coal, etc) in recent years and the agreement with limiting of greenhouse gases emission by Kyoto Protocol. People attach more importance to the renewable energy including solar energy. The solar cell is an important candidate for an alternative terrestrial energy source because it can convert sunlight directly to electricity with good conversion efficiency, and it will provide nearly permanent power at low operating cost and is virtually nonpolluting.

In this project, we try to use CZ n-type silicon substrate as p^+ -n junction solar cell base layer. At beginning, the p^+ -emitter layer formed from boron diffusion to make the simple p-n junction structure and then we deposit aluminum oxide (AlO_x) thin films on the p^+ -emitter layer also by the AP-MOCVD. After depositing the aluminum oxide thin films, we utilize plasma enhance chemical vapor deposition (PECVD) technique to deposit silicon nitride (SiN_x) films upon the aluminum oxide thin films. Finally, the Al front contact and Ti/Pd/Ag back contact are both use evaporation technique to carry out.

壹、計畫緣起與目的

近年來因地球上非再生能源短缺，使各國開始重視新能源與替代性能源開發，其中最受矚目的是太陽能電池。由於太陽能容易取得、乾淨且無污染，也不受地域的限制，對於缺乏能源的國家更是一劑強心針。讓世界各國紛紛投入研究工作，致力於將此能源普遍化，每年市場成長率皆大於百分之三十，但太陽能電池仍面臨價格過高的問題，因此如何提升其轉換效率與降低成本，成為太陽能電池的重要課題。

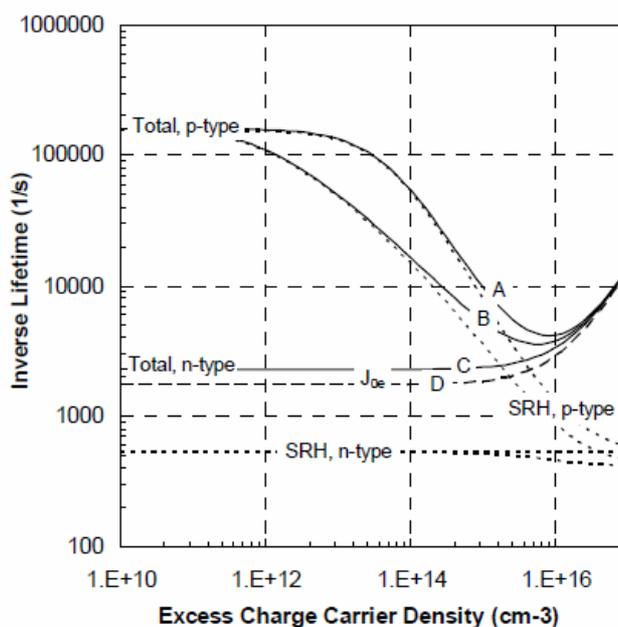
目前在太陽能電池產業中，以單晶矽(sc-Si)與複晶矽(mc-Si)作為基板的太陽能電池應用最為廣泛，現今製作單晶矽太陽能電池基板的方法，大多是利用西門子製程法得到高純度的單晶矽棒，經線切割成為(厚~200 μ m)基板，再經絨面、磷擴散、電性阻絕、鍍抗反射層和電極製作等程序，而成單晶矽太陽能電池。

目前大部分的太陽能生產的國家都還是採用 P 型基板來生產太陽能電池。由於 N 型矽太陽能電池長期使用或存放的過程中效率有所衰減，而且 P 型矽晶片上形成 n^+ 射極層比在 N 型基板上形成 p^+ 射極層在生產中來的容易。

隨著科技的發展，N 型矽太陽能電池的瓶頸也逐漸被突破，且主流工業化生產的 P 型矽太陽能電池效率也已經穩定在 18%

以上，在不增加成本的情況下提高效率已非常困難，於是人們把目光投向少數載子生命週期高的 N 型矽基板，所以本計畫想研究 p⁺-n 接面式太陽能電池的製程，期望做出高效率 p⁺-n 接面式太陽能電池。

磷摻雜的 N 型矽基板上有許多優點[2-3]。首先，相同電阻率的 N 型矽基板少數載子生命週期比 P 型基板高。圖一是文獻提供的少數載子生命週期的圖。



圖一 P 型和 N 型基板的少數載子生命週期比較圖

從圖中可以看出來，相同電阻率的 N 型基板少數載子生命週期比 P 型的基板高出 1~2 個數量級。

J.Schmidit,A.G.Aberle 分析認為，硼參雜的矽基板較多的硼-氧對加強了複合中心的作用[4]，有人證明在磷摻雜的 N 型基板中有了硼

的污染，其少數載子生命週期也比 P 型的矽晶片高。

其次，N 型矽基板對金屬污染的容忍度高於 P 型矽基板。從[6]的文獻中提出的數據可以看出，Fe、Cr、Co、W、Cu 和 Ni 等金屬對 P 型的基板的影響比 N 型矽基板高，而 Au 的影響卻恰恰相反，對於現代晶體製成技術來說，Au 污染不再是主要的問題。

由於 N 型基板需要擴散 III 族元素形成 PN 接面，對於 p^+ 射極層的太陽能電池結構來說表面複合效應嚴重，且在長時間使用下，其效率有衰減[1]的憂慮，利用常見的表面鈍化二氧化矽、 SiN_x 等均無明顯效果。不過在 2008 年 J.Benick 等人利用氧化鋁作為鈍化層，得到了良好的鈍化效果。在 N 型的 FZ 基板上得到了 23.4% 的高效率太陽能電池[6]，是目前 N 型矽太陽能電池的最高效率。用氧化鋁作為鈍化層的 p^+ 射極層，飽和暗電流可以降到 $10A/cm^2$ 以下[7]。

由於目前市場並無 n 型 UMG 冶金基板,故先使用 CZ 基板替代，本研究目的是以 n-type c-Si($\sim 1 \Omega\text{-cm}$)基板作為起點，採用 p^+ -n 接面式的方法，首先避開昂貴的原子層沉積法(ALD)，利用 AP-MOCVD 擴散一層硼的 p^+ 射極層，跟 n-type 形成 PN 接面，再用蒸鍍機在正面鍍上 Al 正面電極，然後用 AP-MOCVD 利用 $TMA+H_2O$ 或 $TMA+O_2$ 在 $350\sim 450^\circ C$ 下成長一層氧化鋁薄膜($10\sim 30nm$)，再透過 PECVD 在氧化鋁上鍍上一層與二氧化矽、與氧化鋁反射率相近的 $SiN_x(30\sim 60nm)$ ，

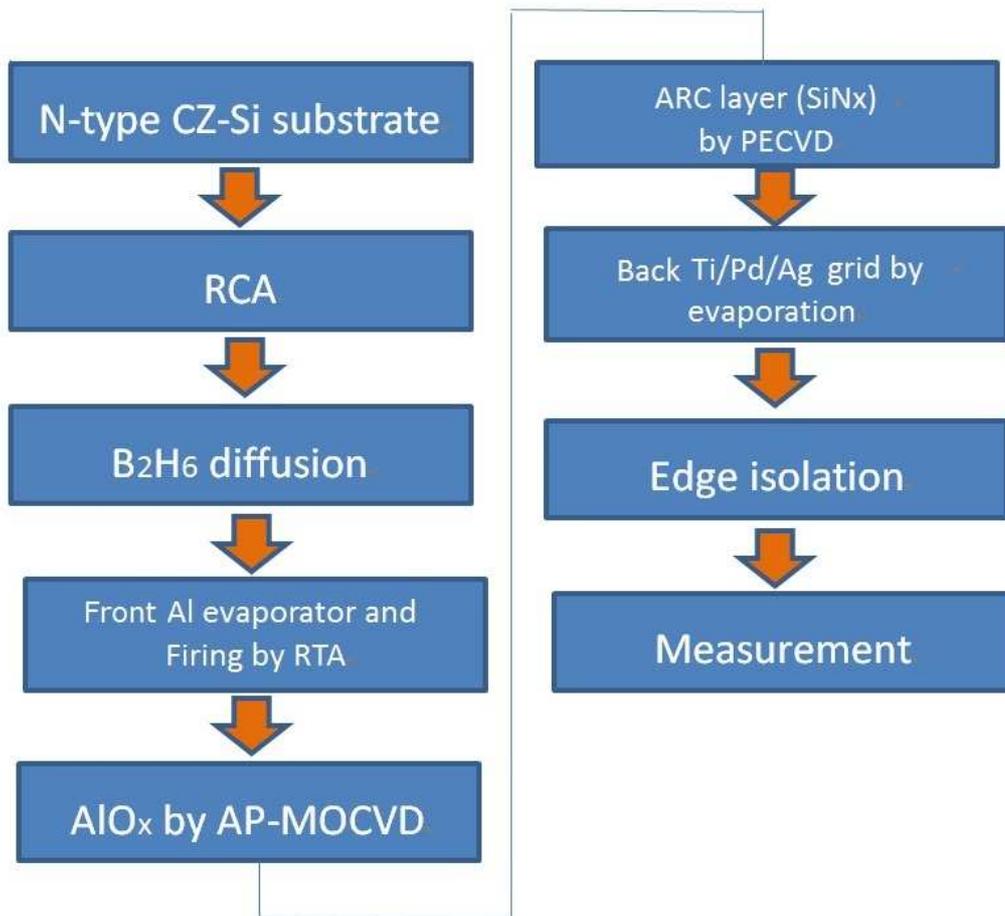
在 n-type c-Si 基板正面上提供好的鈍化效果，再蒸鍍 Ti/Pd/Ag 製作背電極，製作成 $p^+ - n$ 接面式太陽能電池進行 I-V 量測，預期轉換效率 12.5% 以上。

J.Zhao 在 $0.9 \Omega\text{-cm}$ 的 Fz N 型基板上擴散硼射極層製作 PERT 太陽能電池其效率達到 21.9% [8]，Benick 在 $1 \Omega\text{-cm}$ 的 Fz N 型基板上擴散硼射極層並以氧化鋁跟 SiN_x 進行鈍化的 PERL 太陽能電池，其效率達到 23.2% [9]。Richter 也用同樣的方法製作出了效率 20.5% 的 N 型矽太陽能電池 [10]。Mihailetchi 在 N 型基板擴散出硼射極層並以濕化學方式成長一層二氧化矽在上面，作出來的太陽能電池效率也可達到 18.3% [11]

近年來各國的學者開始研究 N 型矽太陽能電池，在 ISE 研究室已經證實出 N-type 矽基板在正面用硼射極層可得到較高的效率，已逼近 20%，Konstanz 大學在 2011 年中發表了 N 型矽太陽能電池，效率在 19% 左右期望本計畫所研究 $p^+ - n$ 接面式太陽能電池。

貳、研究方法與過程

計畫將使用 CZ n-Si 基板來研製 p⁺-n 接面式太陽能電池，其流程如下圖二所示。



圖二 磊晶矽太陽能電池製作流程。

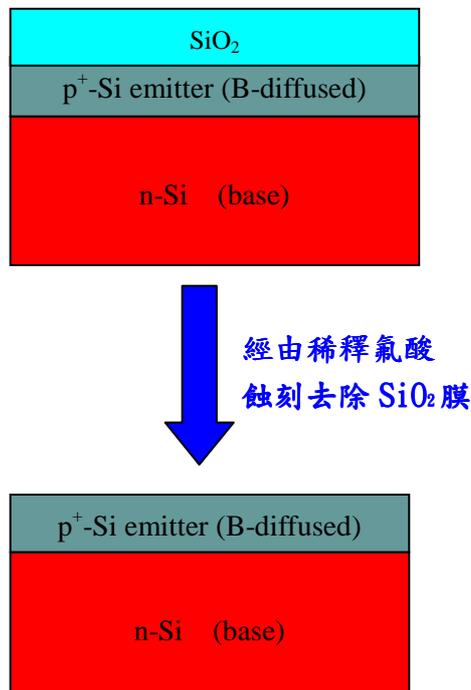
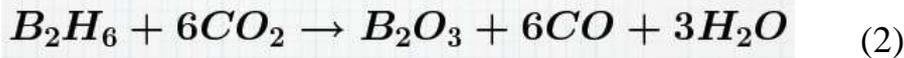
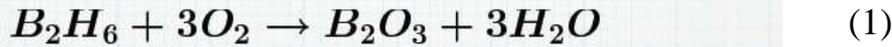
(1) 基板清洗

本計畫所選用的基板為 CZ n-Si 晶片，其晶格方向<100>、阻值為 1Ω·cm。於擴散 p⁺-Si 射極層之前，先用高濃度氫氧化鉀(約 20 wt%)，對晶片表面進行蝕刻，其主要目的是清除晶片因線鋸切割所留下的應

力，然後再經過 RCA 標準清洗步驟，完成晶片清洗。

(2) 製作 p⁺-Si 射極層(emitter layer)

製作 p⁺-Si 射極層時，首先將以做完去疵之 n 型主動層磊晶之晶片置入加體腔中，進行硼原子(B)擴散。製程中 B 原子的材料源為氣態之 BBr₃，形成 B 原子之反應過程詳見(1)及(2)兩式所述。在 BBr₃ 氣體中，通入氮氣至液體中當作承載氣，將 BBr₃ 帶入反應腔中，並與另外通入的氧氣作反應，使其生成 B₂O₃，然後再與 n-Si 主動層表面反應，生成 B 原子與 SiO₂ 膜，最後 B 原子再經由熱擴散進入主動層中，形成 p⁺-Si 層，而形成 p⁺-Si 射極層之過程如圖三所示。最後 SiO₂ 膜以稀釋氫氟酸(HF:H₂O=1:10)蝕刻去除。

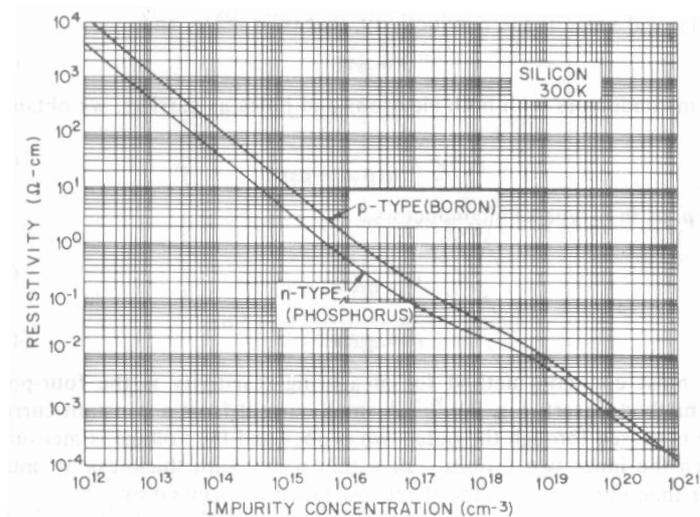


圖三 pn 接面形成過程。

上述完成的 p⁺-Si 射極層後，先利用四點探針(four-point probe)進行片

電阻(Sheet Resistance)的量測，據以推算出平均電阻率，並利用圖四電阻率對雜質濃度關係圖得知 p^+ -Si 射極層摻雜濃度。

p^+ -Si 射極層片電阻值會受到薄膜厚度、多晶膜中晶粒尺寸及雜質濃度等因素影響，其值大小會影響太陽能電池效率。最後，再利用 SIMS 量測，確認 p^+ -Si 射極層載子濃度於厚度方向之分布與擴散深度，以利於後續可製作出最佳的 p^+ -Si 射極層。



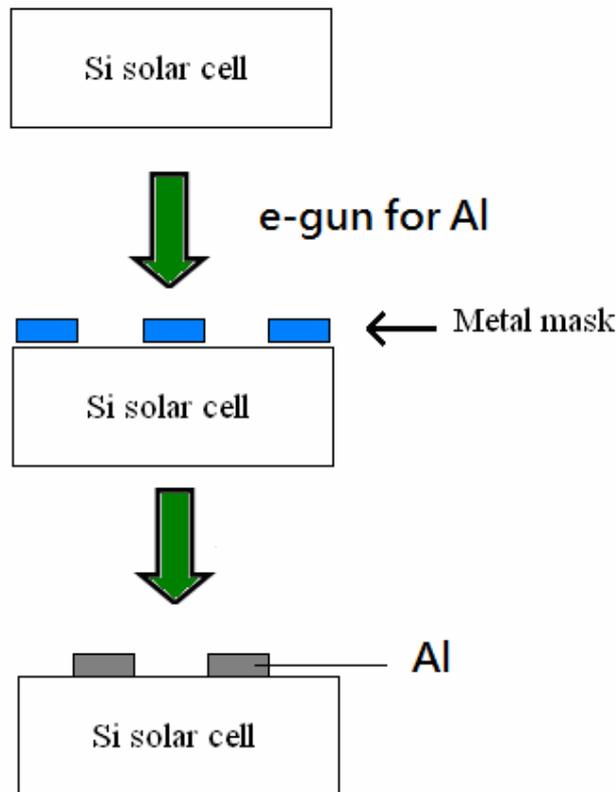
圖四 矽在 $T=300K$ 時電阻率與雜質濃度關係圖。

(資料來源：Sze “Physics of Semiconductor Devices”, pp. 32)

(3) 電極製作

1. 正電極(front contact layer)

我們將鋁金屬做成柵狀電極，減少金屬線遮蔽入射光的比例。上述電極製作將藉由電子束蒸鍍法(Electron Beam Evaporation)搭配金屬光罩來完成，如圖五所示。



圖五 正電極 Al 之製作程序。

2. 背電極(back contact layer)

此電極必須形成歐姆接觸，提供外部電路與太陽能電池之間相互傳導的一個低電阻接面，另外還有接收載子的功用。選擇背電極材料時須考量其是否能形成良好的低阻值歐姆接觸以及是否會影響光的吸收所以本研究所研製之PERL矽太陽能電池將使用Ti/Pd/Ag金屬當背電極，其理由如下：由於鈦(Ti)功函數低，有抵抗溼氣的功用，並且會增加金屬與Si的附著力，與Si會形成良好的歐姆接觸電極，銀(Ag)為低電阻的材料，鈀(Pd)可防止Ti和Ag反應，而Pd和Ag之組合亦有降低串聯電阻的功用。上述電極製作將藉由電子束蒸鍍法(Electron

Beam Evaporation)搭配金屬光罩來完成。

(4) 以 AP-MOCVD 法製作介電材料 AlO_x

在本次計畫中，我們將對自組式的常壓式有機金屬物化學氣相沉積(APMO-CVD)系統進行改變其設備結構，使其成為研發PERL之介電材質太陽能電池的機台如圖六所示，而改裝的部分將包括：(a)氣體流量控制、(b)反應腔溫度控制和(c)反應腔體的設計。

(a) 氣體流量控制

早期氣流量的計算大都是使用滾珠指示的流量計，滾珠式流量計顯示壓力的單位刻度很大，對於些微壓力差很不敏感，因此容易在磊晶的時候造成參數的不穩定變化，而且對於厚度的控制也是無法達到非常精準的目標，因此目前大都用 MFC (Mass Flow Control)方式，其精密度可以控制到一顆顆原子的量，而且對於壓力差可以精準控制，完全採用電子式的控制，對於厚度的控制及成長的時間亦較精準。

另外，承載氣體亦非常重要，一般皆採用氫氣或氮氣，而且純度都可達到 6N 的水準。氣體純化器乃自行設計，利用 Pd 的金屬膜來達到氫氣純化作用，氮氣則是利用 MnO 膜來完成純化。成長時，承載氣體的流量也是不可忽視的因素，因為除了流速的大小，外流量亦會影響成長溫度與成長速度，以我們的經驗得知，成長過快會使表面變得非常粗糙，成長過慢則易讓雜質進入，所以通常須藉由多次實

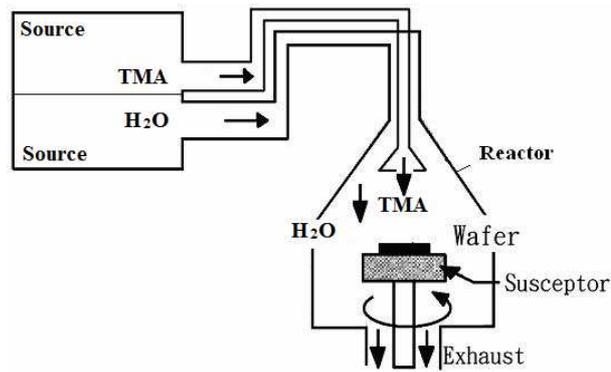
驗累積經驗後，才可掌握合適的實驗參數。

(b)反應腔溫度控制

溫度對於薄膜及氣體源的量都有很大的影響，不同的材質會有不同的成長溫度，且欲讓原子可以排列到適當的位置亦需足夠能量。再者，由於溫度在晶片表面不均勻的分佈會導致晶片產生熱的形變，此形變會產生更多新的缺陷而降低沉積層的品質。另外承載晶片的石墨本身也是影響溫度在晶片表面分佈不均的因素之一，因此亦將對於承載晶片的石墨進行設計以找出最佳外形而達到使溫度均勻分布的目的。

(c)反應腔體的設計

反應腔的設計對於氣體流有很大的影響，一般皆將不同的氣體分開輸送，等到晶片表面才產生反應，此乃因有些氣體在傳輸時會有寄生反應，導致在晶片表面不會反應而無法沉積。另外，反應腔的承載氣體流速也不宜太快，避免反應物被承載氣體帶走，因此通常會讓晶片的基座旋轉（約 5~5400 rev/min）。



圖六 反應腔之基本設計

完成上述改良後， Al_2O_3 成長步驟如(A)與(B)所示。其中 Al_2O_3 的氣體材料源為 alternating trimethylaluminium(TMA)與水 (H_2O)，承載氣體為氫氣；或氧氣(O_2)，承載氣體為氮氣。

(A) 成長前腔體熱處理，於 $\text{HCl}+\text{H}_2$ 混合氣體中以 1225°C 烘烤數分鐘，目的在於去除腔體內和石墨中殘餘雜質。

(B) 沉積 Al_2O_3 介電層，成長溫度： $350\sim 450^\circ\text{C}$ ，時間：20-30 分鐘。

(4)抗反射層製作

未加抗反射層時，約有30~35%之光線反射造成損失，使用折射率不同之透明材料為抗反射層時，可降低進入太陽能電池的光被反射機率，而提高轉換效率，此現象可由斯涅耳定理和內部全反射(TIR)定理得證。

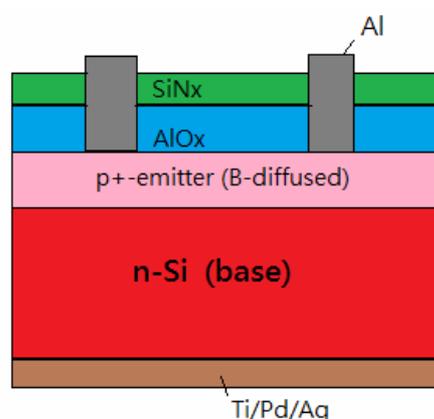
$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t \text{ (斯涅耳定理) } (n_1 > n_2)$$

$$\sin \theta_C = (n_2/n_1) \text{ } (\theta_C: \text{臨界角})$$

本計畫多層抗反射層的製作，將選用氮化矽(SiN_x)氧化矽(SiO_x)，其

折射係數 $n=2$ ，可利用電漿輔助化學氣相沉積(PECVD)系統成膜，其 Si 與 N 的氣體源分別使用 SiH_4 和 NH_3 。而在沉積抗反射層前，會針對矽太陽能電池表面做鈍化處理，減少入射光之反射效應，進而提升太陽能電池轉換效率。

經由上述(一)到(四)步驟，初步完成的 $\text{p}^+\text{-n}$ 接面式矽太陽能電池如圖七所示，為研製於 n-Si 基板上的元件結構。



圖七 $\text{p}^+\text{-n}$ 接面式矽太陽能電池結構。

完成上述流程後，將在模擬太陽光的照光條件下，進行電流電壓(I-V)關係量測。

上述太陽能電池的電性量測，將在模擬太陽光的照光條件下，進行電流電壓(I-V)關係量測，從太陽電池的電性量測，我們可以得到太陽電池的重要量測參數，包括短路電流(I_{SC})、開路電壓(V_{OC})、充填因子(FF)以及太陽電池的能量轉換效率(η)，圖八為太陽電池的照光之I-V關係量測圖，圖中標示出太陽電池的上述重要參數，我們將利用此圖對太陽電池的重要量測參數扼要說明如下：

(1) I_{SC} (short circuit current)

短路電流是太陽電池在零負載的狀態下，也就是外部電路短路時的輸出電流，此時的輸出電壓 $V = 0$ 而 $I_{SC} = I_L$ ，即短路電流 I_{SC} 等於太陽電池照光後產生的光電流 I_L 。

(2) 開路電壓 V_{OC} (open circuit voltage)

開路電壓為太陽電池於外部電路斷路時的輸出電壓，此時輸出電流 $I = 0$ ，對於理想的太陽電池而言，

$$V_{OC} = \frac{nkT}{q} \cdot \ln\left(1 + \frac{I_L}{I_0}\right)$$

其中 n 表示理想因子， k 為波茲曼常數， T 為絕對溫度， q 表示電子帶電量。由上式中可以得知， V_{OC} 隨著照光電流 I_L 的增加而升高，同時隨著二極體的反向飽和電流 I_0 增高而降低。由於 I_0 與元件設計(如摻雜濃度)、材料特性(能隙寬度)與品質有密切的關係，所以 V_{OC} 也受這些因素影響。

(3) 充填因子 FF (fill factor)

充填因子的定義為太陽電池在最大功率輸出時，輸出功率值 P_{max} 與 $V_{OC} \times I_{SC}$ 乘積的比值百分比。如果太陽電池之最大輸出功率對應至 I-V 關係曲線之點座標為 (I_{max}, V_{max}) ，則 $P_{max} = I_{max} \times V_{max}$ ，而充填因

子 FF 則表示為

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{OC} \times I_{SC}} \times 100\% = \frac{I_{max} \times V_{max}}{V_{OC} \times I_{SC}} \times 100\%$$

當我們量得太陽能電池 I-V 特性時，其功率曲線亦同時可得出，

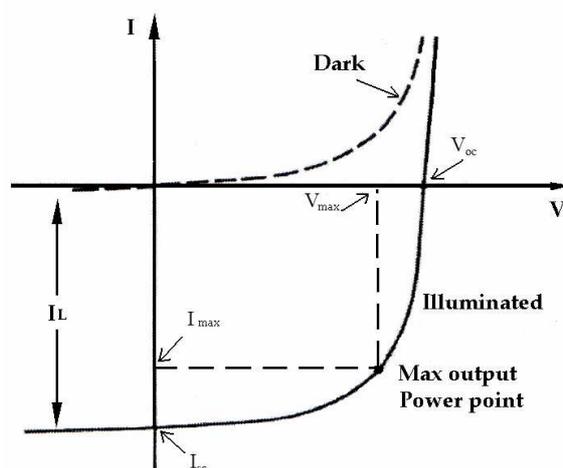
而該曲線之極點即表示 P_{\max} 。

(4) 能量轉換效率 η (conversion efficiency)

能量轉換效率的定義為太陽電池之最大輸出功率 P_{\max} 與入射光功率 P_{in} 的比值

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_{in}} = \frac{V_{\max} \cdot I_{\max}}{P_{in}} = \frac{V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF}{P_{in}}$$

因此只要知道太陽電池的 I_{SC} 、 V_{OC} 、 FF 以及入射光功率 P_{in} ，就可以換算出太陽電池的能量轉換效率 η 。



圖八 太陽電池照光後所量測之I-V關係圖。

參、主要發現與結論

初步完成在 N-type 基板上製作高品質 p⁺-n 接面式太陽能電池之技術與完成太陽電池 I-V 量測，其轉換效率已經將近 12% (AM1.5)，且發現擴散溫度與時間需要配合，其最佳的條件約在 950 °C 之間，擴散時間則是落在 30 分鐘左右，可以得到 10% 以上的效率，而回火的目的是為了製作高品質 p⁺-n 接面式太陽能電池，減少接面或是內部缺陷產生的漏電流。I-V 量測與效率如下：

	Jsc	Voc	FF	Eff	Rs	Rsh
BD-10A-PN	29.1	0.552	0.74	11.9	2.0	689
BD-10C-PN	28.5	0.488	0.70	9.8	2.5	1481
BD-10D-PN	31.4	0.521	0.69	11.3	2.4	688
BD-10E-PN	27.6	0.537	0.73	10.8	2.4	904

表一 I-V 量測與效率

結論：因近幾年冶金級矽原料價格大幅滑落，使得原本供應商不再生產提供冶金法太陽能級矽基板給我們小量採購的單位，要符合供應商的購買條件將會使得預算遠超出本計畫可使用之經費，所以我們轉向尋找國內的低成本 CZ 矽基板取代之。因為本計畫的意義是以低成本製作為前提探討提升效率的技術，所以在比較多家廠商後並且在考慮目前的預算條件下，選擇了目前這家供應商。但我們使用的 CZ 矽基板經過 lifetime 量測之後是 350 μ s，甚至與文獻(NREL N-type

silicon solar cell with al back junction :results and modeling)

所利用的 lifetime 大於 1ms 的多晶矽基板相較亦有很大的差距。文獻中使用多晶矽基本做出來的效率是 8.58%，使用 FZ 矽基板的效率則是達到 14.86%。但是我們使用所購得的 CZ 矽基板與利用 sputtering 鍍上 Al_2O_3 鈍化層之後所做出來的太陽能電池轉換效率是 11.9%，介於 NREL 文獻中使用 FZ 矽基板和多晶矽基板的效率之間。文獻中提到 FZ 矽基板因為電阻值的不同(3.8 和 30)會影響轉換效率(14.86%和 16.41%)，其差別也會影響基板的品質，而本計畫使用的 CZ 矽基板品質並不如原先構想所需要的條件，以及製程方法的適用性。所以未來的目標應需在經費條件允許之下採買品質較佳的 CZ 矽基板並且利用完整之低成本製程步驟與條件驗證本計畫所探討技術的實用性。

肆、参考文献

- [1] J.Schmidt,J.Zhao,A.Wang,et al. “Processedings of the third World Conference on Photovoltaic Energy Conversion,Japan,2003.
- [2] J.A. Rand and J.S. Culik, “High Volume Manufacturing of Silicon-Film Solar Cells and Modules”, 2003.
- [3] J. Poortmans, S. Reber, S. Gall, C. Zahedi, J. Alonso, 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 7-11 June 2004, Paris, France
- [4]J.Schmidt,K.Bothe,R.Bock. “22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference,Italy,2007.
- [5] K. Peter, R. Kopecek, P. Fath, E. Bucher, C. Zahedi, Thin film silicon solar cells on upgraded metallurgical silicon substrates prepared by liquid phase epitaxy, Solar Energy Materials and Solar Cells 74 (2002) 219-223.
- [6] R.A. AbdelRassoul, Renewable Energy 23 (2001) 399–408.
- [7] Frank R. Faller and Albert Hurrel, IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 46, NO. 10, OCTOBER 1999.
- [8] J. Zhao, A. Wang, P.P. Altermatt, M.A. Green, J.P.Rakotoniaina and O.Breitenstein,
Proceedings of the29th IEEE Photovoltaic Specialists
Conference(2002).218
- [9] J. Zhao, J. Schmidt, A. Wang, G. Zhang, B.S.Richards and M.A. Green, Proceedings
of the 3rdWorld Conference on Photovoltaic EnergyConversion,
Osaka, Japan
(2003) 923.
- [10] J. Benick, B. Hoex, M.C.M. van de Sanden,W.M.M. Kessels, O. Schultz and S.W.
GlunzApplied Physics Letters 92 (2008) 253504/1.
- [11] V.D. Mihailesti, Y. Komatsu and L.J. Geerligs,Applied Physics
Letters 92 (2008)
063510

伍、附註

國內研討會發表

以常壓式有機金屬化學氣相沉積技術成長氧化鋁薄膜於矽基板表面之鈍化效應研究 (Silicon surface passivation effect of aluminum oxide films grown by AP-MOCVD) 2012 中華民國物理年會 E02.00051 , Taiwan

*張家禎 籃山明;溫武義;林俊甫;蘇郁涵;陳建文;趙建昌

以 AP-MOCVD 技術成長硒化鎵薄膜於矽基板之特性研究

2012 中華民國物理年會 E02.00051 , Taiwan

*張家禎 籃山明;溫武義

Tuesday, Jan. 17, 2012
18:00 PM - 20:00 PM

Session

- E02.00044 283
Pulsed laser deposition of ZnMnO films: Effects of temperature and buffer layer's thickness
*洪培耕 Tzu-Ching Lin;Wei-Chun Sun;Hung- Jen Shen;Wei-Kuan Hung
- E02.00045 284
Formation and characterization of high-luminescence zinc tungstate (ZnWO₄) micro-plates
*洪博耀 M. K. Tsai (蔡明錕);Y. C. Lee (李粵堅)
- E02.00046 285
Temperature-dependent the photocapacitance in self-assembled InAs/GaAs quantum dots
*紀亞青 Cheng-Hong Yang;Meng-Chien Hsieh;Yu-Shou Wang;Jia-Feng Wang;Ross C. C. Chen;Chun-Hung Chao;Kuo-Hau Tseng;Jenn-Fang Chen
- E02.00047 286
ELECTRIC FIELD EFFECT ON In_{0.1}Ga_{0.9}N p-i-n SOLAR CELL FOR ELECTRIC FIELD
*紀昭好 D. Y. Lin
- E02.00048 287
STUDIES OF RAMAN SCATTERING IN III-NITRIDE QUATERNARY ALLOYS
*翁裕翔 Yueh-Chien Lee;Zhe-Chuan Feng;Yu-Hsiang Weng;Kwong-Kau Tiong;Chia-Chih Huang
- E02.00049 288
EFFECTS OF Pr-Nb CO-SUBSTITUTION ON THE STRUCTURE AND FERROELECTRIC PROPERTIES OF Bi₄Ti₃O₁₂ THIN FILMS
*高銘輝 Jung-Lung Chiang(江榮隆)
- E02.00050 289
Microwave measurement for silicon-based quantum-dot devices
*張佑誠 林銘洲;陳啟東;吳憲昌
- E02.00051 290
以常壓式有機金屬化學氣相沉積技術成長氧化鋁薄膜於矽基板表面之鈍化效應研究(SILICON SURFACE PASSIVATION EFFECT OF ALUMINUM OXIDE FILMS GROWN BY AP-MOCVD)
*張嘉禎 藍山明;溫武義;楊村農;林俊甫;蘇郁涵;陳建文;趙建昌
- E02.00052 291
Optical characterization of direct gap transitions in Ge/SiGe quantum well structures
*許宏彬 H. P. Hsu;P. H. Wu;Y. S. Huang;D. Chrastina;H. von Känel;K. K. Tiong
- E02.00053 292
以噴霧熱解法於藍寶石基板上沉積摻錒氧化鋅薄膜
*許博盛 黃盟哲;王耀德
- E02.00054 293
水熱法合成鈦酸鋇鈉(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO₃ 壓電陶瓷粉末
*郭瀚聰 莊陽德
- E02.00055 294
EFFECTS OF ANNEALING TEMPERATURES AND ATMOSPHERES ON THE PROPERTIES OF BiFeO₃ MULTIFERROIC THIN FILMS
*陳宏仁 高銘政;楊尚霖;陳彥淳;林嘉昇

Session J

Wednesday, Jan. 18, 2012
16:00 PM - 18:00 PM

J99.post deadline submission

Room: 禮堂 3F

J99.00001 362

DENDRITIC NANOSTRUCTURES GROWN FROM A SINGLE ISOLATED ANODIC ALUMINA NANOCHANNEL

*陳師詠 Hsuan-Hao Chang; Ming-Yu Lai; Chih-Yi Liu; Ya-Ling Tu; Shirley Wen-Yu Chiu; Yuh-Lin Wang

J99.00002 363

THE DOPING EFFECT OF Sb-DOPED TIN OXIDE ON THE ELECTRICAL PROPERTIES

*陳柏烜 林振榮; 林志明; 戴明鳳; 劉心茲

J99.00003 364

以 AP-MOCVD 技術成長硒化鎵薄膜於矽基板之特性研究

*張嘉禎 藍山明; 溫武義

J99.00004 365

Phonon lifetimes in InN nanotubes and their Temperature dependence

*shih-chang, Tong

J99.00005 366

Study of charge and spin ordering in SrFeO_{3-δ} using X-ray scattering

*姚昌宏

J99.00006 367

膠態電解質之染料敏化電池

*涂雅苓

J99.00007 368

Minimal dark matter model with radiative seesaw mechanism

*蔡律行 Yi Cai; Xiao-Gang He; Michael Ramsey-Musolf

J99.00008 369

COMMENT ON REPARAMETRIZATION INVARIANCE OF QUARK-LEPTON COMPLEMENTARITY

*林修賢 Guan-Nan Li; Xiao-Gang He

J99.00009 370

Physical properties of the circumnuclear starburst ring in the barred Galaxy NGC 1097

*謝佩穎