

摘要

本研究以 n 型摻雜氧化矽($n\text{-a-SiO}_x\text{:H}$)來取代 n 型非晶矽氫($n\text{-a-Si:H}$)當作光的穿透窗層(window layer)以研製薄膜型太陽電池，並與傳統的 p-i-n 型非晶矽氫太陽電池作一比較。p-i-n 型非晶矽氫薄膜型太陽電池中，i-a-Si:H 為光的吸收層，而 p-a-Si:H 與 n-a-Si:H 主要作為形成 p-n 接面使用。但是 n-a-Si:H 本身的低能隙會吸收太陽光，導致太陽電池轉換效率的降低。但在 a-SiO_x 中加入 n 型摻雜，不只擁有高能隙可以讓光通過的優點，而且 n 型摻雜又可以增加傳導率，當作光的穿透窗層層，故本研究以 $n\text{-a-SiO}_x\text{:H}$ 來取代 n-a-Si:H 當作光的穿透窗層研製 Type A 與 Type B 兩種薄膜型太陽電池。Type A 是傳統薄膜型太陽電池的結構為 glass/n-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si:H，而 Type B 則為以 $n\text{-a-SiO}_x\text{:H}$ 來取代 n-a-Si:H 的改良型薄膜型太陽電池結構 glass/ $n\text{-a-SiO}_x\text{:H}$ /i-a-Si:H/ p-a-Si:H。相較於 Type A 的整流比 2.1，Type B 在 $\pm 5\text{V}$ 時整流比可以到達 16.2。Type B 在以 n 層摻雜的 $n\text{-a-SiO}_x\text{:H}$ 取代 n-a-Si:H 後，其 J_{SC} (短路電流密度)有大為提高，這顯示了 $n\text{-a-SiO}_x\text{:H}$ 擁有高能隙可以讓光通過，而且 n 型摻雜又可以增加傳導率，當作光的穿透窗層的優點。此外它也擁有較高的 FF (填充因子)與 η (轉換效率)。

一、前言

太陽能電池的材料形式可分為晶片型(bulk)與薄膜型(thin film)兩種,但晶片型太陽能電池有著矽基板的高成本且不透光的缺點。然而薄膜型太陽能電池使用透明的玻璃當基板,所以可形成建築整合的太陽能電池(Built-In-Photovoltaic; BIPV),讓大樓建物更加美觀。目前成熟的薄膜型太陽能電池商品以非晶矽材料為主,但非晶矽的電洞擴散長度約 300~400 nm,故非晶矽薄膜型太陽能電池的厚度若超過這個數值,也對效率沒有幫助。除此之外,傳統的 p-a-Si:H/i-a-Si:H/ n-a-Si:H (p-i-n) 非晶矽太陽能電池中主要的光吸收層是 i-a-Si:H,而 p-a-Si:H 與 n-a-Si:H 這兩層都會吸收太陽光,致使效率降低。於 a-SiO_x 中加入 n 型摻雜不只擁有高能隙可以讓光通過的優點,而且 n 型摻雜又可以增加傳導率,當作光的穿透窗層,可用以取代 n-a-Si:H。故本研究是以研製 Type A 與 Type B 兩種薄膜型太陽電池做比較。Type A 是傳統薄膜型太陽電池的結構為 glass/n-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si:H,而 Type B 則為以 n-a-SiO_x:H 來取代 n-a-Si:H 的改良型薄膜型太陽電池結構 glass/ n-a-SiO_x:H/i-a-Si:H/ p-a-Si:H。

二、研究方法

本研究薄膜型太陽電池的研製步驟如下:

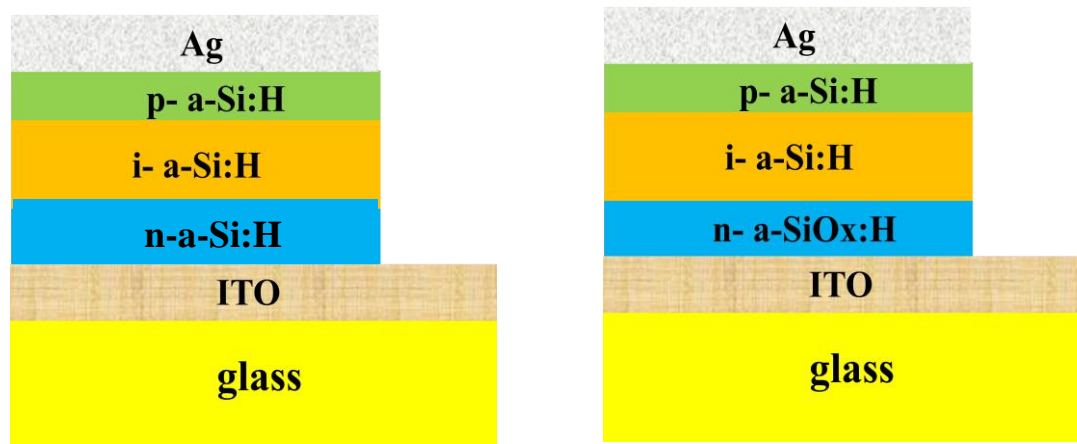
1. 清洗 ITO 玻璃基板
2. 以電漿增強型化學氣相沉積(PECVD)系統分別成長 p-a-Si:H, i-a-Si:H 與 n-a-Si:H, 通入 SiH₄ 與 H₂ 等氣體。n 型摻雜通入 PH₃ 氣體,而 p 型摻雜通入 B₂H₆ 氣體以研製 Type A 薄膜型太陽電池。
3. 以 PECVD 系統分別成長 n-a-SiO_x:H, i-a-Si:H 與 p-a-Si:H, 通入 SiH₄ 與 H₂ 等氣體。n 型摻雜通入 PH₃ 氣體,而 p 型摻雜通入氣體。n-a-SiO_x:H 的成長則通入 CO₂, SiH₄, PH₃ 與 H₂ 等氣體,以研製

Type B 薄膜型太陽電池。

4. 以蒸鍍機成長 Ag

5. 量測與分析

量測太陽能電池的參數，包括開路電壓，短路電流密度，填充因子及轉換效率。本研究預研製的 Type A 與 Type B 薄膜型太陽電池結構如圖一(a)與(b)。



圖一(a) : Type A : glass/n-a-Si:H/
i-a-Si:H/p-a-Si:H 圖二(b) : Type B :glass/n-a-SiO_x:H/
i-a-Si:H/p-a-Si:H

三、結果與討論

圖二為 Type A 與 Type B 兩種薄膜型太陽電池未照光之下的電壓(I-V)特性曲線圖圖，可以看出兩者在逆向偏壓下的漏電流表現幾乎相同，然而在順向偏壓上升到 5V 時，可以看出 Type B 的電流明顯提升，±5V 整流比可以到達 16.2，相較於 Type A 的整流比只有 2.1。低的整流比可能是 a-Si:H 沒有達到最佳參數。其+5V、-5V 之下的電流及其整流比示於表一。圖三為 AM1.5 模擬太陽光源照射元件下的特性量測，可以看出 Type A 與 Type B 兩種薄膜型太陽電池的開路電壓相差無幾，但 Type B 在以 n 層摻雜的 n-a-SiO_x:H 取代 n-a-Si:H 後，

其 J_{SC} (短路電流密度)有大為提高，這顯示了 n-a-SiO_x:H 擁有高能隙可以讓光通過，而且 n 型摻雜又可以增加傳導率，當作光的穿透窗層的優點。此外它也擁有較高的 FF (填充因子)與 η (轉換效率)如表二所示。這樣的結果顯示出我們將傳統的 p-i-n 薄膜型太陽能電池中將 n-a-Si:H 層改以 n-a-SiO_x:H 取代，可以提升太陽能電池特性。然而此一低的轉換效率，我們認為在 PECVD 的製程中沒有達到最佳參數所致。

四、結論

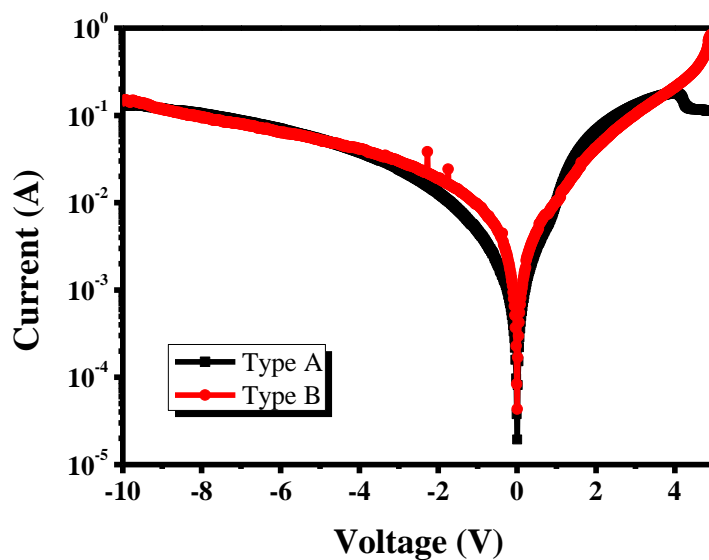
本研究研製了 Type A 與 Type B 兩種薄膜型太陽電池做比較。Type A 是傳統薄膜型太陽電池的結構為 glass/n-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si:H，而 Type B 則為以 n-a-SiO_x:H 來取代 n-a-Si:H 的改良型薄膜型太陽電池結構 glass/ n-a-SiO_x:H/i-a-Si:H/p-a-Si:H。我們發現相較於 Type A 的整流比 2.1，Type B 在±5V 時整流比可以到達 16.2。Type B 在以 n 層摻雜的 n-a-SiO_x:H 取代 n-a-Si:H 後，其 J_{SC} (短路電流密度)有大為提高，這顯示了 n-a-SiO_x:H 擁有高能隙可以讓光通過，而 np 型摻雜又可以增加傳導率，當作光的穿透窗層的優點。此外它也擁有較高的 FF (填充因子)與 η (轉換效率)。

五、參考文獻

- [1] J. Springer, B. Rech, W. Reetz, J. Müller, and M. Vanecek, Light trapping and optical losses in microcrystalline silicon pin solar cells deposited on surface-textured ZnO substrate, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 85 (2005) 1.
- [2] M. Despeisse, G. Bugnon, A. Feltrin, M. Stueckelberger, P. Meillaud, A. Billet, and C. Ballif, Resistive interlayer for improved performance

- of thin film silicon solar cells on highly textured substrate, *Appl. Phys. Lett.* 96 (2010) 073507.
- [3] P. D. Veneri, L. V. Mercaldo, and L. Usatii, Silicon oxide based n-doped layer for improve performance of thin film silicon solar cells, *Appl. Phys. Lett.* 97 (2010) 023512.
- [4] F. J. Haug, T. Söderström, O. Cubero, V. Terrazoni-Daudrix, and C. Ballif, Plasmonic absorption in textured silver back reflectors of thin film solar cells, *J. Appl. Phys.* 104 (2008) 064509.
- [5] P. Buehlmann, J. Bailat, D. Dominé, A. Billet, F. Meillaud, A. Feltrin, and C. Ballif, In situ silicon oxide based intermediate reflector for thin-film silicon micromorph solar cells, *Appl. Phys. Lett.* 91 (2007) 143505.
- [6] M. Izzi, M. Tucci, L. Serenelli, P. Mangiapane, M. DellaNoce, I. Usatii, E. Esposito, L. V. Mercaldo, P. DelliVeneri, *Appl. Phys. A* 115 (2014) 705.
- [7] V. Smirnov, W. Böttler, A. Lambertz, H. Wang, R. Carius, and F. Finger, Microcrystalline silicon n-i-p solar cells prepared with microcrystalline silicon oxide ($\mu\text{c-SiO}_x\text{:H}$) n-layer, *Phys. Status Solidi C* 7 (2010) 1053.
- [8] D. Dias, M. Jana, A. K. Barua, Characterization of undoped $\mu\text{c-SiO:H}$ films prepared from $(\text{SiH}_4+\text{CO}_2+\text{H}_2)$ -plasma in RF glow discharge, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 63 (2000) 285.

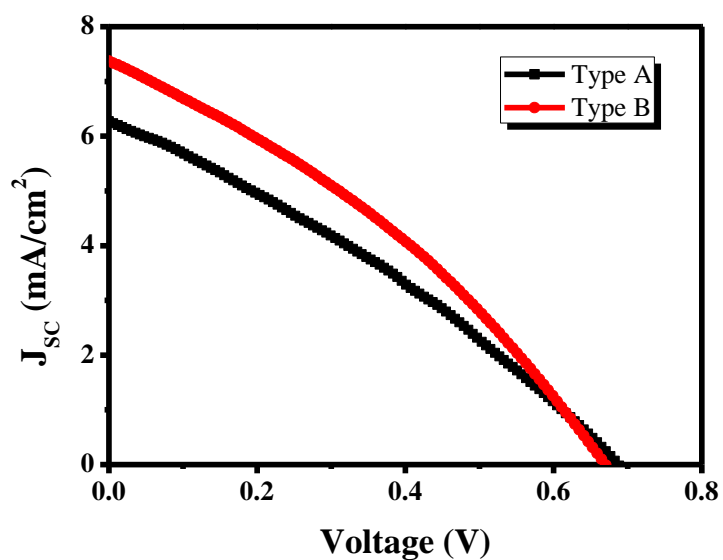
六、圖與表



圖二: Type A 與 Type B 元件 I-V 圖

表一. Type A 與 Type B 在 $\pm 5V$ 下電流值與整流比

	+5V 電流值	-5V 電流值	整流比
Type A	1.12×10^{-2}	-5.34×10^{-2}	2.10
Type B	8.51×10^{-1}	-5.25×10^{-2}	16.2



圖三. Type A 與 Type B 元件太陽能特性分析

表二. Type A 與 Type B 元件太陽能特性分析數據

	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF(%)	η (%)
Type A	0.6873	6.271	31	1.336%
Type B	0.67	7.372	33.06	1.633%