

## 多孔矽/n-Si 結構的光電特性探討

黃俊達 卓其何

大葉大學電機工程學系

51591 彰化縣大村鄉山腳路 112 號

### 摘要

本文利用光電化學蝕刻的方式在室溫下成長多孔矽薄膜當作表面抗反射層來形成 PS (porous silicon) /N-S 的結構。光電化學蝕刻的方法來成長多孔矽層具有低成本，且經濟效益高與矽製程相容等優點。利用掃描式電子顯微鏡來觀察多孔矽結構，且討論 Al/PS/n-Si/Al 元件的光電特性，分別量測不照光和照射鹵素燈 I-V 特性曲線圖，而得到光暗電流比 (photo-to-dark current ratio,  $I_p/I_d$ )、整流比 (rectification ratio,  $I_p/I_d$ )；並利用分光光度計量測多孔矽抗反射層 (antireflection layer) 的反射率，得到 1% 的反射率，這個反射率甚低於傳統 KOH (potassium hydroxide) 蝕刻的金字塔型結構抗反射層。

**關鍵詞：**多孔矽，光暗電流比，整流比，抗反射層

## Photo-Electrical Characteristics of a Porous Silicon/n-Si Structure

JUN-DAR HWANG and CHI-HE CHUO

*Department of Electrical Engineering, Da-Yeh University*

*No. 112, Shanjiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.*

### ABSTRACT

A porous silicon (PS)/n-Si structure was prepared by using photo-electrochemical etching (PEC), in which the porous silicon acts as an antireflection layer. The PEC method exhibits many advantages, including low cost, highly economical efficiency, and compatibility with Si technology. In this study, scanning-electron microscopy (SEM) was used to investigate the PS structure and fabricate the Al/PS/n-Si/Al structure of a diode. The photo-to-dark-current and rectification ratios were measured by illuminating a halogen lamp on the diode. A low reflectivity of 1 % was achieved by using a spectrophotometer, whereby the reflectivity was much lower than that of conventional KOH (potassium hydroxide) etching.

**Key Words:** porous silicon, photo-to-dark current ratio, rectification ratio, antireflection layer

## 一、序論

近年來以多孔矽為材料的相關元件陸續被開發及應用，如光檢測器、發光二極體、太陽能電池。本實驗著重於太陽能電池表面的抗反射層 (antireflection layer)，進行多孔矽應用於抗反射層的研究。傳統抗反射層多以氮化矽做為表面鈍化 (surface passivation)，減少載子在表面的再結合損失，或是以 KOH (potassium hydroxide) 等鹼性溶液，製造隨機排列的金字塔型結構，提高光吸收率。根據文獻 [2, 3] 指出多孔矽在抗反射層與氮化矽或 KOH 鹼性溶液製造的金字塔型結構比較，多孔矽在抗反射層其效果更加佳；主要原因是多孔矽表面會因蝕刻產生 Si-Hx 鍵結，有助於表面鈍化，以及多孔矽有極大的表面積/體積比，使得多孔矽在抗反射層方面有極佳的表現。

## 二、實驗過程

我們使用 N 型矽基板  $\langle 100 \rangle$ ，電阻率 3-40 $\Omega$ -cm。將樣本切割為 1.5\*1.5 cm<sup>2</sup> 大小，然後進行清洗，將基板依序浸泡於丙酮、異丙醇中，以超音波震盪 10 分鐘，來分別除去有機物和有油脂接著以去離子水 (DI water) 沖洗 10 分鐘以清洗殘留的異丙醇。最後以 HF:H<sub>2</sub>O=1:5 的溶液浸泡 30 秒以去除表面的原生氧化層 (native oxide)，然後以去離子水 (deionized water) 沖洗 10 分鐘以去除殘留的 HF 接著在以氮氣槍吹乾基板。將基板置入熱蒸鍍機，基板背面鍍上鋁金屬 3000Å 厚度，接著將樣品放入快速升溫退火系統 (rapid thermal annealing) 進行退火 (annealing)，以形成歐姆電極 (ohmic contact)。然後進行光電化學蝕刻，將鍍上背電極的樣品置於銅片與 O 型環之間，以 HF:H<sub>2</sub>O:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH=1:1:2 的蝕刻液，照射 50 W 鹵素燈，電流密度 5 至 40 mA/cm<sup>2</sup>，進行蝕刻 15 分鐘後，形成面積為 0.95 cm<sup>2</sup> 大小的多孔矽，最後將樣品固定在金屬光罩之下，置入熱蒸鍍機鍍上鋁 1500Å 厚度形成正面電極，這樣元件製作就完成了。在電性方面，則是使用半導體參數分析儀 HP4155A 來測量其電流-電壓，而表面結構的觀察我們則需要掃描式電子顯微鏡，至於反射率則是用分光光度計進行分析。

## 三、結果與討論

圖 1、圖 2 中可清楚看出多孔矽的剖面及表面圖，蝕刻電流密度 5 mA/cm<sup>2</sup> 時多孔矽的孔洞約 1  $\mu$ m 大小及蝕刻深

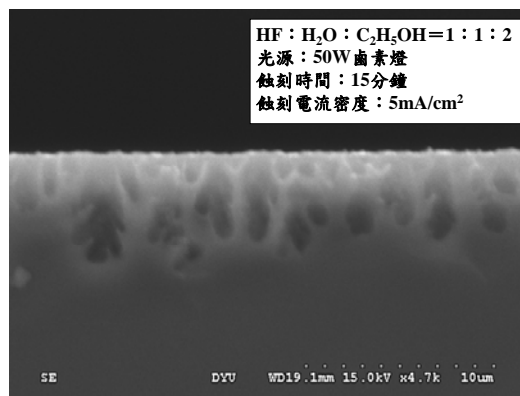


圖 1. 多孔矽剖面的 SEM 圖

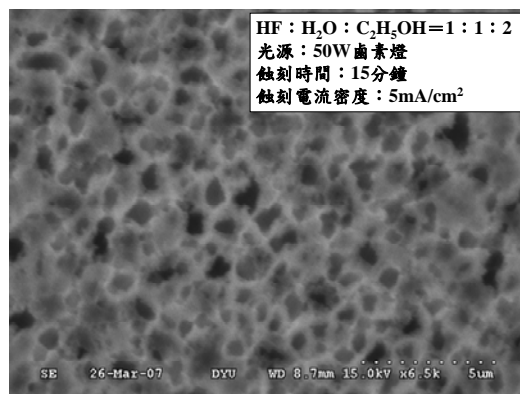


圖 2. 多孔矽表面的 SEM 圖

度約 5  $\mu$ m。圖 3 蝕刻電流密度與深度及孔隙率的比較，當蝕刻電流密度越大時深度越深而孔隙率越小，可得知孔隙率與深度成反比。圖 4 Al/PS (porous silicon) /N-Si/Al 元件的 IV 特性圖，由 IV 特性圖我們可以得到 Al/PS/N-Si/Al 元件的接面為整流特性可用蕭特基二極體解釋 [1]。圖 5 蝕刻電流密度與能障高度及整流比的比較，本實驗中蝕刻電流密度越大時其能障高度越大，在蝕刻電流密度 40 mA/cm<sup>2</sup> 的整流比 8185.22 為良好整流特性。圖 6 蝕刻電流密度與響應率及光暗電流比的比較，當蝕刻電流密度越大時響應率及光暗電流比也越小，在蝕刻電流密度 5 mA/cm<sup>2</sup> 的光暗電流比達三個數量級。

圖 7 N-Si、P/N<sup>+</sup>傳統 KOH 蝕刻、PS/N-Si 反射率比較。未蝕刻前 N-Si 基板的反射率平均為 40%；P/N<sup>+</sup> 結構的基板經由 KOH 等鹼性溶液蝕刻後，製造隨機排列的金字塔型結構，得到的反射率平均為 5%；N-Si 基板經由光電化學蝕刻法，得到 PS/N-Si 的結構，量測反射率後，得到平均 1% 的

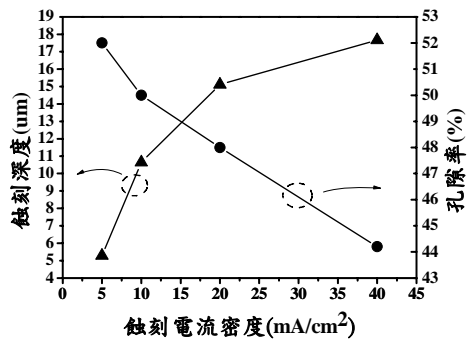


圖 3. 蝕刻電流密度與深度及孔隙率的比較

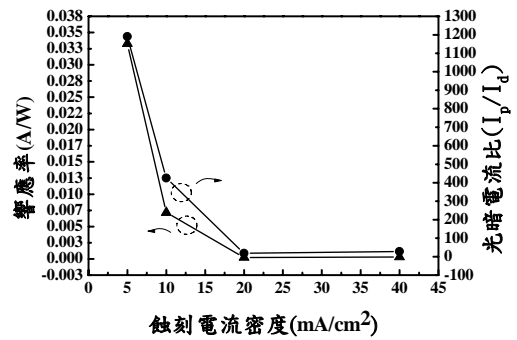


圖 6. 蝕刻電流密度與響應率及光暗電流比的比較

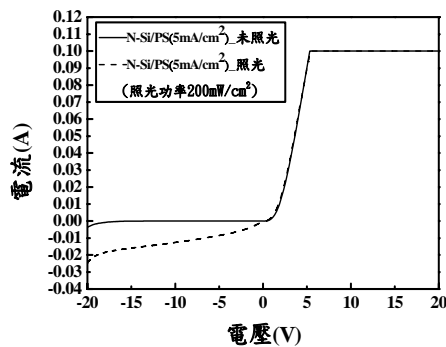


圖 4. Al/PS/N-Si/Al 元件的 IV 特性圖

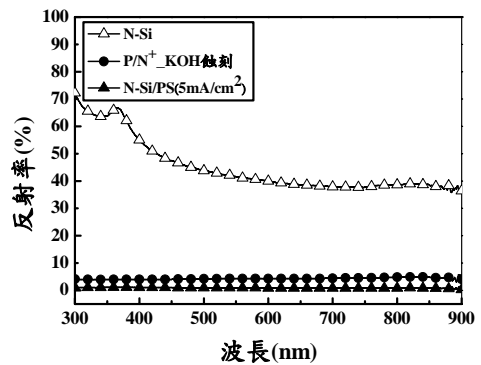


圖 7. N-Si、P/N<sup>+</sup> 傳統 KOH 蝕刻、N-Si/PS 反射率比較

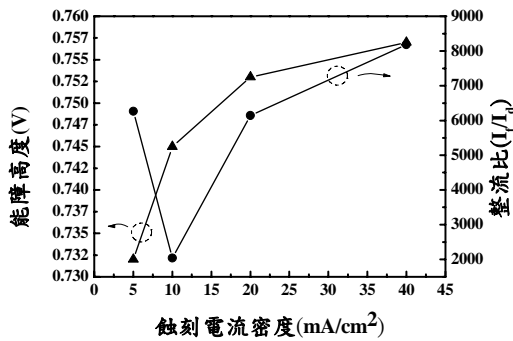


圖 5. 蝕刻電流密度與能障高度及整流比的比較

反射率。由此可得到多孔矽層在元件表面有良好的抗反射能力。

#### 四、結論

本實驗在室溫下利用光電化學蝕刻法成功地將多孔矽薄膜成長在矽基板上當作抗反射層，做成多孔矽-半導體結構，接著以鹵素燈照射，藉由 I-V 電性量測分析可發現光暗電流比達三個數量級，反射率量測分析可發現多孔矽層的反

射率平均為 1%，這樣顯示利用多孔矽薄膜做成的抗反射層，有良好的抗反射能力。

#### 參考文獻

1. Ben-Chorin, M., F. Möller and F. Koch (1995) Band alignment and carrier injection at the porous-silicon-crystalline-silicon interface. *Journal of Applied Physics*, 77(9), 4482-4488.
2. Kwon, J. H., S. H. Lee and B. K. Ju (2006) Effective light absorptive layer using mezo-porous silicon by electrochemical etching. *Japanese Journal of Applied Physics*, 45(4A), 2875-2880.
3. Rabha, M. B. and M. F. Boujmil, N. Meddeb, M. Saadoun and B. Bessaïs (2006) Front buried metallic contacts and thin porous silicon combination for efficient polycrystalline silicon solar cells. *Thin Solid Films*, 511-512, 108-111.

收件：96.12.17 修正：97.03.06 接受：97.04.10