

スパッタエピ成長 Si を光吸収層に用いた単結晶 Si 薄膜太陽電池

Single Crystalline Si Thin Film Solar Cells Having Sputtering Epi-Grown Si

As a Light Absorbing Layer

島根大 総合理工¹, ○建部 恭平¹, 早田 恭平¹, 葉 文昌¹Shimane Univ.¹ ○Kyohei Tatebe¹, Kyohei Hayata¹, Wenchang Yeh¹E-mail: s129615@matsu.shimane-u.ac.jp

【はじめに】我々はこれまで DC スパッタエピ成長法で、成長温度 175℃ で (100)Si 基板上に膜厚 10μm 以上の Si 厚膜を実現できることを示してきた[1]。また本方法で n⁺ エミッタを形成した単結晶 Si 太陽電池も実現できた[2]。しかし本方法での光吸収層への適用はまだ示されていない。本研究では、初めて本方法で光吸収層を形成した Si 薄膜太陽電池を試作した結果について発表する。

【実験方法】薄膜 Si 太陽電池の作製プロセスを図 1 に示す。DC スパッタにより抵抗率 $2.0 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ の鏡面研磨 (100)p⁺-Si 基板上に i-Si (抵抗率 $0.55 \Omega\text{cm}$) 及び n⁺-Si 膜 (抵抗率 $4.7 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$) を真空中で連続エピ成長した。膜厚はそれぞれ 1000 nm と 300 nm であった。ここで基板の予備加熱温度は 310 °C とした。続いて反射防止膜として SiN_x:H 膜を反応性パルス DC スパッタにより室温で堆積した[3]。膜質改善のために 900 °C でフォーミングガスアニールを 30 分間行った後に、表面くし形 Ag 電極と裏面全面 Al 電極を続けてスクリーン印刷した。大気中で 780 °C で 58 秒間焼結し、表面 Ag 電極の n⁺ エミッタへのコンタクトと裏面 p⁺BSF 層の形成を行った。ここで太陽電池の受光面積は 0.25 cm² であった。AM1.5 模擬太陽光 (Class B) を照射して IV 特性を測定した。

【実験結果】図 2 に太陽電池特性を示す。V_{oc}=0.47 V, J_{sc}=8.84 mA/cm², FF=59 %, η=2.47 %, が得られた。V_{oc} が 0.47 V と低い理由は 900℃アニールによりエミッタ層の表面濃度が下がってしまった為であり、これはプロセスにより解決可能である。一方で J_{sc} に関しては反射スペクトルと太陽光スペクトルを考慮して見積もった 1300nm 厚の Si 膜が発生できる最大電流密度は 10.2 mA/cm² であったのに対して本研究では 8.84 mA/cm² と高い値が得られた。これはスパッタエピ Si 膜の膜質の良さを示しており、本方法の太陽電池応用へのポテンシャルを示す結果である。

【参考文献】[1] 葉ら, Electrochem. Solid State Lett., 12H67, 2009

[2] 葉ら, 電子情報通信学会技術研究報告.SDM, シリコン材料・デバイス 111(2011)31

[3] 葉ら, AM-FPD'10, 235-238

【謝辞】本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業 ALCA の一環として行われたものである。

1. 半導体層の形成

DC スパッタにて i, n⁺-Si エピ膜を連続堆積

n ⁺ -Si(300 nm)
i-Si(1000 nm)
p ⁺ -Si 基板(525 μm)
抵抗率: $2.0 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$

2. パッシベーション

反応性パルス DC スパッタにて SiN_x:H を堆積

SiN _x :H(100 nm)
n ⁺ -Si(300 nm)
i-Si(1000 nm)
p ⁺ -Si 基板(525 μm)
抵抗率: $2.0 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$

3. フォーミングガスアニール

フォーミングガス雰囲気 @ 900 °C, 30 min

4. 電極スクリーン印刷

表: くし型 裏: 全面

Ag
SiN _x :H(100 nm)
n ⁺ -Si(300 nm)
i-Si(1000 nm)
p ⁺ -Si 基板(525 μm)
抵抗率: $2.0 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$
Al

5. 焼結

大気雰囲気 @ 780 °C, 58 s

表: SiN_x:H を貫通 裏: BSF 形成

Ag
SiN _x :H(100 nm)
n ⁺ -Si(300 nm)
i-Si(1000 nm)
p ⁺ -Si 基板(525 μm)
抵抗率: $2.0 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$
p ⁺
Al

図 1 太陽電池作製プロセス

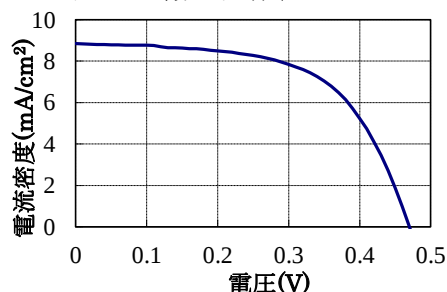


図 2 太陽電池特性