

Si 基板前処理が p-BaSi₂/n-Si ヘテロ接合太陽電池特性に与える効果

Effect of Si substrate pretreatment on the performance of p-BaSi₂/n-Si solar cells

筑波大¹, °山下 雄大¹, 高部 涼太¹, 都甲 薫¹, 末益 崇¹

Univ. Tsukuba¹, °Yudai Yamashita¹, Ryota Takabe¹, Kaoru Toko¹, Takashi Suemasu¹

E-mail: bk201311068@s.bk.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】

我々は薄膜太陽電池の新材料として BaSi₂ に注目している。BaSi₂ の禁制帯幅は $E_g=1.3$ eV と太陽電池に適した値であり、光吸収係数は 1.5 eV の光子エネルギーに対して $\alpha=3\times 10^4$ cm⁻¹、少数キャリア拡散長は約 10 μ m とどちらも薄膜太陽電池として十分大きい^[1,2]。さらに過去の研究において a-Si で表面パッシベーションを施すことで少数キャリア寿命が 10 μ s に向上する^[3]。これらを踏まえて p-BaSi₂/n-Si ヘテロ接合太陽電池を作製し、変換効率 9.9 % を達成した^[4]。しかし、開放電圧は 0.4 V 程度と依然小さい。最近の研究で、p-BaSi₂/n-Si の界面に転位が存在することが分かった。本研究では、Si 基板表面の酸化膜除去時の加熱により Si 基板表面に生じる step-bunching に注目し、その抑制と太陽電池特性の関係を調べた。

【実験】

MBE 装置を用いて Cz-n-Si(111)基板($\rho = 1 - 4$ $\Omega\cdot$ cm)上に p-BaSi₂ を 100 nm エピタキシャル成長することで p-BaSi₂/n-Si ヘテロ接合太陽電池を作製した。p-BaSi₂ のホール密度は、 2.0×10^{18} cm⁻³ である。表面には *in-situ* で 3 nm の a-Si 層を堆積した。更にスパッタ法を用いて表面には直径 1 mm、厚さ 80 nm の ITO 電極、裏面には Al 電極を作製した。本研究では、保護酸化膜を HF で除去し、基板の前処理であるサーマルクリーニング(TC)の基板温度を 650–900 °C と変えた。また、保護酸化膜を残したまま、TC 時に Si(1 nm)膜を堆積する Si アシスト法も行なった^[5]。結晶性評価には RHEED, XRD を用い、表面形状観察に AFM を用いた。また、太陽電池特性は AM1.5 条件下において直径 1 mm のマスクを用いて室温で測定した。

【結果・考察】

TC 時の基板温度を変えた試料作製後の AFM 像を Figure 1 に示す。900 °C での熱処理に比べ、HF 処理後の低温熱処理時、さらに、Si アシスト法でステップの凝集を抑制した平坦な基板表面が得られた。これは、TC の温度を 830 °C よりも低温化したことで、Si(111)1×1 面から 7×7 面への表面再構成が避けられたからであると考えられ

る^[6]。

Figure 2 に太陽電池特性を示す。処理方法によって V_{OC} が大きく変化する結果が得られた。HF 処理では、試料内の電極ごとのばらつきが大きい。これは HF 処理後真空チャンバー導入までの大気暴露時に、基板に C 源となるゴミが付着したためだと予想される。一方、Si アシストを行った試料では、試料の面内のバラツキが小さく、 V_{OC} , J_{SC} 共に良好な値が得られた。以上より、Si アシスト法が、酸化膜除去として適しているといえる。

[1] K. Toh *et al.*, Jpn J. Appl. Phys. **50** (2011) 068001.

[2] M. Baba *et al.*, J. Cryst. Growth **348** (2012) 75.

[3] R. Takabe *et al.*, J. Appl. Phys. **115** (2014) 193510.

[4] S. Yachi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **109** (2016) 072103.

[5] M. Tabe *et al.*, Jpn J. Appl. Phys. **21** (1982) 3.

[6] Lin *et al.*, J. Appl. Phys. **84** (1998) 1.

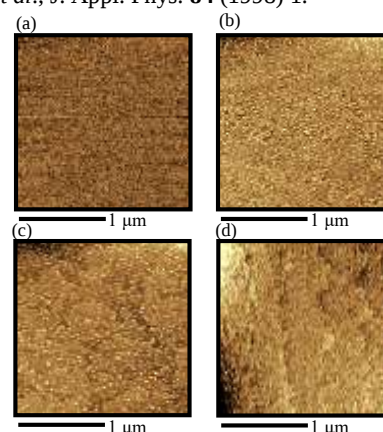


Fig. 1 AFM images of the Si surface taken after TC at (a) 650°C (HF), (b) 750°C (HF), (c) 800°C (HF) after HF treatment. (d) AFM image at $T_c=800^\circ\text{C}$ with a 1 nm Si layer (w/o HF).

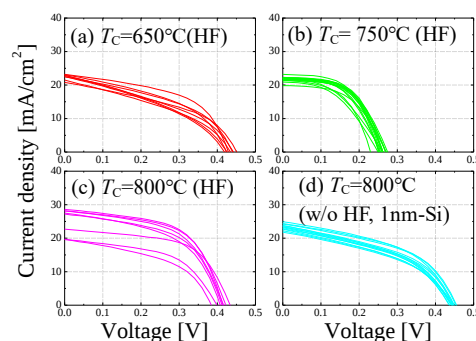


Fig. 2 J - V characteristics under AM1.5 illumination for samples treated differently. (a)–(d) are those obtained from the solar cells formed on Si substrates shown in Figs. 1(a)–(d), respectively.