

# B-doped p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si ヘテロ接合太陽電池へのポストアニール効果

## Effect of post annealing on B-doped p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si heterojunction solar cells

筑波大<sup>1</sup>, <sup>○</sup>成田 隼翼<sup>1</sup>, 山下 雄大<sup>1</sup>, 青貫 翔<sup>1</sup>, 都甲 薫<sup>1</sup>, 末益 崇<sup>1</sup>

Univ. Tsukuba<sup>1</sup>, <sup>○</sup>Shunsuke Narita<sup>1</sup>, Yudai Yamashita<sup>1</sup>, Sho Aonuki<sup>1</sup>, Kaoru Toko<sup>1</sup>, Takashi Suemasu<sup>1</sup>

E-mail: s2120288@s.tsukuba.ac.jp

**【背景・目的】** 薄膜太陽電池の新材料として BaSi<sub>2</sub> に注目した。BaSi<sub>2</sub> は地殻中に豊富に存在する元素で構成される半導体であり、禁制帯幅 (1.3 eV) が太陽電池に適している<sup>1)</sup>。また、BaSi<sub>2</sub> は大きな光吸収係数 ( $3 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$  @ 1.5 eV) と優れた少数キャリア拡散長 (10 μm) を有しており、低コストかつ高効率な薄膜太陽電池材料として期待される<sup>1)</sup>。太陽電池応用に向けて、p-BaSi<sub>2</sub> 光吸収層の高品質化が非常に重要である。従来の BaSi<sub>2</sub> 太陽電池の光吸収層には undoped BaSi<sub>2</sub> に比べ安定して p 型伝導を示し、より高い分光感度を示す B-doped p-BaSi<sub>2</sub> を用いる<sup>2)</sup>。近年、B-doped p-BaSi<sub>2</sub> 膜に高温のポストアニールを施すと、分光感度が向上した<sup>3)</sup>。本研究では、ポストアニール処理を B-doped p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si ヘテロ接合太陽電池に応用し、太陽電池特性の向上を目的とした。

**【実験】** MBE 法により Si 基板上に B-doped BaSi<sub>2</sub> 膜をエピタキシャル成長させた。まず、Ba のみを供給する RDE 法により、加熱した Si(111) 基板 ( $\rho = 1 - 4 \text{ } \Omega\text{cm}$ ) 上に BaSi<sub>2</sub> テンプレート層を作製した。その後 Ba、Si、B を同時供給する MBE 法により、B-doped BaSi<sub>2</sub> 膜を堆積した。B-doped BaSi<sub>2</sub> 膜の膜厚を変換効率が最大となる 20 nm に設定した<sup>4)</sup>。さらに表面パッシベーションとして a-Si のキャッピング層を 3 nm 堆積した。その後、RTA 装置を用いて、Ar 雰囲気中でポストアニールを行った。アニール温度を 1000 °C に昇温し、アニール時間  $t_a$  を 15 s - 5 min に設定し、高温ポストアニールを行った。本研究では、これらの試料に対して、太陽電池測定と AFM を用いて評価した。

**【結果・考察】** Fig. 1 に太陽電池測定の結果を示す。 $t_a = 30 \text{ s} - 5 \text{ min}$  の試料はアニール後の開放電圧が大きくなり、変換効率が最大 5.0% に達した。これは、非熱処理時に比べ約 2.5 倍の値であり、ポストアニールによってキャリア分離を促進したといえる。一方で、 $t_a = 15 \text{ s}$  の試料は、変換効率が減少した。Fig. 2 に AFM 像を示す。 $t_a = 30 \text{ s}$  の試料は表面様態に大きな変化はなかった。一方、 $t_a = 5 \text{ min}$  の試料表面には BaSi<sub>2</sub> 膜の剥離箇所が見られた。これより、ポストアニールによって BaSi<sub>2</sub> 膜の膜質が向上し太陽電池特性が向上したが、30 s 以上の加熱では、BaSi<sub>2</sub> 膜の剥離により表面様態が劣化し、太陽電池特性が低下したと考えられる。しかし、 $t_a = 5 \text{ min}$  の試料でも非熱処理時に比べて太陽電池特性が向上したことから、表面様態以上にポストアニールが大きな効果を有しているといえる。

### 【参考文献】

- 1) T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 023001 (2017).
- 2) K. Kodama *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 041005 (2019).
- 3) S. Narita *et al.*, Journal of Crystal Growth **578**, 126429 (2022).
- 4) S. Yachi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 05DB03 (2017).

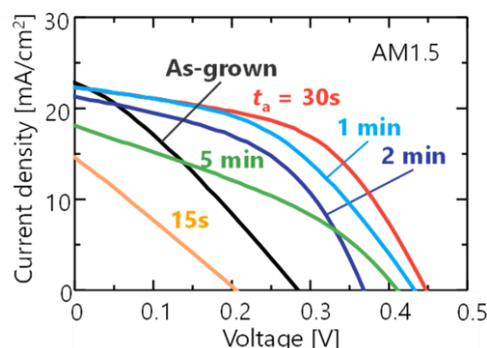


Fig.1 J-V characteristics of B-doped p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si heterojunction solar cells annealed at various  $t_a$  in the range from 15 s to 5 min measured under AM1.5 illumination at RT.

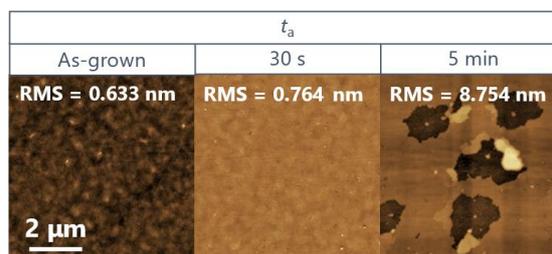


Fig.2 AFM images of as-grown B-doped p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si heterojunction solar cells and those annealed at  $t_a = 15 \text{ s}$  and 5 min.