

ポストアニールが B-doped p-BaSi₂ 膜の分光感度特性に与える影響

Effect of post annealing on photoresponsivity of B-doped p-BaSi₂ films

筑波大¹, °成田 隼翼¹, 山下 雄大¹, 青貫 翔¹, 都甲 薫¹, 末益 崇¹

Univ. Tsukuba¹, °Shunsuke Narita¹, Yudai Yamashita¹, Sho Aonuki¹, Kaoru Toko¹, Takashi Suemasu¹

E-mail: s1711043@s.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】 薄膜太陽電池の新材料として BaSi₂ に注目している。BaSi₂ 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) も太陽電池に適している¹⁾。また、BaSi₂ 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ている¹⁾。太陽電池応用に向けては、p 型 BaSi₂ 光吸収層の高品質化が非常に重要である。現在作製する太陽電池の光吸収層には undoped BaSi₂ 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-BaSi₂ が用いられている^{2,3)}。また近年、undoped BaSi₂ に高温のポストアニールを施すと、分光感度が劇的に向上することが明らかになった³⁾。本研究では、ポストアニール処理を B-doped p-BaSi₂ に応用し、その分光感度を更に向上させることを目的とした。

【実験】 本研究では、MBE 法により Si 基板上に B-doped BaSi₂ 膜をエピタキシャル成長させた。まず、加熱した Si(111) 基板 ($\rho < 0.01 \text{ } \Omega\text{cm}$) 上に Ba のみを供給する RDE 法により、BaSi₂ 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 BaSi₂ 膜を 500 nm 堆積した。本研究では、MBE 時の Ba/Si 堆積レート比を先行研究で分光感度が最大値を示した 0.4 に設定した。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。2 つの試料を重ねて配置することで、アニール時の酸化および焦げを抑制した。まず、水分の蒸発を目的として 200 °C で 30 分間のプレアニールを行い、その後、アニール温度 T を 900 – 1000 °C に昇温し、2 分間の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、分光感度測定及び PL 測定を用いて評価した。

【結果・考察】 Fig. 1 に分光感度スペクトルを示す。アニール温度の上昇とともに分光感度は増大し、 $T = 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$ のとき、最大で 3.3 A/W に達した。これは非熱処理時に比べ約 11 倍の値であり、undoped BaSi₂ 同様、ポストアニールが分光感度向上に有効であることがわかった。Fig. 2 に各試料の PL スペクトルを示す。点線で示すように、BaSi₂ 中の欠陥準位を起源とした 4 つの信号が確認され、これらの信号強度は、アニール温度の上昇とともに増加した。ポストアニールにより非発光の欠陥準位が減少し、発光を伴う電子の遷移が顕著になったといえる。したがって、光学特性に悪影響を及ぼすのは非発光の局在準位であり、ポストアニールはそのような準位を形成する欠陥を減少させる効果があると予想される。今後、欠陥が減少する物理的な理由が明らかになれば、さらなる高品質化が期待できる。

【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. Sugiyama *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **59**, SFFA04 (2020).
- 4) Y. Haku *et al.*, Appl. Phys. Express, submitted.

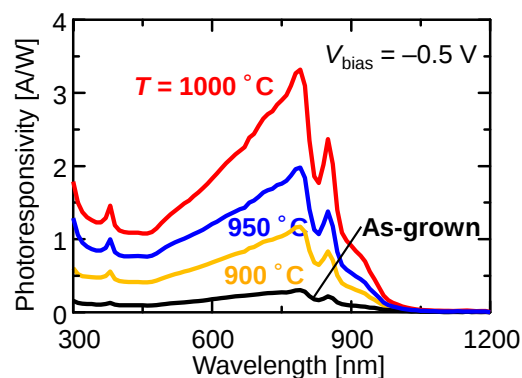


Fig. 1 Photoresponse spectra for B-doped BaSi₂ with different post annealing temperature.

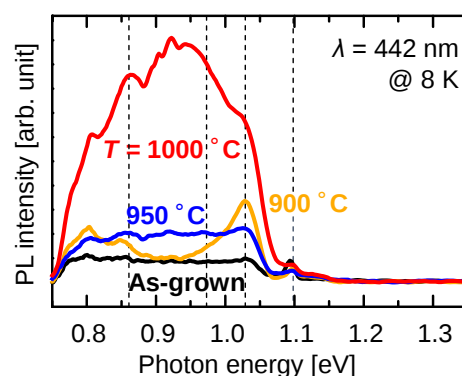


Fig. 2 PL spectra for B-doped BaSi₂ with different post annealing temperature.