

undoped BaSi₂ の光学特性におけるポストアニール条件が及ぼす影響Influence of post annealing conditions on optical properties of undoped BaSi₂ films筑波大¹, °伯ゆりか¹, 佐藤拓磨¹, 山下雄大¹, 都甲薫¹, 末益崇¹Univ. of Tsukuba¹, °Yurika Haku¹, Takuma Sato¹, Yudai Yamashita¹, Kaoru Toko¹, Takashi Suemasu¹

E-mail: s1920333@u.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 は太陽電池に適した禁制帯幅 $E_g = 1.3$ eV を持ち、少数キャリア拡散長は $L_h \sim 10$ μm 、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} と、どちらも薄膜太陽電池として十分大きい値を有する^[1]。undoped BaSi₂ では、基板温度 T_s を 580 $^{\circ}\text{C}$ のとき、Ba と Si の堆積レート比 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ が 2.2 で分光感度が最大となった^[2]。また、 $T_s = 650$ $^{\circ}\text{C}$ に上昇させると $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}} = 1.2$ で分光感度は最大となり、 $T_s = 580$ $^{\circ}\text{C}$ の約 3 倍となった^[3]。これは T_s を上昇させることで BaSi₂ 膜中の Si 微結晶の形成が抑制され、BaSi₂ 中で最も形成しやすい Si 空孔^[4]を埋めたことが原因であると考えられている。さらに、BaSi₂ にアニール温度 T を 1000 $^{\circ}\text{C}$ 、アニール時間 t_a を 5 分の条件でポストアニールを施すとキャリア寿命は As-grown の 2 倍になったと報告されている^[5]。そこで本研究では、ポストアニールの条件を変えることで、光学特性を向上させることを目的とした。

【実験方法】

Cz-n⁺-Si(111)基板上に $T_s = 650$ $^{\circ}\text{C}$ 、 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}} = 1.2$ で成長した undoped BaSi₂ 膜(480 nm)を RTA 装置により Ar 雰囲気中で加熱した。まず 200 $^{\circ}\text{C}$ で 20 分間のプレアニールにより BaSi₂ 中の水分を蒸発させた。その後、 $T = 600, 800, 1000$ $^{\circ}\text{C}$ 、 $t_a = 30$ 秒, 2 分, 5 分に変調させてポストアニールを行った。本研究では、ポストアニール前後での室温における分光感度特性の変化を評価した。また、各試料を 8 K まで冷却し、He-Cd レーザー (442 nm)で励起して PL スペクトルを測定した。さらに、XRD とラマン分光法を用いて結晶性の評価を行った。

【結果・考察】

Fig. 1 に As-grown と $t_a = 5$ min に固定し、 $T = 600 - 1000$ $^{\circ}\text{C}$ に変調してポストアニールを施した試料における分光感度スペクトルを示す。 $T = 600$ $^{\circ}\text{C}$ では、As-grown より分光感度は悪化した、 $T \geq 800$ $^{\circ}\text{C}$ では分光感度が向上した。 $T = 1000$ $^{\circ}\text{C}$ では、As-grown の約 13 倍の分光感度を達成した。Fig. 2 に As-grown と $t_a = 5$ min に固定し、 $T = 600 - 1000$ $^{\circ}\text{C}$ に変調してポストアニールを施した試料における PL スペクトルを示す。 $T \leq 800$ $^{\circ}\text{C}$ では As-grown よりピークが小さくなったが、 $T = 1000$ $^{\circ}\text{C}$ では 1.0 eV 付近に大きなピークが見られた。以上より、 $T = 1000$ $^{\circ}\text{C}$ でのポストアニールによりバンドギャップ内における複数の欠陥準位が減り、キャリアの再結合が低減したことで分光感度が向上したと考えられる。

【参考文献】

- [1] T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 023001 (2017).
- [2] R. Takabe et. al., J. Appl. Phys. **123**, 045703 (2018).
- [3] Y. Yamashita et. al., Appl. Phys. Express **12**, 055506 (2019).
- [4] M. Kumar et. al., J. Mater. Chem. A **5**, 25293 (2017).
- [5] T. Suhara et. al., Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 05DB05 (2017).

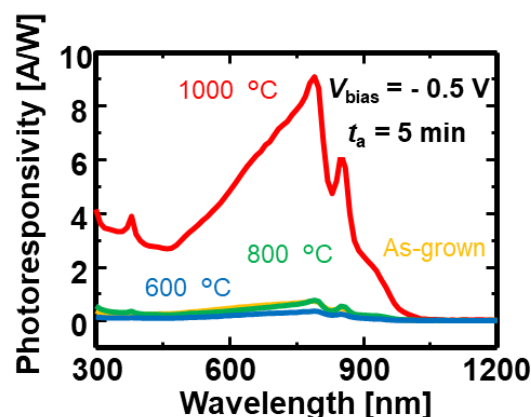


Fig. 1 Photoresponse spectra of undoped BaSi₂ post annealed for 5 minutes under a bias voltage of -0.5 V.

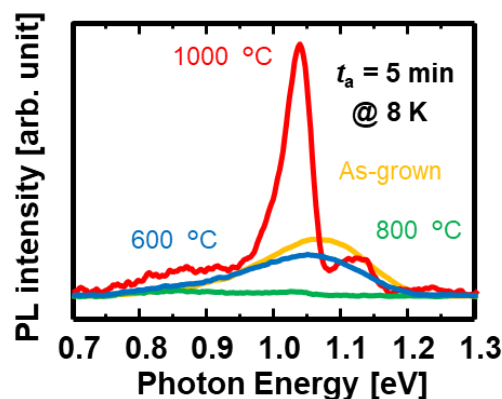


Fig. 2 PL spectra of undoped BaSi₂ post annealed for 5 minutes.