

## ポストアニール条件と undoped BaSi<sub>2</sub> 膜における光学特性の関係

### Relationship between post annealing conditions and optical properties of undoped BaSi<sub>2</sub> films

筑波大<sup>1</sup>, °伯ゆりか<sup>1</sup>, 山下雄大<sup>1</sup>, 都甲薫<sup>1</sup>, 末益崇<sup>1</sup>

Univ. of Tsukuba<sup>1</sup>, °Yurika Haku<sup>1</sup>, Yudai Yamashita<sup>1</sup>, Kaoru Toko<sup>1</sup>, Takashi Suemasu<sup>1</sup>

E-mail: s1920333@u.tsukuba.ac.jp

#### 【背景・目的】

薄膜太陽電池の新材料として BaSi<sub>2</sub> に注目している。BaSi<sub>2</sub> 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  $L_h \sim 10$   $\mu\text{m}$ 、光吸収係数は  $1.5$  eV の光子エネルギーに対して  $\alpha = 3 \times 10^4$   $\text{cm}^{-1}$  と、どちらも薄膜太陽電池として十分大きい値を有する<sup>[1]</sup>。undoped BaSi<sub>2</sub> 膜では、基板温度  $T_s = 580$  °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<sup>[2]</sup>。また、 $T_s = 650$  °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、 $T_s = 580$  °C の約 3 倍となった<sup>[3]</sup>。これは  $T_s$  を上昇させることで BaSi<sub>2</sub> 膜中の Si 微結晶の形成が抑制され、BaSi<sub>2</sub> 中で最も形成しやすい Si 空孔<sup>[4]</sup>を埋めたことが原因であると考えられている。さらに、真空蒸着法で成長した BaSi<sub>2</sub> に真空中でアニール温度  $T = 1000$  °C、アニール時間  $t_a = 5$  min 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 倍になったことが報告されている<sup>[5]</sup>。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<sup>+</sup>-Si(111)基板 ( $\rho < 0.01$   $\Omega\text{cm}$ ) 上に  $T_s = 650$  °C、 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}} = 1.2$  でエピタキシャル成長した undoped BaSi<sub>2</sub> 膜(480 nm)を RTA 装置により Ar 雰囲気中で加熱した。まず 200 °C で 30 分間のプレアニールにより BaSi<sub>2</sub> 中の水分を蒸発させた。その後、 $t_a = 5$  min、 $T = 850, 900, 950, 1000$  °C 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分光感度特性の変化を評価した。また、ホール測定により電気特性を評価し、キャリア密度を算出した。加えて、 $\theta$ -2 $\theta$  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  $T = 850 - 1000$  °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。全ての試料において、ポストアニール後に分光感度が向上した。 $T = 1000$  °C では、As-grown の約 6 倍の分光感度を達成した。Fig. 2 にキャリア密度の  $T$  依存性を示す。全ての試料において p 型を示した。アニール温度の上昇に伴い、ホール密度は小さくなった。これは、キャリア密度が小さくなると光生成したキャリアとの再結合が減少し、少数キャリア寿命が向上したことで、分光感度が大きくなったと考えられる。また、高温でアニールを行うと Si が拡散し、Si 空孔が減少するため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).

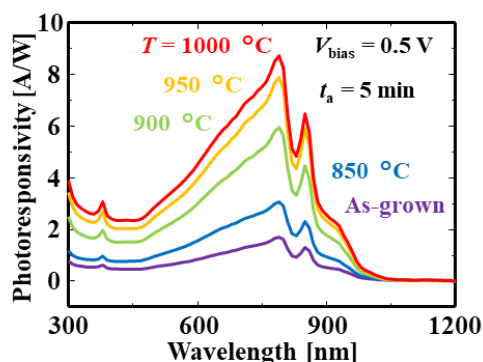


Fig. 1 Photoresponse spectra of undoped BaSi<sub>2</sub> films with various  $T$  post annealing for 5 minutes under a bias voltage of 0.5 V.

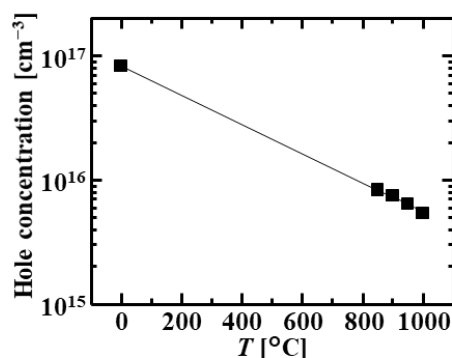


Fig. 2  $T$  dependence of hole concentration of undoped BaSi<sub>2</sub> films.