

スパッタ法による $\text{BaSi}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ ヘテロ接合型太陽電池の作製Fabrication of $\text{BaSi}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ heterojunction solar cells by sputtering筑波大学¹, 東ソー株式会社²,○佐藤 匠¹, Du Rui¹, 林 洸希¹, 幸田 陽一朗², 召田 雅実², 都甲 薫¹, 末益 崇¹Univ. Tsukuba¹, Tosoh Corporation²○T. Sato¹, R. Du¹, K. Hayashi¹, Y. Koda², M. Mesuda², K. Toko¹, T. Suemasu¹,E-mail: s2320276@u.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】

本研究では新規薄膜太陽電池材料として BaSi_2 に注目している。 BaSi_2 は豊富な元素で構成され、太陽電池の理想値に近いバンドギャップ(E_g)、大きな光吸収係数と優れた少数キャリア特性を併せ持つ^[1, 2]。また、先行研究では Ba 及び BaSi_2 ターゲットの同時スパッタ法により Ba/Si の組成比を制御し、高品質な undoped n- BaSi_2 光吸収層の形成に成功した^[3, 4]。 BaSi_2 の電子親和力は 3.2 eV であり、Si の 4.0 eV よりも小さいため、図 1 に示すように Si が ETL として機能すると予想される。したがって、高品質の BaSi_2 吸収層/ $\text{n}^+\text{-Si}$ 上に HTL を形成することにより、 BaSi_2 薄膜太陽電池を作製することができる(図 1)。しかし、このようなヘテロ接合とその太陽電池動作は実現されていない。本研究の目的は、スパッタ法で $\text{n}^+\text{-Si}$ 上に高い分光感度を有する BaSi_2 膜を堆積し、太陽電池を作製することである。

【実験】

CZ- $\text{n}^+\text{-Si}$ (111)基板($\rho < 0.01 \Omega \text{ cm}$)上に膜厚 350 nm の BaSi_2 膜を Ba ターゲットと BaSi_2 ターゲット(東ソー(株)製)の同時スパッタ法により堆積した。堆積時には基板温度を 600 °C と 750 °C に、Ar ガス圧力を 0.5 Pa、 BaSi_2 と Ba の堆積レート比 $R_{\text{BaSi}_2}/R_{\text{Ba}}$ を 5.8 に設定した。 BaSi_2 膜の堆積後、酸化防止のため *in situ* で a-SiC キップ層を 3 nm 堆積した。最後に、試料表面に直径 1 mm、厚さ 80 nm の ITO 電極を、裏面に厚さ 150 nm の Al 電極を堆積した。作製した試料の構造を Fig. 2 に示す。

【結果・考察】

Fig. 3 にバイアス電圧 0.5 V 印加時の分光感度スペクトルを示す。750 °C の試料の分光感度は 600 °C の試料よりもはるかに高く、 BaSi_2 の E_g に対応する 1000 nm 付近の波長で増加し始めた。この結果は、高い成長温度が分光感度を著しく向上させ、 BaSi_2 膜中の光生成キャリアがバイアス電圧によって取り出されたことを示している。また、分光感度は波長 790 nm で 15.4 A W^{-1} に達した。この値は MBE 法を含む undoped BaSi_2 膜において最高値である。Fig. 4 に 750 °C の試料の AM1.5G 下での J - V 特性を示す。スパッタ法による undoped $\text{BaSi}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ ヘテロ接合型太陽電池の動作を初めて実証した。本構造上に HTL 層を積めば、光生成キャリアの分離を著しく高め、変換効率が向上すると考えられる。

【参考文献】

- [1] T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D **50**, 023001 (2017).
- [2] T. Suemasu and D.B. Migas, Phys. Status Solidi A **219**, 2100593 (2022).
- [3] K. Kido *et al.*, Thin Solid Films. **758**, 139426 (2022).
- [4] R. Koitabashi *et al.*, AIP Adv. **12**, 045120 (2022).

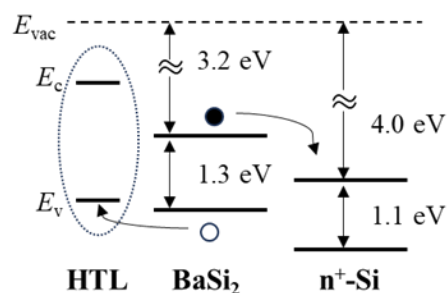


Fig. 1 Band alignment of HTL/ $\text{BaSi}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ with respect to the vacuum level E_{vac} .

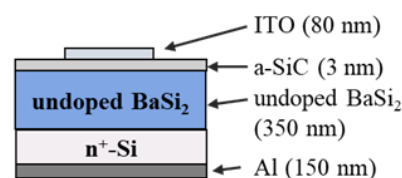


Fig. 2 Schematics of the fabricated undoped $\text{BaSi}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ heterojunction structure.

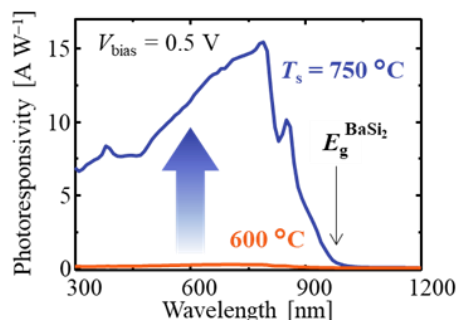


Fig. 3 Photoreponse spectra of the undoped $\text{BaSi}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ heterojunction solar cell under a bias voltage of 0.5 eV.

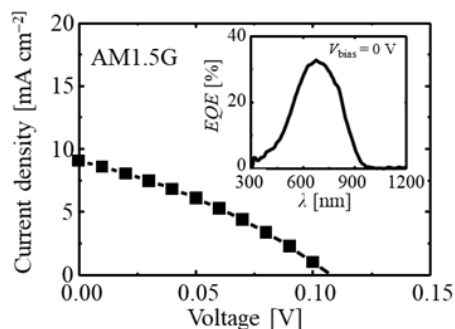


Fig. 4 J - V characteristics of the undoped $\text{BaSi}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ heterojunction solar cell under AM1.5G illumination.