RF スパッタ成長時における Ba/Si 堆積比がガラス基板上 BaSi2 膜に及ぼす影響 Impact of Ba/Si deposition rate ratios during RF sputtering on the characteristics of BaSi2 films on glass substrates 筑波大学¹,東ソー株式会社² ⁰小板橋嶺太¹,長谷部隼¹,召田雅実²,都甲薫¹,末益祟¹ Univ. Tsukuba¹, Tosoh Corporation² ^oR. Koitabashi¹, H. Hasebe¹, M. Mesuda², K. Toko¹, T. Suemasu¹ E-mail: s2020265@s.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】 我々は新規薄膜太陽電池材料として BaSi₂ に注目している。BaSi₂ は *E*_g が 1.3 eV と太陽電池の理想値に近く、間接遷移型半導体ながらも光吸収係数が 1.5 eV のエネルギーを有する光子 に対して、3×10⁴ cm⁻¹ と非常に大きな値を有する^[1]。今後、BaSi₂ 太陽電池の実用化を目指す上では、 高速堆積かつ大面積化が可能なスパッタ法を用いて、安価なガラス基板上への展開が必要である。 現在、スパッタ法による TiN 裏面電極/ガラス基板上の BaSi₂膜では Si 基板上エピタキシャル膜に匹敵 する分光感度を達成している^[2]。しかし、今後 BaSi₂ 太陽電池デバイスを作製する上では、BaSi₂ 膜の 伝導型制御や光吸収層の更なる高品質化が必須である。先行研究により BaSi₂ 膜は Ba/Si 堆積比を 変調することで、その伝導型や光学特性といった諸物性が変化することが報告されている^[3]。そこで本 研究では、ガラス基板上に Ba 及び BaSi₂ターゲットを同時スパッタすることで Ba/Si 堆積比を変調した BaSi₂ 膜を形成し、各種物性に与える影響を調査した。

【実験】本試料の作製工程を Fig. 1 に示す。スパッタ法によ りガラス基板上に TiN 裏面電極を 250 nm 堆積した後、BaSi2 膜を約 400 nm 堆積した。BaSi2のスパッタ時には基板温度を 600 °C、Ar ガス圧力を 0.5 Pa、BaSi2ターゲット(東ソー(株) 製)の RF-Power(P_{BaSi2})を 70 W に固定し、Ba ターゲットの RF-Power(P_{Ba})を 0 – 80 W で変調することで、Ba/Si 堆積比 を変えた。その後、各試料に *in situ* で a-Si キャップ層を 3 nm 堆積した。最後に光学特性評価のために、試料表面に直径 1 mm、厚さ 80 nm の ITO 電極をスパッタ堆積した。

【結果・考察】Fig. 2 に P_{Ba} を変調した薄膜のラマンスペクト ルを示す。全ての試料において BaSi₂由来の振動モードが明 瞭に検出され、BaSi₂の成長が確認された。一方で P_{Ba} =0,30 W 時に 516 cm⁻¹付近に Si_{TO}の信号が検出された。BaSi₂膜 内に Si 微結晶が形成したと考えられる。本結果は、低 P_{Ba} 時 は Si 過剰で BaSi₂膜が形成していることを示している。次に P_{Ba} を変調した BaSi₂膜の分光感度スペクトルを Fig. 3(a)に 示す。 P_{Ba} = 50 W の試料で 0.5 V 印加時に最大で 0.45 A/W に達し、この値は P_{Ba} = 0 W 時の約 5 倍に相当する。これは P_{Ba} の増加に伴い、BaSi₂膜の成膜レート(Ba の供給量)が増 加し(Fig. 3(b))、BaSi₂膜の組成がストイキオメトリに近づいた ためと考えられる。以上の結果から、Ba 及び BaSi₂ターゲッ トの同時スパッタにより、Ba/Si 組成比を制御し、BaSi₂膜の 特性改善が可能であることを実証した。

- [1] T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D 50, 023001 (2017).
- [2] R. Koitabashi et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 54, 135106 (2021).
- [3] R. Takabe et al., J. Appl. Phys. 123, 045703 (2018).



Fig. 1 schematic of sample preparation.



Fig. 2 Raman spectra of grown films at $P_{BaSi2} = 70$ W and $P_{Ba} = 0 - 80$ W.



Fig. 3 (a) Photoresponce spectra of grown films at $P_{\text{BaSi2}} = 70$ W and $P_{\text{Ba}} = 0 - 80$ W under a V_{bias} of 0.5 V, (b) Deposition rates of BaSi₂ films as a function of P_{Ba} .