

# 光学シミュレーションによる HTL/BaSi<sub>2</sub> 太陽電池の構造設計

## Modeling HTL/BaSi<sub>2</sub> solar cells by optical simulations



筑波大<sup>1</sup>, デルフト工科大学<sup>2</sup> <sup>○(DC)</sup>青貫 翔<sup>1</sup>, C. M. Ruiz Tobon<sup>2</sup>, R. Santbergen<sup>2</sup>,  
都甲 薫<sup>1</sup>, O. Isabella<sup>2</sup>, 末益 崇<sup>1</sup>

Univ. Tsukuba<sup>1</sup>, TU Delft<sup>2</sup>, <sup>○(DC)</sup>S. Aonuki<sup>1</sup>, C. M. Ruiz Tobon<sup>2</sup>, R. Santbergen<sup>2</sup>, K. Toko<sup>1</sup>,  
O. Isabella<sup>2</sup>, T. Suemasu<sup>1</sup>

E-mail: s2130091@s.tsukuba.ac.jp

### 【背景・目的】

本研究では薄膜太陽電池材料として BaSi<sub>2</sub> に注目した<sup>1)</sup>。BaSi<sub>2</sub> は資源が豊富な元素で構成する半導体であり、太陽電池に適した禁制帯幅 (1.3 eV) を有する。さらに、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  $\mu\text{m}$ ) を両立する。近年、pn-BaSi<sub>2</sub> 接合型太陽電池の初動作を実証したが、その変換効率は 0.28% と非常に小さい値にとどまる<sup>2)</sup>。これまでの研究により、光生成キャリアの輸送層に用いていた BaSi<sub>2</sub> 層による寄生光吸収が太陽電池の短絡電流密度を減少させることが明らかとなっている<sup>3)</sup>。本研究では、これまでに種々の太陽電池において動作を実証してきた様々な正孔輸送層 (HTL) 材料を検討し、光学シミュレーターによる HTL/n-BaSi<sub>2</sub> 太陽電池の設計を目的とした。

### 【実験】

デルフト工科大学が発明した光学シミュレーションソフト GENPRO4 を用いて HTL/n-BaSi<sub>2</sub> 太陽電池の光吸収スペクトルを計算した。本研究では、ITO(80 nm)/HTL/a-Si (3 nm)/undoped n-BaSi<sub>2</sub>(500 nm)/TiN(250 nm)/ガラス基板の太陽電池構造を採用した。p<sup>+</sup>-BaSi<sub>2</sub> を HTL に適用した場合は、BaSi<sub>2</sub> 膜の酸化を抑制するために a-Si/p<sup>+</sup>-BaSi<sub>2</sub>/n-BaSi<sub>2</sub> の構造を用いた。各層の n-k データを用いて光吸収スペクトルを計算した。

### 【結果・考察】

Fig. 1 (a), (b) に p<sup>+</sup>-BaSi<sub>2</sub>(20 nm) または MoO<sub>3</sub>(2 nm) の HTL を用いた構造における光吸収スペクトルを示す。BaSi<sub>2</sub> は 20 nm 以下の膜厚では全面被覆できず、漏れ電流の原因となる。先行研究では、MoO<sub>3</sub>(1.7 nm)/n-Si 太陽電池において 23.83% の変換効率を達成している<sup>4)</sup>。そこで、HTL に MoO<sub>3</sub> (2 nm) を用いると p<sup>+</sup>-BaSi<sub>2</sub> の寄生吸収が激減し、n-BaSi<sub>2</sub> での光電流密度は 29.1 mA cm<sup>-2</sup> に向上した。Fig.1 (c) に示すように、MoO<sub>3</sub> や V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, WO<sub>3</sub> を用いた構造において最大の光電流密度が得られたため、光学的観点から上記の酸化物が BaSi<sub>2</sub> 太陽電池に最適な HTL 材料と言える。

### 【参考文献】

- 1) T. Suemasu and D. B. Migas, Phys. Status Solidi A **219**, 2100593 (2022).
- 2) K. Kodama *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 041005 (2019).
- 3) Y. Yamashita *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **230**, 111181 (2021).
- 4) L. Cao *et al.*, Prog. Photovoltaics Res. Appl. **1** (2022).

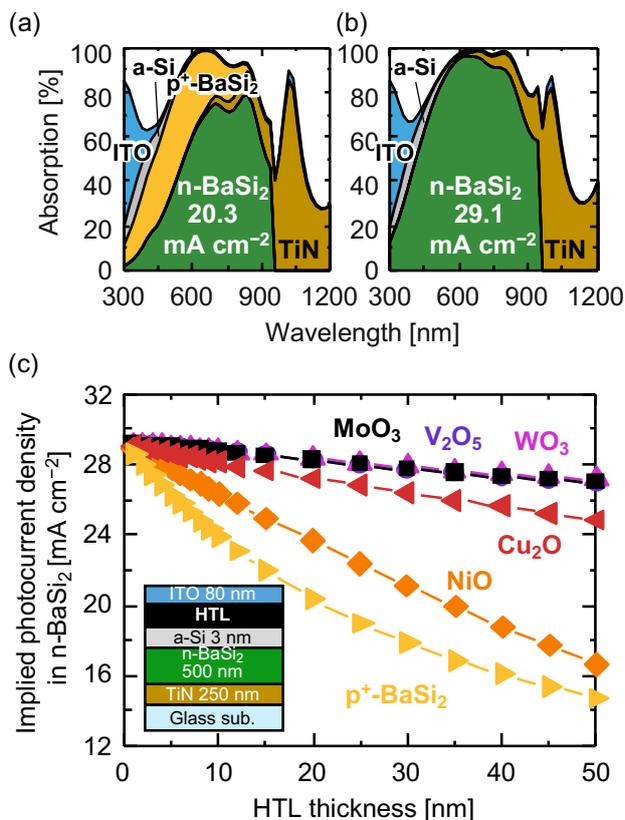


Fig. 1 Absorption spectra of (a) pn-BaSi<sub>2</sub> and (b) MoO<sub>3</sub>/n-BaSi<sub>2</sub> solar cells. The thickness of p<sup>+</sup>-BaSi<sub>2</sub> and MoO<sub>3</sub> are 20, 2 nm, respectively. (c) The HTL thickness dependence of implied photocurrent density in n-BaSi<sub>2</sub> layers contacted with several kinds of HTL materials.