## PL 法による p-BaSi2/n-Si ヘテロ接合太陽電池の B-doped p-BaSi2 層欠陥評価

Defect characterization of B-doped p-BaSi<sub>2</sub> layers in p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si

hetero junction solar cells by PL method

筑波大<sup>1</sup>, °杉山 稜汰<sup>1</sup>, 山下 雄大<sup>1</sup>, Tianguo Deng<sup>1</sup>, Zhihao Xu<sup>1</sup>, 都甲 薫<sup>1</sup>, 末益 崇<sup>1</sup>

Univ. Tsukuba<sup>1</sup>, °Ryota Sugiyama<sup>1</sup>, Yudai Yamashita<sup>1</sup>, Tianguo Deng<sup>1</sup>, Zhihao Xu<sup>1</sup>, Kaoru Toko<sup>1</sup>, Takashi Suemasu<sup>1</sup> E-mail: bk201411022@s.bk.tsukuba.ac.jp

## 【背景・目的】

我々は薄膜太陽電池の新材料として BaSi2 に 注目している。BaSi2 は Si, Ba といった豊富な元 素で構成され、禁制帯幅は Eg = 1.3 eV と太陽電 池に適している。また、光吸収係数は 1.5 eV の 光子に対して  $\alpha = 3 \times 10^4$  cm<sup>-1</sup>、少数キャリア拡散 長は約 10 µm とどちらも薄膜太陽電池として十 分大きい<sup>[1]</sup>。これらを踏まえて、p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si ヘテ ロ接合太陽電池で変換効率を獲得している<sup>[2]</sup>。更 なる高効率化には太陽電池内に存在する欠陥密 度を低減することが不可欠である。これまでに DLTS 法によりアンドープ BaSi2 層の欠陥評価が 行われているが<sup>[3]</sup>、高濃度膜の評価は原理的に難 しい。最近、p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si ヘテロ接合太陽電池の光 照射下の J-V 特性をシミュレーションで再現す る際、B-doped p-BaSi2 層内に欠陥準位を仮定する 必要があることが分かってきた。本研究では Bdoped p-BaSi2 層の欠陥準位を PL で評価した。

## 【実験】

MBE 法により Cz-n-Si(111)基板( $\rho = 1 - 4 \Omega \cdot cm$ ) 上に B-doped p-BaSi<sub>2</sub> ( $p \sim 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )を基板温度 600 °C でエピタキシャル成長し p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si ヘテ ロ接合太陽電池を作製した。このとき、B-doped p-BaSi<sub>2</sub>の膜厚を 20-300 nm に変化させた。その 後、スパッタ法により電極として表面に 80 nm の ITO、裏面に 150 nm の Al を堆積した。太陽電池 特性のシミュレーションには、Silvaco ATLAS を 用いた。欠陥評価として 8 K にて 442 nm の He-Cd レーザー光を用いた PL 測定を行った。

## 【結果・考察】

Figure 1 に、AM1.5 照射下の実験結果(*J-V* 特性) およびシミュレーションの結果を示す<sup>[4]</sup>。実験結 果をシミュレーションで再現するには、B-doped p-BaSi<sub>2</sub>層に、価電子帯の上端から約 0.45 eV の位 置に約  $5\times10^{16}$  cm<sup>-3</sup> の欠陥準位を仮定する必要が あるといえる。次に、Figure 2 に各試料の PL ス ペクトルを示す。20-50 nm の膜厚では、Si 基板 由来とされる鋭いピークが 1.08 eV に見られた。 励起レーザー光の侵入深さは  $3/a \sim 50$  nm と推定 され、50 nm の膜厚であれば光子のほとんどは前 面 PL によって BaSi<sub>2</sub>層内で生成される。しかし ながら、膜厚 50 nm 以下の試料に対する PL スペ クトルからは BaSi2 由来のピークは見られなかっ た。これは生成した電子正孔対が表面再結合によ り非発光遷移したためであると考えられる。一方 で、100 nm 以上の膜厚では 0.84, 1.03 eV にピー クを持つ PL が観察された。特に、0.84 eV 付近の PL ピークは深い準位の存在を示し、シミュレー ションで仮定した欠陥準位と整合する。今後は、 これをいかに低減するか、その方法を探索する。



Fig. 1 Defect model of p-BaSi<sub>2</sub> films to reproduce experimentally obtained *J*-*V* characteristics of p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si heterojunction solar cell under AM1.5 illumination. Two band tails and one acceptor-like localized energy level reproduces the experimental result.



Fig. 2 PL spectra of p-BaSi<sub>2</sub>/n-Si hetero junction solar cells with different film thickness.

- [1] T. Suemasu, Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 07JA01.
- [2] S. Yachi et al., Appl. Phys. Lett. 109 (2016) 072103.
- [3] Y. Yamashita et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57 (2018) 75801.
- [4] T. Deng et al., submitted.