# KFM 法による Si(111)基板上 BaSi<sub>2</sub> PN 接合の観察

Observation of a BaSi<sub>2</sub> pn junction on Si(111) by Kelvin probe force microscopy

<sup>1</sup>筑波大学院 数理物質科学研究科,<sup>2</sup>物質・材料研究機構,<sup>3</sup>JST-CREST

<sup>O</sup>塚原 大地<sup>1</sup>, 馬場 正和<sup>1</sup>, 都甲 薫<sup>1</sup>, 木村 隆<sup>2</sup>, 渡辺 健太郎<sup>1,2</sup>, 関口 隆史<sup>2</sup>, 末益 祟<sup>1,3</sup>

Univ. Tsukuba<sup>1</sup>, NIMS<sup>2</sup>, JST-CREST<sup>3</sup>

<sup>o</sup>Daichi Tsukahara<sup>1</sup>, Masakazu Baba<sup>1</sup>, Kaoru Toko<sup>1</sup>, Takashi Kimura<sup>2</sup>, Kentaro Watanabe<sup>1,2</sup>, Takashi Sekiguchi<sup>2</sup>,

Takashi Suemasu<sup>1,3</sup> E-mail: bk201011062@s.bk.tsukuba.ac.jp

#### [背景]

我々は新規太陽電池材料として BaSi2 に注目 している。BaSi2は1.5 eVのフォトンに対して 3×10<sup>4</sup> cm<sup>-1</sup> の高い光吸収係数および太陽電池 に適した 1.3 eV の禁制帯幅をもち、理論的に 薄膜化と高効率化が可能である<sup>1,2</sup>。MBE 法に より Si(111)基板上に作製した undoped BaSi2 は n型伝導(n~10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>)を示すことが分かってお り、また、BaSi2にSbを添加することでn型制 御が、B を添加することで p 型制御が達成され ている<sup>3,4</sup>。現在、太陽電池応用に向けて BaSi<sub>2</sub> pn 接合の作製を行っているところである。本 研究では分子線エピタキシー(MBE)法を用い て Si(111)基板上に B-doped p-BaSi2/undoped n-BaSi2 pn 接合構造を作製し、pn 接合におけるポ テンシャル分布を Kelvin probe force microscopy (KFM 法)を用いて観察することで、pn 接合形 成を確認することを目的とする。

### [実験]

熱反応堆積法(RDE 法)及び分子線エピタキ シー法を用いて、580 °C に加熱した p-Cz-Si(111)基板上に undoped BaSi<sub>2</sub>を 1.2  $\mu$ m 程度成 長し、さらに基板温度を 650 °C まで上昇して B-doped BaSi<sub>2</sub>を 500 nm 程度堆積した。結晶性 の評価には反射高速電子線回折(RHEED)、 $\theta$ -2 $\theta$ X線回折を用い、a軸配向した BaSi<sub>2</sub>が成長し たことを確認した。次にへき開した試料の断面 を cross section polisher を用いて研磨し、研磨 した断面について KFM 観察を行った。

### [結果・考察]

Figure 1 に測定した 5×5 µm 四方の KFM 像 と、図中の白い点線に沿ったプロファイルを示 す。この図において、左側から p-Si/undoped n-BaSi<sub>2</sub>/B-doped p-BaSi<sub>2</sub> となっている。まず、p-Si と undoped BaSi<sub>2</sub>の間に大きな仕事関数差が 観測され、内蔵電位は 0.7 V 程度であることが 観測され、内蔵電位は 0.7 V 程度であることが 電位が 1.5 V であることが分かっており[5]、今 回の実験結果と大きく異なっている。KFM 測 定おいて、探針と試料間の距離が離れている場 合にはポテンシャルは小さく見積もられるこ とが知られている[6]。そのために C-V 測定と の間で差が生じた可能性がある。また、undoped BaSi<sub>2</sub>とB-doped BaSi<sub>2</sub>の界面において変曲点が 観測され、Si(111)基板上にBaSi<sub>2</sub>pn 接合が形成 されていることが確認できた。pn 接合におけ る内蔵電位は 0.3 eV 程度であることが推察さ れたが、これについても p-Si/undoped n-BaSi<sub>2</sub>に おける内蔵電位と同様な理由により小さく見 積もられてしまった可能性があり、より詳細な 評価が必要とされる。

## [参考文献]

[1] K. Morita et al., Thin Solid Films 508 (2006) 363.

[2] K. Toh et al., Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 068001.

[3] M. Kobayashi *et al.*, Appl. Phys. Express **1** (2008) 051403.

[4] M. Ajmal Khan *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102** (2013) 112107.

[5] W. Du et al., J. Appl. Phys. 115 (2014) in press

[6] Th. Glatzel et al., Thin solid films 480 (2005) 177



Fig. 1(a) KFM image of p-Si/n-BaSi<sub>2</sub>/p-BaSi<sub>2</sub> structure and (b) its cross section profile along white dotted line in (a). The boundaries of p-Si/n-BaSi<sub>2</sub> and n-BaSi<sub>2</sub>/p-BaSi<sub>2</sub> are indicated by colored lines.