

「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」
平成 22 年度採択研究代表者

H26 年度 実績報告書

末益 崇

筑波大学 数理物質系
教授

シリサイド半導体 pn 接合による Si ベース薄膜結晶太陽電池

§ 1. 研究実施体制

(1) 「末益」グループ

- ① 研究代表者: 末益 崇 (筑波大学数理物質系、教授)
- ② 研究項目
 - ・BaSi₂ の *in-situ* ドーピングと *pn* 接合の形成

(2) 「宇佐美」グループ

- ① 主たる共同研究者: 宇佐美 徳隆 (名古屋大学工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・BaSi₂ の *ex-situ* ドーピングと光学的および結晶学的評価

§ 2. 研究実施の概要

本研究では、資源の豊富な Si と Ba で構成される BaSi₂ を用いて pn 接合を形成し、Si 系薄膜結晶太陽電池を実現することを目標とする。この材料を用いると、3μm 程度の厚さでエネルギー変換効率が 25% を超える太陽電池の形成が原理的に可能になる。BaSi₂ の特徴は、結晶粒径に比べて少数キャリア拡散長が格段に大きいことであり、光生成キャリアの収集に特に有利に働く。昨年度は、Si(111) 基板上にエピタキシャル成長したアンドープ n-BaSi₂ 膜について、結晶粒界でのポテンシャル分布をケルビンプローブ法(KFM) で評価した[1]。その結果、少数キャリアを排斥する方向のポテンシャルが結晶粒界に存在することが分かり、これが少数キャリアの拡散長が長い理由であると考えている。今年度は、不純物をドーピングした n 型および p 型 BaSi₂ エピタキシャル膜、さらに、多結晶 Si 基板上に形成したアンドープ n-BaSi₂ 膜についても、結晶粒界でのポテンシャル分布を評価した。また、MoO_x/n-BaSi₂ ヘテロ接合型および BaSi₂ pn 接合型ダイオードを作製し、光照射下で太陽電池動作を得た[2]。

図 1 に、結晶粒界でのポテンシャル分布の例として、多結晶 Si 基板上に形成した厚さ 100nm のアンドープ n-BaSi₂ 膜の 5μm 四方の同じ領域における(a) AFM 像および(b) KFM 像を示す。電子線後方散乱法により評価したところ、下地の多結晶 Si は、(111)配向が支配的であった。GB-1 および GB-2 は、多結晶 Si 基板に存在する結晶粒界を示す。図 1(c) および 1(d) は、それぞれ AA' および BB' に沿う AFM 像および KFM 像の断面プロファイルである。青線は、BaSi₂ 膜の結晶粒界の 1 つを示す。図 1(c) および 1(d) より、結晶粒界では、ポテンシャルが結晶粒内に比べて高くなっている。これは、結晶粒界において少数キャリアであるホールを排斥するポテンシャルがあることを示している。また、GB-1 および GB-2 の位置においても同様の結果となった。これらの結果から、(111)配向が支配的な場合、多結晶 Si 基板上に形成した BaSi₂ 膜は、単結晶 Si(111)基板上の場合と同様に、結晶粒界には少数キャリアを排斥するポテンシャルが存在するといえる。

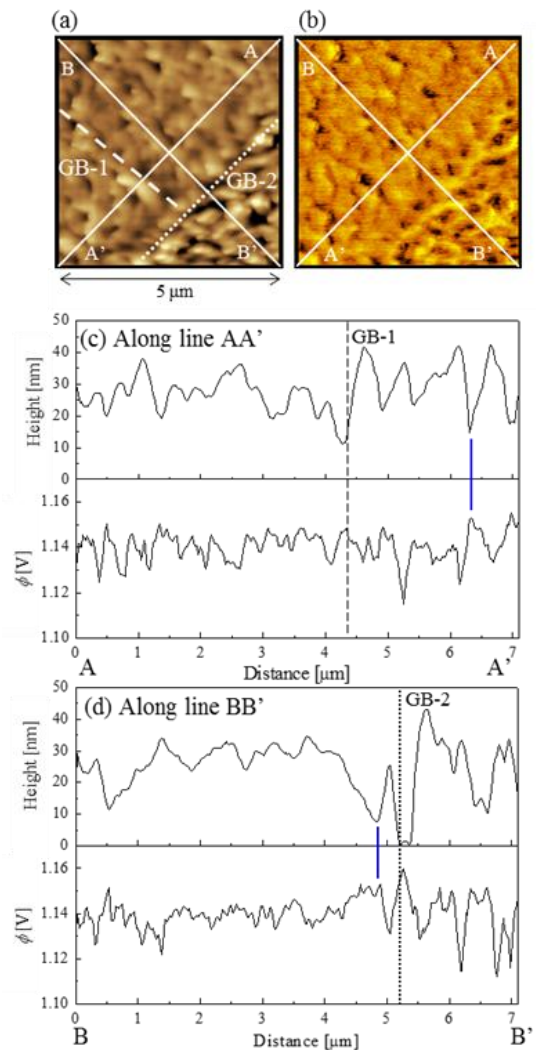


図 1 5μm 四方の(a)AFM 像および(b) KFM 像。GB-1、GB-2 は、多結晶 Si 基板の結晶粒界の位置を示す。(c) AA' に沿う AFM および KFM 断面プロファイル。(d) BB' に沿う AFM および KFM 断面プロファイル。

- [1] D. Tsukahara, M. Baba, K. O Hara, N. Usami, K. Toko, K. Watanabe, T. Sekiguchi, and T. Suemasu, “Surface potential distribution across a BaSi₂ pn junction by Kelvin probe force microscopy,” *Japanese Journal of Applied Physics* **54**, 030306, 2015 (DOI:10.7567/JJAP.54.030306)
- [2] W. Du, R. Takabe, M. Baba, H. Takeuchi, K. O Hara, K. Toko, N. Usami, and T. Suemasu, “Formation of BaSi₂ heterojunction solar cells using transparent MoO_x hole transport layers,” *Applied Physics Letters* **106**, 122104, 2015 (DOI:10.1063/1.4916348)