

シリコンのキャスト成長過程における非対称傾角粒界からの転位発生

Dislocation generation from asymmetric tilt boundaries during cast-growth of silicon

東北大金研¹, 阪大産研², 名大院工³, 名大院情報⁴, Fraunhofer ISE⁵ °大野裕¹, 吉田秀人², 横井達矢³, 山腰健太³, 小島拓人⁴, 松永克志³, Patricia Krenckel⁵, Stephan Riepe⁵, 宇佐美徳隆³ IMR, Tohoku Univ.¹, SANKEN, Osaka Univ.², GSE, Nagoya Univ.³, GSI, Nagoya Univ.⁴, Fraunhofer ISE⁵, °Yutaka Ohno¹, Hideto Yoshida², Tatsuya Yokoi³, Kenta Yamakoshi³, Takuto Kojima⁴, Katsuyuki Matsunaga³, Patricia Krenckel⁵, Stephan Riepe⁵, Noritaka Usami³
E-mail: yutaka.ohno.e6@tohoku.ac.jp

費用対効果の高いキャスト法で育成された大型多結晶シリコンは太陽電池市場で重要な材料の一つであるが、その太陽電池特性は単結晶に比べて劣る。多結晶シリコンにおける課題の一つに、特性劣化の主要因である転位の密度を抑えた機能的な多結晶組織の形成がある[1]。その実現には、転位発生源の理解が必要である。今回、転位発生源として働く粒界には特徴的なステップ構造が形成されており、その弾性的特性により容易に転位が発生することを見出したので報告する。

キャスト成長多結晶シリコンにおける転位の分布を3次元フォトルミネセンスイメージング(3D-PL)法で可視化し[2]、転位の発生源を同定した。発生源として働く粒界面の結晶学を後方散乱電子回折(EBSD)で同定して収束イオンビーム加工法により薄膜試料を切り出し[3]、走査透過電子顕微鏡を用いた高角環状暗視野法(HAADF-STEM)などで粒界面と転位の微細構造を評価した。

成長方向が<001>の擬単結晶の育成中、1次の $\Sigma 3\{111\}$ 双晶界面が偶発的に形成されて成長し、異なる結晶方位を持つ双晶界面の衝突により3次の $\Sigma 27\{221\}/\{112\}$ 非対称粒界が形成され、転位の発生源となった(図1)。この非対称粒界は、転位発生源として働く $\Sigma 9\{111\}/\{115\}$ 粒界[3,4]や $\Sigma 3\{113\}/\{557\}$ 粒界[5]と同様に、低次の双晶界面からなるナノファセットで構成されていた。第一原理計算よりファセットの交線付近に数%の引張りひずみが確認され、転位発生に必要なせん断応力がバルク中より約7割低くなることが考察された。非対称粒界に自己形成されるファセット構造が、普遍的な転位発生源の一つと考えられる。

本研究は、JST/CREST(#JPMJCR17J1)、物質・デバイス領域共同研究拠点(産研)(#20211245)、GIMRT(#202012-IRKMA-0412)の支援による。

- 1) D. Oriwol, *et al.*, *Acta Mater.* **61** (2013) 6903.
- 2) Y. Hayama, *et al.*, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **189** (2019) 239.
- 3) Y. Ohno, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **110** (2017) 062105.
- 4) A. Stoffers, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **115** (2015) 235502.
- 5) 大野, *et al.*, 第83回応物学会, 20a-C202-10.

Fig.1 (a) 3D-PL imaging and (b) EBSD of dislocation generation via the formation of 3rd-order asymmetric tilt boundaries.

