## 結晶方位分布を用いた多結晶シリコン成長挙動のインゴットスケール解析

Ingot-scale and crystal-orientation-based analysis on growth dynamics of multicrystalline silicon

## 名大院情報<sup>1</sup>,名大院工<sup>2</sup>,理研 AIP<sup>3</sup>

○(P)小島 拓人<sup>1</sup>,原 京花<sup>2</sup>,沓掛健太朗<sup>3</sup>,松本 哲也<sup>1</sup>,工藤 博章<sup>1</sup>,宇佐美 徳隆<sup>2</sup>

Grad. Info. Nagoya Univ.<sup>1</sup>, Grad. Eng. Nagoya Univ.<sup>2</sup>, AIP RIKEN<sup>3</sup> <sup>°</sup>Takuto Kojima<sup>1</sup>, Kyoka Hara<sup>2</sup>, Kentaro Kutsukake<sup>3</sup>, Tetsuya Matsumoto<sup>1</sup>, Hiroaki Kudo<sup>1</sup>, Noritaka Usami<sup>2</sup>

## E-mail: tkojima@hi.is.i.nagoya-u.ac.jp

一方向凝固成長中の太陽電池用多結晶シリコンインゴットへの転位クラスターの導入には、微 視的な原子配置や巨視的な応力分布など多様なスケールの現象に起因していることが予想される. 多結晶組織の結晶方位は粒界周辺の双晶発生や応力分布などに広範に関与する.そのため、巨視 的な結晶方位分布から結晶成長中のダイナミクスを解析することが期待できる。結晶方位分布の インゴットスケールでのデータ取得は従来の回折現象を活用した手法では困難であるため、我々 は光学像から機械学習モデルによって結晶方位を推定する手法および装置(Fig.1(a))の開発を行 なってきた[1-3]. この手法では,異方性エッチングによってテクスチャ構造を形成し,平行光源 と試料の相対角度(仰角 $\theta$ ,方位角 $\varphi$ )を変化させ、結晶粒の光反射特性を取得する.  $\theta \in \{45^\circ, 60^\circ\}$ , φ ∈ {0°, 5°, ...,355°}として撮影した 144 枚の光学像から得た結晶粒の光反射特性を入力とし、X 線 回折による結晶方位分布を教師データとして訓練した機械学習モデルによって、平均推定誤差 3.5°(95パーセンタイル<9°)の推定モデルを得ている[2].また、巨視的な多結晶構造の特徴抽出 を行なうため、我々は結晶方位分布から双晶形成による方位関係をネットワークグラフに帰着さ せ、分析する手法(Fig.1(b))の開発を行なってきた[4-7].一方向凝固による多結晶組織はルツボ 底部の生成核から柱状に成長し,柱状構造の内部では連続的な双晶形成による多様な粒界を含む. 個々の生成核間の方位関係はランダムである一方,双晶形成による方位関係は結晶学的に決定さ れるため結晶粒の発生関係に関する情報を含んでいる.

これらの手法により,結晶成長中における多結晶組織の発達をインゴットスケールで解析した ものを報告する.

謝辞 本研究は,JST CREST (JP MJCR17J1)によるものである. 参考文献

[1] H. Kato et al., IEICE Tech. Report 119 [454], 81 (2020).

[2] T. Kojima et al., MRM 2021, A4-O3-05. [3] 小島他, 第 69 回春季応物, 24p-E203-11, 2022.

[4] 小島他, 第 66 回春季応物, 9a-W611-3, 2019. [5] 小島他, 第 80 回秋季応物, 20a-E314-4, 2019.

[6] 小島他, 第 67 回春季応物, 14a-A205-3, 2020.

[7] T. Kojima et al., Abstr. 2021 MRS Fall Meeting., CH04.09.01.



Fig. 1. (a) Schematic images of reflection profile measurement systems, and a typical example of a 156 mm sq. wafer ( $\theta = 60^{\circ}$ ). The inserted arrow shows light direction. (b) Procedure of twinning network graph analysis.