# 多層光学イメージを利用した多結晶 Si 中の結晶粒の 3 次元モデル化 3D modeling of grains in multicrystalline Si using multilayer optical images

名大工<sup>1</sup>, 理研 AIP<sup>2</sup>, 名大情報<sup>3</sup><sup>O</sup>(M1)山腰 健太<sup>1</sup>, 沓掛 健太朗<sup>2</sup>, 小島 拓人<sup>3</sup>, 宇佐美 徳隆<sup>1</sup> Nagoya University<sup>1,3</sup>, RIKEN AIP<sup>2</sup><sup>O</sup>Kenta Yamakoshi<sup>1</sup>, Kentaro Kutsukake<sup>2</sup>, Takuto Kojima<sup>3</sup>, Noritaka Usami<sup>1</sup>

E-mail: yamakoshi.kenta@i.mbox.nagoya-u.ac.jp

## 1. はじめに

多結晶 Si 型の太陽電池は製造コストの優位性から世界中 で広く使われているが、太陽電池としての特性は多結晶中 に多く存在する結晶欠陥の影響により単結晶型には及ば ない。特に転位におけるキャリアの再結合が変換効率低下 の主要因であるが、転位発生メカニズムは解明されておら ず、転位発生抑制の方法論は確立されていない。これは多 結晶 Si の構造の複雑さや粒界の多様性が原因であるため、 粒構造や転位クラスターの分布[1]、結晶方位などのデー タを対応させることで転位発生に関する知見が得られる 可能性がある。本研究では、多結晶 Si 中の結晶粒の 3 次 元情報を得ることを目的に光学イメージを画像処理して 得られた粒界抽出画像から 3 次元の大まかな粒構造を取 得したのでその結果を報告する。

# 実験方法と結果

本研究では産業用ハイパフォーマンス多結晶 Si インゴ ットから切り出した連続するウエハ(40枚)を用いた。ウエ ハは 156 mm×156 mm×180 µm にカットされており、アル カリエッチングを施した後、Fig.1 に示す独自の装置を用 いて光源位置を 360° にわたり回転させながら光学イメ ージの撮影を行った。その後、ウエハ中 91.8×91.8 mm の 領域に注目し Fig.2 のフローチャートに沿って画像処理を 行い、結晶粒界を線で描画した画像を多層に渡り作成した。 これらの画像では画像ごとに結晶粒がラベリングされて いる。その後、ウエハ間における同一結晶粒の追跡を網羅



Fig1. Image capturing

Start	
Raw image	
	,
Background correction	
Edge detection	
Segmentation	
Thinning	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Processed image	
End	

Fig2. Image process

的に行った。追跡ではウエハ中のある結晶粒に対して一枚 上のウエハ中の全ての結晶粒との重心距離を取り、重心距 離が最短であった粒が重心移動距離と面積変化率に設定 した条件を満たせば同一の粒と定義した。この際、ウエハ の欠損によって粒界画像が存在しない場合や、光学イメー ジのムラの影響で追跡が一度失敗した場合についても 3 枚上のウエハまで追跡できる仕様にした。その後、追跡さ れた粒ごとに異なる色で着色した画像を作成した。それら の画像を 3 次元に積み重ねることで多くの粒で粒追跡が 成功していることが確認された(Fig.3)。また、これにより 任意の x-z、 y-z 断面での粒形状が得られた。



Fig.3 3d reconstruction

#### 3. 結論

複数の連続する粒界画像を用いることで多結晶 Si 中の 結晶粒の大まかな3次元形状が得られた。今後さらにセ クションの数を増やすことで各結晶粒の体積や成長方向 などの統計を取ることができ、転位クラスター発生粒の 特徴に関する知見の獲得が期待される。

### 参考文献

 [1] Y. Hayama *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 189, pp. 239-244 (2019).

本研究は、JST CREST (JP MJCR17J1)の支援を受けたものです。