

機械学習を応用した画像処理による多結晶シリコンウエハの結晶粒界検出

Detection of grain boundaries in multicrystalline silicon wafers by image processing using machine learning

○(B)山腰 健太¹, 田島 和哉¹, 杵掛 健太朗², 小島 拓人³, 宇佐美 徳隆¹

(1.名大工, 2.理研 AIP, 3.名大情報)

○Kenta Yamakoshi¹, Kazuya Tajima¹, Kentaro Kutsukake², Takuto Kojima¹, Noritaka Usami¹

(1 Nagoya University, 2 RIKEN AIP)

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

1. はじめに

多結晶シリコン型の太陽電池は原料が安価であることや製造が容易であることなどから、世界中で広く利用されている。しかし、多結晶シリコンには粒界や転位といった欠陥が多く存在し、これらが太陽電池の特性に悪影響を及ぼしている。特に転位におけるキャリアの再結合が変換効率悪化の主たる要因であるが、転位発生メカニズムは解明されておらず転位抑制のための具体的な方法論は確立されていない。本研究では転位発生源として広く知られている粒界を高精度で検出することを目的に光学画像の撮影を行い、得られた画像に独自の画像処理を施すことで、粒界抽出画像を得ることができたので、その結果を報告する。

1. 実験方法

産業用ハイパフォーマンス多結晶シリコンを 156 mm×156 mm×180μm にスライスしたウエハにアルカリエッチングを施し、Fig.1 に示した装置を用いて光源の位置を 360° にわたり回転させながらウエハ直上に設置した高解像度の輝度計で光学画像の撮影を行った。次に、得られた光学画像に Fig.2 に示す画像処理を施した。まず背景補正を行った複数枚の画像に対してエッジ検出を行った。それらのエッジ検出画像を重ね合わせた画像に対してノイズ除去、細線化の画像処理を施した。

2. 実験結果及び考察

Fig.3.(a)~(d) に元画像とエッジ検出、ノイズ除去、細線化を施した後の画像をそれぞれ示す。(b) の処理では隣接する画素との画素値の勾配が閾値以上の部分を黒く表示させた画像を重ね合わせて表示した。しかし、

この状態ではノイズと結晶粒界の判別がつかず、通常の画像処理では粒界の検出は困難である。そこで(c) で粒界と粒内部の教師データを与えた機械学習で粒内部のノイズのみを除去し、さらに(d) で細線化を行うことにより結晶粒界を高精度に検出することができた。

このような画像を利用すると(e) に示すように、粒界 3 重点を網羅的に検出し、転位クラスターの分布図[1] から抽出した転位クラスター発生点との位置関係係など、複雑な多結晶材料の物理の解明に繋がる知見を得ることができる。

3. 結論

アルカリエッチングを施した多結晶シリコンウエハの多次元光学画像から結晶粒界を検出する独自の画像処理を構築した。さらに、粒界 3 重点の網羅的な検出を可能とした。

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。

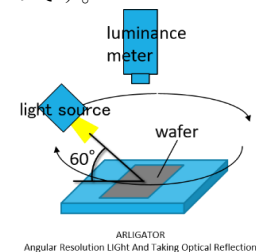


Fig1. Image capturing

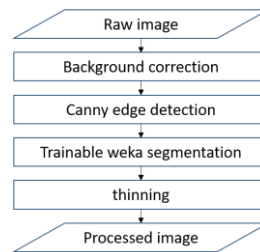


Fig2. Image processing

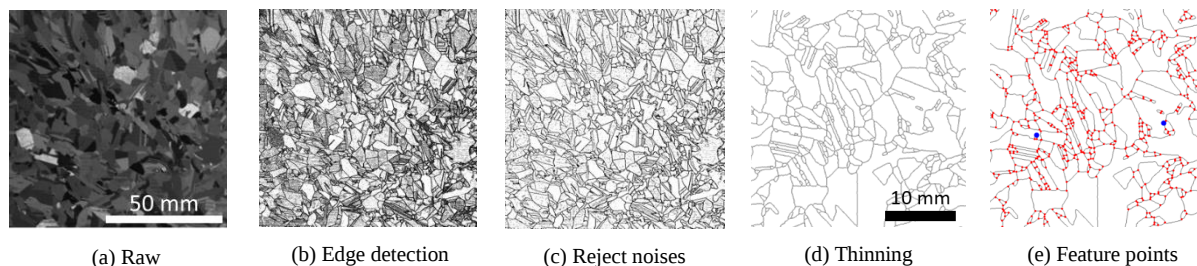


Fig.3 (a) - Raw image. (b) - Detect edges in corrected images (c) - Reject noises in (b) by machine learning. (d) - Thinning grain boundaries. (e) - Overlapping (d) and feature points (blue points: generation points of dislocation cluster, red points: triple points of grain boundaries).