

多結晶シリコンの非鏡面表面における機械学習を用いた エッチピット検出

Pattern Recognition of Etchpits on Unpolished Surface of Multicrystalline Silicon Using Machine Learning

明治大理工¹, 京セラ² ○小島 拓人¹, 小椋 厚志¹, 福井 健次², 古茂田 学², 跡部 淳一²

Meiji Univ.¹, Kyocera Corporation², ○Takuto Kojima¹, Atsushi Ogura¹, Kenji Fukui²,

Manabu Komoda², Junichi Atobe²

E-mail: nanotec4@meiji.ac.jp

結晶シリコン太陽電池において基板のキャリアライフタイムは変換効率を決定する重要な要素である。キャリアライフタイムは軽元素や点欠陥の分布に加えて、選択エッチング液でエッチピットとして顕在化される転位などの結晶欠陥に大きく影響を受ける。本研究では従来では困難であったスライス痕の共存する非鏡面基板でのエッチピット計数の機械学習を用いた自動化を試みた。

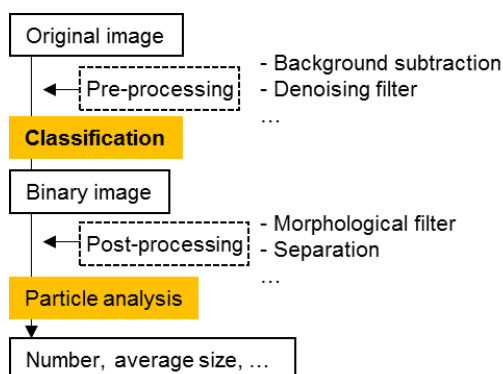


Fig. 1. Automated counting flow.

エッチピットの自動計数フローを Fig. 1 に示す。鏡面基板においては顕微鏡で取得した元画像の背景領域とエッチピット領域は明瞭なコントラストを示すため、閾値処理によって分類(classification)は容易に達成される。一方スライス痕など背景パターンが共存する場合では、パターン認識処理が必要となる。パターン認識のための機械学習にはオープンソース画像処理ソフトウェア ImageJ/Fiji [1] のビルトインプラグインである Trainable Weka Segmentation [2] を用いた。As-slice の太陽電池用多結晶シリコン基板に選択エッチングを施し、共焦点顕微鏡で画像を取得した。典型的なエッチピット径は 1-10 μm である。

教師付き機械学習では、抽出したいパターンの登録を実験者が行ない、識別器(classifier)の訓練を行なう。10 個未満のエッチピットのパターンおよびバックグラウンドパターンを異なる 2 つのクラスに登録し、識別器を訓練した。識別器の訓練例を Fig. 2 に示す。バックグラウンドパターンの誤検出を抑制し、エッチピットパターンのみの計数に成功した。多結晶シリコン基板では粒によって結晶方位が異なることで、エッチピットやスライス痕の形状が異なる。そのため訓練された識別器は画像間での流用が困難であり、形状の異なるエッチピットを多数登録することは過学習の原因となり、精度向上に対して有効ではなかった。

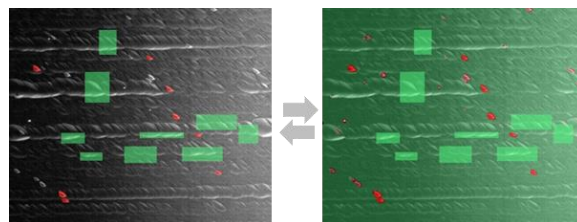


Fig. 2. Example of training of classifier. To train the classifier, red and green regions in the left image are manually added to two classes, 'etchpit' and 'background', respectively. Patterns in the original image are automatically classified into red and green regions in the right image by the trained classifier.

謝辞

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構の支援のもと実施された。関係者各位に感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] J. Schindelin et al., Nat. Methods **9**, 676 (2012).
- [2] I. Arganda-Carreras et al., Bioinformatics **33**, 2424 (2017).