

データ科学的手法を用いた多結晶 Si の結晶方位と反射特性の相関の解明

Investigation of the correlation between crystal orientations and reflection behaviors of multicrystalline silicon by approaching of data science

名大院工¹, 名大院情報², 名大未来社会創造³, [○](M1)上別府 颯一郎¹, 松本 哲也²,
沓掛 健太朗³, 工藤 博章², 宇佐美 徳隆¹

Graduate School of Engineering, Nagoya University¹, Graduate School of Informatics, Nagoya University², Institutes of Innovation for Future Society, Nagoya University³

[○]Soichiro Kamibepu¹, Tetsuya Matsumoto², Kentaro Kutsukake³, Hiroaki Kudo², Noritaka Usami¹

E-mail: kamibepu.soichiro@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

現在、太陽電池全体に対する多結晶 Si 太陽電池の生産割合は増加し、半数以上を占め、その需要はさらに拡大が見込まれている。多結晶 Si 太陽電池は品質が結晶方位分布に大きく依存するため、性能の向上のために結晶方位分布の測定が必要不可欠である。しかし、多結晶 Si ウエハの結晶方位解析に従来用いられる走査型電子顕微鏡を用いた電子後方散乱回折法(SEM-EBSD 法)は解析に長時間を要するため、多結晶 Si 太陽電池の研究の発展が遅れているのが現状である。一方、多結晶 Si ウエハ内の結晶粒は結晶方位によって反射率の異なる表面状態を形成することで視認できる。このことより、結晶方位と結晶粒の反射特性の相関を解明すれば、光学的イメージから多結晶 Si ウエハの結晶方位解析が可能になると期待される。

本研究では多結晶 Si ウエハの結晶方位と反射特性の相関をデータ科学的に解明することを目的とした。具体的な流れとしては、結晶方位分布を従来法で測定し、多様な条件下で光学的イメージを取得した後、得られた画像に画像処理を施した。画像処理により結晶方位分布と光学的イメージを比較した。

2. 実験方法

本実験では、結晶粒が微細なハイパフォーマンス多結晶 Si ウエハを用い、従来の方で結晶方位解析を行った。評価前処理として、異方性エッチャントを用いてエッチング速度の小さい{111}面からなる微細なテクスチャーを表面に形成し、反射特性を結晶方位によって変化させた。光学的イメージは、白色のコリメートライトを使用し、入射角を 60°に固定し、面内入射方向を水平 0° から 180° の範囲で 22.5° 刻みで変化させ、ウエハ直上に設置した CCD カメラにより撮像した。次に、画像解析により結晶粒ごとに色濃度を平均化し、結晶方位解析の結果との比較を行った。

3. 実験結果および考察

面内入射方向に対する結晶粒の色濃度の変化をグラフにし、ND 方向における結晶方位ごとに分類す

ると、{100}付近の結晶粒の色濃度の変化は比較的小さなピークで、{110}付近の結晶粒は大きなピークを二つ持ち、{111}付近の結晶粒は大きなピークを一つ持つ傾向にあることが分かった。また、TD 方向において{111}付近の結晶方位を持つ結晶粒の色濃度の変化、RD 方向において{210}付近の結晶方位を持つ結晶粒の色濃度の変化の代表例をそれぞれ Fig.1 (a)、(b)に示す。Fig.1 より、色濃度の変化のピーク位置は RD 方向、TD 方向の結晶方位に依存すると考えられる。これらの結果は、多結晶 Si ウエハの表面にテクスチャーを形成した際、結晶方位によってテクスチャーの形状が異なるため、反射像の変化にも特徴が現れたことによると考えられる。この結果から、光学的イメージにより ND 方向、TD 方向、RD 方向それぞれの結晶方位を推定することが期待できる。

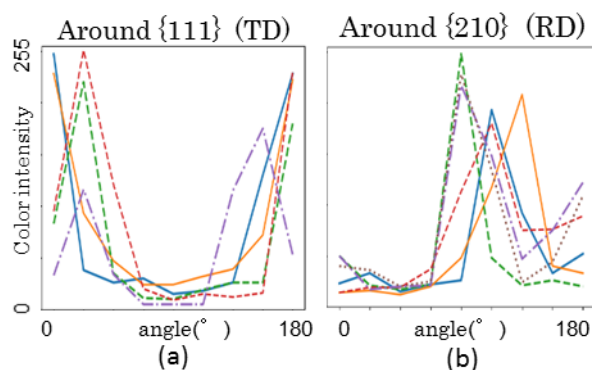


Fig.1 Examples of changes of color intensity for light source rotation

4. 結論

結晶方位解析の結果と光学的イメージの画像解析により結晶方位と反射像の色濃度との相関の解明を試みた。多様な入射方向で光学的イメージを撮影することで ND 方向、RD 方向、TD 方向それぞれにおいて結晶方位ごとに特徴が現れることが確認できた。以上の結果より、光学的イメージから結晶方位を短時間で推定できることが期待される。

謝辞

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