光学イメージによる多結晶 Si ウエハの結晶方位解析に向けた研究

Investigation for the measurement of crystal orientations of multiclystalline silicon wafer by using optical images

名大院工 [1]，名大院情報 [2]，理研 AIP[3]，　○(M2)上別府 颯一郎 [1]，(M2)加藤　光 [2]，松本 哲也 [2]，
沓掛 健太朗 [3]，小島 拓人 [2]，工藤 博章 [2]，宇佐美 徳隆 [1]

Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ.[1], Grad. Sch. Inf., Nagoya Univ.[2], AIP, RIKEN[3]

°Soichiro Kamibeppu[1], Hikaru Kato[2], Tetsuya Matsumoto[2], Kentaro Kutsukake[3], Takuto Kojima[2], Hiroaki Kudo[2], Noritaka Usami[1]

１．はじめに

現在世界中の太陽電池の生産割合において、多結晶Si太陽電池は約5割を占めるが、太陽電池の高効率化の流れに伴い、シェアの縮小が懸念されている。そのため、多結晶Si太陽電池のシェア回復に向け、性能の向上が不可欠である。多結晶Si太陽電池の性能は、ウエハの結晶方位に依存するため、結晶方位を制御した結晶成長によって性能の向上が期待できる。しかし、多結晶Siウエハの結晶方位解析に広く用いられる走査型電子顕微鏡(SEM)を用いた電子後方散乱回折法は、測定に長時間を要し、研究に遅れを来す原因となっている。一方多結晶Siウエハ内の結晶粒は、結晶方位ごとに形状の異なる表面状態を形成するテクスチャ処理により視認が可能になる。このことから、テクスチャ処理後の多結晶Siウエハにおいて結晶方位と反射率の相関を解明できれば、光学イメージから結晶方位の推測が可能になると期待できる。

本研究では、光学イメージによる多結晶Siウエハの結晶方位解析の実現に向け、結晶粒ごとの結晶方位と反射像の相関を調べた。具体的には、多結晶Siウエハにテクスチャ処理を施した後、従来法で得られた結晶方位分布と多様な条件下で取得した光学的イメージとの比較を行い、結晶粒ごとに相関を探った。

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、従来の手法で各結晶粒の結晶方位解析を行った。次に、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を表面に形成した。光学イメージは白色コリメータライトを使用して入射角を60°に固定し、ウエハに垂直な軸の周りに面内入射方向を0°から360°の範囲で10°刻みに変化させ、ウエハ直上に設置した2次元輝度計により光学イメージを撮像した。その後、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比較を行った。また、ウエハを鉛直方向に6.6°傾けて光学イメージを撮像し、同様の画像処理を行った。最後にSEMで結晶表面を観察し、結晶表面の形状と反射像との相関の解明を試みた。

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方向の結晶方位ごとに分類すると、Fig.1のような結果が得られた。Fig.1より、ND方向の結晶方位が{100}付近、{110}付近、{111}付近の結晶粒はそれぞれ結晶方位によってピークの本数が異なることが分かった。またウエハを6.6°傾けると、傾けてない際と比較してピーク強度が変化することが分かった。これらの結果より、得られたグラフのピークの本数から大まかな結晶方位を推測でき、そのピーク強度から微小な結晶方位の傾きを推測できると考えられる。この結晶方位による色濃度の変化の違いは、テクスチャ後の多結晶Siウエハの表面をSEM観察した結果（Fig.2）との対応から、結晶表面の微細形状に依存していることが確認できた。

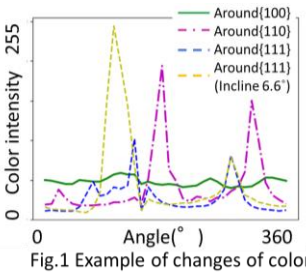

Fig.1 Example of changes of color intensity for light source rotation

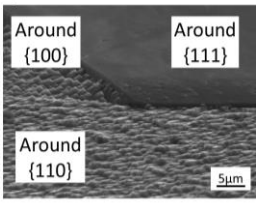

Fig.2 The SEM image of textured wafer

４．結論

結晶方位測定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イメージを撮影することで結晶方位ごとに反射像に相関が現れることが分かり、その反射像は表面形状に依存することが分かった。以上の結果より、光学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。