

赤外分光法による薄型シリコン基板の酸素濃度の定量

薄 謙志郎^{1,2} 望月 敏光¹ 棚橋 克人¹ 高遠 秀尚¹ 山口 克彦²

¹産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム

²福島大学 共生システム理工学研究科

研究の目的

- 太陽電池のセルプロセスにおいてCZシリコン基板中に酸素が析出し効率が低下する。
- 酸素析出の抑制法開発のためにシリコン基板中の酸素濃度の定量が必要である。

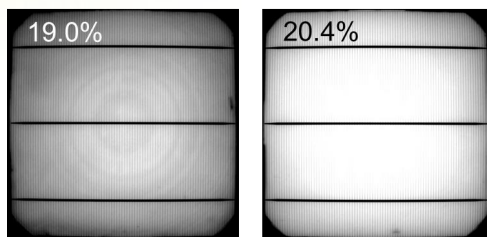


図1 両面受光型結晶シリコン太陽電池セルのフォトルミネッセンス像^[1]
酸素析出の結果シリコン中のキャリアライフタイムが低下し、作製した太陽電池の効率に影響を与えている。

- シリコン結晶中の酸素濃度の標準的な定量法としてFTIRを用いた透過吸収測定(透過法)がある。しかし、厚さ400 μm以下の基板の酸素濃度の定量は不可とされている^[2]。要因として、多重反射による赤外スペクトルへの影響が挙げられる。
- 本研究では、多重反射の影響を無視できる全反射測定法(ATR法)による赤外吸収スペクトルと、透過法により測定した吸収スペクトルから算出される酸素濃度を測定し、比較した。

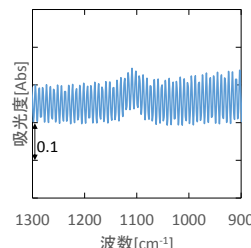


図2 厚さ200 μmの両面鏡面CZシリコン基板の透過法から得られた吸収スペクトル

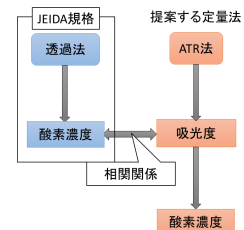


図3 ATR法を用いた酸素濃度定量法の概略

実験

- FTIRを用いて透過法、ATR法の2つの測定法から赤外スペクトルを測定した。透過法測定からは酸素濃度の算出を行い、ATR法測定からは赤外スペクトルの酸素に起因する吸収波数帯の吸光度の値を得た。

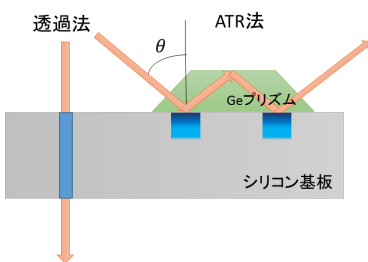


図4 透過法とATR法の測定に関する模式図

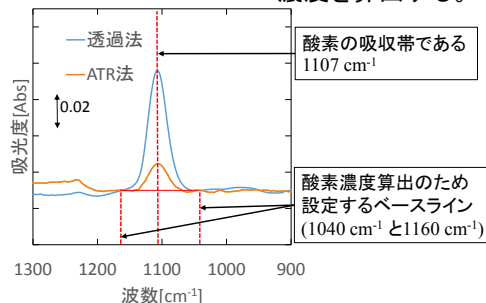


図5 透過法とATR法から得られた赤外スペクトル

- 酸素の吸収波数帯は1107 cm⁻¹とし、ベースラインは1040 cm⁻¹と1160 cm⁻¹に設定した。酸素濃度の換算係数は3.14 × 10¹⁷ atoms/cm²(IOC-88)を用いた。換算係数と吸収係数より酸素濃度を算出する。

表1 使用した結晶シリコン基板についての情報

	製造法	type	厚さ [μm]	抵抗値 [Ωcm]	
A	CZ	N	628	2.19	
B		N	629	4.15	
C		N	550	10.3	
D		N	551	11.8	
E		P	631	1.99	
F		P	622	2.02	
G		P	626	10.5	
H		P	626	10.5	
I		P	629	10.7	
参照基板		FZ	P	624	1.99

結果・考察

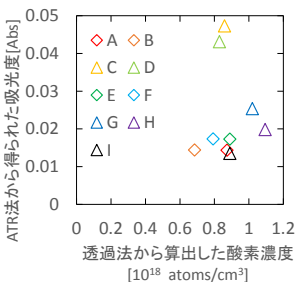


図6 酸素濃度とATR法より得られた吸光度の相関

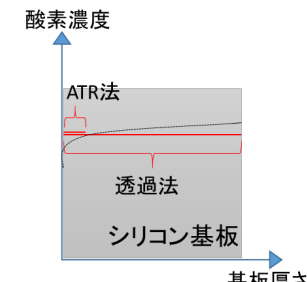


図7 推定される基板内酸素濃度分布

- 図6に透過法とATR法の比較を示す。ATR法と透過法の間は相関が弱かった。
- 今回のデータのばらつきを要因として、シリコン基板内部での酸素濃度分布による影響が考えられる。
- 図7に示すように、透過法では基板厚さ全体、ATR法では表層からおおよそ0.5 μmの領域の吸収が測定されるという大きな差がある。シリコン基板中の酸素濃度分布が一定であれば、測定領域の違いに関わらず強い相関が得られると考えた。しかし、実際には相関が弱かったことからシリコン基板中の酸素濃度に分布があり、ATR法の測定領域での酸素濃度の定量を行うには、測定サンプルの酸素濃度を一定にするため表面研磨などの処理が必要であると考えられる。

結論

- 透過法とATR法の酸素濃度による赤外スペクトルの相関がある程度見られたが、検量線を引くことは困難である。
- 相関からのばらつきについて要因を追及し、ATR法を用いた定量法の開発を進める。

参考文献

- [1] 棚橋ら 第78回応用物理学会秋季学術講演会 (2017).
- [2] 社団法人 日本電子工業振興協会、「JEIDA規格 赤外吸収によるシリコン中の格子間酸素原子濃度の標準測定法」(2000).