

論文内容の要旨

博士論文題目 高効率シリコン太陽電池作製プロセスの確立に向けての
評価技術に関する研究

氏 名 八木 俊樹

(論文内容の要旨)

近年、太陽光発電システムは生産量が大幅に伸びているが、太陽光発電が真のエネルギー源として認められる為には、更に大規模な普及が必要である。今後、太陽光発電システムが大規模に拡大する為には「いかに低コストで高効率なセルを開発するか」が鍵となる。このような背景において、本研究では、低コストな材料である多結晶シリコンに注目し、それらの材料を用いたバルク型および薄膜型の多結晶シリコン太陽電池の高効率化に向けた作製プロセスの確立における評価技術に関する研究を行った。

多結晶シリコンに存在する結晶粒界では重金属等の不純物が多く、結晶粒界付近で少数キャリアの再結合速度が大きくなり、太陽電池の変換効率を低下させる要因になっている。この結晶粒界での再結合速度 S_{pg} を低減するゲッターリングプロセスを行い、多結晶シリコン太陽電池の結晶粒界の再結合速度を定量的に評価した。この評価には走査型レーザ誘起電流法(Scanning LBIC)を用いた。ゲッターリング処理により結晶粒界での再結合速度 S_{pg} は数万 cm/s から数千 cm/s に一桁減少することが確認できた。また、この S_{pg} の減少が変換効率にどの程度影響するのかを調査した。この結果より、結晶粒界での再結合速度を用いて、ゲッターリング効果の定量的評価を初めて実現した。

次に、多結晶シリコン太陽電池の高効率化に欠かせない重要な技術の一つである反射率低減効果に注目した。バルク型多結晶シリコン基板では反射率低減効果を有する構造(テクスチャ構造)を容易に形成することができない為、反射率低減構造が多数考案されている。そこで、Scanning LBIC を用いてテクスチ

ヤ構造をもつ多結晶シリコン太陽電池の反射率低減効果の評価方法を考案した。評価には異方性エッチングによるテクスチャ構造を形成したサンプルと V 溝構造をもつサンプルを用いた。評価結果より、両サンプルにおいて、反射率低減効果が低い箇所を確認することができた。また、その原因についても特定することができた。また、評価した反射率低減効果の低い箇所がどの程度変換効率に影響を及ぼすかについても確認した。

バルク型および薄膜型多結晶シリコン太陽電池の反射率低減構造は多数考えられ、各構造を評価することは容易ではない。そこで、評価を容易にし、構造を最適化する為、光線追跡シミュレーションを用いて表面反射率の評価を行った。その結果、V 溝ガラスを用いたバルク型多結晶シリコン太陽電池のモデルと V 溝ガラス上に $20\mu\text{m}$ の薄膜型シリコン太陽電池を形成したモデルにおいて、表面をピラミッド形状に加工した単結晶シリコン太陽電池の反射率低減構造と同程度の反射率低減効果があることが確認できた。また、それらの効果は変換効率においても高い効果を示すことが確認できた。

本研究での成果は、バルク型および薄膜型の多結晶シリコン太陽電池の高効率化に向けた開発に有用な知見を提供するものである。

氏 名	八木 俊樹
-----	-------

(論文審査結果の要旨)

近年、太陽光発電システムは生産量が大幅に伸びているが、太陽光発電が真のエネルギー源として認められる為には、更に大規模な普及が必要である。今後、太陽光発電システムが大規模に拡大する為には「いかに低コストで高効率なセルを開発するか」が鍵となる。このような背景において、本研究では、低コストな材料である多結晶シリコンに注目し、それらの材料を用いたバルク型および薄膜型の多結晶シリコン太陽電池の高効率化に向けた作製プロセスの確立における評価技術に関する研究を行った。

多結晶シリコンに存在する結晶粒界では重金属等の不純物が多く、結晶粒界付近で少数キャリアの再結合速度が大きくなり、太陽電池の変換効率を低下させる要因になっている。この結晶粒界での再結合速度 S_{pg} を低減するゲッタリングプロセスを行い、多結晶シリコン太陽電池の結晶粒界の再結合速度を定量的に評価した。この評価には走査型レーザ誘起電流法(Scanning LBIC)を用いた。ゲッタリング処理により結晶粒界での再結合速度 S_{pg} は数万 cm/s から数千 cm/s に一桁減少することが確認できた。また、この S_{pg} の減少が変換効率にどの程度影響するのかを調査した。この結果より、結晶粒界での再結合速度を用いて、ゲッタリング効果の定量的評価を初めて実現した。

次に、多結晶シリコン太陽電池の高効率化に欠かせない重要な技術の一つである反射率低減効果に注目した。バルク型多結晶シリコン基板では反射率低減効果を有する構造(テクスチャ構造)を容易に形成することができない為、反射率低減構造が多数考案されている。そこで、Scanning LBIC を用いてテクスチャ構造をもつ多結晶シリコン太陽電池の反射率低減効果の評価方法を考案した。評価には異方性エッチングによるテクスチャ構造を形成したサンプルとV溝構造をもつサンプルを用いた。評価結果より、両サンプルにおいて、反射率低減効果が低い箇所を確認することができた。また、その原因についても特定することができた。また、評価した反射率低減効果の低い箇所がどの程度変換効率に影響を及ぼすかについても確認した。

本研究での成果は、バルク型および薄膜型の多結晶シリコン太陽電池の高効率化に向けた開発に有用な知見を提供するものである。よって、審査員一同は、本論文が博士(工学)の学位論文の価値あるものと認め、審査の結果合格とした。