

Title	太陽電池の光電物性と測定・評価法に関する研究
Author(s)	下川, 隆一
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/2722
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	しも 下	かわ 川	りゅう 隆	いち 一
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8042	号	
学位授与の日付	昭和63年3月17日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
学位論文題目	太陽電池の光電物性と測定・評価法に関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教授	浜川 圭弘		
	(副査)			
	教授	難波 進	教授	末田 正
			教授	山本 錠彦

論文内容の要旨

本研究は、低コスト・高効率の多結晶シリコン太陽電池の開発過程においてなされた、太陽電池の光電物性と測定・評価法の研究で、新材料の太陽電池用シリコン多結晶基板の開発と、これに適合したセル製作プロセスの開発目的として実施した研究をまとめたもので、本文9章と謝辞からなっている。

第1章は、序論で、本研究を始めそして遂行した歴史的・社会的背景、並び本研究の意義を述べ、次いで本論文の内容の構成と概要を記している。

第2章では、本論文の記述に関連する基礎的知識として、結晶系シリコン太陽電池のデバイス特性について簡単に説明し、太陽電池の性能を支配する本質的な要素を明確にしている。太陽電池の性能評価については、入射スペクトルとスペクトル応答(分光感度特性)の重要性について検討している。

太陽電池用基板シリコン結晶を評価するには、基板の結晶学的な構造と光電的性質の関係を把握する必要がある。第3章では、まず、太陽電池用基板シリコン結晶の結晶粒界や結晶欠陥等の結晶不完全性の構造的な評価を銅デコレーション法で行い、ついで、太陽電池の光電的性質に影響を与える結晶粒界や結晶欠陥について著者の開発した高分解能MBC(monochromatic light beam induced current)法で調べ、各種欠陥と光電物性の関連を明らかにしている。

第4章では、製作した高効率多結晶シリコン太陽電池のデバイス特性の分析を通して、結晶不完全そしてその他の出力損失要因の点検を行い高効率化の可能性を検討している。太陽電池の出力特性を決定づける分光感度特性が照射光強度、照射光波長に依存すること、そして、それが少数キャリア拡散長の増大に起因していることを明らかにし、結晶欠陥と少数キャリア拡散長の関連について述べている。

第5章では、太陽電池の出力特性が入射スペクトルに大きく依存するため、標準太陽と標準測定法を

確立するにあたって、各種の入射光スペクトルによる太陽電池出力の変化について検討している。結晶シリコン太陽電池とアモルファスシリコン太陽電池の分光感度特性ならびに各種の大気条件における自然太陽光の分光放射特性のモデル化をすることにより、この両者の積和から各種の大気条件における太陽電池出力の理論計算を可能にした。ついで、この理論分析から安定な太陽電池出力測定が可能な大気条件の範囲を見いだした。

第6章では、第5章の理論計算に基づいて、レファレンス太陽電池方式による太陽電池出力測定の測定精度について吟味し、この方式の有効性と限界について検討している。ついで、標準測定法としてのコンセンサスを得るために行った太陽電池の持回り測定の結果を分析し、この方式の有効性を実証した。またモジュール構造において発見した光収集エンハンスメント (photon collection enhancement) の効果、ソーラシミュレータ下における反射の効果、等を考慮してレファレンス太陽電池の適正構造について検討している。

第7章は、レファレンス太陽電池の標準較正法について研究したものである。全天日射下におけるレファレンス太陽電池の屋外較正法と標準ランプを照度基準とする日本提案の屋内較正法との比較を行い、屋内較正法の較正精度を実証している。

第8章は、レファレンス太陽電池方式の異種基板材料太陽電池への適用性について検討している。最近、進歩の著しい多結晶シリコン太陽電池とアモルファスシリコン太陽電池を取り上げ、単結晶シリコン太陽電池を対象とした確立されたレファレンス太陽電池方式の適用性を明確にした。

第9章は結論であり、本論文の全体を通してのまとめを行い、今後の課題、展望を述べている。

論文の審査結果の要旨

石油代替エネルギー開発の一環として進められてきた太陽光発電に関する研究開発は、ここ数年目覚ましい進歩が見られている。本研究はこのプロジェクトの鍵技術とされてきた太陽電池の低コスト化と高効率化をめざした基板材料として多結晶シリコンを取り上げ、性能改善をめぐる要素技術を明らかにし、ついで、光発電特性の評価法について、新しい方法を提案してその理論的裏付けを明確にするとともに、実験的にその有用性を実証する一連の研究をまとめたものである。

まず、低コスト太陽電池用基板としての多結晶シリコンについて、その光電特性に大きく影響する結晶粒界と結晶欠陥の評価法として、波長の可変な単色光の走査を用いた高分解能MBIC法を開発し、これを駆使して結晶粒界の大きさや粒界面の性質と、基板の光電物性との関連を明らかにした。ついで、太陽電池の変換効率を支配する損失要素について解析し、粒界面欠陥と少数キャリア拡散長との関連を実験的に調べあげるとともに、太陽電池の開放電圧、曲線率など性能指数との関連を考察して、多結晶太陽電池のデバイス物性を解明し、最適化設計への基礎技術を確立した。

太陽電池の出力は、同一の太陽電池でも、入射光のスペクトルに依存して変わる。つまり、自然太陽光のもとでも太陽光の入射角度や大気条件で、その変換効率は時々刻々変化する。したがって、変換

効率を含む性能指数の標準測定法については、現在、一定の入射条件の下での自然太陽光を用いた国際規格が定められている。しかしながら、この方法は自然光を規範としているため、運用上の不便と不明要素が多いことが指摘されていた。本研究ではこうした問題点の解決を目指して、先ず入射光として各種大気条件における自然太陽光の分光放射スペクトル分布を模擬した人工光源シミュレータを開発し、実験ならびに理論の両面から、再現性ならびに確度の高い太陽電池出力測定法を提案した。ついで、こうした技術基板に立って、結晶シリコン、アモルファスシリコンなど太陽電池材料と接合構成の異なる太陽電池に対する性能の標準較正法について研究し、IEC国際規格委員会において日本から提案している屋内較正法に関する基礎技術確立した。

以上のように、本研究は低コスト太陽電池として期待されている多結晶シリコン太陽電池の基礎物性と設計技術の確立に貢献し、その性能評価の標準化技術の進歩に寄与するところ大きく、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。