

審査の結果の要旨

氏名 小倉 暁雄

本論文は、「多接合タンデム太陽電池の電気特性の評価解析法に関する研究」と題し、多接合タンデム太陽電池の更なる変換効率向上のために、各サブセルの新しい評価・解析法として、スペクトル感度－電圧測定（SR-V 測定）及び自己無撞着なアルゴリズムによるフィッティングにより、電気パラメータを精度良く抽出する新しい手法を述べたものであり、全6章からなる。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的を解説している。太陽電池の理論変換効率が単接合型では30%程度であるのに対し、多接合タンデム型では集光動作時に最大68%と高効率化が可能である。このとき、各サブセルの電気特性を個別に抽出し、セルの設計にフィードバックできることの重要性について述べている。また本論文では、多接合セル特有のルミネッセンスカップリング現象について述べ、特に多接合セルの集光時の特性にどのような影響を与えるかを定量的に明らかにすることも目的である。

第2章では、太陽電池の原理と種類について述べている。特に多接合タンデム型太陽電池の特性を決定する電流律速条件、またトンネル接合に求められる条件、格子整合・格子不整合型、逆積み格子不整合型の3種類について紹介している。

第3章では、まず多接合タンデムセルの評価・解析法として、本論文で取り上げたスペクトル感度－電圧（SR-V）測定について、従来手法と比較しながらその優位性を議論している。SR-Vの測定装置の概要を述べ、測定データの形状に関して理論式を基に説明している。従来の外部量子効率(EQE)測定では、各サブセルの評価をする際に測定対象となっているサブセル以外に対してはDCバイアス光を照射するが、SR-V測定では従来通りDCバイアス光を照射する場合と照射しない場合との2つに関して説明している。これは、第4章で述べた各サブセルのパラメータ抽出に際して必要としている。次に各サブセルの電気パラメータを抽出するフィッティング法について述べている。

第4章では、パラメータを抽出するために使用するアルゴリズムである非線形最小二乗法のPowellハイブリッド法について述べ、多接合セルのSR-Vデータに対してフィッティングを行っている。2接合Ga(In)As/Geタンデムセル、また現在主流の3接合InGaP/Ga(In)As/Geタンデムセルに対して、パラメータが正しく収束していることを確認した。このとき、フィッティングの精度を評価しておくことが重要であり、本論文では統計学で用いられる χ^2 検定を用いて各パラメータの誤差範囲を議論している。

第5章では、多接合タンデムセル特有の現象であるルミネッセンスカップリングについて厳密な計算を行っている。自己無撞着な計算を行った場合と行わなかった場合とで、カップリング係数に違いがあることを示し、更に直列抵抗・並列抵抗を考慮に入れ

たときにどう変化するかを示した。またこれらシミュレーション結果が実際の測定で得られた電流－電圧特性と一致することがわかり、これはルミネッセンスカップリング現象が多接合タンデム太陽電池の特性に影響していることを示唆している。最後に、ルミネッセンスカップリング現象が変換効率にどの程度影響を及ぼすのかについて 1sun と 1000 倍集光時の 2 つで比較をした結果、1000 倍集光時の方がよりカップリング効果が顕著になり、変換効率に与える影響が大きいことを見出した。ルミネッセンスカップリング現象を考慮したセル構造の設計を行うことにより、更なる高効率化が期待できる可能性がある。

第 6 章は、結論であって、本研究で得られた成果を総括するとともに、将来展望について述べている。

以上のように本論文は、多接合タンデム太陽電池の新しい評価・解析法を提案したもので、スペクトル感度－電圧測定 (SR-V 測定) 及び自己無撞着なアルゴリズムによるフィッティングにより、各サブセルの電気パラメータを精度良く抽出できることを示した。また、サブセル間のルミネッセンスカップリング (LC) 現象が多接合タンデム太陽電池全体の特性に影響することを、カップリング係数を導入して示した。これは特に集光型セルの最適設計の際に LC 効果を考慮することで更なる高効率化が可能性であることを示唆している。本論文の研究成果は、先端学際工学、特に太陽光発電分野、計測評価技術分野に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。