

氏名・(本籍)	Ajay Kumar Baranwal (インド)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	生工博甲第253号		
学位授与の日付	平成28年3月25日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Enhancing efficiency of TCO-less tandem dye sensitized solar cells by architecture optimization (透明導電膜を必要としないタンデム型色素増感太陽電池の構造最適化と効率の向上)		
論文審査委員会	委員長	教授	西田 治男
		〃	内藤 正路
		〃	石黒 博
		〃	春山 哲也
		〃	平木場浩二

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

色素増感太陽電池の公認効率は11.9%であり、さらに15%を目指して研究が進められている。高効率化へのアプローチのひとつはタンデム型色素増感太陽電池である。トップ層とボトム層で光吸収体を分離し、前者で短波長領域、後方で長波長領域を光電変換することにより広帯域での光収集が可能になり高効率化が達成される。しかし、従来のタンデム型色素増感太陽電池はメカニカルスタックと呼ばれる二枚の太陽電池を重ねたものであり、光がボトム電極に達するまでに3枚の透明導電膜ガラス基板を通過しなくてはならない。しかし透明導電膜ガラス基板による光吸収ロスのためボトム電極に達するまでに光量が減少してしまうため、ボトムセルで大きな発電が期待できないという欠点があった。早瀬研では以前から透明導電膜ガラス基板を使わない太陽電池(Transparent conductive oxide layer glass less 太陽電池: TCO-less 太陽電池)の研究を進めており、バックコンタクト型電極を使うことにより TCO-less 太陽電池の発電に成功していた。本技術をタンデム太陽電池のバック電極に応用し、透明導電膜ガラス基板を一枚に減らした新 TCO-less タンデム太陽電池の研究開発を進めた。

一章では太陽電池の高効率化に関する研究を行った動機とその背景を述べている。タンデム太陽電池の欠点のひとつとして透明導電膜による光吸収ロスをあげており、これを解決するためには TCO-less タンデム構造が必須であることを述べている。

二章には実験に関する項目が述べられている。光学的測定方法、および太陽電池の物性評価方法等がそれらの原理とともに述べられている。

三章では比較のために用いた従来型のメカニカルスタック型タンデム型の太陽電池および TCO-less タンデム型新太陽電池（透明導電膜ガラス基板を三枚から二枚に減らした新タンデム太陽電池）の作製方法およびその太陽電池特性に関する記述がなされている。当時長波長領域に高効率で光電変換できる色素がなかったため、光吸収領域が重ならない二種類の可視光吸収色素を用い、TCO-less タンデム太陽電池の動作を実証している。FTO glass/ TiO₂/ D131/ transparent Pt-FTO glass/ N719/ TiO₂ /SUS-mesh/ Pt-Ti foil の構造で 7.1%の効率を実証している。

四章ではさらに透明導電膜ガラス基板を三枚から一枚に減らし光学ロスを少なくした太陽電池構造を報告している。FTO glass/ TiO₂/ N719/ transparent Pt-ITO PET film/ IR dye/ TiO₂ /SUS-mesh/ Pt-Ti foil の構造で 7.19%の効率を実証している。本素子では現在別途開発中の赤外色素(IR dye)を用い、従来より長波長域の光電変換を可能にしている。上記の TCO-less タンデム太陽電池の効率は従来の方法で作製されたメカニカルスタック型太陽電池よりも高い効率を示すことが実証されている。

五章ではこれまでの結果をまとめ、将来を展望している。透明導電膜ガラス基板の可視光域での光吸収ロスは 5 – 10 %程度であるが、IR 域では 10 – 30 %の光学ロスがあり、TCO-less 構造は必須であると結論付けている。

これらの結果は高効率太陽電池を実現するために工学的に重要な知見を与えるものである。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員からトップセルとボトムセルの電流調整、電流－電圧曲線のヒステリシス、赤外色素の構造、合成などについて質問がなされたが、いずれも著者から満足（明確）な回答が得られた。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。