

氏名・(本籍)	AZWAR HAYAT (インドネシア)		
学位の種類	博士 (工 学)		
学位記番号	生工博甲第242号		
学位授与の日付	平成27年9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	Investigation of novel dye anchoring and devices architecture for aiming at dye-sensitized solar cells with high efficiency (高効率色素増感太陽電池を目指した色素および素子構造に関する研究)		
論文審査委員会	委員長	教授	西田 治男
		〃	石黒 博
		〃	春山 哲也
		〃	平木場 浩二
		〃	内藤 正路

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

色素増感太陽電池は自然界の光合成をモデルにした太陽電池であり従来のSi太陽電池とは全く異なる発電機構を持つ。チタニア色素層/電解質層からなるプリンタブル太陽電池であり発明者にちなんでグレッツェルセルとも呼ばれる。低コスト塗布プロセスで作製できる環境負荷が少ない太陽電池として期待されており、現在13%の太陽光光電変換効率が報告されている。実用化には今後更なる高効率化と低コスト化が必要である。本研究では高効率化と低コスト化への指針を提案し、その効果を実験で実証している。

第一章は本研究の目的を記載している。高効率化には開放電圧、短絡電流を高くする必要があるが本研究では後者に焦点を絞り、赤外域の光電変換を可能にする色素の分子設計を議論すると述べている。一方低コスト化のためには高価な透明導電膜が不要なバックコンタクト型太陽電池を提案しており、バックコンタクト構造とその材料に関する提案と実証を行っている。

第二章は色素増感太陽電池の一般的構造、材料について述べている。色素増感太陽電池は透明導電膜基板、ポーラスチタニア層、色素吸着層、電解質層、対極からなり、すべてのプロセスが塗布で作製できることを述べている。また色素増感太陽電池の発電メカニズムについて詳細に述べている。商品化されるための問題点を含め、改良すべき研究課題をまとめている。

第三章は実験手法が記載してあり、一般的な色素増感太陽電池セルの作製方法、太陽電池特性の測定方法、バックコンタクト型太陽電池の作製方法、物性評価方法等の実験手法が詳細に述べられている。

第四章には新色素開発に関する記載がなされている。効率を高めるために短絡電流の向上を図っている。短絡電流を高めるためにこれまで有効に使われてこなかった赤外領域の

光電変換を可能にする色素構造を議論している。赤外域に吸収を有する色素を合成するためには共役長を長くする必要があり合成が複雑になる。しかもアンカー基となるカルボキシル基を分子端に導入する必要がありこれが合成をさらに複雑にしていることを述べている。筆者は赤外領域に光吸収を有し共役長が伸びてはいるが環状構造を有しているために分子サイズが小さいフタロシアニン分子に着目した。フタロシアニン誘導体は対称性を有する環状分子でありアンカー基を最も導入しにくい分子の一つであると述べている。このため、赤外感応分子であるにもかかわらず色素増感太陽電池用色素として十分な検討されなかったと記載している。筆者はフタロシアニン分子の中心に位置する金属原子に注目し、金属原子がPに置換されるとそれがチタニア表面へのアンカー基となることを見出した。チタニア表面には P-O-Ti の金属-酸素-金属結合で吸着していることを明確にし、実際に光電変換が起こることを確認した。またフタロシアニン環に置換する有機基を最適化することによりエネルギー準位を調整でき、光電変換が起こりやすくなることも報告している。本報告は赤外吸収を有する分子を用いて光電変換する場合の一つの指針提案している。

第五章は低コスト化を目指したバックコンタクト型太陽電池に使用するバックコンタクト電極に関する。バックコンタクト型色素増感太陽電池はガラス、チタニア-色素層、ポーラス Ti 金属 (バックコンタクト電極)、電解液、対極からなる。電解液中のレドックスカップルの拡散抵抗を減らすためにポーラスで薄いバックコンタクト電極が必要であった。筆者は企業と共同で膜厚 $20\ \mu\text{m}$ のチタン箔に $100\ \mu\text{m}$ の直径の穴を規則的に作製し、これをバックコンタクト電極に用いると透明導電膜を使わないバックコンタクト型太陽電池でも7-8%の高効率が実現できることを実証した。効率を上げるために表面ガラスとチタニア層の隙間にプラスチック層を導入し光吸収のロスを改善した。また上記バックコンタクト電極を用い円筒形太陽電池を試作し、世界最高レベルの8%を超える効率を持った円筒形セルを作製したと報告している。

第六章はまとめとして、これらの赤外色素に関する研究、およびバックコンタクト型太陽電池に関する効率向上、低コスト化への指針を提案している。実用化研究への橋渡しとして重要な知見を得ることができたと述べている。

これらの成果は分子設計にかかわる基礎的な学術研究の観点からばかりでなく、円筒形太陽電池作製プロセスに関する工学的観点から見ても重要な知見を与えている。

学位論文審査の結果の要旨

論文調査委員会では、バックコンタクト電極の表面形状と高効率化に関する質問、赤外変換色素によって得られる効率予測、バックコンタクト型太陽電池の更なる高効率化に関する質問があった。著者はそれらの質問に十分答え、質問者の理解が得られたと考えられる。

以上により、論文調査及び学力確認の結果に基づき、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。