

高効率色素増感太陽電池の製作

背景

色素増感太陽電池は低コストな太陽光発電を実現できる可能性を持った太陽電池として注目されている。しかし、高効率な太陽電池を再現性良く製作するための要件は充分に明らかになっておらず、更なる高効率化や実用化のために、この要件を詳細に明らかにする必要がある。

目的

標準的な構成である色素増感太陽電池（微粒子粒径20nm程度からなる酸化チタン微結晶均一層膜をN719色素で増感した構成：図1）の製作を通じて、高効率な色素増感太陽電池の要件を明らかにする。

主な成果

約5mm角の大きさの色素増感太陽電池を製作して、変換効率への影響因子の洗い出しを行った。これにより、効率を決定する短絡電流密度（ J_{sc} ）、開放電圧（ V_{oc} ）、曲線因子（FF）*¹のそれぞれに対して、要点を以下に明らかにした（図2、3）。その結果、前記のN719を増感色素に用いた色素増感太陽電池としては高効率な8.6%を再現性を踏まえて系統的に得た（図3）。

1. J_{sc}

内部量子効率*²の最大値を100%にして、高い J_{sc} を得るためには、太陽電池の対向電極（正極）への電荷輸送を担う電解液は、アセトニトリルのような極めて低い溶媒粘度を持つことが必要である。このメカニズムとして、酸化チタン微結晶膜内の電解質イオン I_3^- の光吸収による損失が太陽光放射の強い400～600nmの光波長で低減できることが考えられる。さらに、太陽電池の透明導電膜（FTO）負極/電解液間の接触面積の低減と金属による裏面光反射が、長波長光の量子効率改善に有効である。これらにより、図2（a）に示すような、内部量子効率の最大値が100%に達する良好な分光特性が得られた。

2. V_{oc}

V_{oc} はセルの製作環境に大きな影響を受ける。具体的には、大気中で製作した太陽電池は、水分と酸素を除去したアルゴン雰囲気中で製作したものに比べて V_{oc} が16%程度増加して、0.760Vに達した。

3. FF

直列抵抗の大きな部分を占めるFTO抵抗の影響の低減が、高いFFを得るために重要であることを確認した。具体的には、金属を用いた正負電極での集電方法の工夫などで、現在の最高効率のセルに匹敵する0.721の高いFFが得られた。

今後の展開

発電メカニズムの本質に関わる可能性のある太陽電池製作環境の開放電圧への影響等の分析を進める。併せて、太陽電池の屋外での実使用環境の各種分析を行う。これらを踏まえた色素増感太陽電池設計を行い、実使用時に高い性能を持った色素増感太陽電池の開発を行う。

主担当者 材料科学研究所 エネルギー変換・貯蔵材料領域 主任研究員 宇佐美 章

関連報告書 「高効率色素増感太陽電池の製作要件」電力中央研究所研究報告（2009年3月）

*1：曲線因子は、発電電力の最大値／（短絡電流×開放電圧）で与えられる。

*2：量子効率は、太陽電池への入射光子が電子に変換されて、短絡電流として取り出すことが出来る効率を、光波長毎に示したものの。内部量子効率（IQE）は、太陽電池表面での光反射の影響を除いた量子効率。

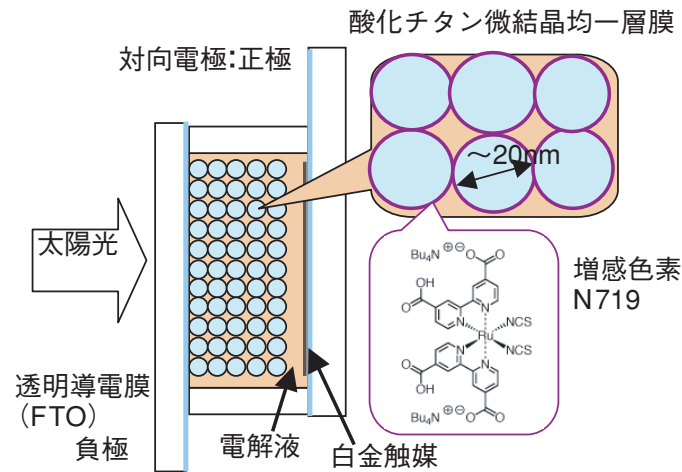


図1 本研究に用いた標準構成の色素増感太陽電池の概略図

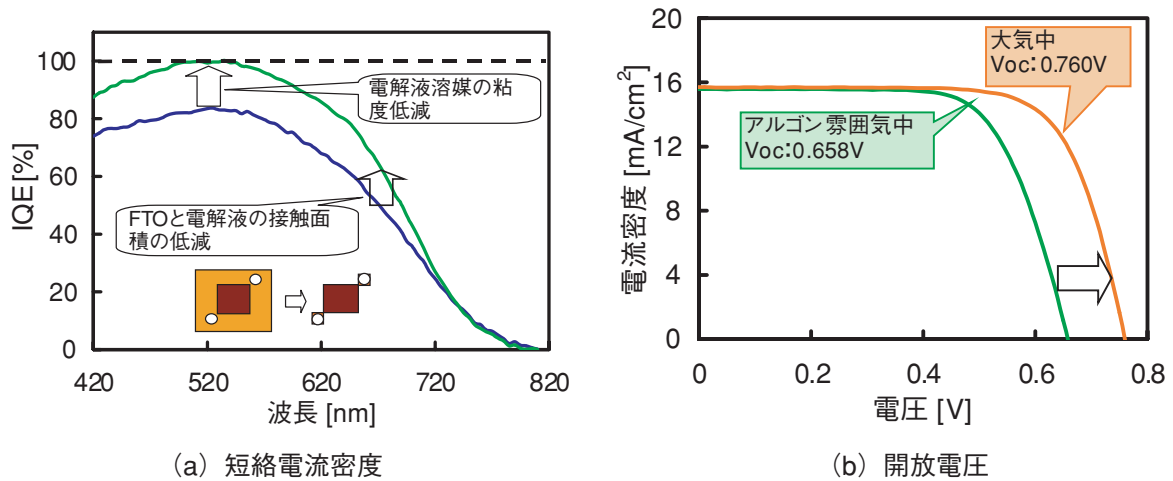


図2 短絡電流密度と開放電圧の改善

—：初期セル、—：改良セル、—：最終セル

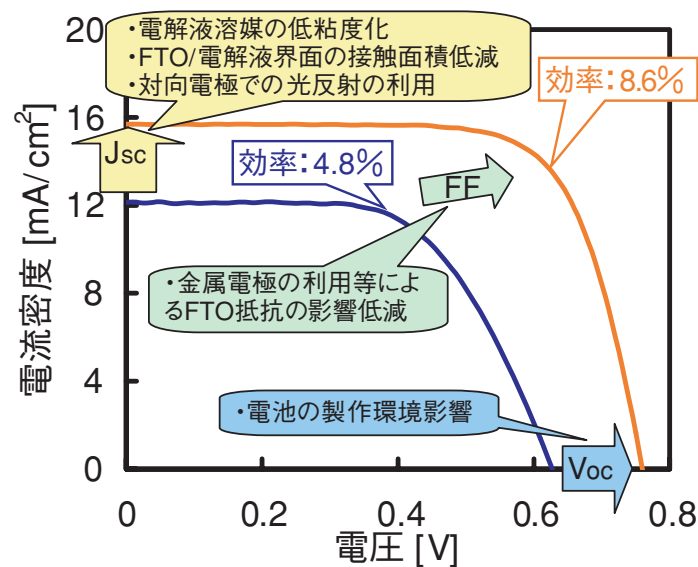


図3 電流－電圧特性の改善のまとめ