

電気泳動法によるペロブスカイト太陽電池のチタニア緻密層および多孔質層の作製と評価 Fabrication and Evaluation of Dense and Porous Layers of Titanium Dioxide by Electrophoresis for Perovskite Solar Cell

○尹 賢貞, 金 明玉, 佐藤 祐喜, 吉門 進三 (同志社大院理工)

○Hyunjung Yun, Meigyoku Kin, Yuuki Sato, Shinzo Yoshikado (Doshisha Univ.)

E-mail:syoshika@mail.doshisha.ac.jp

【はじめに】太陽電池は光エネルギーを直接電気エネルギーに変換できることから、環境に優しい発電方法として注目を集めている。現在ではシリコン型の太陽電池が主流となっているが、ペロブスカイト太陽電池はシリコン型太陽電池に迫る変換効率も達成されており、現在最も注目される太陽電池である。ペロブスカイト太陽電池ではペロブスカイト型の結晶構造をもつヨウ化鉛メチルアンモニウムと無機物である酸化チタンとを組み合わせた光増感層が使用されている。ペロブスカイト層が薄い場合でも、大きな比表面積を有する酸化チタン層上であれば、十分な光増感効果が期待できるので、光電変換効率 (PCE) を低下させずにデバイスの薄膜化、軽量化、高可撓化が可能となる。さらに色素増感型太陽電池は電解液が用いられているが、ペロブスカイト太陽電池では完全固体電池であり、PCE が高いことと相まって実用化が大いに期待される。いわばペロブスカイト太陽電池は、色素増感型太陽電池と有機薄膜太陽電池の長所をうまくハイブリッド化したものであるといえる。本研究では、光の入射側に形成されている2酸化チタン (チタニア) のデンス層を従来の四塩化チタンを基にした方法に変えてチタニアナノ粒子 (TNP) を電気泳動法により製膜し、膜厚を変化させて電池特性を評価した。さらに、デンス層上に形成されているチタニア多孔質層半導体層も P25 および TNP の複合体を電気泳動法により製膜し、デンス層および多孔質層の双方の膜厚を変化させて膜厚と光電変換効率の相関性を調べることを目的とする。

【実験方法】電池特性を比較するために、2種類のデンス層の製膜を行った。一つはガラス基板上に形成された陰極としてのFTO上に四塩化チタンを基にして作製したもの。もう一つは本研究が提案する参考文献[1]の方法で合成した酸化チタンナノ粒子(TNP)をエタノール中に分散させコロイドを調整しFTO上に電気泳動法 (定電流法) により製膜したものである。以上2種類デンス層の上にTNPと従来色素増感型太陽電池に用いられてきたチタニアナノ粒子であるP25の混合物を多孔質層として電気泳動法により製膜を行った試料を用意した。乾燥後、空気中で500℃で熱処理を行い、冷却後多孔質層上にスピコートによりペロブスカイト層として $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ の製膜を行い、110℃で熱処理を行った。続いてその上にスピコートによりのホール輸送層としてSpiro-OMeTADを製膜し、最後に真空蒸着により陰極として金電極を形成した。ソーラーシミュレーターを用いて試料の電流密度-電圧 ($J-V$) 特性を測定した。

【実験結果および考察】 Fig.1 に四塩化チタンを基に製膜した膜厚が約480nmのデンス層 (試料A) およびTNPを電気泳動法により製膜した膜厚が約420nmのデンス層 (試料B) を形成した試料の $J-V$ 特性を比較したものを示す。破線が試料A、実線が試料Bである。開放電圧 V_0 およびPCEは試料Aでそれぞれ約0.52 V, 1.33%, 試料Bで約0.73 V, 6.32%となりTNPをデンス層とすることにより V_0 およびPCEの双方が向上した。PCE向上の要因としてTNPは平均粒径が約5 nmであるために膜が緻密かつ透明性が極めて高く、入射側の光の反射係数が小さいこと等があげられる。TNPデンス層の膜厚を減少させたり多孔質層の膜厚を変化させることによりPCEが向上する結果が得られているので、TNPデンス層や多孔質層の膜厚を変えて膜厚と発電効率の相関性について詳細に調べた結果を発表当日に報告する予定である。

参考文献 [1] M. Adachi et al., *J. Am. Chem. Soc.* Vol.126 (2004) p.14943.

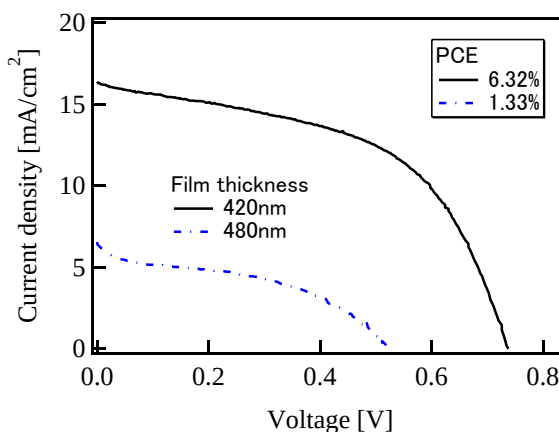


Fig.1 Relationship between Voltage and Current density of Film thickness of TiO_2 .