

色素増感型太陽電池の半導体層上への二酸化チタン光散乱層の形成による光電変換効率の改善

Improvement of Photoelectric Conversion Efficiency by the Formation of Titanium Dioxide Light Scattering Layer on Semiconductor Layer for Dye Sensitized Solar Cell

○尹 賢貞, 佐藤 祐喜, 吉門 進三 (同志社大院理工)

°Hyunjung Yun, Yuuki Sato, Shinzo Yoshikado (Doshisha Univ.)

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

【はじめに】近年、光電変換効率 (PCE) がシリコン型太陽電池と比較して高いペロブスカイト型太陽電池の急速な開発状況の発展ともない色素増感型太陽電池(DSSC)への注目度が低くなった傾向がある。しかし、経時劣化により PCE が低下する欠点のために実用化段階までは達していないと考えられる。一方、DSSC は使用される薬剤が比較的安価であり、製作が容易で安定性が高い特徴を有している。実用化への課題は PCE を向上させることである。本研究の目的は 10 %程度を容易に達成可能で量産性に優れた DSSC の製造方法の確立を目的としている。本研究では生産性等を考慮して、膜厚や構造の制御、その均一化が容易であり、平面基板以外への製膜が可能な電気泳動法を用いて製膜を行ってきた。高い PCE を実現するためには先ず増感色素を吸着させた二酸化チタン (TiO_2) 半導体層上での光捕集効率(LHE)を向上させることが重要である。その方法の一つとして電解液に入射光が達しないように光散乱性が高く、セパレータ機能を付与するために増感色素を吸着しない層の半導体層上への形成がある。本研究では粒径が 100nm 以上として粉碎したアナターゼ型 TiO_2 を粒子が、増感色素のコロイド中で負に帯電することを利用して、増感色素が吸着しない層を成膜した。この層を光散乱層と呼ぶことにする。光散乱層がない場合、電解液を透過する光は対向電極の Pt 薄膜表面で反射され一部の光は再び膜に戻り捕集されるがほとんどが電解液に吸収されて損失となる。半導体層上に光散乱層を形成することにより捕集されなかった入射光は反射され、電解液を透過することなく再び透明層内部に光を返すため損失を軽減し、PCE が向上することが期待される。本研究では、光散乱層が無い場合発電効率が最も高い膜厚の半導体層上へさらに光散乱層を形成しさらなる PCE の向上を検証することを試みたので報告する。

【実験方法】分級処理を施し粒径をそろえた TiO_2 ナノ粒子 (P25, デグッサ) と[1]の方法により合成した TiO_2 ナノ粒子を所定のモル比でエタノール中に分散させコロイドを調整し、電気泳動法(定電流法)により半導体層を製膜した。Fig.1 は半導体層の膜厚を変化させた時の PCE を示す。最も発電効率が最も高い半導体層の膜上に光散乱層としてアナターゼ型 TiO_2 微粒子(直径 $\approx 1 \mu\text{m}$) 膜を電気泳動法で泳動時間を変化させての膜厚を変化させて製膜した。自然乾燥および空気中で 450°C で焼成後、浸漬法により色素吸着を行い、DSSCs を作製した。ソーラーシミュレーターを用いて電流-電圧 ($J-V$) 特性を測定した。N719 を増感色素とした。

【実験結果および考察】Fig.2 に約 $10 \mu\text{m}$ の半導体層上に光散乱層の膜厚を変化させた発電効率を示す。また、半導体層のみのときの PCE は約 2.38 %と Fig.1 よりも低い値を示した。しかし光散乱層を形成すると、約 $1.4 \mu\text{m}$ の膜厚で PCE は約 2.26 %, $0.8 \mu\text{m}$ で約 3.31 %となり、光散乱層が無い場合の約 1.4 倍向上した。従って光散乱層は P25 と合成した酸化チタンナノ粒子を $10 \mu\text{m}$ 半導体層としたときも PCE が改善されることが示唆された。ところで Fig.2 から光散乱層の厚さが $1.4 \mu\text{m}$ から更に膜厚が厚くなると PCE は小さくなった。今後、Fig.1 で一番発電効率高かった半導体層の膜厚に光散乱層を製膜し、光散乱層と膜厚との PCE の相関性について結果を発表当日に報告する予定である。

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

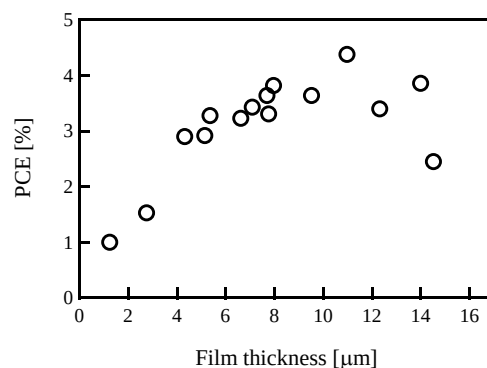


Fig.1 Relationship between the film thickness and PCE films made from classified TiO_2 .

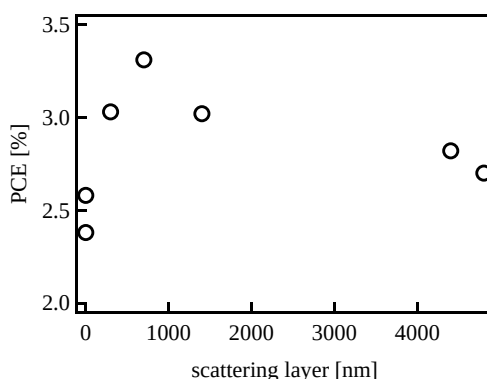


Fig.2 Relationship between PCE and the film thickness of light scattering layer.