

第 70 回応用物理学会春季講演会 について

矢野 玲奈
Reina YANO

物質化学専攻修士課程 2022 年度修了

1. はじめに

私は、2023 年 3 月 15 日から 18 日に上智大学で開催された第 70 回応用物理学会春季講演会に参加した。この学会では「液相析出で製膜した金ナノ粒子含有酸化チタンを電子輸送層として用いたペロブスカイト太陽電池の作製と評価」というタイトルで口頭発表を行った。

2. 研究背景

現代社会において必要不可欠となっているエネルギーは化石燃料が多く使われており、資源の枯渇や CO₂ の排出による地球温暖化などが大きな問題となっている。そのため、再生可能エネルギーである太陽光エネルギーを利用した太陽光発電の普及、開発が期待されている。

近年、高い変換効率を持ち、フレキシブルで弱い光でも発電可能なペロブスカイト太陽電池は実用化に向けた研究が望まれている。本研究では、ペロブスカイト太陽電池の電子輸送層 (ETL) である酸化チタン (TiO₂) に着目し研究をおこなった。

従来 ETL に用いられる TiO₂ は、ゾル・ゲル法^[1]などの製膜方法が用いられている。しかし、液相析出法 (LPD 法) で TiO₂ を製膜しペロブスカイト太陽電池の ETL に用いた先行研究はない。LPD 法は金属フルオロ錯体の加水分解平衡反応であり、より安定なフルオロ錯体を形成するホウ酸を添加することにより金属酸化物薄膜を析出する方法である^[2]。さらに、追従性が優れた膜を製膜でき、反応溶液に金属イオンを添加することにより複合薄膜を簡単に製膜できる特徴を持つ。また、金ナノ粒子含有酸化チタン (Au-TiO₂) を ETL に用いることで変換効率

が向上する報告がある^{[3][4]}。金ナノ粒子の表面プラズモン共鳴吸収による変換効率の向上を期待した。

本研究では、LPD 法で TiO₂, Au-TiO₂ を製膜し、ETL に用いたペロブスカイト太陽電池を作製し評価し、報告した。

3. 実験方法

洗浄した FTO ガラスの上に LPD 法で、(NH₄)₂TiF₆ 0.15 mol dm⁻³, H₃BO₃ 0.2 mol dm⁻³, HAuCl₄ 0, 0.05, 0.5 mmol dm⁻³ になるように調製した反応溶液を用い、60℃ で Au-TiO₂ 薄膜を膜厚が 50 nm になるように製膜した。得られた薄膜は 500℃ で 30 分間空气中で焼成した。その後、ペロブスカイト光吸収材料 (MAPbI₃)、正孔輸送層 (Spiro-OMeTAD) をスピコート法で製膜し、金電極を蒸着しペロブスカイト太陽電池とした。

4. 結果と考察

図 1 に Au-TiO₂ の表面 SEM 画像を示す。基板の FTO に追従した膜が製膜されている。Au の含有量が増えると表面にある Au ナノ粒子の数が增加することが確認できた。

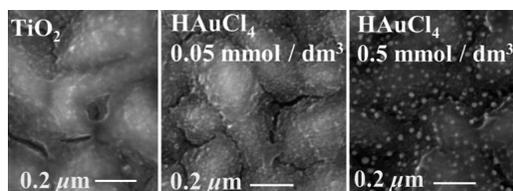


図 1 Au-TiO₂ の表面 SEM 画像

図 2 に FTO ガラス上に LPD 法で製膜した Au-TiO₂ の断面 TEM 画像を示す。FTO に Au-TiO₂ が追従して製膜されており、膜厚は約 50 nm であった。また、TiO₂ 中に Au ナノ粒子が分散していることが確認された。この金ナノ粒子を測長したところ、粒径が 4-20.5 nm で存在し、平均値は 12 nm であった。

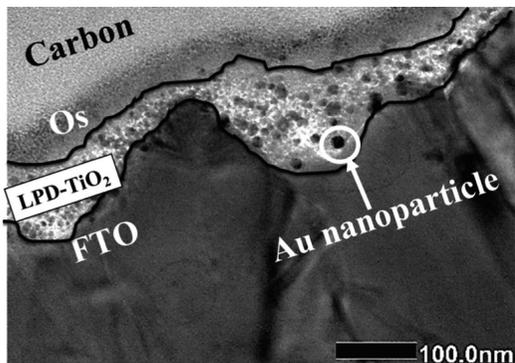


図2 FTO ガラス上に LPD 法で製膜した Au-TiO₂ の断面 TEM 画像

図3にLPD法で製膜したTiO₂, Au-TiO₂をETLに用いたペロブスカイト太陽電池のJ-V曲線を示す。ETLにTiO₂を用いたペロブスカイト太陽電池の変換効率は8.5%、0.05 mmol / dm³のAu-TiO₂は7.3%、0.5 mmol / dm³のAu-TiO₂は1.2%、の変換効率を達成した。Auの含有量が増加すると、変換効率が低下した。これはAu-TiO₂の表面に存在する金ナノ粒子がペロブスカイト材料と接触してしまい、再結合が起こったと考えられる^[3]。

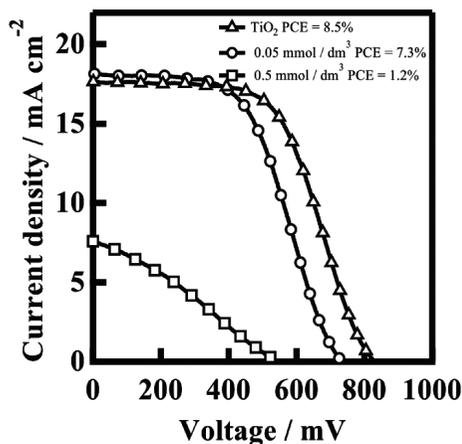


図3 LPD 法で製膜した Au-TiO₂ を ETL に用いたペロブスカイト太陽電池の J-V 曲線

5. 発表について

対面での学会の口頭発表は初めての経験であった。そのため、大変緊張したが練習どおりに発表することができた。質疑応答では、自分では考えつかない視点の質問もあり、研究内容を客観的に見たときに何に疑問を持つのか考えさせられた。また、様々な分野の方々から非常に参考になる意見を頂き新たな発見もあった。この経験は研究活動だけでなく、私自身を成長させてくれたと感じている。

最後に、このような貴重な機会を与えてくださり、丁寧に指導していただいた青井芳史教授、研究室の皆様方に深く感謝致します。

参考文献

- [1] Ke, Weijun et al, ACS Applied Materials and Interfaces, Vol.6, No.8, pp.5525-5530, (2014)
- [2] Y. Aoi et al, J. Soc. Mat. Sci., Japan, Vol.53, No.12, pp.1313-1317, (2004)
- [3] Da-Wei Zhao et al, ACS Appl. Energy Mater. 2020, 3, 9568-9575
- [4] Sawanta S. Mail et al, Nanoscale. 2016, 5, 1-3