

Title	Studies on Surface Treatments of TiO ₂ Electron Transport Layer for Efficient CH ₃ NH ₃ PbI ₃ Perovskite Photovoltaic Cells
Author(s)	Adli, Hasyiya Karimah Binti
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/61793
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について＜/a> をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (HASYIYA KARIMAH BINTI ADLI)	
Title	Studies on Surface Treatments of TiO ₂ Electron Transport Layer for Efficient CH ₃ NH ₃ PbI ₃ Perovskite Photovoltaic Cells (CH ₃ NH ₃ PbI ₃ ペロブスカイト太陽電池の性能向上のための酸化チタン電子伝導層の表面処理に関する研究)
Abstract of Thesis Organometallic halide perovskite solar cells (PSCs) have recently attracted a lot of attentions because of their ease of fabrication and superior photovoltaic performances. In typical PSCs, bilayer with compact and porous titanium oxide (TiO₂) is used between the perovskite material and transparent conductive oxide layers. Although the porous TiO₂ (pTiO₂) layer plays important roles as an electron transport material as well as a scaffold for efficient deposition of the perovskite, to the best of our knowledge, there are few studies that systematically investigated the effect of physicochemical properties of pTiO₂ on the solar cell performance. In the present study, effects of the porosity and physisorbed water in the pTiO₂ layer on the photovoltaic performance of CH₃NH₃PbI₃ solar cells were thoroughly investigated. First, with the aim of investigating the porosity and the amount of adsorbed water in the pTiO₂ layer, performances of solar cells prepared at various heat-treatment temperatures (T_{pTO}) during the fabrication of pTiO₂ were compared. The solar cell prepared at $T_{\text{pTO}} = 550$ °C exhibited the highest power conversion efficiency (PCEs) of 8.8 %. Detailed analyses using X-ray diffraction revealed that formation of CH₃NH₃PbI₃ perovskite was inhibited by the physisorbed water in pTiO₂ prepared at $T_{\text{pTO}} < 550$ °C. On the other hand, when pTiO₂ was prepared at $T_{\text{pTO}} > 550$ °C, significant reduction of porosity of pTiO₂ occurred, as confirmed by N₂ sorption analyses. These results indicate that the optimum T_{pTO} should be determined by its porous nature and sufficient removal of the surface-adsorbed water molecules. Next, effects of the surface modification by the TiCl₄ post-treatment on physicochemical properties of pTiO₂ fabricated at low T_{pTO} (300 °C and 400 °C) were examined. It was found that the treatment led to reduction of the amount of the surface-adsorbed water molecules and the improvement of the electron transport property, which are beneficial for increasing the PCEs. The surface modification by the TiCl₄ post-treatment was also applied to the solar cells prepared at $T_{\text{pTO}} = 550$ °C; the cell performance was revealed to reach the maximum value of 14.9 % at the optimum concentration of TiCl₄ (50 mM). The overall study revealed that surface treatments of pTiO₂ for removing the surface-adsorbed water and tuning the porosity are effective for obtaining CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cells with high efficiency.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (HASYIYA KARIMAH BINTI ADLI)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	中西 周次
	副 査	教 授	福井 賢一
	副 査	教 授	平井 隆之
	副 査	教 授	池田 茂 (甲南大学理工学部)

論文審査の結果の要旨

高性能・低コストな太陽電池の開発は循環型社会構築の観点から重要な課題である。現在、結晶性シリコンから成る太陽電池が主に流通しているが、太陽電池のさらなる普及に向けては、製造プロセスのより簡易な新型太陽電池の開発が急務である。ペロブスカイト太陽電池は安価な塗布プロセスで製造できる利点を有し、また近年、そのエネルギー変換効率が上昇を続けており、そのさらなる性能向上が大きく期待されている。通常、ペロブスカイト太陽電池では、ポーラスTiO₂層が電子伝導層およびペロブスカイト層形成の足場として用いられる。一般に、ペロブスカイト層は水に対する安定性が弱い、ポーラスTiO₂表面には吸着水が存在する。したがって、TiO₂表面水がペロブスカイト太陽電池特性に及ぼす影響を調べることは、デバイスの性能向上に向けて重要である。本論文では、まず、ペロブスカイト太陽電池の動作原理と関連研究の世界的動向を概説すると共に、論文でとりあげるCH₃NH₃PbIペロブスカイトの特徴を説明し、TiO₂表面水に関する具体的課題を提示している。その上で、以下の研究成果について論述している。

本研究では、ポーラスTiO₂層形成時の熱処理温度を変えることでその多孔性および表面水量を制御し、熱処理温度550度で作成したペロブスカイト太陽電池において8.8%の最大変換効率が得られることが見出された。種々の解析方法を駆使することで、550度以下ではTiO₂表面水の影響により、550度以上ではポーラスTiO₂層の多孔性の低下によりペロブスカイト層の形成が阻害されていることが明らかとされた。これらの結果は、多孔性と表面水量が太陽電池の変換効率を決める主要因の一つであり、これらがポーラスTiO₂層形成時の熱処理温度により調整可能であることを示している。この新しい知見を踏まえ、TiCl₄処理によるポーラスTiO₂層の重層化が試みられた。TiO₂層重層化により表面水量の減少と電子輸送性の向上が同時に実現され、ポーラスTiO₂層を550度で形成した際に、その変換効率が14.9%まで向上することが見出された。

以上の結果は、ペロブスカイト太陽電池の性能向上につながる重要な基礎的知見であり、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。