

# Process Improvement of Thin Film Photovoltaic Devices with Studies on the Effect of Electron Transporting Layer

August 2017

ARIYARIT, Atthaporn

# 主 論 文 要 旨

報告番号	① 第	号	氏 名	アリヤリットアタポーン
主 論 文 題 目： 薄膜太陽電池の作製プロセス改善と電子輸送効果に関する研究				
<p>(内容の要旨)</p> <p>エネルギー資源の枯渇や地球温暖化により、太陽電池の開発に期待が集まっている。太陽電池の普及における大きな課題は、他の発電システムに比べ発電コストが依然として高いことである。変換効率の向上は発電コスト低減化へ向けた、1つの有効なアプローチと考えられている。一般的には、新たな構造の提案やモジュール設計の工夫、新材料の利用による高い変換効率モジュール開発が行われている。</p> <p>そこで本研究では、次世代の発電デバイスとして期待されている有機薄膜太陽電池及びペロブスカイト太陽電池における変換効率の向上に取り組んだ。有機薄膜太陽電池の特徴としては、1) 無毒性材料の利用、2) スピンコートやディップコート、スクリーン法などのウェットプロセスによる作製、3) 半透明フレキシブルデバイス化が容易なこと、の3点が挙げられる。また、ペロブスカイト太陽電池の特徴としては、1) 低温作製、2) 低コスト材料の利用、3) 高い変換効率、の3点が挙げられる。これら2つの太陽電池において <math>\text{TiO}_2</math> 層は優れた電子輸送性能を示す。そこで、本研究においては、これらの太陽電池における <math>\text{TiO}_2</math> 層の作製方法の検討を行い、デバイス評価による最適化を行った。各章の詳細は以下の通りである。</p> <p>第1章では、太陽電池の歴史と現在までの研究を紹介した。特に、有機薄膜太陽電池及びペロブスカイト太陽電池に着目し、各デバイスの特徴と従来の研究における課題を説明した。</p> <p>第2章では、無毒性溶液を用いたスプレー交互積層法による、<math>\text{TiO}_2</math> 層の作製方法を報告した。焼成温度の違いによる影響を調査し、有機薄膜太陽電池への電子輸送層として応用できた。</p> <p>第3章では、有機薄膜太陽電池の基礎的な動作原理と作製方法を紹介した。FTO/<math>\text{TiO}_2</math>/PCBM:P3HT/PEDOT:PSS/Ag nano-network から成る半透明フレキシブル太陽電池を用いて、<math>\text{TiO}_2</math> 層の膜厚制御による影響を明らかにした。</p> <p>第4章では、FTO/<math>\text{SnO}_2</math>/perovskite/Spiro-OMeTAD/Au 構造によるペロブスカイト太陽電池の低温作製を報告した。種々の作製条件においてラテン超方格法 (Latin Hypercube Sampling)、Kringing モデル、多目的最適化手法 NSGA-II を組み合わせた実験計画法を適用し、最適化を行った。その結果、ペロブスカイトの結晶性が発電効率に大きく影響することを明らかにした。</p> <p>第5章では、常圧下における <math>\text{cm}^2</math> スケールのペロブスカイト太陽電池の作製を報告した。従来の2ステップ法の改善を目指し、ダイナミックスピンウォッシュ法を導入した。この方法では、ペロブスカイト層の表面構造の制御が可能であることを明らかにした。また、第4章で紹介した最適化手法により、高密度 <math>\text{TiO}_2</math> 層とメソポーラス <math>\text{TiO}_2</math> 層の最適化を行い、高密度 <math>\text{TiO}_2</math> 層の膜厚だけがフィルファクターに影響することが明らかになった。</p> <p>第6章では、本研究によって得られた成果を総括し、太陽電池のさらなる技術開発における展望を述べた。</p>				

## Thesis Abstract

No.

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. <span style="float: right; font-size: small;">*Office use only</span>	Name	ARIYARIT, Atthaporn
<b>Thesis Title</b> Process Improvement of Thin Film Photovoltaic Devices with Studies on the Effect of Electron Transporting Layer			
<b>Thesis Summary</b> <p>Given depleted petroleum reserve levels and increasing global warming, studies of photovoltaic devices have increased in volume. However, the production cost of photovoltaic energy is still higher than other types of energy devices. Therefore, increasing the power efficiency of photovoltaic is one choice to solve this problem. Generally, there are many ways to increase power efficiency such as developing new structures of photovoltaic, designing the photovoltaic module in an improved manner, and developing new material for photovoltaic devices. This study focuses on the development of photovoltaic devices and the effect of titanium dioxide in types of organic thin film solar cells (OSCs) and perovskite solar cells (PVSCs). The purpose of studying OSCs are its characteristics: 1) non-toxic material 2) fabrication with wet process like spin-coating, dipping or screen printing and 3) this type of device can be developed for semi-transparent flexible devices. The purpose of studying PVSCs are as follows: 1) fabrication at low temperature 2) the material for fabricating these devices is cheaper than other type of photovoltaic and 3) these devices have high efficiency. Both of these devices require TiO<sub>2</sub> for electron transporting layer. Therefore, this thesis also includes the fabrication, optimized process and characterize of TiO<sub>2</sub> thin film and the effect of TiO<sub>2</sub> electron transporting layer in photovoltaic devices. The chapters are divided as follows:</p> <p>In chapter 1, we introduce the history of photovoltaic, generation of photovoltaic and recent development of photovoltaic, background of PVSCs and OSCs. Advantages and challenges are also included in this chapter.</p> <p>In chapter 2, we discuss the basic theory of photovoltaic and fabrication process of semitransparent organic solar cell devices and flexible organic solar cell devices with structure FTO/TiO<sub>x</sub>/PCBM:P3HT/ PEDOT:PSS/Ag nano-network. This chapter also includes discussion of studies detailing the effect of the thickness of TiO<sub>2</sub> electron transporting layer.</p> <p>In chapter 3, the TiO<sub>2</sub> layer was fabricated with non-toxic solution by using spray layer-by-layer method characterised by the properties of thin film. This chapter also studied the annealed temperature effect of thin film. Moreover, the TiO<sub>2</sub> thin film fabricated by spray LBL method are using for electron transporting layer in OSCs.</p> <p>In chapter 4, low temperature process of PVSCs are fabricated with the structure FTO/SnO<sub>2</sub>/ perovskite/Spiro-OMeTAD/Au. Moreover, the design of experiment to reduce the number of sampling in experiment is also explained. The design of experiments is carried out by the optimization process with a combination of Latin-Hypercube-Sampling, Kinging model and a fast and elitist multiobjective genetic algorithm (NSGA-II).</p> <p>In Chapter 5, fabricated cm<sup>2</sup> scale area of PVSCs at atmospheric pressure by modifying two-step method and by changing the washing step to dynamic-spin washing. It was found that this process can control the surface morphology of perovskite surface. Moreover, the optimised process introduced in chapter 4 is also used in this chapter for studies and the effect of dense-TiO<sub>2</sub> and mesoporous TiO<sub>2</sub> layer was optimised, with the conclusion that only the thickness of dense-TiO<sub>2</sub> has an effect to the parameter of the fill factor.</p> <p>In Chapter 6, the summary of this research and future approach of photovoltaic devices technology is described.</p>			