

完全溶液プロセスに向けたペロブスカイト太陽電池作製プロセスの開発

Development of fully solution-processable fabrication technique for perovskite solar cells

吉川 達也 (電気電子工学科)

Tatsuya Yoshikawa

高機能デバイス研究室 指導教員 相川慎也 准教授

1. 緒言

光エネルギーを電気エネルギーに変換する太陽電池はクリーンな再生可能エネルギーの1つとして知られている。さらに、その適用範囲拡大のために、軽く、薄く、曲面等あらゆる形状に貼り付け可能なフレキシブルな薄膜太陽電池への要求が高まっている。このフレキシブル太陽電池を実現する候補材料として、低温での形成が可能なペロブスカイト構造を持つ材料が注目されている。この構造を用いた太陽電池はペロブスカイト太陽電池と呼ばれ、ガラス基板上に透明電極、正孔輸送層、光電変換層、電子輸送層、電極の順に堆積させたスタック構造が知られている。

ペロブスカイト太陽電池は、溶液塗布により、低温かつ低コストでの製造が可能になるとともに、プラスチック基板上に成膜することで、曲げることのできる太陽電池が製作できる。本研究では、宮坂らによって開発されたプロセスをベースに¹⁾、完全溶液プロセスに向けた作製プロセスの開発を目的とする。具体的には、スピコート法でペロブスカイト太陽電池を試作し、その特性を評価することでプロセスの最適化をはかる。

2. 実験

2.1. 溶液の作製

アナターゼ型の酸化チタンペースト(TiO_2 , 粒子径: ~25 nm), ヨウ化鉛(PbI_2 , 99%), ヨウ化メチルアンモニウム($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$), Poly(3, 4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate)(PEDOT:PSS) は SIGMA-ALDRICH より、エタノール($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), N, N-ジメチルホルムアミド(DMF), ジメチルスルホキシド(DMSO)は富士フィルム和光純薬株式会社から購入した。

酸化チタン溶液は酸化チタンペースト 0.10g をエタノール 2.0ml で希釈して用いた。ペロブスカイト溶液はヨウ化鉛 0.48g, ヨウ化メチルアンモニウム 0.17g, N, N-ジメチルホルムアミド 0.69ml, ジメチルスルホキシド 0.15ml を計り、マグネチックスターラーで 70℃に加熱しながら攪拌し、完全に溶解させ、ヨウ化鉛メチルアンモニウム ($(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{PbI}_3$)を得た。また、使用前にも加熱・攪拌させた。PEDOT:PSS 溶液はシリンジフィルター(0.22 μm)でろ過してから用いた。

2.2. デバイスの作製

Fig.1 に示すように 2 種類の方法で作製した。FTO ガラス基板をアセトン・イソプロピルアルコール(IPA)で超音波洗浄した後、UV 照射, Ar プラズマ曝露を行った。正孔輸送層として PEDOT:PSS をスピコートし、空气中でアニール処理をした。貼り合わせの場合は、酸化チタン(約 8nm)付き FTO ガラス基板を FTO ガラス基板と同様に洗浄し、その上に光電変換層としてペロブスカイト溶液をスピコートし、空气中でアニール処理をした。先ほどの基板とダブルクリップを用いて接触させた。直接堆積の場合は PEDOT:PSS の上に電子輸送層として酸化チタン(TiO_2)溶液をスピコートし、ホットプレート上で乾燥させた。最後に電極として銀ペーストを酸化チタン上に付けた。

3. 結果及び考察

マニュアルプローバーを用いた IV 測定により、貼り合わせの

場合、直接堆積の場合ともに暗電流、光電流ともに流れることが確認できた。貼り合わせによる JV 特性を Fig.2 に示す。ペロブスカイト層の上に TiO_2 や PEDOT:PSS をスピコートした際に、黄色の薄膜が観測された。ペロブスカイト溶液は黄色の溶液であり、ペロブスカイト結晶薄膜は黒褐色となる。 TiO_2 溶液は白濁色、PEDOT:PSS 溶液は黒色、薄膜は無色透明であるため、ペロブスカイト層が高い酸性度を持つエタノールや、高い酸性度・腐食性を持つ PEDOT:PSS により溶けだしたと考えられる。堆積の順番を考慮しない場合や長期安定性を持たせる際にはペロブスカイト層の保護が必要である。

4. まとめ

ペロブスカイト太陽電池を作製し、光電変換を確認できた。現状、貼り合わせの場合における TiO_2 は真空中での成膜であるため完全溶液プロセスに向け酸化チタンペーストのスピコート条件の最適化をしていく必要があるとともに、さらなる特性の向上のためにペロブスカイト膜質の改善、および、基板表面のぬれ性向上を検討していく。

5. 参考文献

[1] 廣木一亮・香取重尊, 材料科学の基礎 vol9 ペロブスカイト太陽電池の基礎, シグマアルドリッチジャパン(2018)

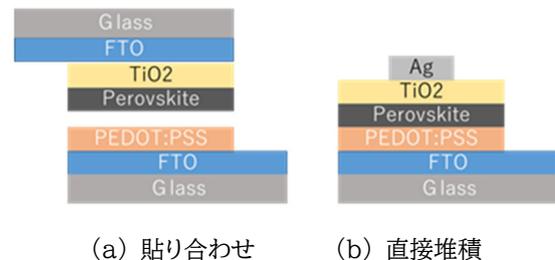


Fig.1 作製したデバイスの断面概略図

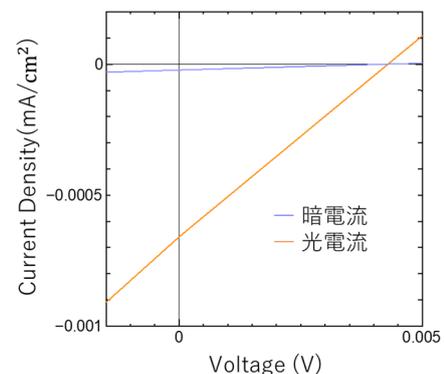


Fig.2 電流密度-電圧特性