

氏名・（本籍）	YANG FU（中国）
学 位 の 種 類	博 士（工学）
学 位 記 番 号	生工博甲第 331 号
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Enhanced Stability and Photovoltaic Performance of Perovskite Solar Cells Prepared in Ambient Atmosphere(大気中で作製したペロブスカイト太陽電池の安定性及び光変換効率の向上)
論文審査委員会委員長	馬廷麗
論文審査委員	早瀬修二
論文審査委員	Shyam S. Pandey
論文審査委員	田中徹

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

ペロブスカイト太陽電池はプリンタブル太陽電池としては驚異的な高効率を達成しており、無機太陽電池の効率に迫っている。しかしこれらのペロブスカイト太陽電池を作製するためにはドライルームなどの低湿度雰囲気が必要であり、低コスト量産化プロセスを実現するには通常雰囲気下でも高効率が発揮できるプロセス、材料が必要である。本研究は通常の大気下でも高い効率が発揮でき、かつ大気中で耐久性を有する太陽電池作製を目的としたものである。

1章はペロブスカイト太陽電池の背景と歴史について述べている。また、商品化するための問題点を議論し、そのひとつである通常雰囲気下での高効率太陽電池実現を目的に設定した理由について記載している。

2章は太陽電池のペロブスカイト層作製時に使用される結晶化制御プロセス（アンチソルベントプロセス）に関する提案である。これまでアンチソルベント溶剤としてトルエン、クロルベンゼンのような非極性溶剤がよいとされていたが、より親水性のエチルアセテートが結晶成長中に結晶中に取り込まれる水分をいち早く抽出し、水分が結晶成長に及ぼす悪影響を取り除くことができることを実証している。ペロブスカイト膜の物性をUV-vis, X-ray, SEM, AFM によって詳細に議論している。プラナー型（平面型）のペロブスカイト太陽電池構造を用い、エチルアセテートなどの親水性アンチソルベント溶剤を使うことによって通常大気下で作製した場合に大幅な効率向上ができることを報告している。

3章はアンチソルベント溶剤の親水性を上げるために、アルコール類をアンチソルベント溶剤（エチ

ルエーテル) に添加し、アルコールの種類、添加量、効率との関係を議論している。アルコールの炭素鎖が長くなるほど添加量を多くしなければならないが、すべてのアルコールで添加のアンチソルベントプロセスを用いて作製した太陽電池の効率が添加前に比較し大幅に向上することを実証した。この章では2章で提案した結晶成長過程でそれを阻害する水を抽出するというメカニズムをさらに確かなものになっている。

4章はペロブスカイト結晶化を制御するためにペロブスカイトプリカーサー溶液に MgI_2 を添加している。XRD スペクトルから MgI_2 を添加することによりこれが結晶核となり結晶性が向上し粒界が大きくなることを確認した。通常雰囲気化で作製したペロブスカイト太陽電池は MgI_2 を添加することにより大幅に効率が向上するとともに、欠陥が少なくなり耐久性が大きく向上したと報告している。

5章にはペロブスカイトプリカーサーにアミノアセチルピレンを添加し、3D 構造の中に 2D 構造を導入するとともにピレン環の疎水性による耐水性の向上と 2D 効果による性能向上を目指した研究結果を記述している。これまでの研究で 3D のペロブスカイト構造に 2D 構造のペロブスカイトプリカーサーを添加することにより耐久性の向上と効率が向上することが既に報告されているが、その効果をさらに高めるためにピレングループを導入している。通常大気下で作製した太陽電池はピレン化合物を添加することにより表面が撥水性となり、高い耐水性を発揮することを実証している。

6章は高い耐久性が期待できる有機物を含まない無機ペロブスカイト (CsPbBr_2) の作製に関する。これまで記載したペロブスカイトは無機成分の中に有機アンモニウム塩を含んでおり、高温高湿条件化での耐久性の低下が懸念されていた。無機ペロブスカイト (CsPbBr_2) は高い高温耐久性が期待できるが、通常大気下では水分が相変化を誘発し作製が困難であった。一方研究室内で Sn ペロブスカイト太陽電池に GeI_2 を添加すると効率と耐久性が向上するという結果が報告された。その結果を上記無機ペロブスカイトに応用している。ペロブスカイトプリカーサーに GeI_2 をドーピングすることにより大気下で作製が可能になり、また通常大気下での安定性が大きく向上することを見出した。

7章はこれらをまとめ、結論を記載している。通常大気下で作製できるプロセス、プリカーサーを見出し、耐湿性、耐久性に優れたペロブスカイト太陽電池が作製できることを実証している。これらの知見は今後量産プロセスの低コスト化に大きく貢献すると考えられる。

学位論文審査の結果の要旨

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、

本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。