

ハロゲン化鉛ペロブスカイト太陽電池の 結晶配向制御

2024 年度

神 川 郁 海

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	神川 郁海
主 論 文 題 名 :					
ハロゲン化鉛ペロブスカイト太陽電池の結晶配向制御					
(内容の要旨) ペロブスカイト太陽電池 (perovskite solar cell, PSC) は軽量かつフレキシブルな太陽電池として近年注目されている次世代型太陽電池で、発見から 15 年で変換効率は急速に向上し、2024 年現在、26.7 %を記録している。最も典型的なペロブスカイト材料のひとつがハロゲン化鉛ペロブスカイト ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, MAPbI_3) で、可視光を吸収できるバンドギャップ、厚さ数百 nm で十分光を吸収できる吸光係数、その厚さに匹敵する長いキャリア拡散長といった特性を有しており、太陽電池の光活性層として優れた材料である。一方で、PSC の性能を低下させる要因として MAPbI_3/キャリア輸送層の界面におけるキャリア再結合が挙げられる。MAPbI_3 が多くのキャリアを生成しても、キャリア再結合が起きると外部に取り出せる電流が減少してしまう。 そこで本研究では、キャリア輸送層として有機半導体バッファ層 (organic semiconductor buffer layer, OSBL) を採用し、OSBL の上に MAPbI_3 を成長させるプロセスに注目した。本研究で使用した OSBL はルブレन、ペンタセンの各単層膜と新たに提案するルブレン/ペンタセン二重層 (r/p 二重層) の 3 種類であり、ルブレンは MAPbI_3 のエピタキシャル成長を実現できる下地として、また、ペンタセンはルブレンの配向性を保証するために使用した。これらの OSBL を適切に構築して MAPbI_3 の配向制御を実現することにより、MAPbI_3/OSBL 界面の密着性を改善してキャリア再結合を抑制し、PSC の変換効率を向上させることを目的とした研究を遂行した。 第 1 章では、国際社会が抱えるエネルギー問題と、その解決のために PSC が果たす重要な役割、PSC に関する研究動向と課題点をそれぞれ概説し、本研究の目的と特徴を記した。 第 2 章では、本研究で使用した試薬と装置を紹介し、試料の作製方法について交互蒸着法、2 ステップ法を含めて示した。 第 3 章では、OSBL の詳細な成膜条件の最適化を実施した後、交互蒸着法としてヨウ化メチルアンモニウム ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$, MAI) とヨウ化鉛 ($\text{PbI}_2$) を交互に成膜することで、$\text{MAPbI}_3$ を堆積した。作製した試料の X 線回折において、MAPbI_3 に対する PbI_2 の強度比を 1 %未満に抑制でき、PbI_2 の残留がきわめて少ない MAPbI_3 の作製条件を確立した。その後、OSBL の構成が異なる 3 つの PSC を作製した結果、r/p 二重層を使用した PSC において最も優れた変換効率を得られ、PSC における OSBL の重要性を示した。 第 4 章では、OSBL 上に MAPbI_3 を堆積する新手法として、PbI_2 蒸着膜を MAI 溶液に浸漬して MAPbI_3 層を構築する 2 ステップ法を採用した。そのプロセスにおいても、PbI_2 の残留がきわめて少ない MAPbI_3 の作製条件を確立した。その後、微小角入射広角 X 線散乱法により、r/p 二重層の上に成長した MAPbI_3 が、本研究で作製した他の試料よりも高い配向性を有することを確認した。その高い配向性を有する MAPbI_3 に対して r/p 二重層を使用した PSC を作製した結果、交互蒸着法使用時よりも更に高い変換効率を得られ、2 ステップ法の有用性を示した。 第 5 章では、結論として本論文の要約と今後の展望を記した。					

