

論文内容の要旨

博士論文題目 キャパシタンス分光法を用いたペロブスカイト太陽電池の内部物性評価手法構築および劣化要因解析

氏 名 松下 明生

(論文内容の要旨)

ペロブスカイト太陽電池は、低温・塗布による簡易な形成方法でありながら、高い変換効率が得られる。この利点を活用することにより、従来の太陽電池では適用が困難であった新たな領域への展開が提案されており、太陽電池導入量の大幅な増加とともに、新たな価値の創出が期待できる。本論文では、ペロブスカイト太陽電池独自の課題を解決し、実用化に向けた開発を加速させるため、二つの研究課題に取り組んだ。

本論文は、第1章「序論」から第4章「総括」までの全4章にて構成されている。

第2章では、ペロブスカイト太陽電池セルの内部物性評価が困難であるという課題を解決するため、セル内部の物理状態を非破壊的にモニタリングすることを可能とする新規の解析手法構築を試みた。ペロブスカイト太陽電池に対しキャパシタンス分光測定を実施し、得られたキャパシタンスのバイアス電圧に対する振る舞いを解析した。その結果、ペロブスカイト層の内部に存在するキャリアの密度とその分布状態に加え、ホール輸送層のドーパント濃度とその分布状態を個別に確認できる新たな手法を実現した。輸送層内部におけるキャリア密度分布の明確化は、従来の解析結果からは得られなかった新たな知見であり、内部物性変化を解析するための手法として非常に有益なものであると考えられる。

第3章では、ペロブスカイト太陽電池の実用化には長期信頼性の確保が必須であるという課題を解決するため、信頼性の低下を引き起こす熱劣化について、その要因を明確化することを試みた。前章で開発した新規解析手法を用い、高温曝露試験を実施したセルの内部物性変化を、非破壊かつ連続的にモニタリングした。解析結果より、ペロブスカイト材料自体は大きな劣化は発生しておらず、

ホール輸送層内部が劣化の起因となっていることが確認できた。加熱によりホール輸送層内部のドーパント濃度が大きく低下することを確認し、この濃度低下が熱劣化の要因であることを見出した。

本研究では、ペロブスカイト太陽電池の内部における物性変化を非破壊に明確化することが可能な新規解析手法を開発することに成功した。また、開発した新規手法を熱劣化過程の解析に用いることにより、ペロブスカイト太陽電池の劣化要因について明確化した。本研究により得られた知見は、ペロブスカイト太陽電池の実用化に向け重要な指針となるものであり、太陽電池を普及拡大し、新たな価値創出に貢献できるものであると考える。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、ペロブスカイト太陽電池の独自課題を解決し、実用化を促進するために研究されたものであり、セル内部物性を非破壊にて評価するための新規解析手法の開発、およびモジュールの長期信頼性確保のための熱劣化を引き起こす要因の解析について検討を行い、以下に示す成果を得ている。

(1) ペロブスカイト太陽電池のセル内部における物理状態を、非破壊的な方法を用いてモニタリング可能とする新規解析手法の構築に成功した。ペロブスカイト太陽電池内部のキャパシタンス成分に対し、そのバイアス電圧依存を解析することにより、ペロブスカイト層の内部に存在するキャリアの密度とその分布状態に加え、ホール輸送層のドーパント濃度とその分布状態を個別に確認できる新たな手法を実現した。ペロブスカイト太陽電池セルの重要な構成要素の一つである輸送層に対して、その内部情報であるキャリア密度分布を明確化できることは、従来の解析手法からは得られなかった新たな知見であり、セル内部において発現する物性変化を解析するための手法として非常に有益なものである。

(2) ペロブスカイト太陽電池の信頼性低下を引き起こす熱劣化について、その劣化要因を明確化することに成功した。前述した新規開発の内部物性解析手法を用い、高温曝露試験を実施したセルの内部物性を非破壊で連続的に解析することにより、熱劣化過程においてペロブスカイト材料自体は大きな変化は発生しておらず、ホール輸送層内部の変化が熱劣化の起因となっていることを確認した。解析結果から加熱に伴いホール輸送層内部においてドーパント濃度低下が起こっていることが明らかとなり、このドーパントの拡散が熱劣化の要因となっていることを見出した。

このように、本論文は、ペロブスカイト太陽電池の内部物性を評価するための新規手法を実現するとともに、開発手法を用いて劣化を引き起こす要因を明確化することにより、ペロブスカイト太陽電池の実用化の可能性を示した点で工学的に高い価値を有し、太陽電池分野の科学技術の発展に大きく寄与するものと考えられる。よって審査員一同は本論文が博士(工学)の学位論文として価値あるものと認めた。