

論文内容の要旨

博士論文題目

Studies on indoor energy harvesting with perovskite solar cells toward IoT applications and development of practicable fabrication process

(IoT 応用に向けたペロブスカイト型太陽電池を用いた屋内環境発電に関する研究および実用化に向けた作製プロセスの開発)

氏 名 來福 至

(論文内容の要旨)

近年, 様々なモノをインターネットに接続する **Internet of Things (IoT)** が農業分野や医療分野など, 様々な分野に応用されている. **IoT** の更なる発展において, 電源の確保が重要な課題の一つとして挙げられる. 本研究では **IoT** 用の環境発電素子としてペロブスカイト型太陽電池に着目し, その低照度特性の評価を目的とした. また, ペロブスカイト型太陽電池の信頼性改善に向けて, 信頼性の高い素子を均質に効率的に生産可能なスパッタ法の実現性を検証するため, スパッタ法による新規作製手法確立を目的とした.

本論文は第 1 章「**Introduction**」から第 5 章「**Conclusions**」までの全 5 章で構成されている.

第 2 章ではペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性の照度依存性について検討した結果を述べている. ペロブスカイト型太陽電池は低照度条件下においても高い開放電圧を示すことが確認され, 屋内環境でも使用可能である可能性が示唆された. また, 内部抵抗の解析より **Planar** 構造が低照度用途に適したデバイス構造であることを提案し, 実際に開放電圧の低下が抑制されることを明らかにした.

第 3 章では室内照明の一種である蛍光灯照射下におけるペロブスカイト型太陽電池の発電特性に関する検討結果を述べている. 検討の結果, ペロブスカイト型太陽電池は蛍光灯スペクトル照射下においても高い変換効率を示すことが確認された. また, 光吸収層の組成を変化させてバンドギャップを制御することにより, 30%を超える高い変換効率が達成可能であることを明らかにした.

第 4 章ではスパッタ法によるペロブスカイト型太陽電池作製に関する検討結果について述べている。スパッタ法により堆積したヨウ化鉛薄膜をヨウ化メチルアンモニウムガスと反応させることでペロブスカイト薄膜の作製が可能であることを明らかにした。また、スパッタプロセスで作製した薄膜を用い、1.84%の光電変換効率を示す太陽電池を実現した。その他、スパッタ法では従来の溶液法では困難なテクスチャ基板上への均一な製膜が可能であることを明らかにした。

以上の結果より、ペロブスカイト型太陽電池は IoT 用途の場として想定される低照度条件下においても効率よく発電可能であることを示した。また、工業生産に用いられているスパッタ法によりペロブスカイト型太陽電池が作製可能であることを示した。本研究で得られた知見は IoT の更なる発展や、光電変換デバイスをはじめとする様々な分野の発展に貢献すると期待される。

氏名	來福 至
----	------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、Internet of Things (IoT)用の環境発電素子としてペロブスカイト型太陽電池に着目し、その低照度特性の評価および信頼性の改善に向けた新規作製手法確立を目的として研究されたものであり、以下に示す成果を得ている。

(1)疑似太陽光スペクトル照射下におけるペロブスカイト型太陽電池の照度依存性を評価した。その結果、ペロブスカイト型太陽電池は低照度条件下における開放電圧の低下が起きにくいことを示した。

(2)ペロブスカイト型太陽電池の内部抵抗に関する評価を行い、従来のデバイス構造に含まれているメソポーラス酸化チタンが低照度条件下において内部抵抗として働くことを示し、メソポーラス層を除いた Planar 構造が低照度用途に適していることを提案した。また、実際に Planar 構造の太陽電池の照度依存性を検討することにより、低照度条件下において従来の構造よりも高い開放電圧を示すことを示した。

(3)室内光として用いられている蛍光灯照射下におけるペロブスカイト型太陽電池の発電特性を評価した。その結果、ペロブスカイト型太陽電池は蛍光灯のような屋内光のスペクトル照射下においても高い変換効率を示すことが確認された。また、光吸収層の組成を変化させバンドギャップ制御を行うことにより、30%を超える高い変換効率が可能であることを見出した。

(4)バンドギャップが大きいペロブスカイト薄膜は太陽光のような高い強度の光照射下では相分離を引き起こし、発電特性が低下することが報告されていたことを受け、低照度条件下において相分離の影響を検討した結果、低照度条件下において相分離の影響は小さいことが示唆された。

(5)ペロブスカイト型太陽電池の問題点である信頼性の改善を目的として、スパッタ法による作製手法の提案および検討を行った。その結果、スパッタ法により製膜した PbI_2 薄膜と $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ ガスを反応させることでペロブスカイト薄膜の作製が可能であることを見出したほか、同手法で作製した薄膜を用いて光電変換効率を示す太陽電池の作製が可能であることを見出した。

このように、本論文はペロブスカイト型太陽電池が環境発電素子として高いポテンシャルを有することを示した点や、工業生産への応用が可能なスパッタ法により作製可能であることを示した点で工学的に高い価値を有すると考えられる。従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。