

氏名・（本籍）	ZHANG CHU（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	生工博甲第 334 号
学位授与の日付	平成 31 年 03 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	Studies on Bismuth-based Light Absorbers for Lead-free Perovskite Solar Cells (非鉛ペロブスカイト太陽電池におけるビスマス系光吸収材料に関する研究)
論文審査委員会	委員長 早瀬 修二 教授 馬 廷麗 教授 安田 敬 教授 パンディ シャム スディル 准教授

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

近年、ペロブスカイト太陽電池の光電変換効率が高いため、非常に注目されている。しかし、不安定及び毒性がある無機有機ハイブリッド鉛材料を使用しているため、非鉛材料の開発が強く求められている。今まで、いくつかの非鉛材料が報告されていたが、バンドギャップが大きく、結晶性及び薄膜の品質は悪いため、デバイスの光電変換効率は非常に低かった。そのため、新しい鉛フリーペロブスカイト材料の開発は必要不可欠である。

この論文ではバンドギャップが小さく、安定性に優れた 2 種類の非鉛 Bi ペロブスカイト、 MABiI_2S 及び $\text{Cs}_2\text{NaBiI}_6$ を合成している。得られた材料の組成、構造、結晶成長の機構及び光電気化学性質について検討している。さらに、これらの材料を太陽電池に応用し、光吸収層としての性能を評価している。本研究の結果から、Bi ペロブスカイト材料は鉛フリーペロブスカイト太陽電池において非常に有望であることを示している。

第 1 章では、太陽電池の技術及び非鉛ペロブスカイトの研究開発の背景、また、いままでの非鉛ペロブスカイト材料の研究課題及びそれらの解決策、そして本論文の目的を述べている。

第 2 章では、本論文で使用した試薬及び装置を記述し、材料の作製方法及び使用した装置を示している。さらに、光電気化学の測定方法の基本原則を紹介している。

第 3 章では、簡単な 2 ステップ固相反応により、鉛フリーカルコゲナイドペロブスカイト MABiI_2S を合成している。UV-Vis の吸収スペクトルを測定したところ、 MABiI_2S ペロブスカイトのバンドギャップは 1.52 eV であり、広い吸収範囲を持つことが分かった。 MABiI_2S ペロブスカイトを用いて、太陽電池を製作した後、デバイスの性能を評価している。 MABiI_2S 太陽電池の光

電変換効率は低かったが、デバイス性能を阻害する要因を探索し、光電変換効率を向上させる方針を提案している。

第4章では、簡単な水熱法により、新規のダブルペロブスカイト $\text{Cs}_2\text{NaBiI}_6$ を合成している。 $\text{Cs}_2\text{NaBiI}_6$ のバンドギャップを測定している。1.66 eV であり、650 nm までの広い吸収範囲を持つことを示した。70%の湿度で5カ月間を貯蔵後、 $\text{Cs}_2\text{NaBiI}_6$ は分解せず、優れた安定性を示している。

第5章では、水熱成長法で、3D シャトル状の $\text{Cs}_2\text{NaBiI}_6$ マイクロ単結晶を作製し、その結晶成長のメカニズムを明らかにしている。さらに、ヨウ化水素及びNa カチオンの濃度、反応温度、反応時間など複数の反応パラメータを最適化し、単結晶の成長の最適なパラメータを得ている。

最終章では、本論文の結論と今後の展望をまとめた。鉛フリーペロブスカイト材料の開発は依然として大きな課題を抱えている。高性能の鉛フリーペロブスカイト材料及び鉛フリー太陽電池の性能向上が今後の大きな研究課題であると述べている。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、論文審査委員から Bi ペロブスカイトの結晶欠陥、バンドギャップの制御、実際に作製された吸光層及びデバイスの性能の向上などについて質問がなされ、いずれも著者から明確な回答が得られた。

また、公聴会においても多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

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。