

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書(探索研究)

令和2年度 研究開発年次報告書

平成 29 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：早瀬修二]

[電気通信大学・インフォ・パワードエネルギーシステム研究センター・特任教授]

[研究開発課題名：Sn からなる Pb フリーペロブスカイト太陽電池の開発
／Development of Pb free perovskite solar cells consisting of mixed metal Sn
perovskite]

実施期間：令和2年4月1日～令和3年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1) 「SnGe ペロブスカイト太陽電池の高効率化」グループ (電気通信大学)

①研究開発代表者：早瀬修二 (電気通信大学大学・インフォ・パワードエネルギーシステム研究センター、特任教授)

②研究項目

SnGe ペロブスカイト太陽電池の粒界欠陥密度を低減させるためのパッシベーション手法を提案し、実験的に証明する。

・SnGe ペロブスカイト層 (粒界を含める) の欠陥密度をさらに減少できることを示す実験的証拠。

・SnGe ペロブスカイト太陽電池を高効率化できるエネルギーバンドアライメントを提案し (特に Voc)、それを証明する実験的証拠。

(2) 「Pb フリーペロブスカイト太陽電池の光物性と電荷分離機構の解明」グループ (電気通信大学)

①主たる共同研究者：沈 青 (電気通信大学基盤理工学専攻、教授)

②研究項目

・Pb フリーペロブスカイトの光物性評価・Pb フリーペロブスカイト太陽電池の光励起キャリアダイナミクスの評価

「Pb フリーペロブスカイト太陽電池の最適設計と動作解析」グループ (立命館大学)

①主たる共同研究者：峯元 高志 (立命館大学理工学部、教授)

②研究項目

・デバイスシミュレーションによる最適設計・実デバイスの動作解析

(4) 「Pb フリーペロブスカイト太陽電池の電子物性と耐久性」グループ (宮崎大学)

①主たる共同研究者：吉野 賢二 (宮崎大学工学部、教授)

②研究項目

・Pb フリーペロブスカイト太陽電池の電子物性・Pb フリーペロブスカイト太陽電池の耐久性

(5) 「第一原理計算、自由エネルギー計算などの計算機科学を駆使したペロブスカイト組成の提案」グループ (九州工業大学)

①主たる共同研究者：飯久保 智 (九州工業大学、准教授)

②研究項目

・SnGe ペロブスカイトの Sn 欠陥生成エネルギーが大きくなる系を提案する。

§2. 研究開発実施の概要

2019年には錫ペロブスカイト太陽電池の効率向上のために、Ge²⁺を添加することで(アロイ化 SnGe ペロブスカイト太陽電池)と粒界パッシベーションが有効であることを報告した。2020年度にはプリカーサー中に含まれるGeイオンがペロブスカイトインク溶液の安定性向上に寄与しており、強い酸化剤であるDMSOがプリカーサー溶液に含まれていてもGeイオン存在下では錫ペロブスカイトプリカーサーの酸化は起こりにくく、ペロブスカイトインクとしての取扱時間を長くすることが可能になった。本結果は量産時のペロブスカイトインクの安定性という観点から重要な知見である。Aサイトに導入するカチオンのサイズと欠陥密度、太陽電池特性の相関を調べたところ、嵩高い置換基を少量導入することにより欠陥密度が低下し太陽電池が高効率化するという指針を得た。最高効率は昨年の13.2%から13.6%に向上した。科学計算よりこれらの嵩高い置換基は格子に取り込まれているわけではなく結晶化時に粒界にはじき出されて粒界パッシベーションに寄与していると推定できた。粒界のパッシベーションの分子構造依存性を検討したところ、昨年見出したエチレンジアミンによるパッシベーションが最も優れていることを報告したが、プロセス許容度が小さい欠点があった。プロセス許容度と効率向上のバランスが良いパッシベーション方法を見出した。錫ペロブスカイトからPEDOT-PSSへの正孔移動速度定数は錫ペロブスカイトからC60への電子移動速度定数より1桁以上速いがエチレンジアミンでパッシベーションすることにより注入バランスが改善されることが分かった。チャージバランスの点からはn型半導体の候補は酸化錫が候補である。二酸化スズの低温成膜を試み、X線回折の結果から成膜温度150°Cからでも正方晶ルチル型の多結晶二酸化スズの成長を確認した。光学シミュレーションの結果、錫ペロブスカイトの現在の膜厚(350nm)を700nmにすることにより、現在の実デバイスの効率である13.2%を14.4%まで改善できることが示唆された。