

2023 年度年次報告書

未踏探索空間における革新的物質の開発

2023 年度採択研究代表者

佐伯 昭紀

大阪大学 大学院工学研究科
教授

光電変換薄膜探索法の開発とマイクロ波誘電学理

主たる共同研究者:

田村 宏之 (東京大学 先端科学技術研究センター 特任准教授)

深澤 愛子 (京都大学 高等研究院 教授)

研究成果の概要

太陽電池や光センサーなどの光電変換薄膜材料の探索を多面的かつハイスループットなステージに上げるためには、従来の手動実験や量子化学計算に代わる新たな手法の確立が急務である。そのようなものとして人工知能に基づく機械学習や、ロボットを利用した自動試料作製装置と自動評価装置の開発が期待されている。そこで、協働ロボットと時間分解マイクロ波伝導度を組み合わせ、さらに光物性と光学顕微鏡像を自動で測定できるシステムを独自開発した¹。

次世代太陽電池として期待されているペロブスカイト太陽電池は実用化に近づいているが、有毒元素である鉛を含むという課題がある。一方で、比較的低毒なビスマスやアンチモンといった元素から構成される太陽電池の開発も進められているが、その溶液塗布プロセスは多くのプロセスパラメータを検討する必要があり、研究開発は未だ進んでいない。今回、太陽電池性能とよく相関する光伝導度信号を測定できるユニークなマイクロ波伝導度法を、ロボットを用いた自動評価システムと融合することで、簡便・高速・高精度に次世代太陽電池材料のスクリーニングを可能にするオンラインの装置開発に成功した。さらに、太陽電池薄膜の光吸収・発光および光学顕微鏡測定もシステムに組み込むことで、多角的でスピーディーな評価を可能にした。

このシステムを用いて 576 条件のセシウム・ビスマス・アンチモン・ヨウ素(Cs-Bi-Sb-I)からなる非鉛太陽電池の性能を調査した結果、新たに発見した材料プロセス条件で、変換効率を比較対象の 6 倍へ向上させることに成功した。従来は手動で約 30 分かかった測定が完全自動で約 5 分に短縮でき、より多くの材料やプロセスを検討することができるようになることから、今後の新規材料の探索での活用が期待できる²。また、得られたデータを機械学習や統計処理で解析した結果、高効率太陽電池を実現させるための実験的な指針を得ることに成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Nishikawa, C. Nishikubo, R. Ishiwari, F. Saeki, A. Exploration of Solution-Processed Bi/Sb Solar Cells by Automated Robotic Experiments Equipped with Microwave Conductivity. *JACS Au*, **3**, 3194-3203 (2023).
- 2) Liu, W. Duan, Y. Zhang, Z. Gao, J. Li, S. Fink, Z. Wu, X. Ma, Z. Saeki, A. Russell, T. P. Liu, Y. Rational Organic Subcell Engineering Enables Efficient Organic-Perovskite Tandem Solar Cells. *ACS Energy Lett.*, **8**, 4514-4523 (2023).