

2023 年度研究ステーション研究成果報告書

1. 研究ステーション名 先進エネルギーデバイスと AI 融合技術研究ステーション
研究代表者名（所属部局・職・氏名）i-パワードエネルギー・システム研究センター（i-PERC）
教授 曾我部東馬

2. 研究組織(今年度関わった全ての構成員を記してください。)

<学内構成員>

電気通信大学 i-パワードエネルギー・システム研究センター 教授 曾我部 東馬
電気通信大学 i-パワードエネルギー・システム研究センター 特任教授 早瀬 修二
電気通信大学 i-パワードエネルギー・システム研究センター 研究員 小野 洋
電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻 教授 山口 浩一
電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻 教授 沈 青
電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻 准教授 宮下 直也
電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻 助教 坂本 克好

<学外構成員>

東京大学 先端科学技術研究センター 教授 岡田 至崇
国立大学法人筑波大学 特命教授 森賀 俊典

3. 2023 年度の研究の特筆すべき成果

本年度の特筆すべき成果は主に下記 2 点となる。

- 成果 1) AI 予測最適化技術による超高効率量子ドット/Perovskite 太陽電池の逆設計およびデバイスの作製と評価

コロイド量子ドット（CQD）を利用したペロブスカイト太陽電池の中間バンド型太陽電池（IBSC）の実現に向けた新しいアプローチを開発した。従来の実験手法では効率が低迷していた中で、AI を活用した 3 次元デバイス設計手法を導入することで、CQD の面内カップリングを最適化し、世界最高効率の 10.9%を達成した。さらに、CQD 層をペロブスカイトと交互に積層する新たな設計アプローチも提案し、効率向上に向けた設計指針と技術を確立した。

- 成果 2) 共同ドリフト拡散シミュレータと深層強化学習スキームによる中間バンド型太陽電池の逆設計

A サイトカチオンの交換がペロブスカイト量子ドット（PQDs）のホットキャリアの緩和ダイナミクスに与える影響を深く理解することは、革新的な光電変換技術の発展に重要である。本研究では、超高速トランジェント吸収分光法を用いて、純粋な FAPbI_3 、 MAPbI_3 、 CsPbI_3 、および合金化された $\text{FA}_{0.5}\text{MA}_{0.5}\text{PbI}_3$ 、 $\text{FA}_{0.5}\text{Cs}_{0.5}\text{PbI}_3$ 、 $\text{MA}_{0.5}\text{Cs}_{0.5}\text{PbI}_3$ QDs のホットキャリアの冷却運動を調査した。有機カチオンを含む PQDs の初期の急速冷却段階の寿命は CsPbI_3 QDs よりも短く、合金化された PQDs の遅い冷却段階の寿命は 1sun 以上の照射下で長くなった。これは、合金化された PQDs に共振光子モードが導入されたことによる効果であり、効率的な音響フォノンのアップコンバージョンとホットフォノンのボトルネック効果が強化されることを示している。

上記以外に、先進エネルギーデバイスと AI 融合技術研究ステーションの特筆すべき実績として、2024 年 4 月 19 日（金）、本学とミラノビコッカ大学が国際交流の一層の促進を目指し、学術交流協定を締結したことが挙げられる。ミラノビコッカ大学の Gabriella Pasi 副学長および Stefania Bandini 教授が同日、本学を訪問し、調印式が執り行われた。曾我部東馬教授は本協定の国際交流協定推進教員を務めており、最先端のエネルギーデバイスと AI を融合した技術について、本研究室の実験装置などを紹介し議論を行った。

協定の締結により、研究および学生の相互交流を加速させ、両学の教育研究の質の向上や更なる国際化の促進が期待される。

4. 2023 年度の研究成果の公表実績

「グリッドが社会インフラ特化型 SaaS を 3 月より本格リリース 生成系 AI を採用して電力・海運・サプライチェーン業務を自動化／最適化」ロボスタ (2023/3/13)

5. 外部資金の獲得状況

共同研究 (株式会社グリッド、国立大学法人東京大学) 「エネルギー環境分野における数理モデルと人工知能融合」

代表者 曾我部 東馬 直接経費 4,545 千円・間接経費 454.5 千円

6. 今後の研究発展

液相成長 (LPD) 法を用いて作製した酸化鉄膜被覆シリコン光電極は、高感度の光センサーや溶液中の化学物質の検出など、将来的に化学センサーとして様々な分野での応用が期待できる。

7. 発表論文等

「雑誌論文 (査読あり)」:

1. Hua Li, Chao Ding, Naoki Oguri, Yuuya Makino, Dong Liu, Yao Guo, Yuyao Wei, Yusheng Li, Yongge Yang, Dandan Wang, Shikai Chen, Taizo Masuda, Shuzi Hayase, Tomah Sogabe, and Qing Shen, "Elucidating the Mechanisms of the Large Stokes Shift in Isolated and Coupled PbS Quantum Dots", The Journal of Physical Chemistry C, Article Volume 128, Issue 21, Pages 8551-8860, DOI 10.1021/acs.jpcc.4c02008, 2024
2. Kodai Shiba, Naoya Miyashita, Yoshitaka Okada, Tomah Sogabe, "Inverse design of intermediate band solar cell via a joint drift-diffusion simulator and deep reinforcement learning scheme", Japanese Journal of Applied Physics 62, SK1046 (2023), DOI 10.35848/1347-4065/acd34f, 2023
3. Hua Li, a, Qing Wang, Yusuke Oteki, Chao Ding, Dong Liu, Yao Guo, Yusheng Li, Yuyao Wei, Dandan Wang, Yongge Yang, Taizo Masuda, Mengmeng Chen, Zheng Zhang, Tomah Sogabe, Shuzi Hayase, Yoshitaka Okada, Satoshi Iikubo, Qing Shen, "Enhanced Hot-Phonon Bottleneck Effect on Slowing Hot Carrier Cooling in Metal Halide Perovskite Quantum Dots With Alloyed A-Site", Advanced Materials, vol.35, issue 37, doi.org/10.1002/adma.202301834, 2023

「学会発表」: 発表者 (代表) 名・発表タイトル・学会等名・発表年月日・発表場所

1. M.Kim, T.Sogabe, Y.Okada: Control of Orientation of Reactive Sputtering Grown MoS₂ Films, The 2023 IEEE Electron Devices Technology and Manufacturing (IEEE EDTM 2023), 2023/3/7-10
2. 稲葉 大陸, 伊坪 壮太, 宮下 直也, 曾我部 東馬, 岡田 至崇, 山口 浩一: バイアス光照射による薄膜タンデム太陽電池の各サブセル I-V 測定, 第 71 回 応用物理学会春季学術講演会, 2024/3/22-25

「招待講演発表」: なし

「図書」: なし

「受賞」: なし

「特許出願」: なし

「その他」:

先進エネルギーデバイスと AI 融合技術研究ステーション (EDITAS) ホームページ

<https://www.editas.org/home>