

2024 年度年次報告書

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来

2023 年度採択研究代表者

柳澤 亮人

東京大学 生産技術研究所

特任助教

熱スイッチ駆動ナノ熱電ハーベスタ

研究成果の概要

環境中の微小な熱エネルギーから電力を収穫する、熱電変換を用いたエネルギーハーベスト技術が重要となっており、微小な熱流から発電するために内部に熱スイッチ機構を有する熱電ハーベスタの開発を行っている。

これまで有限要素法シミュレーションを用いて熱スイッチ機構による平面型熱電発電素子の設計をおこない、熱伝達が $100 \text{ Wcm}^{-2}\text{K}^{-1}$ 以下などに限定されている場合において、熱スイッチ機構がない素子と比較して 10 倍以上の発電性能向上が見込まれる結果を得た。今年度、シミュレーション結果について国内研究会と国際会議にて発表を行った。

今年度は平面型熱電発電素子に用いる薄膜熱電材料として、熱伝導を低減する極薄界面層をもつ Si 薄膜材料の開発を行った。極薄界面として厚さ 2 nm の $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ を埋め込んだ Si 薄膜を、Si と Ge をソースとした分子線エピタキシーを用いて層間ピッチを様々に変えて試料を作製し、熱伝導率と電気伝導率の測定から熱電材料の性能を評価した。層間ピッチを 60 nm～12 nm の間で作製した試料について、電気伝導率が変化しない一方で、ピッチが短いほど熱伝導率を低減できる結果となり、熱電材料として有効であることを確認した。今後、層間ピッチが短く層数が多い Si 薄膜を用いて熱電デバイスの作製を行う。

また熱電ハーベスタの集積化に向けて、チップボンディングを用いたデバイス作製プロセスを開発し、ボンディングパッドを介して複数チップの熱電ハーベスタを電氣的に直列接続することで発電性能を向上した。

2025 年度は、薄膜の熱アクチュエータを用いた熱スイッチ機構の作製を行い、熱抵抗測定からスイッチングを評価する。平面型熱電発電素子との集積を行い、発電性能の評価を行うことを目標とする。