

微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出
2019年度採択研究代表者

2021年度 年次報告書

年吉 洋

東京大学生産技術研究所
教授

MEMS振動発電を用いたパーペチュアル・エレクトロニクス

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、研究代表者(年吉、東京大学)と共同研究者(橋口、静岡大学)との連携により、半導体プロセス技術との整合性のよい局所的なエレクトレット形成技術を研究開発するとともに、実際に半導体集積回路の一部にエレクトレット型の振動発電素子を集積化して、チップ内で電力を自給自足するパーペチュアル・エレクトロニクスの基盤技術を研究開発している。また、研究代表者と共同研究者(鈴木、群馬大学)との連携により、上記のパーペチュアル・エレクトロニクス素子に効果的に環境振動を与えるためのインターポーザを研究開発するとともに、これらの素子を実装するプリント基板そのものが外部振動によって発電する新たなエネルギーハーベスタ技術に関する研究開発を実施中である。

研究計画第3年目の2021年度には、振動発電の効率を高めるために、入力周波数に合わせて発電素子の共振周波数を自動制御する手法を検討した。またもうひとつの改善方法として、エレクトレット電位を極端に高めることで振動発電の周波数帯域を拡大する手法を検討し、その有効性を実証した。また、エレクトレット素子を利用することで、振動発電素子だけでなく、振動発電の出力平滑化に必要なスイッチング・レギュレータを構成可能であることを実証した。さらに、振動発電素子の最大特性を引き出すためのプリント基板型インターポーザとして、圧電型およびトライボエレクトリック型の発電素子を構成する手法を検討し、その有効性を実験的に確認した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 年吉グループ

- ① 研究代表者: 年吉 洋 (東京大学生産技術研究所 教授)
- ② 研究項目
 - 研究項目 ①-(1) ハイブリッド融合プロセス(2019～2020 年度)
 - 研究項目 ①-(2) モノリシック融合プロセス(2020～2022 年度)
 - 研究項目 ①-(3) パーペチュアル・エレクトロニクス応用研究(2021～2022 年度)

(2) 橋口グループ

- ① 主たる共同研究者: 橋口 原 (静岡大学大学院工学領域 教授)
- ② 研究項目
 - 研究項目 ②-(1) レーザーアニールによるエレクトレット形成(2019～2020 年度)
 - 研究項目 ②-(2) ウエハレベル・パッケージ統合プロセス(2021～2022 年度)
 - 研究項目 ②-(3) エレクトレット帯電膜の改善(2021～2022 年度)

(3) 鈴木グループ

- ① 主たる共同研究者: 鈴木 孝明 (群馬大学大学院理工学府 教授)
- ② 研究項目
 - 研究項目 ③-(1) 周波数変換インターポーズ(2019～2021 年度)
 - 研究項目 ③-(2) 発電する圧電プリント基板回路(2020～2021 年度)
 - 研究項目 ③-(3) 発電する静電プリント基板回路(2021～2022 年度)

【代表的な原著論文情報】

- 1) Hiroaki Honma, Yukiya Tohyama, Hiroyuki Mitsuya, Gen Hashiguchi, Hiroyuki Fujita, and Hiroshi Toshiyoshi, “Power Enhancement of MEMS Vibrational Electrostatic Energy Harvester by Stray Capacitance Reduction”, Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 31, no. 12, 2021, p.125008 (11pp).
<https://doi.org/10.1088/1361-6439/ac2e46>
- 2) Hiroshi Toshiyoshi, “How do we define the efficiency of MEMS vibrational energy harvester?”, IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines, vol. 141, no. 5, 2021, pp. 116-124. (review paper)
<https://doi.org/10.1541/ieejsmas.141.116>
- 3) 三屋裕幸、芦澤久幸、下村典子、本間浩章、橋口 原、年吉 洋、「MEMS振動発電の出力最大化チューニング手法」、電気学会論文誌E, vol. 141, no. 7, pp. 245-253, 2021
<https://doi.org/10.1541/ieejsmas.141.245>
- 4) 中西 徹、宮島岳史、長川健太、洗平昌晃、杉山達彦、橋口 原、白石賢二、「カリウムイオンエレクトレットにおける負電荷蓄積機構の第一原理計算による検討」、電気学会論文誌 E、 vol.

141、No. 8、pp. 292-298、2021.

<https://doi.org/10.1541/ieejsmas.141.292>

- 5) 柳田幸祐、飯田泰基、本間浩章、橋口 原、年吉 洋、鈴木孝明、「3Dリソグラフィ法により作製した微細構造を接触界面に有するトライボ発電デバイス」、電気学会論文誌 E、vol. 141、no. 7、pp. 254-259、2021.

<https://doi.org/10.1541/ieejsmas.141.254>