

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

2020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(PPU)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PPU素子に効果的に環境振動を与えるためのインターポ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2年目の2020年度には、共振現象に過度に依存せずに効率良く振動発電する手法として、エレクトレットの電位を高めて周波数帯域を拡大する手法を実現した。また、振動発電素子から見た負荷側のインピーダンスを電氣的に調整して、振動発電素子の共振周波数を微調整可能であることを見出した。これらの手法により、環境振動の性質に合わせてそれに適した振動発電素子を設計可能となった。また、スループットの高いエレクトレット形成手法として、従来のヒーター加熱による帯電に代えて、レーザー照射光による局所加熱手法を検討し、エレクトレット帯電に最適な条件を見出した。また、分子動力学に基づく第一原理計算モデルを用いて、シリコン酸化膜由来のエレクトレットが熱的に安定である理由を解明した。さらに、振動発電素子の最大特性を引き出すためのインターポザをプリント基板内に製作し、双安定現象による入力加速度の増幅を実現した。ほかにも、MEMS振動発電素子を実装するプリント基板そのものから発電電力を得る手法を検討した。

§ 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
 - ・ ハイブリッド融合プロセス(2019～2020年度)
 - ・ モノシック融合プロセス(2020～2021年度)
 - ・ 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 学術院工学領域 教授)
- ② 研究項目
 - ・ レーザーアニールによるエレクトレット形成(2019～2020年度)
 - ・ ウエハレベル・パッケージ統合プロセス(2021～2022年度)

- ・ 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 知能機械創製部門 教授)
- ② 研究項目
 - ・ 周波数変換インターポータ(2019～2021年度)
 - ・ 発電する圧電プリント基板回路(2020～2021年度)
 - ・ 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) Toru Nakanishi, Takeshi Miyajima, Kenta Chokawa, Masaaki Araidai, Hiroshi Toshiyoshi, Tatsuhiko Sugiyama, Gen Hashiguchi, and Kenji Shiraishi, “Negative-charge-storing mechanism of potassium-ion electrets used for vibration-powered generators: Microscopic study of a-SiO₂ with and without potassium atoms,” Applied Physics Letters, vol. 117, no. 10, 2020, p. 193902.
- 2) Ryo Ichige, Nobuaki Kuriyama, Yohei Umino, Takuya Tsukamoto, Takaaki Suzuki, “Size optimization of metamaterial structure for elastic layer of a piezoelectric vibration energy harvester,” Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 318, ID. 112488, 2021.
- 3) Nobuaki Kuriyama, Takashi Nakajima, Ryo Ichige, and Takaaki Suzuki, “Piezoelectric Polymer Multilayer Coating Method for Vibration Energy Harvester”, Sensors and Materials, Vol.32, pp.2503-2515, 2020.
- 4) Hidetaka Ueno, Katsuya Maruo, Masatoshi Inoue, Hidetoshi Kotera, Takaaki Suzuki, “Cell Culture on Low-Fluorescence and High-Resolution Photoresist”, Micromachines, Vol.11, 571 (14 pages), 2020.