

2023 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

2022 年度採択研究代表者

本間 浩章

神戸大学 大学院工学研究科

准教授

グラニュール MEMS 振動発電

## 研究成果の概要

IoT (Internet of Things) センサネットワークを、ウェアラブル機器や居住空間の様々な箇所へ目立たず配置するためにはミリメートルサイズのIoT無線センサ端末、そしてそこに搭載可能な環境発電技術が必要である。環境エネルギー源としては普遍的に存在する環境振動が注目され、圧電効果、静電誘導、電磁誘導を利用したMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 型振動発電素子が提案されている。しかし、発電機構をミリサイズに小型化できない欠点があり、搭載する無線端末も大きくなる課題があった。

本研究は、人が気づくことができないくらい小さいIoT無線センサ端末を駆動する自立電源を、砂粒(グラニューール)サイズ(5ミリメートル平方以下)のエレクトレット(永久電荷)MEMS振動発電チップとして実現することに挑戦する。2022年度は、高密度の縦型櫛歯電極構造をもつ振動発電チップの等価回路モデルを作成し発電性能を試算した。また、小型の振動-電気変換機構の実現に向け、基板貼り合わせによる製作プロセスを提案した。2023年度は製作プロセスの確立に向けて縦型櫛歯電極構造の加工条件と基板接合条件を検討した。Deep-RIE (Reactive Ion Etching) 加工によりシリコン基板の3ミリメートル平方に高密度縦型櫛歯構造の形成に成功した。また、提案する振動発電チップ上では絶縁層と導電層が混在しておりこれらを同時に接合する必要がある。そこで親水プラズマ活性化による接合を検討し、異種材料が混在したパターンがある基板への接合に成功した。

2024年度は、接合後のチップに可動電極と固定電極を形成し、エレクトレット層を成膜した後に帯電させることで振動発電チップを完成させる。その後、振動試験機を用い提案したグラニューールサイズのチップでの振動発電を実証することを目標とする。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) H. Honma, S. Ikeno, H. Toshiyoshi, "MEMS Electrostatic Energy Harvester Developed by Simultaneous Process for Anodic Bonding and Electret Charging," *Sensors and Materials*, vol. 35, no. 6, pp. 1941-1955, 2023.
- 2) Y. Akai, H. Hiroaki, H. Toshiyoshi, "FREQUENCY TRACKING OF VIBRATIONAL ENERGY HARVESTER USING PHASE-LOCKED LOOP (PLL), in *Proc. 22nd International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2023)*, pp. 284-287, 2023.
- 3) H. Honma, Y. Tohyama, H. Toshiyoshi, "A MEMS VIBRATIONAL ENERGY HARVESTER CAPABLE OF RESTLESS CHARGING CAPACITOR FROM RANDOM VIBRATIONS," in *Proc. 22nd International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2023)*, pp. 1252-1255, 2023.
- 4) H. Honma, Y. Akai, H. Toshiyoshi, "Characterization of Resonance Sensor Integrated in MEMS Vibrational Energy Harvester," in *Proc. Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP 2023)*, Valletta, Malta, May 28-31, 2023.
- 5) H. Honma, Y. Tohyama, H. Toshiyoshi, "Bandwidth Extension for MEMS Vibrational Energy Harvester using High-Voltage Electret," in *Proc. Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP 2023)*, Valletta, Malta, May 28-31, 2023.

