

2021.12. 20

立命館大学
千葉大学
科学技術振興機構 (JST)**荷電処理不要のエレクトレット型MEMS環境振動発電素子を開発
～無線IoT端末の自立電源として期待～**

立命館大学工学部の山根大輔准教授と千葉大学先進科学センターの田中有弥助教らは、荷電処理が一切不要の自己組織化エレクトレット (SAE)^{注1)}をマイクロ機械構造に集積したエレクトレット^{注2)}型MEMS^{注3)}環境振動発電素子の開発に成功しました。提案技術を用いることで、これまで未踏であったエレクトレット型MEMS環境振動発電素子と電子回路のモノリシック集積化(ワンチップ化)が可能になります。本成果により、エネルギーハーベスティング技術^{注4)}のキーテクノロジーであるMEMS環境振動発電素子の小型化・高性能化・生産性向上がより加速し、電池・配線・利用環境フリーの次世代自立電源として無線IoT^{注5)}端末などへの導入が期待されます。本研究成果は、2021年12月20日(日本時間)に米国物理学協会が発行する学術雑誌「Applied Physics Letters」に掲載されました。

【本件のポイント】

- 荷電処理不要のエレクトレット型MEMS環境振動発電素子を実現
- 常温の成膜プロセス(真空蒸着法)のみでエレクトレットを形成可能
- MEMSと電子回路のモノリシック集積も可能

【研究支援】

本研究はJST戦略的創造研究推進事業「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(CREST・さきがけ複合領域)(研究総括:谷口 研二、副研究総括:秋永 広幸)」の研究課題「多層エレクトレット集積型CMOS-MEMS振動発電素子の創製(研究者:山根 大輔)」、「極性分子配向薄膜を備えた新規振動発電器の創生(研究者:田中 有弥)」、日本学術振興会(JSPS)科学研究費基盤研究(C)「セキュアIoTデバイスに向けたMEMS自壊設計技術の開発(研究代表者:山根 大輔)」、同基盤研究(B)「アモルファス有機薄膜の自発的配向分極現象の機構解明と応用(研究代表者:石井 久夫)」、同基盤研究(C)「補償電荷測定法による極性分子配向薄膜の光誘起脱分極機構の解明と長寿命化(研究代表者:田中 有弥)」などの支援を受けて行われました。

【研究の背景】

MEMS 技術を利用した小型の環境振動発電素子は、電池フリー、夜間・暗所でも発電可能であるため、小型無線 IoT 端末向けの次世代電源を目指した研究が世界的に行われています。特にエレクトレット型 MEMS 環境振動発電素子は、他方式より低周波数かつ高出力電力密度のため、環境振動発電に有利です。今後、エレクトレット型 MEMS 環境振動発電素子を小型無線 IoT 端末などの電源に利用するためには、さらなる小型化・高性能化・生産性向上が

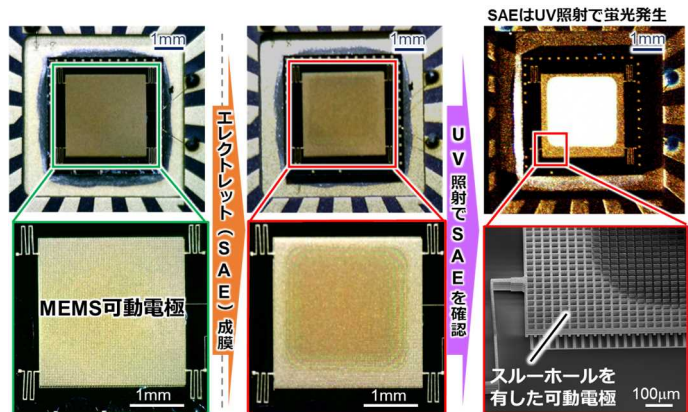


図1 SAEを成膜したMEMS振動発電素子

必要となります。従来の静電型 MEMS 環境振動発電素子では、エレクトレット荷電処理としてコロナ放電や電子線照射、X線照射、あるいは高温処理などが必要のため、MEMS の設計・製造や、MEMS と電子回路の集積化について、制約が多いことが課題でした。

【研究内容について】

提案手法では、常温の成膜プロセス(真空蒸着法)のみを用いて、有機 EL 素子^{注6)}用の材料からなる SAE を MEMS 内部に形成(図1)する世界初の技術を提案し、実際の発電に成功(図2)しました。また、SAE を用いたエレクトレット型 MEMS 環境振動発電素子の実証も世界初の成果です。

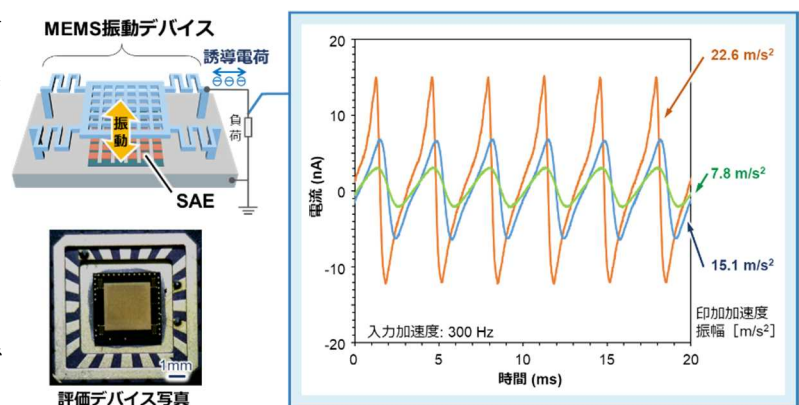


図2 開発したMEMS環境振動発電素子の発電実験結果

本技術では、エレクトレット形成を室温成膜のみで行えることから、既存の半導体プロセスに組み込みやすく、エレクトレット型 MEMS 環境振動発電素子と電子回路を同一基板上にモノリシック集積化(ワンチップ化)することも可能になります。MEMS 環境振動発電素子は、MEMS 後段に必要な電子回路との集積化により小型化・高性能化・生産性向上が可能になりますが、従来技術では、エレクトレット型 MEMS 環境振動発電素子と電子回路のモノリシック集積化は未踏領域です。また、SAE 表面電位は膜厚に比例するため、SAE 厚膜化により発電量のさらなる増大も可能です。したがって本技術により、MEMS 環境振動発電素子の小型化・高性能化・生産性向上が加速すると期待できます。

【研究成果と社会的なインパクトについて】

本成果により、エネルギーハーベスティング技術のキーテクノロジーである MEMS 環境振動発電素子の小型化・高性能化・生産性向上がより加速し、電池・配線・利用環境フリーの次世代自立電源として一般生活用品(無線 IoT 環境センサなど)に組み込まれる可能性があります。

【論文情報】

論文名 : MEMS post-processed self-assembled electret for vibratory energy harvesters
著 者 : Daisuke Yamane^{1,2}, Hideyuki Kayaguchi³, Kosuke Kawashima¹, Hisao Ishii^{3,4} and Yuya Tanaka^{2,3,4}
所 属 : 1. Department of Mechanical Engineering, College of Science and Engineering, Ritsumeikan University, 2. Japan Science and Technology Agency, PRESTO, 3. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 4. Center for Frontier Science, Chiba University.
発表雑誌 : Applied Physics Letters
掲載日時 : 2021 年 12 月 20 日 (日本時間)

注1) 自己組織化エレクトレット(SAE: Self-Assembled Electret) : 自発的に配向する極性有機分子からなり、荷電処理なしで表面電位が発現する。本研究では有機 EL 素子用の材料である TPBi を SAE として利用した。
注2) エレクトレット(Electret) : 半永久的に電荷、もしくは電気分極を持つ誘電体。
注3) MEMS (Microelectromechanical Systems: 微小電気機械素子) : 半導体微細加工技術を利用して製造したマイクロメートル寸法の3次元電子・機械デバイスの総称。
注4) エネルギーハーベスティング(環境発電)技術: 環境中に存在する振動などのエネルギーを電力に変換する技術。
注5) IoT (Internet of Things) : 身の回りのあらゆるモノがインターネットを介して情報通信・相互制御を行う仕組み。
注6) 有機エレクトロルミネッセンス(EL)素子: 有機発光ダイオード(OLED)とも呼ばれる。有機半導体材料からなり、柔らかくて軽量という特長を有する発光素子のこと。

●本件に関するお問い合わせ先

(研究内容について)

立命館大学理工学部准教授 山根大輔 TEL. 077-561-2770

E-mail: dyamane[at]fc.ritsumei.ac.jp

研究室 URL: <https://www.yamane.se.ritsumei.ac.jp>

千葉大学先進科学センター助教 田中有弥 TEL. 043-290-3960 E-mail: y-tanaka[at]chiba-u.jp

研究室 URL: <http://ishii-lab.in.coocan.jp/pukiwiki/>

(JST事業に関すること)

科学技術振興機構戦略研究推進部グリーンイノベーショングループ 嶋林ゆう子

TEL. 03-3512-3526 E-mail: presto[at]jst.go.jp

(報道について)

立命館大学広報課 担当: 名和 TEL.075-813-8300 E-mail: r-koho[at]st.ritsumei.ac.jp

千葉大学広報室 担当: 渡邊 TEL.043-290-2018 E-mail: koho-press[at]chiba-u.jp

科学技術振興機構広報課 TEL.03-5214-8404 E-mail: jstkoho[at]jst.go.jp