

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱 UFJ 信託銀行株式会社 御中

研究概要書

研究課題：高速道路の防災に資する電池レス無線センサの開発

研究代表者：東京大学大学院工学系研究科 教授 鈴木 雄二

はじめに

地震などの災害への対応や不慮の事故を未然に防ぐために、低い人的コストで高速道路における各種設備を維持管理するための、自立電源を用いた電池レス無線センサが注目され、一部、具体的な検討が始まっている^[1]。このようなシステムの実現をはかるため、環境のエネルギー、特に機械的振動を吸収して持続的に発電するマイクロデバイスの検討を行った。

1. 研究の目的

本研究では、研究代表者らがこれまで進めてきた、エレクトレットを用いたマイクロ振動発電デバイス^[2]と、新しい電源管理回路、超低消費電力無線回路を組み合わせることによって、高速道路の橋脚、標識、トンネル内壁に設置可能な超小型の電池レス無線センサのプロトタイプを開発することを最終目標としている。エレクトレットは、絶縁体に電荷を打ち込んだものであり、半永久的に外部に電場を形成することができる。この外部電場の中で電極を振動させることによって、静電誘導による発電が可能である。本年度は、櫛歯電極を持つエレクトレット振動発電器の信頼性を向上させるための、パッケージ後の荷電方法について検討を行った。

2. パッケージ後に軟X線荷電された櫛歯電極を持つエレクトレット振動発電器

エレクトレット発電器は、湿度の影響を防ぐためパッケージ内に封止する必要があるが、封止プロセス時の熱負荷によってエレクトレットが放電する恐れがあり、封止後に荷電を行うことが望ましい。そこで、軟X線を用いてパッケージ後に荷電された発電器の検討を行った。

本研究では、図1に示す櫛歯電極を持つエレクトレット発電器^[3-5]を用いた。デバイスはMEMSプロセスによって試作し、パッケージに封止した後に軟X線照射を行って荷電する^[6,7]。図2に荷電実験の結果を示す。0.1mm厚のAl蓋では表面電位が直線的に増加し、55分の荷電で97Vの表面電位が得られ、0.5mm厚のPC蓋では9分で荷電が完了した。また、

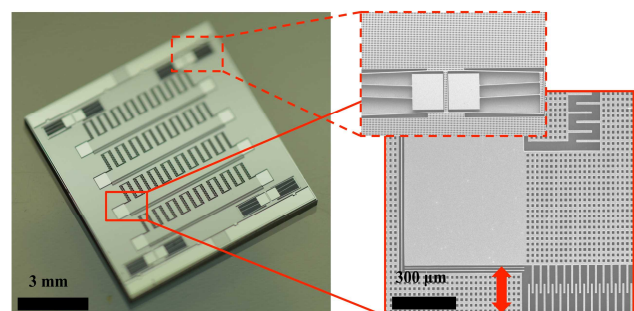


図1 櫛歯型電極を持つMEMSエレクトレット発電器

本研究で構築した荷電モデルによる予測値は、これらの計測データと良く一致し、モデルの有効性が示された^[8]。また、荷電後、2.2 g, 570 Hz で3.58 μ W の発電出力が得られ、本手法が有効であることが明らかになった。一方、粘性抵抗を減少させ、発電効率を向上が可能となる減圧下では、軟X線荷電の必要時間は非常に長くなると見積もられ、低圧パッケージには軟X線とは異なる手法が必要である。

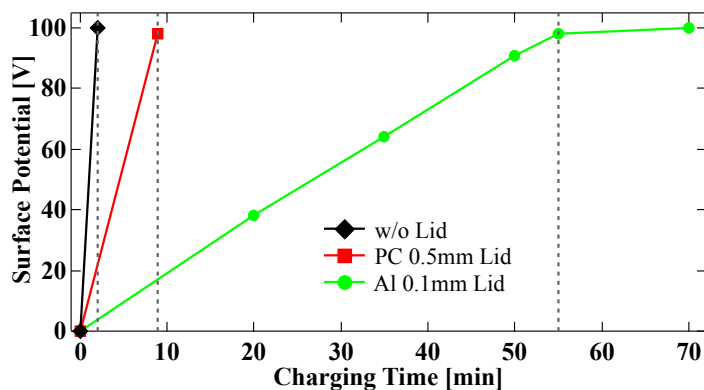


図2 パッケージ後に軟X線荷電した場合のエレクトレット表面電位

3. 紫外線を用いたエレクトレットの荷電^[8, 9]

本研究では、図3に示すように、光電効果を積極的に用いた低圧パッケージ後の紫外線荷電の検討を行った。すなわち、石英などの蓋材のデバイス側に金属薄膜を形成し、光電効果により金属薄膜からデバイス側に電子を叩き出す。実験条件の予備検討の後、

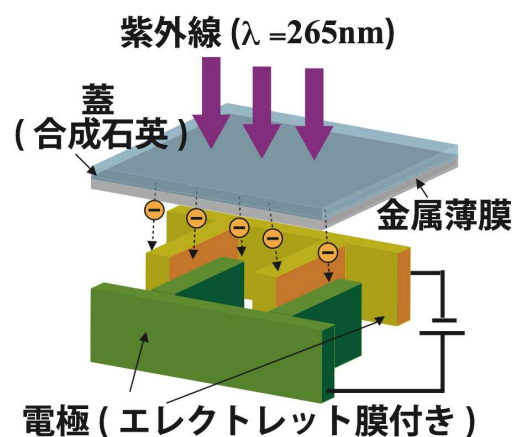


図3 パッケージ後の紫外線荷電法の原理図

70Pa において 11 nm 厚の Al 膜を持つ石英板を通して紫外光を照射し、7 μ m 厚の CYTOP EGG の荷電を行った。その結果、荷電時間 30 秒で-200V の表面電位が得られることが示され、紫外線荷電の有用性が明らかになった。

4. まとめ

本研究では、櫛歯電極を持つエレクトレット振動発電器の信頼性を向上させるための、パッケージ後の荷電方法について、軟X線荷電、新しい紫外線荷電法の検討を行った。パッケージ後の軟X線荷電を予測可能な荷電モデルを構築した。また、軟X線荷電により試作した発電器により、所定の発電出力が得られることを示した。光電効果を用いた紫外線荷電方法を新たに構築し、実際にエレクトレットの荷電ができることを示した。

参考文献

- [1] 藤原博, “環境発電による道路モニタリングシステム,” 環境発電ハンドブック (監修 鈴木雄二), エヌティエス, pp. 314-319.
- [2] Suzuki, Y., “Recent Progress in MEMS Electret Generator for Energy Harvesting,” IEEJ Trans. Electr.

Electr. Eng., Vol. 6, pp. 101-111 (2011).

[3] Fu, Q., and Suzuki, Y., "A Design Method of In-plane MEMS Electret Energy Harvester with Comb Drives," J. Phys.: Conf. Ser., Vol. 557, 012011 (2014).

[4] Fu, Q., and Suzuki, Y., "MEMS Vibration Electret Energy Harvester with Combined Electrodes," 27th IEEE Int. Conf. Micro Electro Mechanical Systems (MEMS'14), San Francisco, pp. 409-412, (2014).

[5] Fu, Q., and Suzuki, Y., "In-plane Gap-closing MEMS Vibration Electret Energy Harvester Using Thick BOX Layer," Proc. 18th Int. Conf. Solid-state Sensors, Actuators, and Microsystems (Transducers '15), Anchorage, pp. 1925-1928, (2015).

[6] Kim, S., Fu, Q., Hagiwara, K., and Suzuki, Y., "Development of A Pre-packaged MEMS Electret Energy Harvester Before Charging," J. Phys.: Conf. Ser., Vol. 557, 012063 (2014).

[7] Hagiwara, K., Goto, M., Iguchi, Y., Tajima, T., Yasuno, Y., Kodama, H., Kidokoro, K., and Suzuki, Y., "Electret Charging Method Based on Soft X-ray Photoionization for MEMS Applications," Trans. IEEE, Dielectr. Electr. Insul., Vol. 19, pp. 1291-1298 (2012).

[8] 金善右, "高信頼性 MEMS エレクトレットエネルギーハーベスタのための荷電技術に関する研究," 東京大学修士論文 (2016).

[9] 金善右, 鈴木雄二, "MEMS エレクトレット環境振動発電器のための紫外線荷電法の開発," 第 7 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 新潟, 29pm3-PN-39 (2015).