

エネルギーハーベストデバイスの検討(1)

A Study on an Energy Harvesting Device (1)

東京工業大学¹, NTT アドバンステクノロジー株式会社², 東京大学³○加賀谷 賢¹, 小西敏文², 山根大輔¹, 松島隆明², 佃 真文¹,伊藤浩之¹, 石原 昇¹, 年吉 洋³, 町田克之^{1,2}, 益 一哉¹Tokyo Institute of Technology¹, NTT Advanced Technology Corporation², The University of Tokyo³,○Ken Kagaya¹, Toshifumi Konishi², Daisuke Yamane¹, Takaaki Matsushima², Masafumi Tsukuda¹,Hiroyuki Ito¹, Noboru Ishihara¹, Hiroshi Toshiyoshi³, Katsuyuki Machida^{1,2}, and Kazuya Masu¹

Email: kagaya.k.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】近年、無線センサネットワークに向けた研究が広く行われている[1]。センサノードの電池代替電源としてエネルギーハーベストデバイス（環境発電素子）が注目されている[2]。我々は、集積化 CMOS-MEMS に適用可能なエネルギーハーベストデバイスを検討している[3]。今回、金属積層技術を用いたデバイスを提案し、構造パラメータ及び材料について小型化の実現可能性を検討したので報告する。

【デバイス構造】図 1 に提案するエネルギーハーベストデバイスの断面図を示す。CMOS 形成後にデバイス形成可能な金属積層プロセスを用いることを前提としている[4]。デバイスの特徴は、可動の上部電極（錘）、上部電極と向かい合い固定された下部電極、下部電極上のエレクトレット、及び上部電極自壊対策のストップである。

【内容】錘の共振周波数が 100 Hz 以下の場合に環境振動（加速度 1 G 以下、周波数 100 Hz 以下）を最大限にエネルギーとして利用することができる[5]。我々は、小型化を目指し、錘の材料と大きさを共振周波数およびバネ定数の観点から検討した。共振周波数 f_0 を次式に示す。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 f_0 は共振周波数、 m は振動体の重さ、 k はバネ定数である。共振周波数は、錘の重さに反比例する。小さい面積で大きな重さを得ることができれば、小型化の実現可能性がある。そこで、錘の重さを検討するために、材料の比較を行った。実際には、バネ定数をパラメータとし、材料として Si, Cu, Al, Au の 4 種類について(1)式を用いて比較検討を行った。その結果を図 2 に示す。図より、バネ定数が 0.1 N/m の場合、2 mm² 以下で 100 Hz に対応するには材料として Cu と Au である。また従来の Si 系材料では、大きな面積でなければ共振周波数 100 Hz 近傍を実現できないことがわかる。さらに、0.5 および 1.0 N/m と大きなバネ定数になると Au だけが適用可能となる。したがって、小型化を実現しようとするには材料として Au が有効であることがわかった。

【まとめ】金属積層技術を用いたエネルギーハーベストデバイスを提案した。錘の材料として Au を採用することにより、デバイスの小型化実現の見通しを得た。また、上部電極自壊対策としてストップを配置した。他のデバイスパラメータおよび電気特性については、講演で報告する予定。

【参考文献】 [1]Z. Yang, et al., *Proc. PowerMEMS(2008)*, [2]Metcheson P.D., et al., *Proc. of the IEEE*, 1457-1486(1996), [3]鈴木雄二, 異種機能デバイス集積化技術の基礎と応用, シーエムシー出版, pp.201-208, [4]松島, 他, 2012 年秋季第 73 回応用物理学会学術講演会, [5]Y. Suzuki, *The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers*, Vol.64, No.2, pp.198-200(2010).

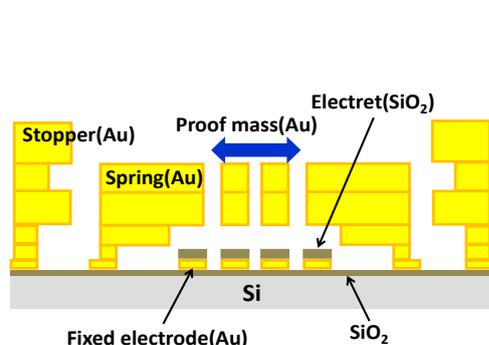


Fig.1. Energy harvesting device structure.

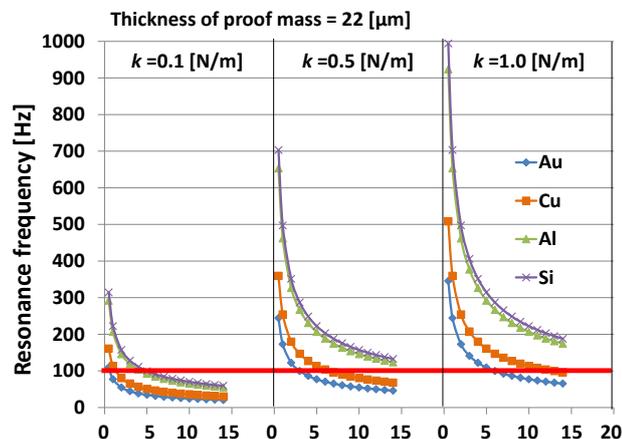


Fig.2 Comparison of materials for proof mass.