第74回応用物理学会秋季学術講演会 2013年9月18日 18p-P11-5

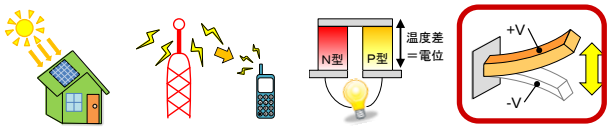
エネルギーハーベスティングデバイスの検討(1)

東京工業大学[1]，NTTアドバンステクノロジ株式会社[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[1]
E-mail: kagaya.k.aa@m.titech.ac.jp

背景・目的

●エネルギーハーベスティングデバイス(EHD)

- 環境エネルギーを電力に変換
- 無線センサネットワーク・センサ端末の電池代替電源として注目



環境光　電波　熱　振動

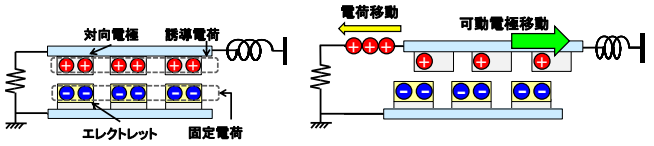
●振動型EHD

- 屋内外や装置内部など，場所を限定されない
- 振動は昼夜関係なく存在
- 環境振動(100 Hz以下)の利用 ⇨ 低共振周波数

共振周波数 ⟺ 錘の面積
トレードオフ

小型・低共振周波数の振動型EHDを目指す

発電原理



静止状態　振動状態
電荷が誘導される　電荷の移動が起こる

エレクトレット：電荷固定材料

小型化へ向けた課題

●大電力・・・錘の大変位
⇨ 共振周波数 f_0 = 環境振動の周波数(100 Hz以下)

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad (k：バネ定数, m：錘質量)$$

●低共振周波数には大きな錘の質量が必要

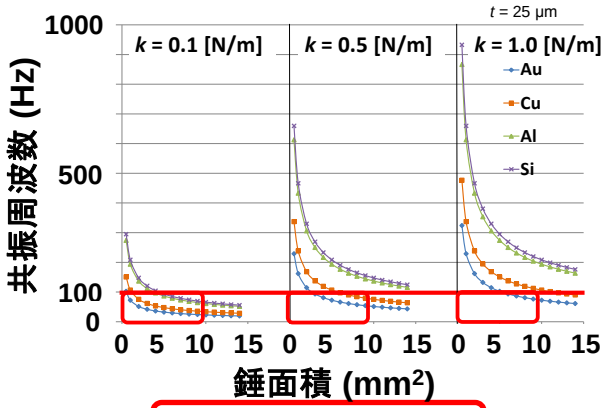
⇨ **小型化に最適な材料の比較検討**

材料の比較

材料	Si	Al	Cu	Au
密度(g/cm³)	2.33	2.70	8.92	19.30

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{S \times \rho \times t}}$$

(S：錘面積，ρ：材料密度，t：錘高さ)

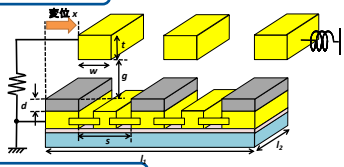


小型化にはAuが最適

設計のための手順と解析式

①共振周波数とデバイスパラメータの検討
②変位xの導出
③電極数Nの検討
④電荷量q，電圧V，静電容量C，電力Pの導出
⑤デバイス構造の決定
⑥デバイスのレイアウト

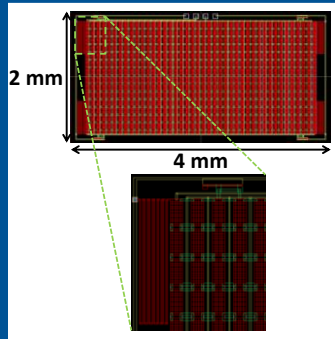
$$x = \frac{9.8mG}{k}$$



$$q = \sigma N l_2 x \qquad V = \frac{\sigma\left(g + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}d\right)}{\varepsilon_0\varepsilon_1}$$

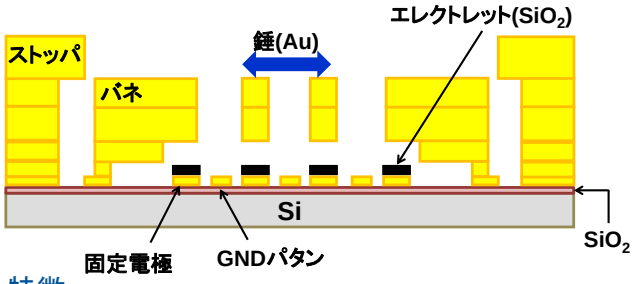
$$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_1 N l_2 x}{g + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}d} \qquad P = \frac{1}{2}CV^2$$

設計結果



パラメータ	設計値	単位
錘面積 S	6.12	mm²
バネ定数 k	0.60	N/m
上下間ギャップ g	5.00	μm
エレクトレット(SiO²)膜厚 d	1.00	μm
変位 x	31.8	μm
エレクトレット電荷密度 σ	8.00×10^{-4}	C/m²
共振周波数 f_0	88.3	Hz
電力 P	0.438	μW

デバイス構造



特徴

- CMOS-LISに親和性のあるプロセスで構築
- ストッパによる錘の自壊対策
- バネの積層構造による錘沈下の抑制
- 下部電極周囲のGNDパタンによるフリンジ効果対策

まとめ

- 錘の材料高密度のAuを採用
  ⇨ 小型かつ低共振周波数EHDが実現可能
- CMOSプロセスに親和性のある金属積層構造プロセスの提案
- デバイスの解析式・設計手法の検討
  ⇨ 小型かつ低共振周波数のEHDを設計

NTT AT　東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO　TOKYO TECH