

高効率静電型エレクトレット MEMS 変圧器の設計

The Design of High Efficiency Electret-MEMS Transformer

○鈴木 雅人¹、森山 喬史¹、橋口 原¹ (1. 静岡大)

○Masato Suzuki¹, Takashi Moriyama, Gen Hashiguchi (1.Shizuoka Univ.)

E-mail: f5345028@ipc.shizuoka.ac.jp

はじめに エレクトレット MEMS 変圧器は SRAM の書き込みや電源電圧の変圧、静電型振動発電素子の変圧などに利用できるものと考えられる。われわれはこれまでカリウムを混入した SiO₂ 膜を用いて MEMS 製作技術と親和性の高いエレクトレット膜の研究を行ってきており、エレクトレット膜を付与した 3 端子櫛歯構造を用いて変圧が可能であることを実証した⁽¹⁾⁽²⁾。今回、その MEMS 変圧器が高効率での変圧が可能であることを実証するために変圧の理論式を導出しデバイスの設計とそのシミュレーションを実施した。

理論と設計 Fig.1 に MEMS 変圧器の模式図について示す。これを以下の式(1)の動作行列表現から外力 $f=0$ とし、共振周波数におけるその変圧率 G 、効率 η は式(2)、式(3)のようになる。

$$\begin{bmatrix} f_0 \\ i_0 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_m & A & -B \\ -A & j\omega C_0 & 0 \\ B & 0 & j\omega C_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_0 \\ e_0 \\ e_2 \end{bmatrix}, \quad Z_m = r_f + j\omega m + \frac{k}{j\omega}, \quad A = \frac{C_0 E_0}{X_0}, \quad B = \frac{C_2 E_2}{X_2} \quad (1)$$

$$G = \frac{e_0}{e_2} = -\frac{ABR_L}{r_f + A^2 R_L + j\omega C_0 R_L r_f} \approx \frac{A}{B} \quad (2), \quad \eta = \frac{P_{or}}{P_{ir}} = \frac{B^2 R_L}{r_f + B^2 R_L + \omega^2 C_2 R_L r_f} * 100[\%] \quad (3)$$

これらの式を基にデバイスを設計しその性能のシミュレーションを行った。その周波数特性について Fig.2 に示す。図に示すように共振周波数 7650Hz、負荷抵抗 $R_L=1M\Omega$ においてほぼ 100% の効率で変換できるという結果を得た。共振周波数以外でも高い変換効率となるが取り扱える電力が極めて小さくなってしまいうため実用的ではない。本デバイスを実際に制作しその結果についても報告する予定。

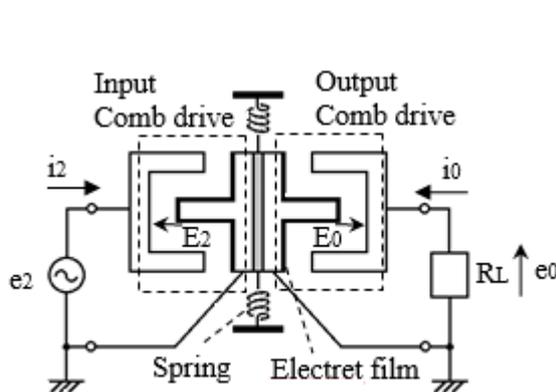


Fig.1 MEMS 変圧器および回路図

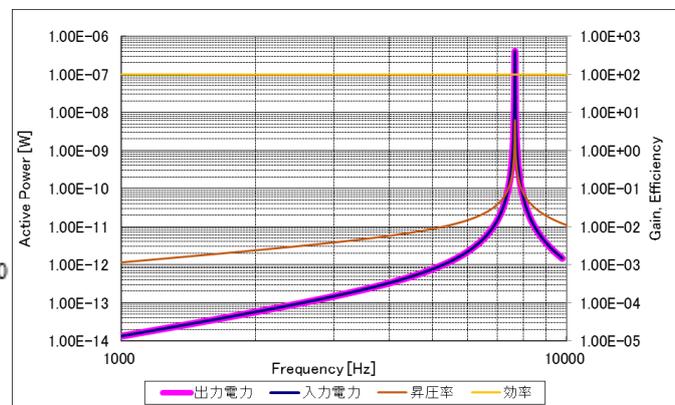


Fig.2 設計したデバイスの計算結果

[1] T. Sugiyama, G. Hashiguchi et al., JSME annual meeting 2009(9), 2009, 71-72

[2] H. Hayashi, G. Hashiguchi et al., Proceedings of Transducers 2013, 2013, 442-445