

# 圧電 MEMS 振動発電における銅めっきによる錘の形成

## Proof Mass Formation Using Cu-Electroplating

### For Piezoelectric MEMS Vibration Energy Harvesters

大阪府立産技研<sup>1</sup>, 大阪府立大<sup>2</sup> °村上修一<sup>1</sup>, 苅谷健人<sup>2</sup>, 吉村武<sup>2</sup>

長瀧敬行<sup>1</sup>, 中出卓男<sup>1</sup>, 佐藤和郎<sup>1</sup>, 藤村紀文<sup>2</sup>

TRI-Osaka<sup>1</sup>, Osaka Pref. Univ.<sup>2</sup>

°S. Murakami<sup>1</sup>, K. Kariya<sup>2</sup>, T. Yoshimura<sup>2</sup>, T. Nagataki<sup>1</sup>, T. Nakade<sup>1</sup>, K. Satoh<sup>1</sup> and N. Fujimura<sup>2</sup>

E-mail: sh-murakami@tri-osaka.jp

【はじめに】近年、身近な環境に存在する微小なエネルギー源から電力を得る環境発電が注目を集めている。これまでに我々は発電性能指数の高い BiFeO<sub>3</sub> 強誘電体薄膜を搭載した圧電 MEMS 振動発電素子の開発を行い、10.5 μW・mm<sup>3</sup>G<sup>-2</sup> (G=9.8 ms<sup>-2</sup>) という高い発電性能を実現している

【1,2】。素子の共振周波数と発電性能には、カンチレバー先端に形成する錘も大きな影響を及ぼすが、その錘を精度よく形成するプロセスが確立していなかった。今回、錘の作製方法として銅めっきを採用し、形状制御性などの検討を行ったので報告する。

【実験と結果】SOI 基板より Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si からなるカンチレバーを作製した。各層の厚さをそれぞれ 200nm/20nm/0.5μm/5μm とし、カンチレバーの大きさは、長さ  $l$  3mm×幅  $w$  0.5mm とした。銅めっきでは、ピロリン酸銅めっき液 (株ムラタ製) を 55 °C に保ち、電流密度を約 3 A/dm<sup>2</sup>、めっき時間を 17 時間とした。カンチレバー先端部分に Pt 電極(0.35 mm×0.35 mm)を形成後、同電極上に銅めっきを施し、錘とした。めっき層の厚さは 49 μm となった。同時に、銅めっきを施さない

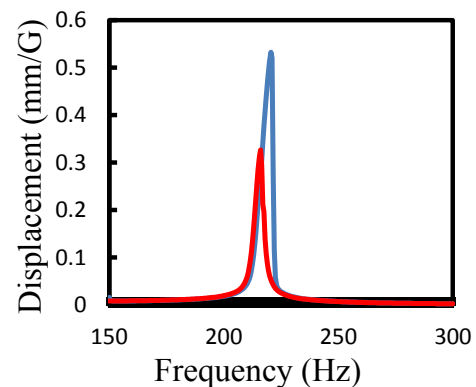


図1. 振動振幅の周波数依存性

錘無しと同サイズのカンチレバーも作製した。図 1 に錘を形成したカンチレバーの先端変位の振動周波数依存性を示す。同図より、共振周波数は 220 Hz(振動周波数増加時: 青色), 216 Hz(振動周波数減少時: 赤色)であり、非線形共振を示すことが分かった。錘無しのカンチレバーの共振周波数は 640 Hz であり、錘形成により共振周波数を 1/3 程度に低減することができた。なお、錘を形成したカンチレバーの共振周波数  $f_r$  は、

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Ewu^3}{4l^3M}} \quad (E: \text{Si のヤング率}, u: \text{カンチレバーの厚さ}, M: \text{錘の質量})$$

により、210 Hz と算出することができ、実験値とほぼ一致した。以上の結果は、圧電 MEMS 振動発電素子において銅めっきによる錘の形成が有望なプロセスであることを示している。

【謝辞】本研究は NEDO 平成 23 年度先導的産業技術創出事業の支援を受けている。

【1】 T. Yoshimura *et al.*: Appl. Phys. Express **6** (2013) 051501.

【2】 S. Murakami *et al.*: Journal of Physics, Conference Series **476** (2013) 012007.