

非鉛 BiFeO₃ 圧電膜を用いた圧電 MEMS 振動発電素子の非線形特性

Characterization of Mechanical Nonlinear effect in Piezoelectric MEMS Vibration

Energy Harvesters using Lead-Free BiFeO₃ Film

大阪産業技術研究所¹、大阪府立大学²

○村上修一¹、吉村 武²、金岡祐介¹、佐藤和郎¹、藤村紀文²

ORIST¹, Osaka Pref. Univ.²

○Shuichi Murakami¹, Takeshi Yoshimura², Yusuke Kanaoka¹, Kazuo Satoh¹, Norifumi Fujimura²

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

【はじめに】我々は構造が簡便で小型化に有利な圧電 MEMS 振動発電素子の研究開発を進めている。今までに、振動加速度が増加した際の Pb(Zr,Ti)O₃(PZT)圧電膜を用いた振動発電素子の非線形出力について報告している¹⁾。今回、非鉛 BiFeO₃(BFO)圧電膜を用いた場合の非線形出力について新たな知見が得られたので報告する。

【実験と結果】振動発電素子は SOI ウェハから MEMS 微細加工により作製した。片持ち梁は Si デバイス層からなり、長さ 6 mm×幅 1 mm×厚さ 20 μm とした。片持ち梁上に Si 熱酸化膜、下部電極 (LaNiO₃)、BFO 圧電膜、上部電極 (Pt)を形成した。錘は片持ち梁先端に SOI ウェハの Si 支持層を残して形成し、共振周波数を 155 Hz 付近とした。

図 1 に振動加速度 0.31 ~ 1.6 m/s²(rms)の正弦波振動を印加した際の出力電圧の振動数依存性を示す。同図より、振動加速度が増加するにつれて共振周波数が高周波数側にシフトし、共振点について特性曲線がより非対称になることが分かる。このことより、ハードスプリング効果が表れていると考えられ、逆圧電効果により生じる減衰を考慮した一自由度バネ・質量・ダッシュポット系モデルに Duffing 方程式を組み込み、数値計算を行った。結果を図 2 に示す。ここで、 k_3 は錘の基板に対する相対変位の 3 乗の項の非線形バネ係数である。同図より、 k_3 (ハードスプリング効果) が大きくなるにつれて共振周波数が高周波数域にシフトするが、測定結果と一致しなかった。そこで、空気抵抗等によると考えられる、錘の相対速度の 2 乗に比例する粘性減衰力¹⁾を上記モデルに更に追加して数値計算を行ったところ、図 1 の実線 (黒色) に示すように、測定結果と良い一致を示した。講演では、ソフトスプリング効果を示した PZT 圧電膜を用いた振動発電素子の出力特性と比較・検討し議論する。

【謝辞】本研究は JST CREST (JPMJCR20Q2) の支援を受けて実施した。

【参考文献】 1) M. Aramaki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 11UD03 (2018).

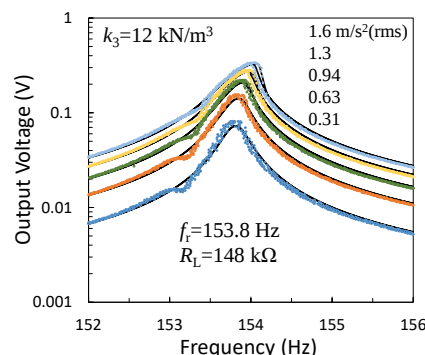


Fig. 1. Output voltage as a function of vibration frequency.

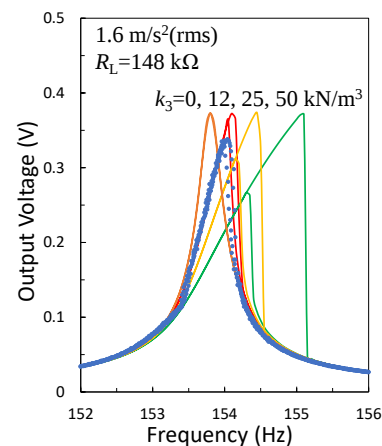


Fig. 2. Frequency dependence of output voltage at $k_3=0\sim50$ kN/m³.