# シリコン酸化膜エレクトレットの ＭＥＭＳアクチュエータ・エナジーハーベスタ応用

## Silicon Oxide Electret for MEMS Actuators and Energy-Harvesters

東大生産研　年吉　洋

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Hiroshi Toshiyoshi

E-mail: hiro@iis.u-tokyo.ac.jp

シリコン系ＭＥＭＳ（Microelectromechanical Systems）と整合するエレクトレット（永久電荷）の形成手法として、カリウムをドープしたシリコン酸化膜を高温、高電界下で帯電する新たな技術を開発した[1]。これにより、従来は Fig.1(a)に示すように高電圧の外部バイアス電圧を必要とした静電マイクロアクチュエータの駆動系が、エレクトレットの静電力を重畳することで Fig.1(b)に示すように簡素化できる。また、エレクトレットと結合した静電誘導電流を用いると、Fig.1(c)に示すような機構により機械-電気変換も可能である[3]。前者のアクチュエータの例として、Fig.2(a)に示すような静電駆動型のマイクロスピーカを試作した。また後者の例として、Fig.2(b)の振動発電素子（エナジーハーベスタ）を製作し、加速度 1G（9.8m/s$^2$）以下の環境振動から 1mW を超える発電量が得られている[4]。

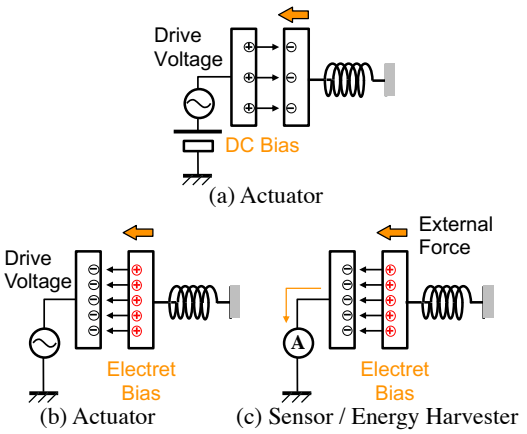
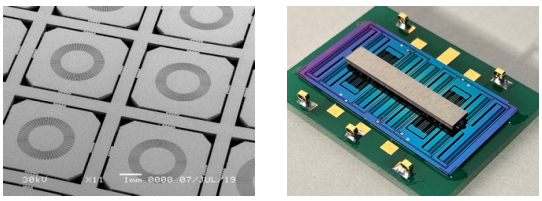



Fig. 1 Electret for MEMS actuators and sensors

最近の分子動力学計算により、本研究のエレクトレットはシリコン原子の周囲に酸素原子５個が配位した分子構造の負のイオン原子価に由来することが分かっている[5]。また、Fig.3 に示す高温加速試験結果により、エレクトレット電位が 1dB 劣化するまでの時間は、室温で 400 年を超えることが判明している[6]。

講演ではシリコン酸化膜を用いたエレクトレットの形成手法とＭＥＭＳデバイスとのトータルプロセス手法に加えて、エレクトレット電位の設計手法、エナジーハーベスタ等価回路設計手法と最近の素子特性について解説する。



(a) Electret Micro Speaker　(b) Electret Energy Harvester

Fig. 2 Examples of electret-based MEMS devices

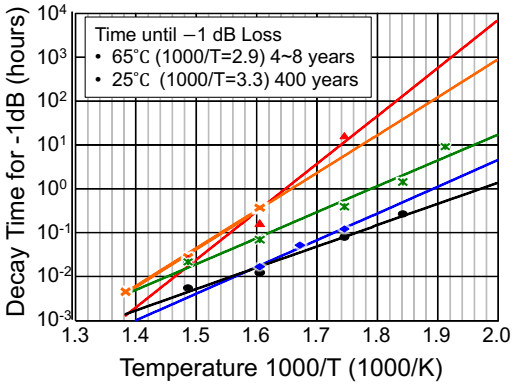



Fig. 3 Reliability of electret

1) G. Hashiguchi et al., *AIP Advances*, vol. 6, no. 3, 2016, p. 035004-8.
2) C. Sano et al., *Micromachines*, vol. 11, no. 3, 2020, p. 267.
3) H. Toshiyoshi et al., *Sci. Techno. Adv. Mater.*, vol. 20, no. 1, 2019, pp. 124-143.
4) H. Honma et al., *J. Micromech. Microeng.*, vol. 31, no. 12, 2021, p.125008 (11pp).
5) T. Nakanishi et al., *Appl. Phys. Lett.*, vol. 117, no. 10, 2020, p. 193902.
6) K. Misawa et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 54, 2015, p. 067201.

© 2023年 応用物理学会