

神野 伊策

神戸大学 大学院工学研究科  
教授

## 分極制御非鉛圧電薄膜による高効率 MEMS 振動発電素子の創製

### § 1. 研究成果の概要

今年度は、非鉛圧電薄膜を用いた振動発電素子の試作およびその出力評価、非鉛圧電薄膜の圧電定数向上を中心に、特に高い柔軟性を有する発電素子開発に関する研究として PZT 圧電薄膜および有機圧電薄膜を用いたデバイス化および材料開発を実施した。

無機非鉛圧電薄膜の研究は、高い圧電性が期待されている (K,Na)NbO<sub>3</sub> (KNN) および BiFeO<sub>3</sub> (BFO) 圧電薄膜の 2 種類を対象として研究を実施した。KNN 圧電薄膜の課題である高いリーク電流の低減について、H30 年度は MnO<sub>2</sub> および LiNbO<sub>3</sub> ターゲットの同時スパッタによる Mn、Li の添加物効果について検討を行った。図 1 は KNN 薄膜に Mn 添加した際のリーク電流を示す。MnO<sub>2</sub> の供給量と共にリーク電流が大幅に低下させることができ、発電電力の損失を改善させることが期待できる。一方、有機圧電薄膜は、PVDF とイオン液体を混合した有機強誘電体ゲルにより圧電性の向上に取り組んだ。有機強誘電体三層構造 (Al/P(VDF-TrFE) 固相/P(VDF-TrFE)・IL ゲル/P(VDF-TrFE) 固相/Al) の逆圧電変位測定において非常に大きな変形量を示し、圧電定数は 13 wt%ゲルで  $|d_{33}|=418$  pm/V となり P(VDF-TrFE) の典型的な値の 20~40 倍となった。

圧電薄膜振動発電素子は BFO 非鉛圧電薄膜を用いた MEMS 振動発電素子の試作評価、および PZT 圧電薄膜を用いたデバイス構造の検討を実施した。SOI 基板上に (100) 配向成長させた BiFeO<sub>3</sub> 薄膜 MEMS 振動発電素子の発電性能を詳細に評価した結果、規格化した発電電力が  $9 \mu$

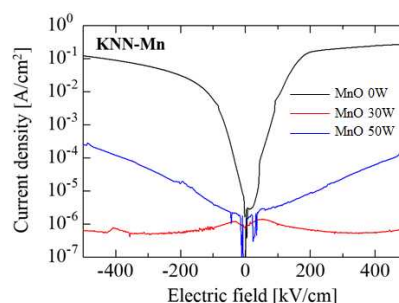


図1 KNN 薄膜のリーク電流:Mn 添加効果

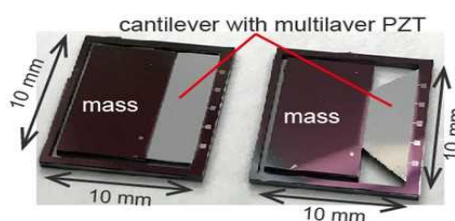


図2 台形状 PZT 圧電 MEMS 振動発電素子

W/G<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>となり、MEMS振動発電素子の中で最高レベルの特性が得られた。また、PZT圧電薄膜を用いたMEMS振動発電素子の構造について、特に台形形状素子および発電領域分割によるインピーダンス制御の効果を確認した(図2)。一方、新しい発電素子としてステンレス箔上に成膜したPZT圧電薄膜シートによる発電素子を試作し、その評価を行った(図3)。厚さ50 μmのSUS430上にRFスパッタ法によりPZT圧電薄膜を作製し、約1 Hzの変形を与えて得られた出力について評価した結果、素子破壊等はなくオープン状態で最大±10V程度の安定した出力が確認できた。発電電力の応用として、2枚の発電シートを並列に接続しBLEによる温湿度データの転送にも成功した。今後非鉛圧電薄膜による素子化を進める予定である。

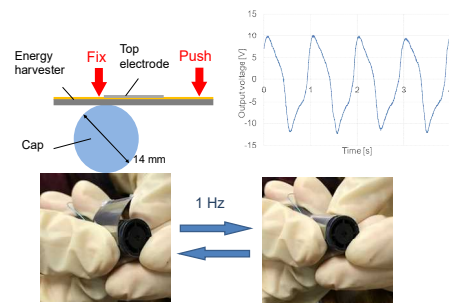


図3 PZT 圧電シート発電素子および発電電圧

#### 【代表的な原著論文】

1. I. Kanno, "Piezoelectric MEMS: Ferroelectric thin films for MEMS applications", Jpn. J. Appl. Phys., vol. 57, p. 040101, 2018
2. M. Aramaki, K. Izumi, T. Yoshimura, S. Murakami, K. Satoh, K. Kanda, N. Fujimura, "Investigation of mechanical nonlinear effect in piezoelectric MEMS vibration energy harvesters", Jpn. J. Appl. Phys., vol. 57, p. 11UD03, 2018
3. K. Kanda, S. Hirai, T. Fujita, K. Maenaka, "Piezoelectric MEMS with Multilayered Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub> Thin films for Energy Harvesting," Sensors and Actuators A-Phys. Vol. 281, pp. 229-235, 2018.

## § 2. 研究実施体制

### (1) 神戸大学グループ

- ① 研究代表者： 神野 伊策（神戸大学工学研究科、教授）
- ② 研究項目
  - ・ KNN 系非鉛圧電薄膜のスパッタ成膜
  - ・ PZT 薄膜のウェアラブルデバイスへの応用
  - ・ 新規有機強誘電体ゲル

### (2) 大阪府立大学グループ

- ① 主たる共同研究者： 吉村 武（大阪府立大学大学院 工学研究科、准教授）
- ② 研究項目
  - ・ BiFeO<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の圧電特性
  - ・ BiFeO<sub>3</sub> 薄膜を用いた振動発電素子の試作、特性評価

### (3) 兵庫県立大学グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者： 神田 健介（兵庫県立大学工学研究科、助教）
- ② 研究項目
  - ・ 等応力はりによる応力均等化
  - ・ 圧電薄膜の分割直列接続による出力電圧の増倍

### (4) 大阪産業技術研究所グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者：村上 修一（大阪産業技術研究所 電子・機械システム研究部、主幹研究員）
- ② 研究項目
  - ・ STEM を用いた圧電薄膜の評価
  - ・ 圧電 MEMS 振動発電素子の評価