

微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出
2020年度採択研究代表者

2020年度 年次報告書

神野 伊策

神戸大学 大学院工学研究科
教授

高効率非鉛圧電薄膜発電システムの実証展開

§ 1. 研究成果の概要

圧電薄膜開発

(001)配向エピタキシャル KNN 圧電薄膜の膜組成と圧電定数の関係を明らかにした。Na 組成が約 55%付近で相境界を示唆する格子定数の変化と圧電定数の増大が確認でき、更なるひずみと圧電性との関係を熱力学モデルにより予測した。また、ひずみ場制御を目的として (111)配向 PZT 人工超格子薄膜を成膜し、圧電効果の増大を確認した。

圧電振動発電素子

ステンレス箔上 PZT 薄膜を用いたフレキシブル発電素子を試作、大変形においても安定な出力を確認した。6 枚積層素子による実証実験を行い、指の屈曲運動による発電出力を測定、LED の点灯に成功した。また、非鉛多結晶 BiFeO₃ (BFO)圧電体膜を用いた発電素子の出力について、電気等価回路モデルを構築、非線形モデルによる出力の予測を行った。

微小発電システム開発

タイヤの非定常振動を利用した試験環境を構築し、電池駆動加速度センサにより走行時のタイヤ加速度計測に成功した。この他、商用電源電流により生じる磁界振動型圧電振動発電素子の実証実験を行い、BLE ビーコンを用いたデータ伝送システムの動作実験に成功した。コロナウイルス感染防止対策として期待される接触追跡システムの構築が期待できる他、二酸化炭素濃度記録システムへの展開の可能性も見出した。

発電システムの安定動作を目的として全固体アモルファス薄膜リチウムイオン電池を試作し、現状で 3~10 μ Ah/cm² 程度の面積容量が達成できた(膜厚<1.5 μ m)。この他、有機強誘電体の発電素子応用として、P(VDF/TrFE)からなる超薄圧電キャパシタフィルムを作製し、心臓モデル 1 回の拍動で約 10 nJ/mm² の出力エネルギーが確認できた。

§ 2. 研究実施体制

(1) 神野グループ

- 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 系圧電薄膜の作製および圧電特性向上
 - ・ 有機強誘電体薄膜を用いたフレキシブル振動発電素子
 - ・ 無機強誘電体薄膜を用いたフレキシブル振動発電素子
 - ・ アモルファス薄膜全固体リチウムイオン電池の作製

(2) 前中グループ

- ① 主たる共同研究者： 前中一介（兵庫県立大学 大学院工学研究科 教授）

② 研究項目

- ・ 非定常振動としてのタイヤ加速度の実計測および試験環境構築
- ・ タイヤ加速度に対応したハーバスタの試作と評価
- ・ 商用電源電流を用いたハーバスタからの電力収集・BLE によるデータ送受システムの構築
- ・ 磁石薄膜と圧電薄膜のモノリシック成膜に関する基礎研究

(3) 吉村グループ

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

- ・ 非定常振動に対応できる発電特性計測系の構築
- ・ 非定常振動における圧電振動発電素子の動的挙動の解析とモデル化
- ・ Bi 系強誘電体薄膜の Si 基板上へのエピタキシャル成長
- ・ BLE ビーコンによる所在追跡システムに向けた商用電源電流を用いたハーバスタの開発

(4) 山田グループ

① 主たる共同研究者： 山田智明（名古屋大学 大学院工学研究科 准教授）

② 研究項目

- ・ 人工超格子薄膜の熱力学現象論モデルの構築による圧電特性向上指針の確立
- ・ 非鉛圧電体人工超格子薄膜の作製と特性評価
- ・ バッファー層を用いた Si および金属基板上への実用展開技術の開発

【代表的な原著論文情報】

- 1) G. Tan, S.-H. Kweon, K. Shibata, T. Yamada, I. Kanno, "In Situ XRD Observation of Crystal Deformation of Piezoelectric (K,Na)NbO₃ Thin Films", ACS Appl. Electron. Mater., 2 (2020) 2084-2089
- 2) R. Harada, N. Iwamoto, S.-H. Kweon, T. Umegaki, I. Kanno, "Finger flexion power generators made of piezoelectric lead zirconate titanate thin films on stainless steel foils", Sens. Actuators A, 322 (2021) 112617