

「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」
平成27年度採択研究代表者

H27年度
実績報告書

年吉 洋

国立大学法人 東京大学 生産技術研究所
教授

エレクトレットMEMS振動・トライボ発電

§ 1. 研究実施体制

(1) 東京大学グループ

研究代表者: 年吉 洋 (東京大学生産技術研究所、教授)

研究項目

- ・ 高効率エレクトレット振動発電素子の製作と評価(H27～H29)

(2) 静岡大学グループ

主たる共同研究者: 橋口 原 (静岡大学大学院総合科学研究科、教授)

研究項目

- ・ エレクトレット形成メカニズムの理解(H27～H28)

(2) 電力中央研究所グループ

主たる共同研究者: 小野新平 (電力中央研究所 材料科学研究所、主任研究員)

研究項目

- ・ 静電容量の増大・電気二重層の可視化(H27～H28)

§ 2 . 研究実施の概要

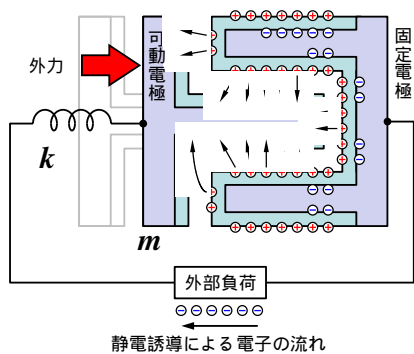
本研究は、研究代表者(年吉、東京大学)と共同研究者(橋口、静岡大学)との連携により、シリコンマイクロマシニング製MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)素子の表面を永久電荷(エレクトレット)で被覆した振動発電素子を設計・製作・評価するとともに、エレクトレットの形成メカニズムの物理を理解して、振動発電素子の特性を改善するための手法を追究する。また、研究代表者と共同研究者(小野、電力中央研究所)との連携により、エレクトレット型振動発電素子の出力端をイオン液体による大容量キャパシタで結合し、出力インピーダンスを低下する手法を検討する。

研究第1年目の平成27年度(H27年12月~H28年3月)には、高効率エレクトレット振動発電素子の製作指針を得るために、エレクトレット素子の等価回路モデルを構築して、振動発電素子の特性を周辺回路とともに統合解析する技術を構築した。このとき、図1に模式的に示すように、シリコン酸化膜表面に局在するイオン電荷を想定して、シリコン酸化膜中および空気ギャップ中の電場の強さをそれぞれガウスの法則を用いて導出し、それらを静電引力および誘導電荷のモデルに変換する本研究独自の手法を考案した。また、この結果をもとに、電気回路シミュレータ上での電気-機械システムの挙動解析を可能にした。

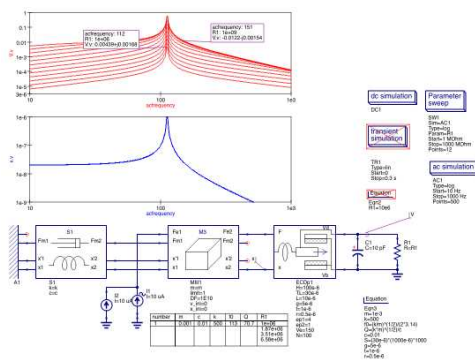
また、静岡大学との連携により、シリコン酸化膜中に取り込んだ固体イオン由来のエレクトレット形成メカニズムを理解するモデルを構築した。具体的には、ガラスとシリコン基板の陽極接合モデルに基づいて、固体イオンが移動した後にできるシリコン酸化膜中のポイドを電荷源とみなすことで、エレクトレット分極処理前後の電位の極性とその分極電位の値を理論的に説明できるようになった。

さらに、主たる共同研究先の電力中央研究所との連携により、イオン液体に電圧を印加した際に形成される電気二重層の容量を増大する手法として、イオン液体の電気二重層が静電容量として機能する電圧範囲(電位窓)を拡大する方法を検討した。分子軌道法計算より、電位窓が広がると予想される負イオンの種類を予測した。また、実際に電位窓測定を行った結果、従来の振動発電に利用していたイオン液体と比較して、電位窓が大幅に拡大すること(-2.5 V ~ +3 V vs Ag/Ag(I))を明らかにした。

なお、平成27年度の研究活動期間は実質4ヶ月であったため、この間の原著論文報告はない。



(a)



(b)

図1 振動発電素子の解析モデル

(a) 櫛歯エレクトレット電極における静電誘導

(b) 櫛歯エレクトレット電極の静電引力、静電誘導電荷の等価回路モデル