

Title	Study on the Acoustic Energy Harvester Based on Piezoelectric Polymer for a Fundamental Frequency of Human Voice
Author(s)	Jeong, Jonghyeon
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/27567">https://hdl.handle.net/11094/27567</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	ジョン 鄭	ソン 鍾	ヒョン 炫	(Jonghyeon Jeong)
博士の専攻分野の名称	博士 (工学)			
学位記番号	第 26233 号			
学位授与年月日	平成25年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻			
学位論文名	Study on the Acoustic Energy Harvester Based on Piezoelectric Polymer for a Fundamental Frequency of Human Voice (音声基本周波数に対する圧電性高分子を用いた音響発電素子に関する研究)			
論文審査委員	(主査) 教授 尾崎 雅則 (副査) 教授 伊藤 利道 教授 八木 哲也 教授 森 勇介 教授 片山 光浩 教授 栖原 敏明 教授 近藤 正彦 教授 大森 裕			

## 論文内容の要旨

本学位論文は人の音声の基本周波数帯域に対応する音響エネルギー発電機の製作及び特性評価に関する研究である。

人の音声の基本周波数は100Hz程度の低い周波数であり、その音響エネルギーも小さい。そのため、発電素子の振動膜は低い音圧に対して敏感な感度を有する膜にするべきである。そこで、本研究では、一般的な圧電物質 (PZT等) に比べると機械的抵抗の低い圧電性ポリマーを用いることにした。PVDFの共重合体であるP(VDF-TeFE)を用いて、共振周波数が低く且つ低い音圧に反応する振動膜を製作した。

まず、ゾルーゲル法によるP(VDF-TeFE)の薄膜形成技術の確立である。スピン塗布プロセスでP(VDF-TeFE)を成膜するとき、溶解液の濃度が低いと膜の接着性が悪くなり界面分離が起こって成膜ができなくなる。本研究では低濃度の溶液で塗布プロセスを行うとき界面分離を防ぐため、二つの溶媒を混ぜて粘度を調節し、厚さ100nm程度の薄膜の形成が可能とした。一方、膜表面の粗さを低くするため、熱処理温度と表面モフォロジーの変化を観察し、熱処理温度が上昇すると表面の荒さが減少されることを確認した。しかし、P(VDF-TeFE)の溶融点を越えると、膜の圧電特性が著しく劣化する。

成膜のとき使われた二種類の溶媒が薄膜に与える影響を調べるため、五つの混合比率に分けた薄膜を製作しXPS測定とFTIR測定を行った。その結果、P(VDF-TeFE)の薄膜形成及び振動膜としての応用のためには膜内に存在する残留溶媒の除去が必要であることを確認した。

そこで、先に示した二つの課題を改善するために、低圧チャンパー内で電場を印加しながら熱処理を行う方法を提案した。低圧チャンパーで熱処理が行われると膜内の残留溶媒の除去が可能となり、同時に印加された電場によって双極子の方向が溶融点以上の温度にも維持される。

既存の熱処理法と比べるためポリマーの結合状態と残留分極の測定を行った。その結果、既存の熱処理法に比べると膜内の残留溶媒は殆ど除去され、また残留分極値はバルク状の数値に近くなった。しかし、P(VDF-TeFE)

の分子構造的な欠陥によってピンホールが発生し、このピンホールは上下の電極間を短絡させる要因となる。そこで、AlN膜を中央に挟むバイモルフ型振動膜に構造を変更した。振動膜の構造が変わることで共振周波数が高くなるため、Masónモデルで共振周波数を算出し、音声の基本周波数に近付けるため振動膜の中心に錘を設置した。

作製した素子は音声基本周波数帯域である120～210Hz以内の音波に反応し、115～125Hzに対して最大出力電圧は50mVを示した。この値は、これまで報告されている音響発電素子と比べて低い周波数で非常に高い出力電圧である。

素子の構造と圧電性ポリマーの特性を改善することによって、音声を新たなエネルギー源として利用する可能性を本研究では見出した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、圧電性高分子を用いて音声基本周波数の振動エネルギーを電気エネルギーに変換する音響発電素子を実現することを目的に、圧電性高分子薄膜の作製と評価およびデバイス作製と基礎特性評価に関する研究を行い、その成果をまとめたものであり、以下の5章より構成されている。

第1章では、本研究の背景を述べるとともに圧電材料の基礎事項を概観して各種材料を比較検討することにより、音声基本周波数帯域における振動-電気エネルギー変換材料として圧電性高分子の有効性を述べ、本論文の目的と意義を明らかにするとともに論文構成について述べている。

第2章では、振動-電気エネルギー変換に用いる圧電性高分子の作製と基礎物性に関する知見を得るために、製膜条件等の最適化を行っている。まず、圧電性高分子P(VDF-TeFE)薄膜作製において、溶媒としてmethylethylketone (MEK) およびMEKとdimethylacetamide (DMAc) の混合溶媒を用いた場合の膜厚制御性、膜質などの比較検討を行い、MEK/DMAc混合溶媒を用いることによりピンホールのない良質の薄膜が作製できることを明らかにしている。また、製膜後のアニール処理により膜粗さが低減することを見出している。さらに、XPS、FTIR測定により作製した膜組成の解析を行い、膜中の残留成分の存在を検討している。

第3章では、第2章で作製したP(VDF-TeFE)薄膜の新しい熱処理法を提案し、圧電性高分子膜の特性向上を実現している。すなわち、製膜したP(VDF-TeFE)薄膜を減圧下(10<sup>-2</sup>MPa)で熱処理とポーリング処理を同時に行うことにより、製膜時の残留溶媒が除去可能であり、しかも残留分極値も維持されることを確認している。

第4章では、第2章および第3章で検討した手法を用いて作製したP(VDF-TeFE)薄膜を用いて、音響発電素子を作製しその基礎特性の評価を行っている。P(VDF-TeFE)薄膜が、Si基板のエッチングプロセス時に発生するピンホールを取り除くために、AlN薄膜層を中間に挿入したP(VDF-TeFE)二層構造を採用し、信頼性の向上を図っている。さらに、膜厚の増大に伴って共振周波数が上昇して音声基本周波数帯域から外れる問題を解決するために、P(VDF-TeFE)薄膜中央部にSi片からなる重りを付与する構造を提案し素子の試作を行い、二質点連成振動モデルによる解析を行っている。作製した素子を用いて、振動-電気エネルギー変換特性の評価を行い、音声基本周波数帯域内(～120Hz)において110dB SPLの音響信号に対して50pWの電気信号を検出し、変換効率0.184%を得ている。

第5章では、第2章から第4章までで得られた結果を総括し、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は、圧電性高分子P(VDF-TeFE)薄膜の作製方法の最適化と物性評価に基づき、二層構造音響発電素子进行設計・作製し、音声基本周波数帯域における振動-電気エネルギー変換を実証している。それにより圧電性高分子の微小振動エネルギー利用の新しい展開を示しており、電気電子情報工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。