

二重電極構造を有する PZT 音響発電デバイスの試作と評価

Fabrication and Characterization of PZT Acoustic Power Generators with Dual Top Electrodes

○松田知大¹, 富井一貴¹, 辻本恭平², 内田裕介², 富岡峻悟², 飯泉智司²,
西岡泰城³

Matsuda Tomohiro, Tomii Kazuki, Tsujimoto Kyohei, Yuusuke Uchida, Tomioka Shungo,
Iizumi Satoshi, Nishioka Yasushiro

Acoustic power device was fabricated using thin film PZT. We intend to increase the power output further, the electrode structure with dual top electrode to prevent cancel out the charge of the center and the periphery of the diaphragm, and use separate charge generated in the center and periphery thought to be. There by The resonant frequency of 4.92 [kHz], was able to get the 8.28×10^{-11} [W] power generation capacity.

1. はじめに

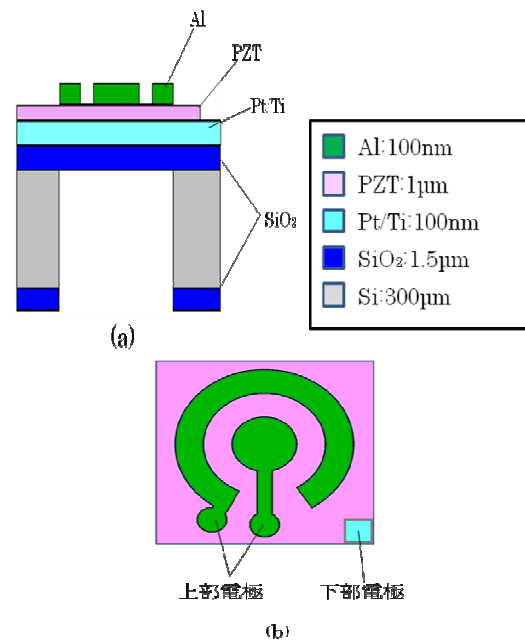
近年, 身の回りに存在する照明光, 電波, 体温, 音波や振動などの環境エネルギーを回収し, 有効に活用しようとするエネルギーハーベスティング技術が大きな関心を集めている. S.B.Horowitz らは航空機内部の音圧が極めて大きいエンジン室において, 音圧を利用する PZT マイクロフォン型 MEMS 発電デバイスを提案した. 篠田, 木村等は, ゴルゲル法によって作成した PZT 薄膜を用いた MEMS 音響発電デバイスが CMOS 集積回路等の電力源としての利用が可能であると考え, デバイスを試作した. しかし, 彼らの PZT 発電デバイスでは大きい発電量は得られなかった. その要因は, ダイアフラム膜の周辺部と中心部で発生する異なる電荷を考慮していなかったためと考えられ, 本研究では二重電極構造にすることで, 周辺部と中心部で発生する電荷を独立して利用できると考えた.

2. 動作原理

PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)は強誘電体であり, 応力を加えると歪によって電荷の分極が生じる圧電効果という特徴を持っている.

今回我々が作製したデバイスの概略図を図 1 に

示す. 両面が酸化膜に囲まれた Si 基板上に Ti/Pt/PZT/Al を製膜し, 裏面の中心部を除去することでダイヤフラムを成形している. このダイヤフラムに音圧を当てることにより PZT 層を歪ませ, 圧電効果によって電荷の分極の状態が変化することで発電する構造となっている.



(a)音響発電デバイス側面図

(b)音響発電デバイス上面図

図 1 作製したデバイスの概略図

3. 作製工程

図 2 にデバイスの作製工程を示す. まず基板として両面酸化膜 SiO₂ (1.5μm)に覆われた Si チップ (300μm)を用いる. ①酸化膜の上からスパッタリング法により下部電極である Ti/Pt(200nm)を製膜する. ②その後ゾルゲル法により PZT 薄膜(1μm)を製膜する. 同時に下部電極を取り出す. ③さらにその上から真空蒸着法によって上部電極である Al を製膜する. ④裏面はフォトリソグラフィを用いて, キャビティを作製するためのパターンニングを行う. ⑤最後に ICP ドライエッチング装置を用い Si を削りキャビティを製作した.

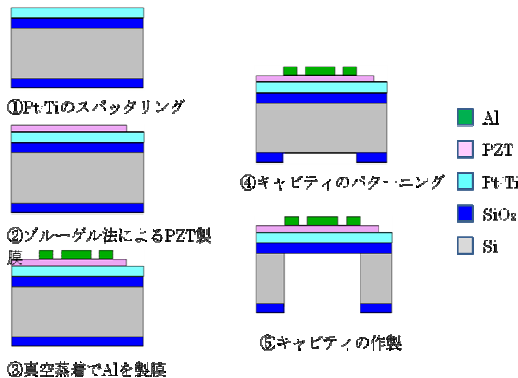


図 2 PZT デバイスの作製工程

4. 評価方法

今回作製したデバイスの発電量は音をスピーカーから出力し, デバイスに当て発生電力を測定した. PZT は歪が大きいほど大きな電圧が生じるので共鳴振動を行なっているときに最大と考え, 歪が最大となる共振周波数を解析した. その値は 5.24kHz であり, その前後の 500Hz~15.5kHz で測定した.

5. 結果

図 3 に円形上部電極と二重上部電極による出力電圧と共振周波数の関係, 図 4 に発電量と抵抗値の関係を示す.

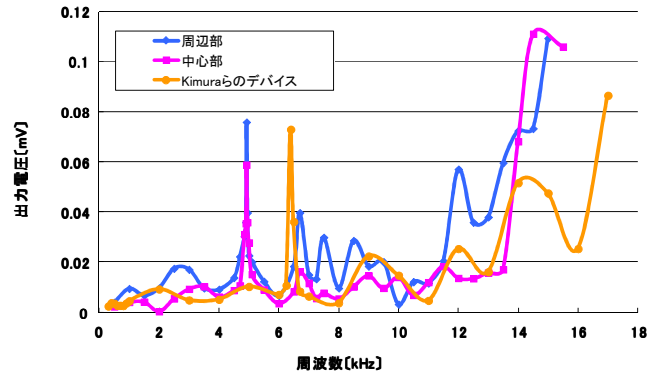


図 3 出力電圧と共振周波数の結果

円形電極では共振周波数は 6.40kHz で最大出力電圧が $7.29 \times 10^{-5}V$ であった.それに比べ二重電極では 4.92kHz,最大出力電圧は内側と外側の合成値で $9.49 \times 10^{-5}V$ となった.共振周波数は 1.48kHz 低くなり,最大出力電圧は $2.2 \times 10^{-5}V$ の向上が出来た.

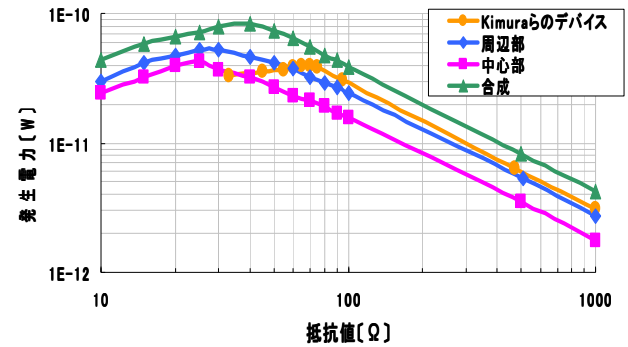


図 4 発電量と抵抗値の結果

円形電極では抵抗値が 70Ω で最大発電量は $4.0 \times 10^{-11}W$ であった. それに比べ二重電極の抵抗は周辺部で 30Ω, 中心部で 25Ω, 結合部で 40Ω となり, 発電量は周辺部で $5.28 \times 10^{-11}W$, 中心部で $4.25 \times 10^{-11}W$, 結合部で $8.28 \times 10^{-11}W$ となった. 抵抗は 30Ω 小さくなり, 発電量は $4.28 \times 10^{-11}W$ 向上が出来た.

6. 参考文献

[1]S.B.Horowitz, M.Sheplak, N.Cattafesta III, and T.Nishida, J.Micromech.Microeng, Vol. 16,(2006), S174-S181.
 [2]S.Shinoda, T.Tai, H.Itoh, T.Sugou, H.Ichioka, S.Kimura, and Y.Nishioka, Jpn.J.Appl. Phys.Vol.49(2010)04DL21.
 [3]S.Kimura,S.Tomioka,S.Iizumi, K.Tsujimoto, T.Sugou, and Y.Nishioka, Jpn. J. Appl. Phys. Vol.50(2011)(to be published).