

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630113

研究課題名(和文)多孔性圧電膜の環境発電応用への検討

研究課題名(英文)Energy harvesting by porous piezoelectric film

研究代表者

小林 牧子(Kobayashi, Makiko)

熊本大学・自然科学研究科・准教授

研究者番号：90629651

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：多孔性複合圧電膜を用いた振動による発電デバイスの検討を行った。多孔性圧電材料としては、圧電性が比較的高く、材料が安価かつ作製が容易な、ジルコン酸チタン酸鉛(PZT)/PZT複合圧電膜を用い、基板としては作製温度に耐性があり安価なステンレス基板を用いた。圧電膜の膜厚は高いほど圧電定数 d_{33} は高値を示した。基板厚は振動の強度が高い場合には相関性を示さないが、脈拍のような微弱な振動の場合には基板厚が低い方が高い振動を示した。人の脈拍による振動により、最高で約150mVの瞬間起電力が得られたことから、振動による環境発電の候補として有望であるといえる。

研究成果の概要(英文)：Electricity generation was attempt using porous piezoelectric composite film. As a porous piezoelectric film, lead zirconate titanate (PZT)/PZT was chosen due to high piezoelectricity, low cost, and fabrication feasibility. As a substrate material, stainless steel was used because of high temperature durability for fabrication process and low cost. The higher the piezoelectric film thickness was, the higher the piezoelectric constant d_{33} value was. There was no relationship between substrate thickness and the piezoelectric constant d_{33} when oscillation amplitude was high enough, where as The lower the substrate thickness was, the higher the piezoelectric constant d_{33} value was in the case of low oscillation amplitude, such as human pulse. The maximum value of instant electromotive force was around 150mV by human pulse so that this material has potential for electricity generation by fluctuation.

研究分野：電気・電子材料

キーワード：環境発電 圧電材料

1. 研究開始当初の背景

環境発電技術は、近年のエネルギー問題から注目を集めている。圧電体セラミックス(強誘電体)は、振動、圧力、光、熱といったエネルギーを電気エネルギーに変換できることから環境発電応用として以前から注目されており、人が床を歩くときの圧力で発電する床発電等が試験されていた。しかし、一般の圧電体セラミックスは非常に硬いため、微小変位から発生できる電気エネルギーの係数は高くても、変位自体が小さいため、発生する電力も小さい。それ以上に、緻密なセラミックスは応力や急激な温度変化で割れやすいという特徴があり、使用方法に気をつける必要があった。

申請者らは 2002 年にスプレー法による圧電複合材料の高温超音波特性を発表した。この材料が高温超音波センサ应用到に有望であることがわかり、その後も開発が続けられ、実用化も始まっている。この圧電複合材料は多孔性であることから、①室温から 850°C までの熱サイクルに耐える高耐熱性、②直径 1cm の配管にも対応できる高柔軟性、③材料によっては市販のセンサと同等の感度をもてる高圧電定数 g (加える応力に対して発生する電圧の関係)、の 3 点の特徴をもつ。この 3 点の特徴は環境発電にも応用できる可能性があると考えた。

2. 研究の目的

圧電複合材料が環境発電応用への適用可能性の検討を行う。本研究の具体的な目的は、多孔性圧電厚膜が振動によりどの程度のエネルギーを発生できるのかを測定し、その膜から発生したエネルギーを使用した試作デバイスを作製することの 2 点である。

3. 研究の方法

各条件による最高出力を圧電メータやオシロスコープにより測定を行った。まず、圧電膜厚の影響を調べるため、厚さ 80 μm のステンレス基板上にジルコン酸チタン酸鉛(PZT) 圧電粉体と PZT ゼルゲル溶液からなる PZT/PZT 膜をスプレー法で作製を行った。スプレー法とは、PZT ゼルゲル溶液と PZT の圧電粉体を混合した溶液をスプレーによる塗布工程、150°Cでの乾燥工程、650°Cでの焼成工程、自然冷却というサイクルを目標の厚さになるまで繰り返し作製する方法である。PZT/PZT を複合材料として用いたのは、圧電性がある程度高く、材料費も安価かつ作製が容易だからである。基板としてステンレス基板を用いた理由は、スプレー工程中に使用する 650°Cという温度に耐性があり、比較的安価であるからである。

圧電膜の厚さを 40, 80, 120, 240 μm と変化させたサンプルを各 2 個作製し、コロナ放電による室温分極処理後、 d_{33} メータにて圧電定数 d_{33} の測定を行った結果を表 1 に示す。想定通り、圧電膜の厚さが大きいほど高い圧

電定数を示した。しかし、スプレー法で 200 μm を超す膜厚を達成するのは時間もかかり、歩留まりも低下する。表 1 にも示すように 240 μm のサンプルのうち 1 個は作製途中で壊れてしまい測定不能であった。そこで今後の測定には厚さが 100-200 μm のサンプルを使用することにした。

表1. d_{33} の圧電膜厚依存性

圧電膜厚 [μm]	サンプル1 d_{33} [pC/N]	サンプル2 d_{33} [pC/N]
40	36	40
80	48	54
120	90	96
240	110	N/A

次に基板の厚さが与える影響を調べるため、異なる厚さのステンレス基板上に厚さ 150 μm の PZT/PZT 膜を同じくスプレー法にて作製を行った。使用したステンレス基板の厚さは 50, 100, 150, 200, 500 および 1000 μm とし、それぞれの厚さの基板に対して各 4 個のサンプルを作製したが、 d_{33} メータによる測定の結果、基板厚と d_{33} 圧電定数の間には相関性は見られなかった。これは d_{33} メータにおける測定ではサンプルの上下を挟み込み、十分な力で振動させたため、基板厚の影響が出なかったものと思われる。

発生するエネルギーの評価ならびに試作デバイスとして、腕時計のバンドと手首の間にサンプル挟み込み、人の脈の振動を測定することとした。脈拍を用いたのは、振動がほぼ一定で微弱であるからである。サンプルは先ほどと実験と同じくスプレー法を用い、200 μm , 500 μm , 1000 μm の厚さの異なるステンレス基板上に 150 μm の PZT/PZT 圧電膜を作製した。コロナ放電による分極処理後、アルミニウム薄膜上部電極を真空蒸着法により作製を行った。ステンレス基板をグラウンドとし、グラウンド配線をハドメにより固定した。上部電極の配線はポリイミドテープによる固定を行った。作製したサンプル例を図 1 に示す。2 本の配線をオシロスコープに接続した同軸ケーブルに接続し、オシロスコープにて起電力の測定を行った。試作デバイスとオシロスコープの間には増幅器は含まれていない。



図 1 : PZT/PZT 作製デバイス例

200 μm , 500 μm , 1000 μm の基板上に作製した 150 μm 厚 PZT/PZT による測定結果を 30Hz の低域通過フィルタによる信号処理を行ったものをそれぞれ図 2-4 に示す。得られた信号が脈拍由来のものと確認するために、心電図も同時に測定を行い、その結果も同時に示している。全ての図において圧電デバイスによるものと心電図による結果は高い相関性を示し、確かに脈拍由来の振動で起電力を得られたことが判明した。信号強度であるが、先ほどの結果と異なり基板の厚さが小さいほど高い起電力が得られている。具体的には基板厚 200 μm のサンプルでは約 200mV の V_{p-p} が得られているのに対し、基板厚 500 μm ならびに基板厚 1000 μm のサンプルではそれぞれ約 10mV と約 8mV であった。さらに 1000 μm 基板のサンプルによる測定では SNR も低下している。これは微弱な振動では基板厚も重要な要素であり、基板厚が高すぎると振動を抑制してしまう可能性があることを示唆していると思われる。

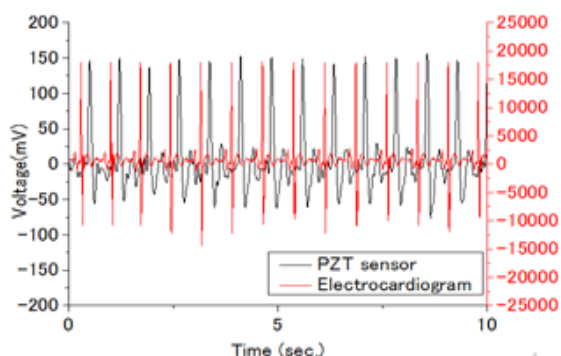


図 2：基板厚 200 μm ステンレス基板上に作製した 150 μm 厚 PZT/PZT 膜による脈拍由来振動測定結果

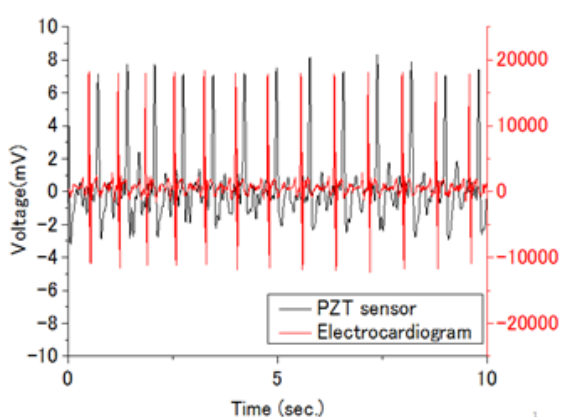


図 3：基板厚 500 μm ステンレス基板上に作製した 150 μm 厚 PZT/PZT 膜による脈拍由来振動測定結果

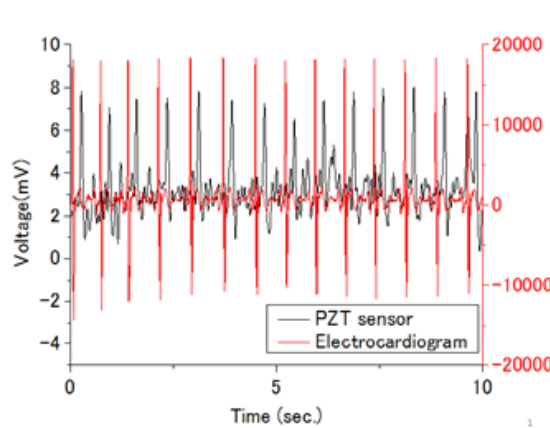


図 4：基板厚 1000 μm ステンレス基板上に作製した 150 μm 厚 PZT/PZT 膜による脈拍由来振動測定結果

4. 研究成果

PZT/PZT 複合圧電膜を用いた振動による発電デバイスの検討を行った。圧電膜の膜厚は高いほど圧電定数 d_{33} は高値を示した。基板厚は振動の強度が高い場合には相関性を示さないが、脈拍のような微弱な振動の場合には基板厚が低い方が高い振動を示した。人の脈拍による振動により、最高で約 150mV の瞬間起電力が得られたことから、振動による環境発電の候補として有望であるといえる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

- ① T. Ikari, S. Kurose, T. Igasaki and M. Kobayashi, "Pulse monitoring by sol-gel composite flexible piezoelectric sensors", IEEE Int. Ultrasonics Symposium, 2014 年 9 月 6 日, Chicago (USA)
- ② 碓貴彦, 黒瀬修吾, 小林牧子, 伊賀崎伴彦, "生体信号観測用フレキシブルセンサ", 2014 年度応用物理学会九州支部学術講演会, 2014 年 12 月 6 日, 大分大学 (大分県、大分市)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等
特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 牧子 (KOBAYASHI, Makiko)
熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号：90629651