

# 非鉛系圧電材料を用いたパワーデバイスに関する研究

評価技術課 角田龍則 二口友昭\* 機械電子研究所 坂井雄一

## 1. 緒言

現在もっとも多く使用されている圧電セラミックス材料は、チタン酸ジルコン酸鉛であり、その中に含まれる鉛は、その有害性から、廃棄処理などによる環境への悪影響が懸念されている。また、鉛は、EU圏において RoHS(Restriction on Hazardous Substances)指令により輸入が制限されている。

本研究の目的は、非鉛系圧電材料の中で、すぐれた圧電特性をもつ BaTiO<sub>3</sub>系材料を使用し発電素子を作製することである。さらに、作製した片持ち梁構造の発電素子の変位や振動数と発生電力との関係を求め、発電特性を評価した。

## 2. 実験方法

### 2-1. マルチモルフおよび積層全面電極構造

BaTiO<sub>3</sub> と BaTi<sub>0.9</sub>Zr<sub>0.1</sub>O<sub>3</sub> 粉末を秤量混合、プレス成形し、1400℃で焼結させ Ba(Ti<sub>0.95</sub>Zr<sub>0.05</sub>)O<sub>3</sub> セラミックスを作製した。ダイサーで所定形状に切断し、スパッタ法によって Ag/Ti 電極を付けた。マルチモルフ構造素子(図1)は、そのセラミックスをガラエポ基板の片面に2枚ずつ計4枚貼り付け、90℃電界強度20kV/cmにて分極処理を行った。積層全面電極構造素子(図2)は、そのセラミックスを数十層積層し、積層方向にカットした。その後同様に、ガラエポ基板に貼り付け、分極処理を行った。

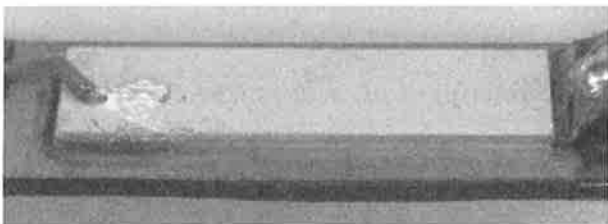


図1. サンプル外観 (マルチモルフ)

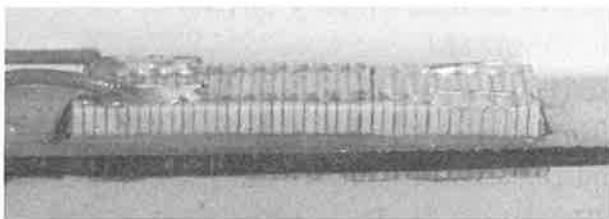


図2. サンプル外観 (積層全面電極)

両素子とも、ガラエポ基板の一端を固定し、反対の端を強制振動させ、圧電体セラミックスに発生する電圧を測定した。

### 2-2. 積層部分電極構造

水熱合成法による BaTiO<sub>3</sub> と BaTi<sub>0.9</sub>Zr<sub>0.1</sub>O<sub>3</sub> と炭酸カルシウムと SiO<sub>2</sub> 粉末を秤量混合し、BaCa<sub>0.01</sub>Ti<sub>0.9</sub>Zr<sub>0.1</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub>とした。これを1100℃で仮焼した後、微粉碎して、バインダと溶剤を加え、シート成形を行った。シートを乾燥後、内部電極として Ni ペーストをスクリーン印刷し、数十枚加压接着した。1330℃還元雰囲気中で焼成し、所定の形状に切断して、ガラエポ基板に貼り付け、配線した後、シリコンオイル中90℃で、電界強度20kV/cmにて分極処理を行った。全面電極構造素子と同様に、ガラエポ基板の一端を固定し、反対の端を強制振動させ、圧電体セラミックスに発生する電圧を測定した。

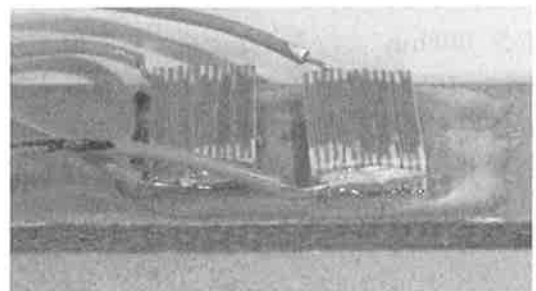


図3. サンプル外観 (積層部分電極)

## 3. 結果および考察

図4は出力電圧と周波数、図5は出力電圧と振幅の関係を示す。それぞれ、周波数、振幅に比例して出力電圧が増加しているのがわかる。また、図6は単位面積あたりの出力電圧を示す。積層全面電極構造ではマルチモルフ構造の約1.3倍と増加し、積層部分電極構造では、0.4倍と減少した。横方向のd定数に比べて、縦方向のd定数は約2倍であり、それに比例して出力電圧は約2倍に増加すると考えていた。しかし、1.3倍の出力電圧しか得られなかった。原因としては、セラミックス接着層である、エポキシ接着剤部分で応力を吸収していることが考えられる。特に、部分電極構造

\*現 材料技術課

では、内部電極の拡散による特性の低下、内部電極が無い箇所の影響、インピーダンスマッチングのズレがあげられる。

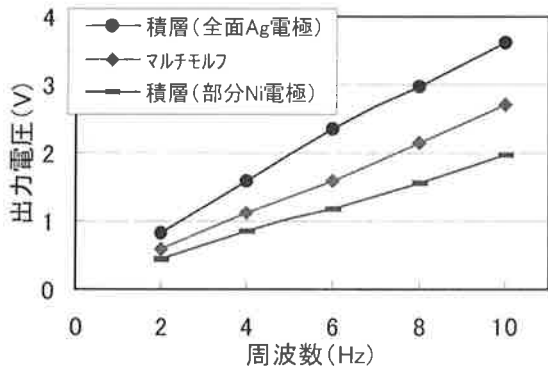


図 4. 出力電圧と周波数

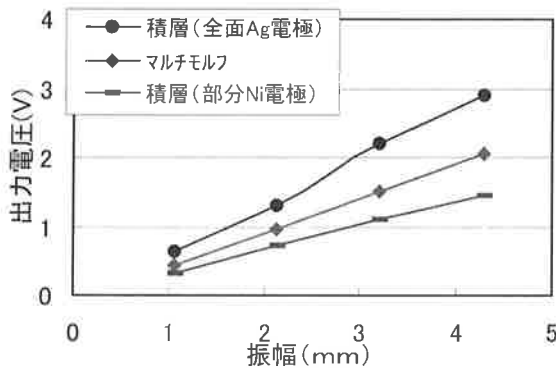


図 5. 出力電圧と振幅

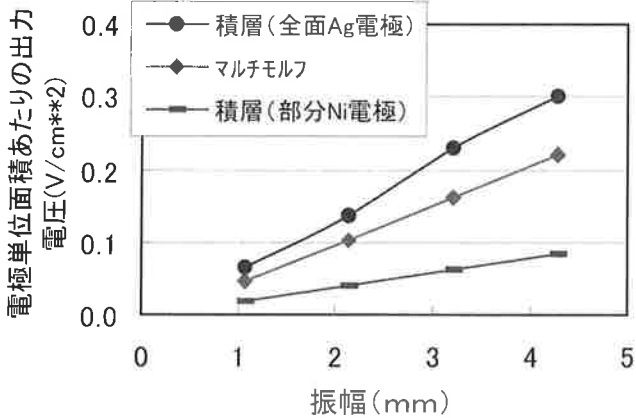


図 6. 電極単位面積あたりの出力電圧

図 7 は積層全面電極構造において、負荷抵抗と電力の関係を、周波数を変化させてプロットしたものである。負荷抵抗 500 k  $\Omega$  付近で電力のピークを示している。10Hz では 0.6 mW の出力を得ることができた。

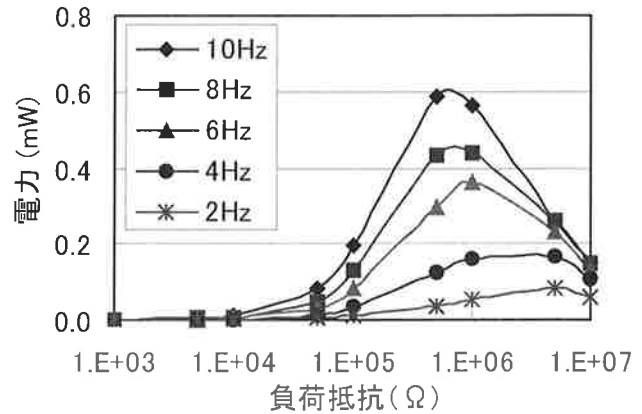


図 7. 負荷抵抗と電力 (積層全面電極)

#### 4. まとめ

本研究では、非鉛系圧電材料である Ba(Ti<sub>0.95</sub>Zr<sub>0.05</sub>)O<sub>3</sub> セラミックスを作製し、その圧電特性を利用して、発電素子を作製した。発電素子は、マルチモルフ、積層全面電極、積層部分電極の 3 種類を作製した。それぞれ、単位面積辺りの出力電圧を測定し、発電特性を評価した。d<sub>33</sub> を利用した積層電極構造の発電素子で、もっとも高い出力電圧を得ることができた。

また、LED や RFID 等の低消費電力電子部品は数十  $\mu$  w で動作することが報告されており<sup>1)</sup>、今後はこれらの電子部品を利用した振動検出システムの構築を進める。

#### 参考文献

- 1) Masao Takeuchi, et al., *Proc. Ultrasonl. Electron.*, Vol.27(2006), pp.85-86

キーワード：非鉛、チタン酸バリウム、d 定数、発電

### Research of Power Generator Device Using Lead-Free Piezoelectric Materials

Tatsunori KAKUDA, Tomoaki FUTAKUCHI and Yuichi SAKAI (Toyama Industrial Technology Center)

In lead-free piezoelectric materials, recent researches have revealed that BaTiO<sub>3</sub> based ceramics show relatively good piezoelectric properties. In this study, the power generator device of with cantilever structure was prepared and evaluated about its output properties as functions of amplitude, frequency and load-resistance. The output voltage was in direct proportion to frequency and amplitude. In load-resistance 500k $\Omega$ , the output power 0.6mW was able to measure.