

非鉛系積層圧電アクチュエータ用材料の開発

電子技術課 二口友昭 坂井雄一
 (株)北陸セラミック 雨宮圭司 坂口 忍

1. 緒 言

圧電アクチュエータは、高速高精度な位置制御が可能であるため、多くの分野で利用されている。特に、変位量が大きくとれる積層型のものは、産業機器の位置制御や自動車エンジンの燃料噴射機構への応用が期待されている。しかし、これらに利用される現状の圧電セラミックス材料は、現在のところ、鉛を含むため環境への悪影響が懸念されており、非鉛系のアクチュエータ用材料が必要である。これまでに、 $\text{Ba}(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_3$ の組成で大気焼成すると、比較的大きな圧電性が得られることがわかっている¹⁾。本研究では、Ni等の碑金属を内部電極に用いた積層圧電アクチュエータへの応用を目的とし、窒素雰囲気焼成における $[(\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x)\text{O}]_m(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$ の組成ならびに添加物が特性におよぼす影響について調べた。

2. 実験方法

各酸化原料を所定の割合に秤量し、遊星ミルで混合し、1100℃で仮焼した。その後粉砕し、成形後、1390℃で焼成することにより試料を作製した。試料の表面を研磨し、Ni-Crスパッタ薄膜電極またはNiペースト印刷厚膜電極を形成した。比誘電率、誘電損失、比誘電率の温度依存性、 P - E ヒステリシス曲線、 S - E ヒステリシス曲線を測定した。また、分極処理したものは、電界誘起歪み曲線および共振法による圧電定数の測定を行った。

3. 実験結果

$[(\text{Ba}_{0.9}\text{Ca}_{0.1})\text{O}]_m(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_3$ において、 $m=1.01$ 以上で窒素雰囲気焼成においても絶縁性の試料が得られた。 $m=1.04$ まではペロブスカイト構造単相であったが、 $m=1.05$ 以上では別の化合物が生成していた。図1は、各 m の値に対する熱エッチング表面のSEM写真を示す。 $m=1.01$ および1.02では、粒成長が抑制され空孔も見られるが、 $m=1.05$ では、緻密な構造になっていた。

次に、 SiO_2 を添加して試料を作製した。 SiO_2 の添加は、粒成長および密度の向上に効果的であった。図2は、 $[(\text{Ba}_{0.9}\text{Ca}_{0.1})\text{O}]_{1.05}(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$ にお

ける SiO_2 添加量と密度、残留分極の関係をしめす。 SiO_2 を0.5 wt%添加すると密度の最大値5.68 g/cm³が得られた。また、このとき残留分極の最大値10.7 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ も得られた。

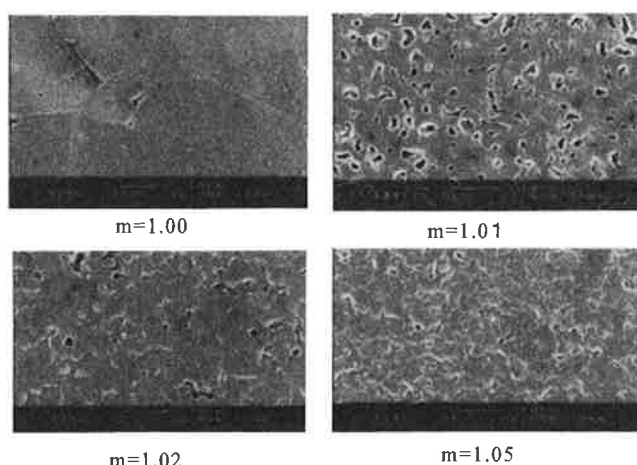


図1 熱エッチング表面のSEM写真

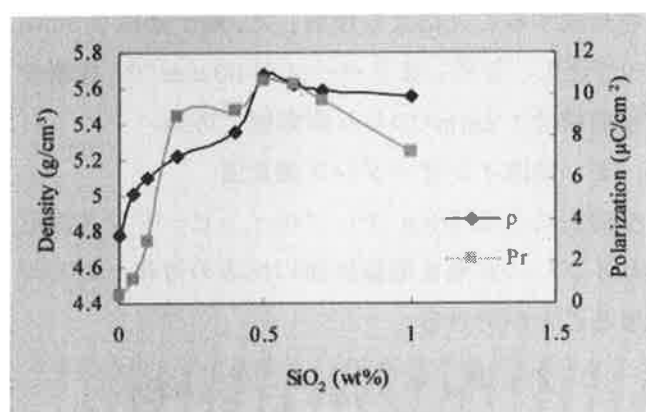


図2 $[(\text{Ba}_{0.9}\text{Ca}_{0.1})\text{O}]_{1.05}(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$ における SiO_2 添加量と密度、残留分極の関係

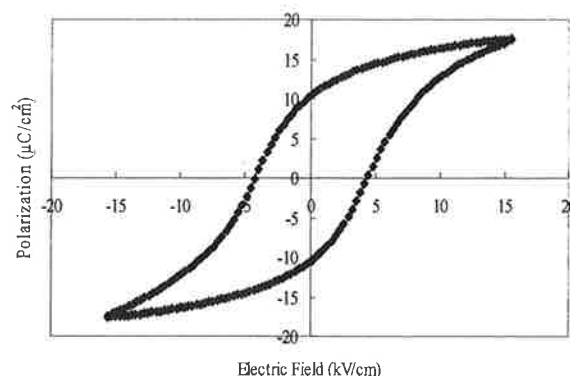


図3 $[(\text{Ba}_{0.9}\text{Ca}_{0.1})\text{O}]_{1.05}(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_3\text{SiO}_2 0.5 \text{ wt}\%$ 添加の P - E ヒステリシス曲線

図 4 は、同じ組成の分極した試料に対する最大電界 10 kV/cm、周波数 10 Hz での電界誘起歪み曲線を示す。この曲線の傾斜から求めた圧電定数は 260 pC/N であった。図 5 は、同じ試料のインピーダンス曲線を示す。この共振周波数 (280 kHz) より求めた圧電定数は 56 pC/N であった。表 1 は、大気焼成のものと比較して特性をまとめたものを示す。圧電定数は窒素雰囲気焼成では酸化雰囲気焼成よりも小さい値であるが、低周波高電界では比較的大きな値が得られたことがわかる。

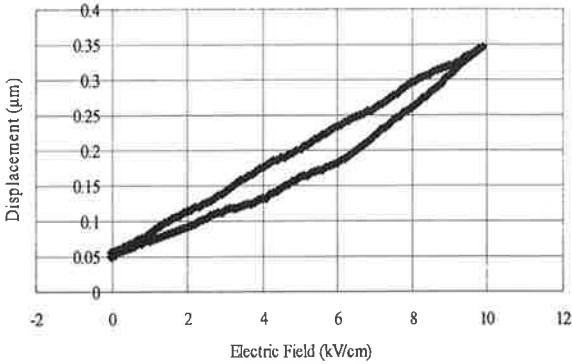


図 4 電界誘起歪み曲線

4. まとめ

$[(\text{Ba}_{0.9}, \text{Ca}_{0.1})\text{O}]_{1.05}(\text{Ti}_{0.975}, \text{Zr}_{0.025})\text{O}_3$ の組成に SiO_2 (0.5wt%) 添加することにより優れた特性を得ることができた。また、低周波高電界における圧電アクチュエータへの応用が期待できる。

表 1 組成・焼成条件と特性の関係

組成	焼成条件	P_r ($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)	d_{33} (pC/N) (歪 10Hz)	d_{31} (pC/N)(共振 280kHz)
$\text{Ba}(\text{Ti}_{0.975}, \text{Zr}_{0.025})\text{O}_3$	1390°C Air	14.0	410	62
$[(\text{Ba}_{0.9}, \text{Ca}_{0.1})\text{O}]_{1.05}(\text{Ti}_{0.975}, \text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$	1390°C Air	10.7	260	61
$[(\text{Ba}_{0.9}, \text{Ca}_{0.1})\text{O}]_{1.05}(\text{Ti}_{0.975}, \text{Zr}_{0.025})\text{O}_2 + \text{SiO}_2$ (0.5wt%)	1390°C N ₂	7.9	260	56

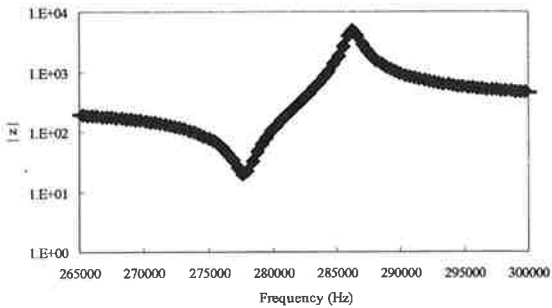


図 5 インピーダンス曲線

「参考文献」

1) T. Futakuchi, Y. Nakamura and M. Adachi
:Jpn. J. Appl. Phy. **41**(2002)6948.

キーワード：圧電体、アクチュエータ、チタン酸バリウム、ジルコン酸バリウム、窒素雰囲気焼成

Development of Lead-Free Material for Multi-layer Piezoelectric Actuator

Tomoaki FUTAKUCHI and Yuichi SAKAI (Toyama Industrial Technology Center)

Keiji AMEMIYA and Sinobu SAKAGUCHI (Hokuriku Ceramic Ind.Co.,Ltd)

$[(\text{Ba}_{1-X}, \text{Ca}_X)\text{O}]_m(\text{Ti}_{0.975}, \text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$ ceramics were prepared by a firing of N₂ atmosphere. The dielectric, ferroelectric and piezoelectric properties were examined in terms of the composition and additives. The remanent polarization of 10.7 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ was obtained for X=0.1 and m=1.05 by the addition of 0.5wt% SiO₂. The longitudinal piezoelectric constant d_{33} calculated from a unipolar signal (10kV/cm, 10Hz) was 260pC/N.