

# 非鉛系積層圧電アクチュエータの開発に関する研究

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、非鉛系の材料を利用した圧電アクチュエータが必要である。ここでは、Ni電極と同時焼成を行った場合について  $[\text{BaO}]_m(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$  の組成 ( $m=1.00 \sim 1.05$ ) と誘電的、強誘電的、圧電的性質の関係について調べ、さらに、この材料を用いた積層圧電アクチュエータを作製した結果を報告する。

## 2. 実験方法

各酸化物および炭酸塩原料を所定の割合に秤量し遊星ミルで混合し、1100°Cで仮焼した。これを遊星ミルで粉碎し、成形後、Niペーストを塗布し、大気中500°Cで脱バインダした。さらに窒素雰囲気1390°Cで焼成することにより試料を作製した。インピーダンスアナライザにて誘電率と誘電損失、およびその温度依存性を測定した。また強誘電体評価システムにて、 $P$ - $E$ ヒステシスおよび $S$ - $E$ ヒステリシスを測定した。さらに分極処理したものについて、電界歪み曲線による圧電定数の測定を行った。

## 3. 実験結果

$[\text{BaO}]_m(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$  において、組成  $m=1.00 \sim 1.05$  で、ペロブスカイト構造単相であった。 $m=1.005$  以上で、絶縁性の試料が得られ $P$ - $E$ ヒステシスが測定できた。図1は、組成  $m$  と残留分極  $P_r$  の関係を示す。 $m$  の増加にしたがって残留分極  $P_r$  は低下していた。図2は、各  $m$  の値に対する表面のSEM写真を示す。 $m$  の増加にしたがって粒成長は抑制されていた。図3は  $m=1.01$  のときの  $S$ - $E$  ヒステリシスを示す。分極反転に伴うバタフライ形状を示していた。この組成の分極した試料に対する電界歪み曲線（最大電界 8kV/cm, 周波数 10Hz）の傾斜より求めた圧電定数  $d_{33}$  は 430pC/N であった。

\*現 中央研究所

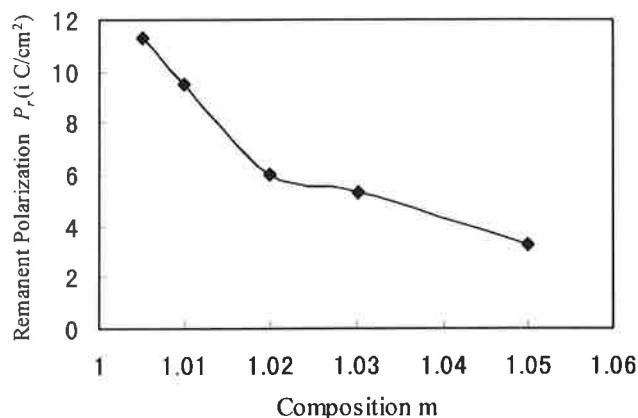


図1 組成  $m$  と残留分極の関係

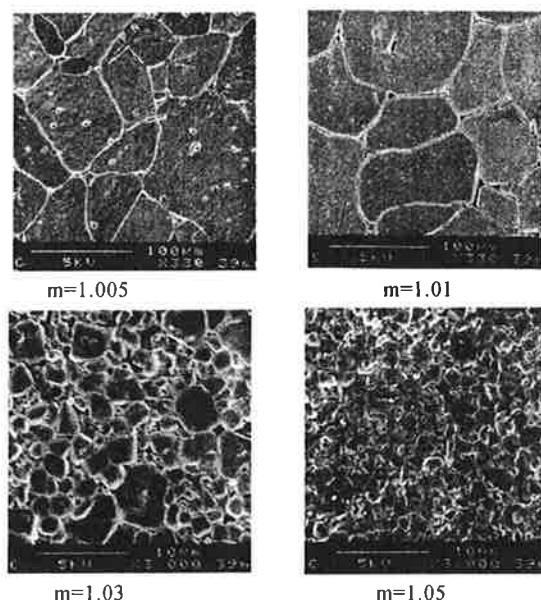


図2 表面のSEM写真

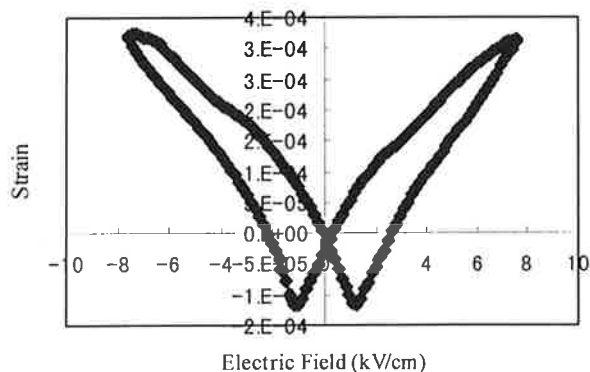


図3  $S$ - $E$  ヒステリシス ( $m=1.01$ )

図4は、組成 $m$ と圧電定数の関係を示す。 $m$ の増加にしたがって圧電定数 $d_{33}$ は低下していた。これらのことより、窒素雰囲気中でのNi電極との同時焼成により絶縁性の試料を得るためには、過剰のBaOが必要であるが、多すぎると粒成長が抑制され、強誘電体特性および圧電特性は低下することがわかった。図5は電界歪み曲線の測定電圧と傾斜より求めた圧電定数の関係を示す。この測定法により求められる圧電定数は、測定電界の増加に従って大きくなっていった。これは、測定電圧が大きい方が分極反転に寄与する領域が多くなるためであると考えられる。さらに、この材料に適切なバインダを添加しスラリーを調整し、ドクターブレード法によりグリーンシートを作製した。これをデジタルカッターで適当な大きさに切断後、Niペーストをスクリーン印刷した。これらをヒータープレスにて5層積層した試料を作製し、適切な温度プロファイルにて焼成した。図6は得られた積層体の断面を示す。これにAgの端面電極を形成してアクチュエータを作製した。

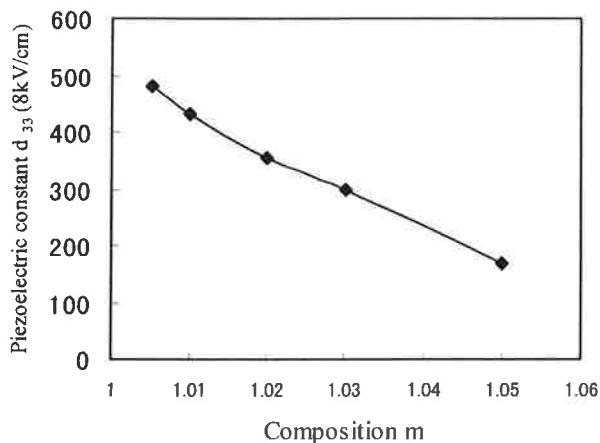


図4 組成 $m$ と圧電定数の関係

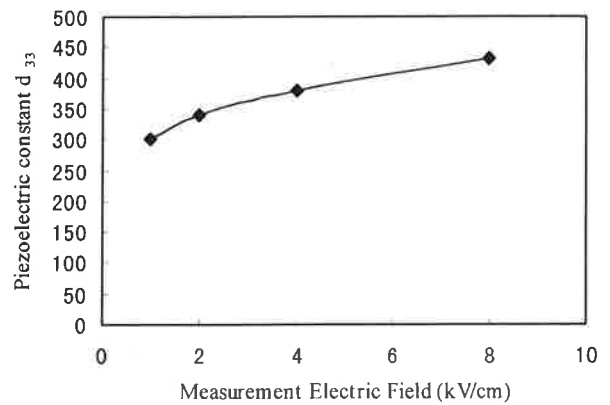


図5 測定電圧と圧電定数の関係

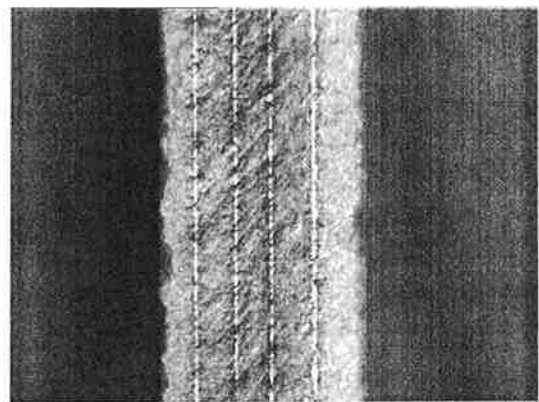


図6 積層体の断面写真

#### 4. まとめ

$[\text{BaO}]_m(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$   $m=1.005\sim 1.01$ の組成において、Ni電極と同時焼成した場合に優れた圧電特性を得ることができた。さらに、この材料を用いて、積層圧電アクチュエータを作製した。

キーワード：圧電体、アクチュエータ、チタン酸バリウム、Ni電極同時焼成、窒素雰囲気焼成

## Development of Lead-Free Multi-layered Piezoelectric Actuator

Tomoaki FUTAKUCHI and Yuichi SAKAI (Toyama Industrial Technology Center)

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

$[\text{BaO}]_m(\text{Ti}_{0.975}\text{Zr}_{0.025})\text{O}_2$  ceramics with Ni electrodes were prepared by a firing of  $\text{N}_2$  atmosphere. The dielectric, ferroelectric and piezoelectric properties were examined in terms of the composition. The remanent polarization of  $9.5\text{ iC/cm}^2$  was obtained for  $m=1.01$ . The longitudinal piezoelectric constant  $d_{33}$  calculated from a unipolar signal ( $8\text{ kV/cm}, 10\text{ Hz}$ ) was  $430\text{ pC/N}$ . The multi-layered piezoelectric actuator was prepared using this material.