

PZTセラミックスの特性と分域構造

物性解析研究室 畑中達也

Domain Structures and Properties in PZT Ceramics

Tatsuya Hatanaka

PZT (チタン酸ジルコン酸鉛; $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$) セラミックスは、電気機械変換素子としてセンサやアクチュエータ等に広く利用されている。一般に、強誘電体であるPZTの結晶は、自発分極の方向が揃ったいくつかの領域(強誘電性分域)からなっている。この分域構造は、単位格子よりも大きく結晶粒径よりも小さいので、メゾスコピックな構造と呼ぶことができる。この構造と物性との関係は、簡便な分域観察法が確立されていなかったこともあり、ほとんど知られていなかった。筆者らはPZT単結晶を用いた研究で、結晶面のエッチング速度の差を利用することにより、その凹凸パターンから分域構造が解析できることを明らかにした¹⁾。ここでは、この方法をPZTセラミックスに適用し、分域構造と誘電特性や圧電特性との関連について検討した結果を紹介する。

アクチュエータ用原料粉末である富士チタン製PE510を微粉碎し、適切な焼結条件を選ぶことで、平均粒径 $0.8\mu\text{m}$ から $13\mu\text{m}$ までの間の粒径の異なる4種類の焼結体を得た。これらの試料を($\text{HCl} + \text{HF}$)水溶液でエッチングした後、SEMにより分域構造を観察した。Fig. 1(a)に示した試料の結晶粒(平均粒径 $13\mu\text{m}$)には、 $1\mu\text{m}$ 程度の幅を持った平行な凹凸が観察された。これは比較的幅の広い 90° 分域が存在することを示している。一方、Fig. 1(b)に示した平均粒径 $0.8\mu\text{m}$ の結晶粒には、分域構造に対応する凹凸は観察されず、単分域結晶であった。

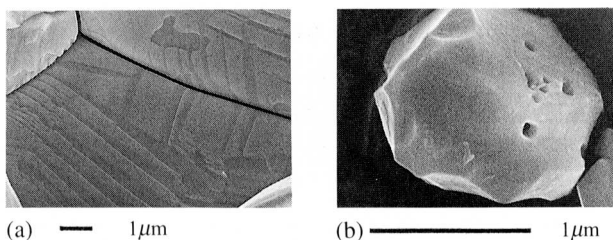


Fig. 1 SEM photographs of etch pattern in PZT ceramics. The mean grain size is $13\mu\text{m}$; (a) and $0.8\mu\text{m}$; (b).

このようにしてすべての試料の分域構造を観察し、その結果をFig. 2の平均粒径と誘電率の関係の中で眺めると興味深い。すなわち、誘電率は平均粒径の減少とともに低下するが、分域構造がなくなると誘電率が大幅に減少することが分かった。分域構造の有無が誘電率に影響を与えることは理論的に予想されていたが²⁾、今回の結果はそれを実験的に示したことになる。ここでは割愛するが、圧電定数についても同様の傾向が得られている。

ここに示したPZTの縞状の分域構造と類似のメゾスコピックな構造を持つ物質としては、磁性体(磁区構造)、金属(組織構造)、高分子(ラメラ構造)などがある³⁾。これらの物質は、構造と物性との相関についての数多くの研究の上に大きな成果が得られている。PZTセラミックスにおいても、従来のように単に最適な化学組成を探索するだけでなく、今後は分域構造を制御するという発想が必要である。その意味で分域構造と物性との相関をさらに明確にしていくと、今後のPZTの材料開発に新たな展開があるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) Hatanaka, T. and Hasegawa, H.: Jpn. J. Appl. Phys., 31-9B(1992), 3245
- 2) Arlt, G., Dederichs, H. and Herbiet, R.: Ferroelectrics, 74(1987), 37
- 3) 山田安定: 日本物理学会誌, 47-11(1992), 873

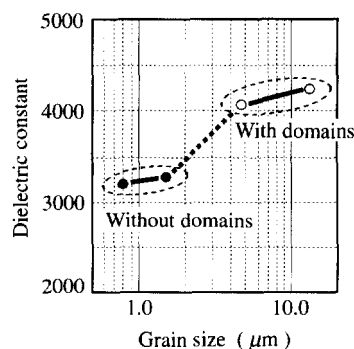


Fig. 2 Effect of the mean grain size and the domain structure on the dielectric constant.