

無鉛圧電セラミックス BNT 焼結材の諸特性

材料強度学研究室

金本 純也

1. 緒言

圧電セラミックス材料とは、結晶構造中のイオン配列が非対称性を有する材料であり、外部から機械的な圧力を加えてひずませると結晶表面に電荷が発生する。この現象は圧電気現象と呼ばれる。逆に電圧を印加すると形状が変化する現象を逆圧電現象という。

現在使用されている圧電セラミックスは有害な酸化鉛(PbO)を60~70%程度含んでいる。BNT系セラミックスは、規制の対象となる鉛を含まない無鉛圧電セラミックスの有力な候補であると考えられている。

本研究は産業技術総合研究所において研究が進められている、無鉛圧電セラミックス $86(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3 + 14\text{BaTiO}_3$ (BNT-BT) を焼成し、その性質を調査した。

2. 材料作製について

酸化ビスマス 17.39g、炭酸ナトリウム 3.955g、酸化チタン 13.86g、炭酸バリウム 4.794 g を乳鉢で混合する。この原料粉末をアルミナ製のるつぼに入れ、電気炉を用いて 900℃、2 時間の仮焼きを行う。仮焼きした材料を再び乳鉢で細かく粉砕する。原料粉末にバインダーを混入し、ふるいに通し、それを型に入れ圧力 200MPa で、成形を行う。焼結は 200℃ で 8 時間、その後 1180℃ で 3 時間焼く。

焼結後の寸法は、直径 10mm、厚さ 1.5mm の円板形状である。両面を研磨後、電極として銀ペーストを 10~15 μm 両面に塗り、800℃ で 10 分間加熱した。絶縁性のシリコンオイルの中で分極条件、6kV、10 分、60℃ の環境で行った。

3. 材料および実験方法

BNT 結晶化を確認するため、X線回折装置 (XRD) により、その回折パターンを測定した。回折角 2θ は $10^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で 0.5° /ステップ の速度で行った。

LCR メータを用い、1kHz の周波数での静電容量を測定し、これから、誘電率を算出した。また、強誘電特性を調べるため、図 1 に示すソーヤータワー回路により、D-E ヒステリシス曲線を求めた。

機械的特性としてビッカース試験機を用いて、破壊じん性値 K_{IC} を測定した。押し込み荷重 500gf において圧子を圧入し、その時発生した、き裂の長さより、(1) 式を用いて K_{IC} を算出した。⁽¹⁾

$$K_{IC} = 0.011 E^{0.4} P^{0.6} a^{-0.7} \left(\frac{C}{a} \right)^{-0.5} \quad (1)$$

ただし E はヤング率、P は押し込み荷重である。

4. 実験結果および考察

XRD 回折パターンを図 2 に示す。BNT のピークが複数の回折面から得られ、焼結により BNT が結晶化されていることが確認された。

ソーヤータワー回路を用いて得られた、D-E ヒステリシス曲線を図 3 に示す。この D-E 曲線より、残留分極と抗電界を求めるとそれぞれ $2.1 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ および

$0.2\text{kV}/\text{cm}$ となった。文献⁽²⁾に見られる BNT における値 ($38 \mu\text{C}/\text{cm}^2, 73\text{kV}/\text{cm}$) と比較するといずれの値もかなり低い。破壊じん性値の測定結果を表 2 に示す。一般に分極された圧電セラミックスの K_{IC} は分極に垂直な方向で低下することが知られているが、本材料では K_{IC} の異方性は見られない。

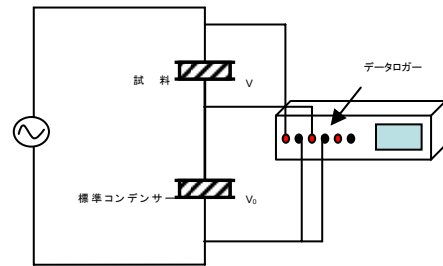


図 1 ソーヤータワー回路

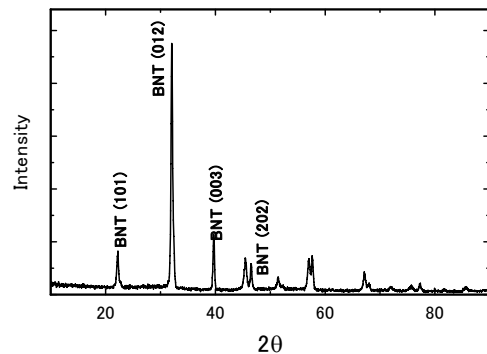


図 2 XRD 解析

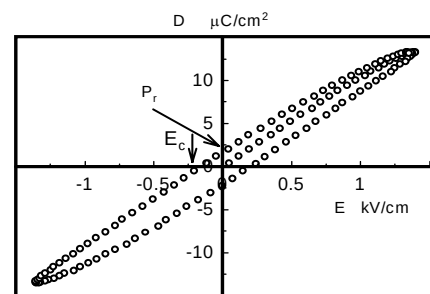


図 3 ヒステリシス曲線

表 1. 破壊じん性値 ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)

非分極材		0.54
分極材	分極垂直方向	0.56
	分極方向	0.54

5. まとめ

D-E 特性および K_{IC} の結果から判断すると今回の分極条件では分極が十分に行われていない可能性が高く、今後最適な分極条件を検討する必要があることが分かった。