

BNT 圧電セラミックス破壊じん性値におよぼす分極処理の影響

材料強度学研究室 濱口 昌也

1. 緒言

圧電セラミックスは、結晶中のイオン配列が非対称的であり、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。この現象を圧電気現象という。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呼ぶ。現在一般的に使用されている圧電セラミックス(例えば PZT)には有害な鉛が 60%程度含まれている。BNT 系セラミックスは、規制の対象となりつつある鉛を含まない無鉛圧電セラミックスの有力な候補として考えられている。本研究で BNT 系の $85(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3\text{-}12\text{BaTiO}_3\text{-}3\text{SrTiO}_3$ を焼成し、その破壊じん性と分極処理条件の関係について調査した。

2. 材料

酸化ビスマス17.26g、炭酸ナトリウム3.93g、酸化チタン13.92g、炭酸バリウム4.13g、炭酸ストロンチウム0.77gを乳鉢で混合する。この原料粉末をアルミナ製のつぼに入れ、電気炉を用いて900°C、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。焼結用バインダー、(蒸留水150ml、エタノール10ml、グリセリン1ml、ポリビニールアルコール2g)を原料粉末に混入し、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°Cで8時間、その後1180°Cで3時間加熱した。焼結後の寸法は、直径10mm、厚さ1.5mmの円板形状であった。両面を研磨後、電極として銀ペーストを10~15μm両面に塗り、800°Cで10分間焼き付けた。

3. 実験装置および方法

分極処理を行うために絶縁性であるシリコンオイルの中で負荷電界、2kV/mm~4kV/mm、60°C~100°Cの環境で10分間行った。 d_{33} メーターを用い、分極処理後のBNT試験片の圧電定数 d_{33} を測定した。LCRメーターを用い、1kHzの周波数で静電容量を測定し、これから(1)-(2)式を用いて誘電率 ϵ_t 、比誘電率 ϵ_r を算出した。(1)(2)

$$\epsilon_t = \frac{cp \cdot t}{A} \quad (1) \quad \epsilon_r = \frac{\epsilon_t}{\epsilon_0} \quad (2)$$

t は電極間距離、 ϵ_0 は真空の誘電率($8.854 \times 10^{-12}\text{F/m}$)である。

機械的特性としてビッカース試験機を用いて、破壊靭性値 K_{IC} を測定した。押し込み荷重500gfで10秒間、ダイヤモンド圧子を圧入し、その時に発生したき裂の長さを測定し、(3)式を用いて K_{IC} を算出した。(3)

$$K_{IC} = 0.011E^{0.4}P^{0.6}a^{-0.7}\left(\frac{c}{a}\right)^{-0.5} \quad (3)$$

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

図1に測定された d_{33} と電界強さの関係を示す。電界が高くなれば d_{33} が高くなるが、4kV/mm付近からそれ以上の上昇が見られなかった。比誘電率の測定結果と同様に図2に示す。比誘電率は d_{33} の傾向と逆であり、電界の強さに対して減少

した。 K_{IC} の測定結果を図3に示す。分極処理を行うと K_{IC} が低下し異方性が生じる、すなわち分極方向の破壊抵抗が低い結果となっている。

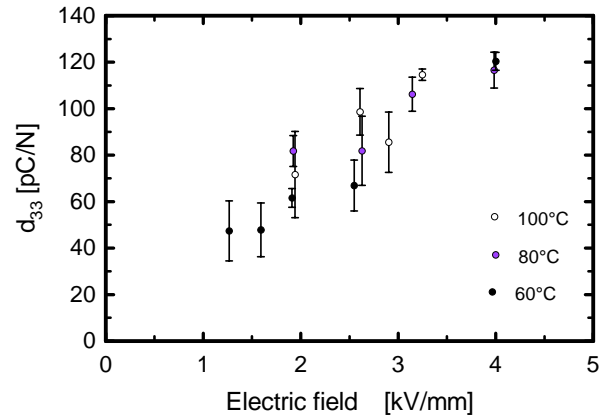


図1 温度と電界による d_{33}

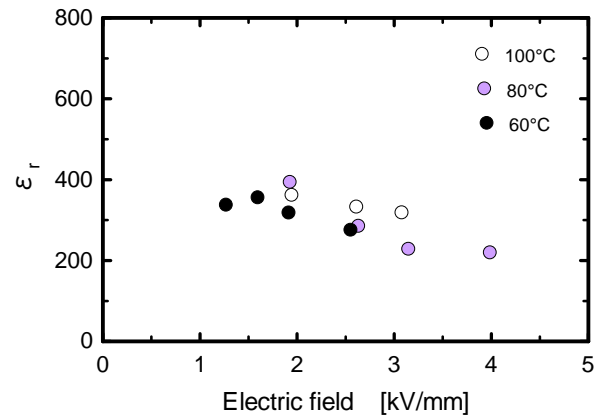


図2 温度と電界による比誘電率

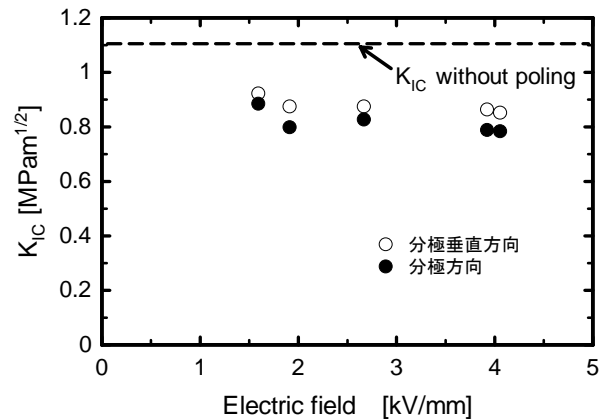


図3 破壊靭性値

5. まとめ

分極処理を行うと K_{IC} が低下する。また分極の電界が増加すると K_{IC} が低下する傾向が見られた。