

BNT系圧電セラミックス焼結材の特性評価

材料強度学研究室

三宮 豊章

1. 緒言

圧電材料は外部から力を加えてひずませると表面に電圧が発生する圧電気現象を示す材料である。また逆に外部から電圧を印加すると形状が変化する逆圧電気現象が起こる。その代表的なものにPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)があるが、人体や環境に有害である鉛が60%程含まれており、規制の対象となりつつある。本研究で対象としたBNT(チタン酸ビスマスナトリウム)系圧電セラミックスは無鉛であるためPZTに替わる有力な候補として期待されている。そこで85(Bi_{0.5}Na_{0.5})/TiO₃-12BaTiO₃-SrTiO₃ *1を焼成し、分極条件により材料の圧電定数、破壊じん性値がどのように影響を受けるか検討した。

2. 材料

40gの粉末材料について、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を乳鉢で数時間混合した。これらをアルミナ製のるつぼに入れ、電気炉で200℃・5時間、900℃・3時間の仮焼を行った。仮焼を行った材料はふるいに通るまで乳鉢で再び細かく砕いた。これに焼結用バインダー(蒸留水200ml、PVA2g、グリセリン1ml、エタノール30ml)を加え、乳鉢で混合した。この粉末材料0.85gを型に入れてハイプレッシャージャッキで57MPaの圧力をかけ成形を行った。その後200℃・10時間、1180℃・3時間の焼成を行った。

試料表面を研磨し、電極として銀ペーストを800℃・10分の焼き付けを行った。圧電特性を持たすための分極処理として、絶縁性のシリコンオイル(80~100℃)の中で10分間、2~4kV/mmの電界を負荷した。

3. 実験装置および方法

分極処理前後における材料の圧電定数 d_{33} を d_{33} メータにより測定した。また、破壊じん性値 K_{IC} については、IF(indentation fracture)法により求めた。四角錐状のピッカース圧子を材料表面に押し込むと図1に示すような正方形形状の圧痕ができ、その頂点からき裂が発生する。このき裂長さを測定し、(1)式を用いて K_{IC} を求めることができる。ここで、ヤング率 $E=120\text{GPa}$ とした。本実験では、 $P=4.9\text{N}$ の押し込み荷重でピッカース圧子を押し込み、10秒間保持した後にき裂長さを測定した。

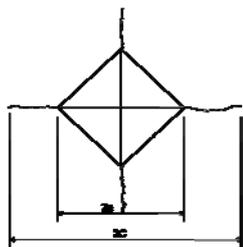


図1 IF法の圧痕とき裂

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

4. 実験結果および考察

分極材の d_{33} と分極電界強さの関係を図2に示す。分極温度が80℃の場合、3kV/mmの電界で放電が生じ、それ以上の分極処理ができなかった。また3kV/mmまでは電界の強さによらず d_{33} は70pC/N以下となった。しかし、100℃において電界を強くして分極すると電界強さに伴い d_{33} が向上することがわかった。今回の実験では一般的なPZTの d_{33} の3分の1程度の値となった。

図3に K_{IC} と d_{33} の関係を示す。分極処理により K_{IC} が10%以上低下することがわかった。一般に、分極した圧電セラミックスの K_{IC} には異方性が生じることが知られている*2が、本材料でも同様の異方性が見られた。すなわち、分極方向の K_{IC} がそれに垂直な方向の K_{IC} に比べ低くなった。また、その傾向は d_{33} が大きい試料で顕著になる。

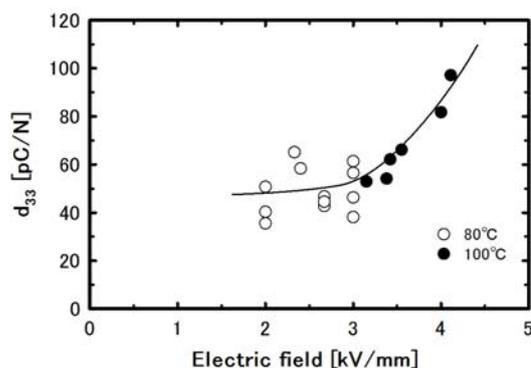


図2 d_{33} に及ぼす分極電界の影響

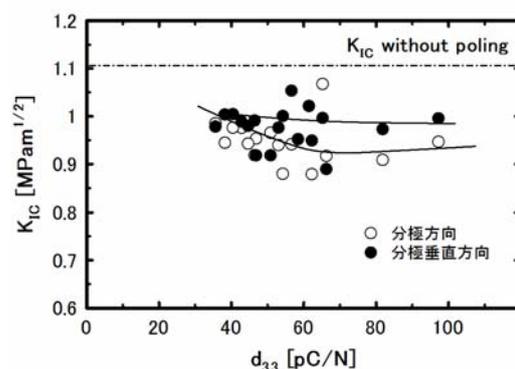


図3 破壊じん性値

5. 結言

- (1)高い圧電定数を得るためには、分極処理時に高い電界をかける必要がある。
- (2)分極処理により材料の K_{IC} は低下する。また、分極方向より分極垂直方向の K_{IC} が高くなる。

(参考文献省略)