

BNT系圧電セラミックス分極材の圧電特性劣化

材料強度学研究室

樋浦 翔太郎

1. 緒言

圧電セラミックスは力を加えると表面に電荷が発生し、逆に電荷を与えると歪みを生じる現象を利用し、センサーや圧電アクチュエータ等幅広く使用されている。代表的な材料にPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)があるが、有害な鉛を約60%含んでいる。近年、鉛の使用による環境への負荷が重要な問題となり、その使用が規制されつつある。PZTに代わる無鉛圧電セラミックスの有力な候補として、BNT系圧電セラミックス(チタン酸ビスマスマトリウム)などの研究も盛んに行われている。本研究ではBNT-BT-ST系セラミックス焼結材に分極処理を施し、温度、人工欠陥寸法、外力の変化に伴う圧電特性の変化について調査した。

2. 実験装置および方法

2-1 試験片

本研究では、BNT系圧電セラミックスの中で比較的高い圧電定数が得られる⁽¹⁾、 $85(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3\text{-}12\text{BaTiO}_3\text{-}3\text{SrTiO}_3$ を用いた。原材料は酸化ビスマス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で直径10.5mm、厚さ1.7mmの円板状試験片を通常の焼結法により作製した。その後銀電極を作製し、80°Cのシリコンオイル中で3kV/mmの直流電界を20分電極を介して印加する分極処理を施した。

2-2 実験方法

分極処理前後における静電容量 C_p 、誘電損失 D および圧電定数 d_{33} をそれぞれLCRメータと d_{33} メータを用いて測定した。温度上昇に伴う圧電特性の低下挙動を調べるため、温度調整可能なホットプレートで試験片加熱後 d_{33} を測定した。次にダイヤモンドカッタにより、スリット状の人工欠陥(幅約0.4mm)を板厚方向中央に、種々長さを変えて導入し、共振および反共振周波数 f_s 、 f_p の変化をインピーダンスアナライザを用いて測定した。また、圧縮応力を負荷した後の d_{33} の変化についても調査した。

3. 実験結果および考察

全ての試験片51個について、分極後の d_{33} を測定したところ平均は77.5pC/N、最高は119pC/Nであった。

温度と d_{33} の関係を図1に示す。いずれの試験片についても d_{33} は、170°C付近で急激に低下するが、これは強誘電相から反誘電相に遷移するためである。⁽²⁾

人工欠陥深さと f_s 、 f_p の関係を図2に示す。試験片Aは、欠陥深さが0.5mm以上において f_s 、 f_p が急激に低下するが試験片B、Cにはあまり変化が見られなかった。B、Cの d_{33} は100pC/N以上の比較的大きな値で、Aは約90pC/Nであった。欠陥寸法と共振周波数変化の関係についてはさらに詳細な調査が必要である。

圧縮応力を負荷した後の d_{33} の変化を、初期値で標準化し

て図3に示す。分極方向に垂直な応力を負荷することで、分極の90°反転が生じ、圧電特性は劣化する。本実験結果では、その劣化挙動を圧縮応力の二次関数でうまく近似できることがわかった。

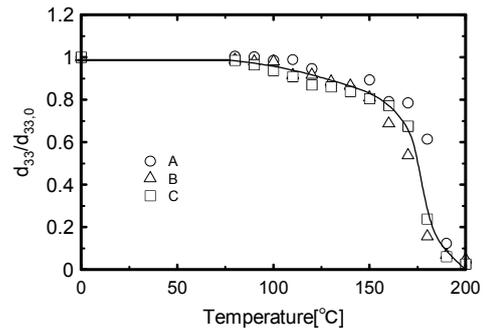


図1 温度変化による d_{33} の減少

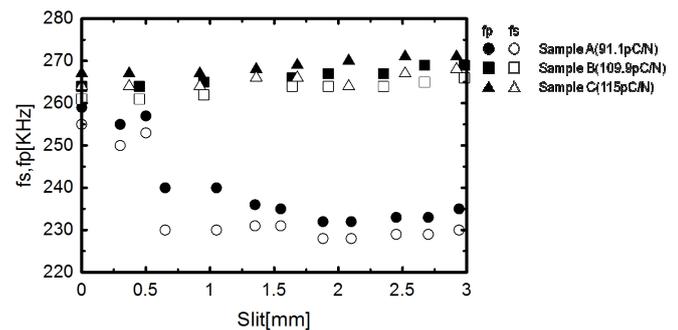


図2 人工欠陥深さと f_s 、 f_p の関係

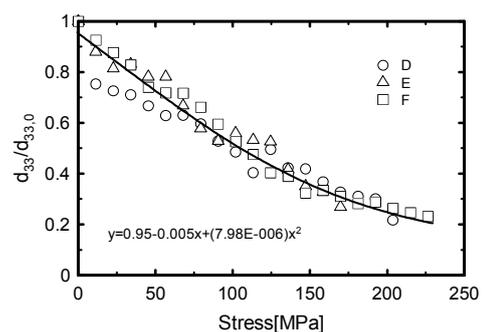


図3 圧力による d_{33} の減少

4. まとめ

BNT-BT-ST分極材について圧電特性の劣化特性に及ぼす種々の影響について調べた。実用上重要となる機械的負荷による分極の90°反転挙動を明らかにした。

(参考文献省略)