

BNT-BKT 系非鉛圧電セラミックスの圧電特性

知能材料学研究室

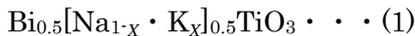
磯崎裕太

1. 緒言

圧電セラミックスは、圧電効果および逆圧電効果を示す材料でセンサーやアクチュエーターに広く用いられている。現在、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)が圧電特性に優れることから、最も一般に広く使われている。PZTに含まれる鉛は生体に悪影響を及ぼす恐れがあるので、欧州ではRoHS指令において規制の対象となっており、工業製品への鉛の使用が制限されている。現在PZTは例外とされているが将来的な規制に備え、非鉛系の開発が活発に行われている。本研究では非鉛圧電セラミックスのチタン酸ビスマナトリウム(BNT)とチタン酸ビスマスカリウム(BKT)の固溶体について圧電性に及ぼす固溶割合の影響を調査した。

2. 実験装置および方法

BNT-BKT 系の組成式は式(1)により表される。



ここで x は BNT と BKT の固溶割合を表す。比($0 \leq x \leq 1$)である。原材料には酸化ビスマス、炭酸ナトリウム、炭酸カリウム、酸化チタンを用い、固溶比 x の範囲を 0.2~0.6 の間で変えた。原材料を調合 - 混合 - 仮焼き - 造粒 - 成形 - 焼成 - 分極の手順で試験片を作製した。試験片の焼成は、組成比により異なる焼成温度で 2 時間行い、分極処理は 80~85°C のシリコンオイル中で 20 分間、3kV/mm の電界を加えた。焼成温度は事前に 1100~1160°C の間で複数の温度パターンで焼結を行い、最適な焼結体を得られる条件を探索した。

圧電定数の測定は d_{33} メーターを、静電容量 C_p と誘電損失 D の測定は RCL メーターを用いて行った。上述最適焼成温度で焼成した 5 個以上の試験片について測定し平均値と標準偏差を求めた。

IF 法を用いて破壊靱性 K_{IC} を求めた。ビッカース圧子の圧入荷重は 4.9N で 30 秒保持した。試験片の 1/2 断面上で 5 か所について測定した。この測定を各固溶比ごとに 5 個の試験片について行い、平均値と標準偏差を求めた。

2. 実験結果および考察

3-1 最適焼成温度

調査で得られた最適焼成温度を表 1 に示す。焼成温度は低すぎると十分に焼結されず、また高すぎると材料の一部が溶融する。焼結が良好となる温度は x にかかなり敏感であった。

表 1 焼結温度

組成比 x	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
焼成温度(°C)	1135	1145	1125	1120	1100

3-2 圧電定数

図 1 は実験で得られた組成比と圧電定数のグラフである。

測定した範囲で、 $x=0.2$ において d_{33} は最大となることが分かった。そして x の増加すなわち BKT の固溶割合が増すほど低下する傾向が見られた。BNT および BKT 単体物質の d_{33} は 100 pC/N であるため、両者を固溶することで、圧電特性は向上することになる。

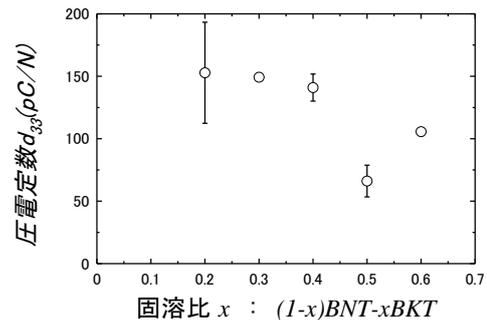


図 1 固溶比 x - 圧電定数 d_{33}

3-3 破壊靱性

図 2 に破壊靱性の測定結果を示す。一般に圧電セラミックスは分極処理を行うと、機械的性質に異方性が生じる。図 2 に示す結果では、厚さ方向、すなわち分極方向の K_{IC} が低く、これと垂直な方向のそれが高くなっている。これは分極による残留応力の影響といわれているが、図 1 に示すように低い d_{33} を示す x において、 K_{IC} の異方性が小さくなり、この異方性と圧電特性に相関があることが分かった。

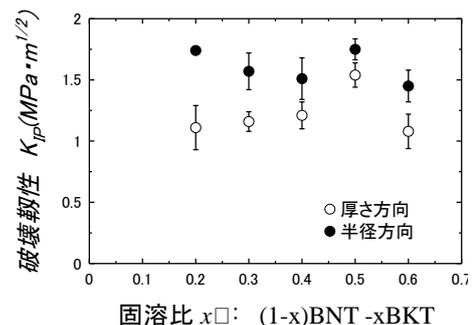


図 2 固溶比 x - 破壊靱性 K_{IC}

結論

- (1) BNT-BKT の固溶割合を変えたときの最適な焼成温度を求めることができた。
- (2) x を 0.2~0.6 まで変えたとき $x=0.2$ の組成において d_{33} が最大となることが分かった。
- (3) 分極材には K_{IC} の異方性があり、 d_{33} が大きい固溶割合では、異方性が大きくなることが分かった。

文献

- (1)マテリアルインテグレーション Vol.22No.07 非鉛系圧電セラミックスの研究開発状況とその課題 竹中正