

弾性定数による圧電セラミックスの材料設計

Materials Design for Piezoelectric Ceramics from Viewpoints of Elastic Constants

○小川 敏夫、池谷 泰輝 (静岡理工科大 電気電子)

○Toshio Ogawa, Taiki Ikegawa (Shizuoka Inst. Sci. & Tech.)

E-mail: ogawa@ee.sist.ac.jp

【緒言】

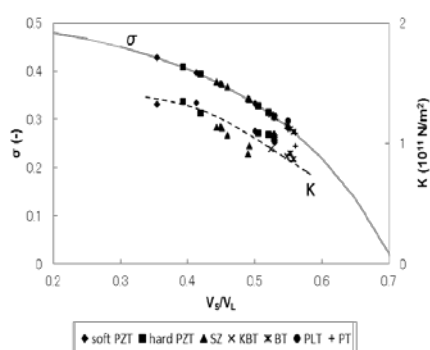
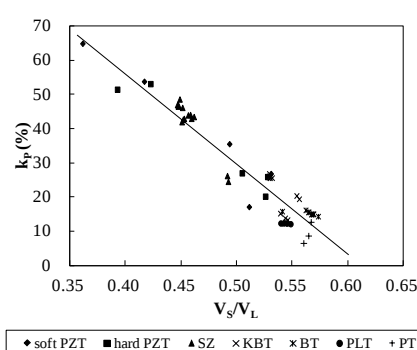
高周波超音波厚さ計により、縦波・横波音速を測定し、圧電性と材料定数（ヤング率・剛性率・ポアソン比・体積弾性率）との関係を調べ、非鉛系も含めた高圧電性セラミックスを得るための材料研究・開発指針を明らかにする。

【実験方法】

測定試料として① $(1-x)(\text{Na,K,Li,Ba})(\text{Nb}_{0.9}\text{Ta}_{0.1})\text{O}_3\text{-xSrZrO}_3$ ($x=0\text{-}0.07$)[SZ と略す]系、 $(1-x)(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3$ (NBT)- $x(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3$ (KBT) ($x=0.08\text{-}0.28$)および $0.79\text{NBT}\text{-}0.2\text{KBT}$ に $0.01\text{Bi}(\text{Fe}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ を添加した[KBT]系、 $(1-x)\text{NBT}\text{-}x\text{BaTiO}_3$ ($x=0.03\text{-}0.11$)[BT]系からなる非鉛(lead-free)系圧電セラミックス、② $0.05\text{Pb}(\text{Sn}_{0.5}\text{Sb}_{0.5})\text{O}_3\text{-(}0.95\text{-}x)\text{PbTiO}_3\text{-}x\text{PbZrO}_3$ ($x=0.33\text{-}0.75$) に $0.4\text{ wt\% MnO}_2$ を添加したハードPZT [hard PZT]系および無添加のソフトPZT[soft PZT]系、③ $0.90\text{PbTiO}_3\text{-}0.10\text{La}_{2/3}\text{TiO}_3$ および $0.975\text{PbTiO}_3\text{-}0.025\text{La}_{2/3}\text{TiO}_3$ のチタン酸鉛[PLT, PT]系圧電セラミックスを用いた。周波数 30 MHz の縦波および 20 MHz の横波の発振可能な PZT トランスデューサからなる超音波厚さ計(オリンパス 35DL)により、円板試料(直径 14 mm, 厚さ 0.5-1.5 mm)での超音波伝搬時間(2 往復目のパルスエコー間)および試料厚さを測定し、その伝搬速度を求めた。次に、縦波速度(V_L)・横波音速(V_S)よりヤング率(Y)・剛性率(G)・ポアソン比(σ)・体積弾性率(K)の組成依存を明らかにした。

【結果と考察】

円板の径方向の電気機械結合係数(k_p)において高 k_p が得られる組成は低 Y ・高 σ からなる¹⁾。これは DC 分極(ドメイン配向)時に材料自体が軟らかく(低 Y)、更に、分極後に最も軟らかい状態に落ち込むこと(極小 Y に達する)に対応している²⁾。図 1 に①lead-free 系、②hard & soft PZT 系および③ PbTiO_3 系での σ と K の V_L に対する V_S 比(V_S/V_L)依存を示す。又、図 2 より高 k_p は低 V_S/V_L で得られることから、これは剛体であるセラミックスが外部応力や電界により容易に変形すること、即ち、横方向(直径方向)の変位が容易に縦方向(円板の厚み)の変位に追従することによる(図 1 での高 σ 領域)。更に、高 K のもとでは DC 分極(厚み)方向に加えられた応力による体積変化が少なくなるので、効率よく横(直径)方向に伝達され、その結果、 σ が大きくなることに対応していた。以上から、弾性定数の観点から圧電セラミックスで高圧電性が得られる要因が明らかとなった。

Fig. 1 V_S/V_L vs. σ and K in piezoelectric ceramics.Fig. 2 V_S/V_L vs. k_p on piezoelectric ceramics.
(k_p : coupling factor on radial mode of disk)

【文献】 1) T. Ogawa, K. Ishii, T. Matsumoto and T. Nishina: Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) 09LD03.

2) T. Ogawa: in *Ferroelectrics – Applications–*, ed. M. Lallart (InTech, Rijeka, 2011) p. 3.

【謝辞】本研究の一部は文部科学省科研費基盤研究(C) (Nos.21560340, 26420282)、平成 22-26 年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(S1001032)、平成 26-27 年度袋井市産学交流研究開発事業の援助を受けて行われた。