

D01 (Ba, Ca) (Ti, Zr)O₃ セラミックスの電場アシスト焦電発電

(名工大) ○安東大介・淵上輝顕・柿本健一

E-mail: 28411009@stn.nitech.ac.jp

【緒言】

$x\text{Ba}(\text{Ti}_{0.8}\text{Zr}_{0.2})\text{O}_3-(1-x)(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3$ (BCTZ100x)は Soft-PZT に匹敵する圧電性を室温で発現することが報告されている^[1]. しかし、 T_c が低いため($\sim 100^\circ\text{C}$)各種圧電応用への期待は乏しいと考えられている. そこで本研究では、圧電材料ではなく焦電材料として BCTZ の電場アシスト焦電発電(Olsen cycle)応用を検討した. Olsen cycle は強誘電体の分極密度が温度と電場によって変化する特徴を利用したものであり、その理論効率はカルノーサイクルに迫る. また、一般に強誘電体は T_c 近傍で焦電性が最大となるため、 T_c が低い BCTZ においては漏れ電流を抑えて電場印加による発電のアシストが可能であると考えられる. 本検討では、組成比の異なる BCTZ セラミック焼結体を作製し、その焦電発電効率を評価した.

【実験方法】

固相反応法を用いて、 $x = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$ および 0.8 となる 7 種類のセラミック焼結体を作製した. BCTZ 系の相図を粉末 X 線回折および誘電率測定を行うことで推定した. また焦電発電効率は Olsen サイクル 1 サイクル毎のエネルギー密度 (N_D) として推定し、1Hz における P-E 履歴曲線の測定結果を用いて算出した(図 1)^[2]. このときサイクルの温度下限は $T_{\text{cold}} = 10^\circ\text{C}$ 、印加電圧は $\Delta V = 30 \text{ kV/cm}$ とした.

【実験結果】

本実験で推定した BCTZ 系の相図を図 2 に示す. 強誘電体相として正方晶(T相), 斜方晶(O相), 菱面体晶(R相)の三種類が存在し、 x の増加とともに T_c がおよそ 115°C から 55°C に減少した. 図 3 に測定した N_D を示す. T相の BCTZ20, 30, 40 は 90°C 付近に変曲点を持った. これは他相に比べ T相の T_c が比較的高温であり、かつ明瞭な相転移をみせることに起因すると考えられる. また BCTZ50 がサイクルの温度上限 $T_{\text{hot}} = 120^\circ\text{C}$ のときに比較的大きな $N_D(365 \text{ mJ/cm}^3)$ を示したが、これは複数の結晶相(T-R-O)が混在する多形相境界をもつため、自発分極量が大きくなったためであると考えられる.

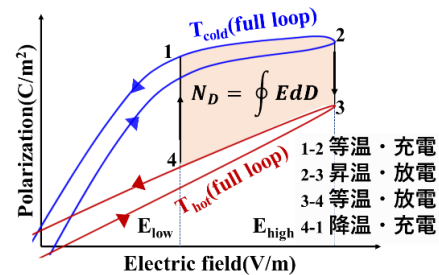


図 1 電場アシスト焦電発電 (Olsen cycle)の概念図

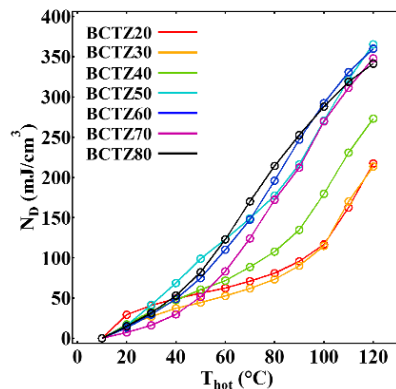
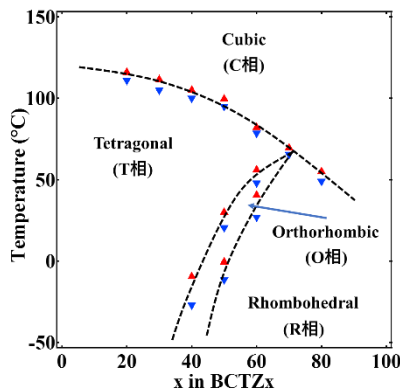


図 2 誘電率変化と粉末 X 線回折より推定した相図 図 3 各組成の 1 サイクルのエネルギー密度 (N_D)

[1] Wenfeng Liu et al., Physical Review Letters **103** (2009) 257602.

[2] D. Sharma et al., Journal of Asian Ceramic Societies **4** (2016) 102.