

Ca₃Ta(Ga, R)₃Si₂O₁₄ 単結晶育成と圧電特性評価

Crystal Growth and Piezoelectric Properties of Ca₃Ta(Ga, R)₃Si₂O₁₄ Single Crystals

(M1)五十嵐悠¹, 大橋雄二^{1,4}, 横田有為², 荒川元孝², 井上憲司⁴,
山路晃広¹, 庄子育宏^{1,3}, 鎌田圭^{2,3,4}, 黒澤俊介², 吉川彰^{1,2,3,4}
(¹東北大金研, ²東北大 NICHe, ³C&A, ⁴Piezo Studio)

(M1)Yu Igarashi¹, Yuji Ohashi^{1,4}, Yuui Yokota², Mototaka Arakawa², Kenji Inoue⁴, Akihiro Yamaji¹, Yasuhiro Shoji^{1,3}, Kei Kamada^{2,3,4}, Shunsuke Kurosawa², Akira Yoshikawa^{1,2,3,4}
(¹IMR Tohoku Univ., ²NICHe Tohoku Univ., ³C&A, ⁴Piezo Studio)

E-mail: y-igarashi@imr.tohoku.ac.jp

【諸言】 エンジン内部を直接センシングし、自動車の燃費改善や NO_x の低減が期待できる燃焼圧センサーの開発は、地球環境の保全に関する重要な課題のひとつである。燃焼圧センサーに使用する圧電素子には 400°C 以上での動作が必要となるが、1300°C 以上の融点まで高い圧電特性を有するランガサイト型圧電単結晶が注目されている。我々はランガサイト型圧電結晶の中でもオーダー型構造を有する Ca₃TaGa₃Si₂O₁₄(CTGS) の Ga サイトを他のイオン(R)に置換し、その特性について研究してきた。イオン半径の小さな Al イオンで置換した Ca₃Ta(Ga, Al)₃Si₂O₁₄(CTGAS) に関しては、Al 置換により圧電定数の向上が見られることが明らかとなった[1]。一方、圧電体として知られる AlN において、Al サイトに Sc を置換させることにより圧電定数の向上がみられたという報告を受け[2]、本研究ではランガサイト構造を有する CTGS においても同様の効果を期待し、Ga サイトへのイオン半径のより大きな Sc イオンの置換を試み、Ca₃Ta(Ga_{1-x}Sc_x)₃Si₂O₁₄(CTGSS)単結晶(x = 0.1)の圧電特性を調べた。

【実験方法】 CaCO₃, Ta₂O₅, β-Ga₂O₃, Sc₂O₃, SiO₂ 原料粉末(純度 4N 以上)を Ca₃Ta(Ga_{0.9}Sc_{0.1})₃Si₂O₁₄ の組成比で秤量、混合し、1200°C で仮焼を行った。その仮焼粉末を Pt 坩堝に入れ炉にセットし、高周波誘導加熱により熔融させた後、大気雰囲気下においてマイクロ引き下げ(μ-PD)法により試料の結晶育成を行った。種結晶には、Ca₃Ta(Ga_{0.5}Al_{0.5})₃Si₂O₁₄ を用いた。作製した結晶を粉砕し、粉末 X 線回折測定により相同定を行った。得られた試料の圧電特性は、インピーダンスアナライザを用いた共振・反共振法によって評価した。

【結果】 μ-PD 法により育成した Ca₃Ta(Ga_{0.9}Sc_{0.1})₃Si₂O₁₄ 単結晶を図 1 に、その粉末 X 線回折(XRD)パターンを図 2 に示す。実験結果から、Sc 置換量 10% では得られた CTGSS 単結晶がランガサイト型構造を有する単相であることが明らかとなった。また、この単結晶は圧電性を有していることが分かった。さらに、この XRD パターンから計算した格子定数は a = 8.112 Å, c = 5.005 Å と CTGS の文献値(a = 8.106 Å, c = 4.980 Å)[3]に比べ大きくなっており、Ga サイトに Sc イオンが置換したことを示唆している。その他の評価結果に関しては当日報告する。

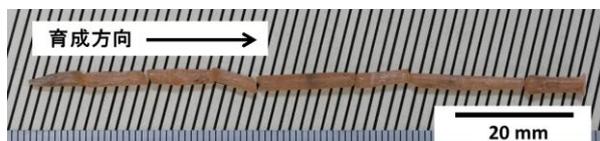


図 1 μ-PD 法により育成した Ca₃Ta(Ga_{0.9}Sc_{0.1})₃Si₂O₁₄ 単結晶

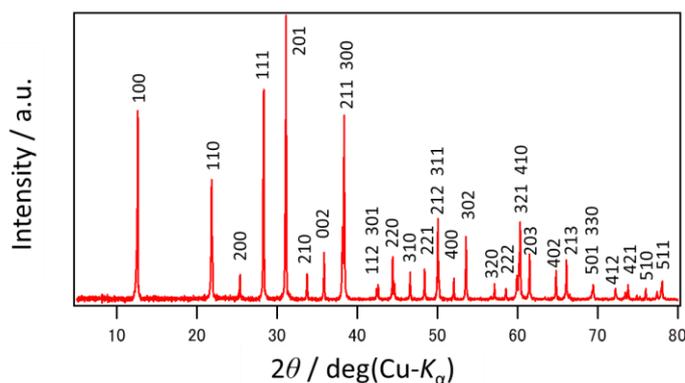


図 2 Ca₃Ta(Ga_{0.9}Sc_{0.1})₃Si₂O₁₄ 単結晶の粉末 X 線回折(XRD)パターン

[1]工藤, 横田ら 2015 年第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 14p-2K-5.

[2]M. Akiyama et al., *Advanced Materials*, **21**(2009), 593-596.

[3]A. Dudka, *Journal of Applied Crystallography*, **43**(2010), 1440-1451.