

Ca₃Ta(Ga_{1-x}Sc_x)₃Si₂O₁₄ 圧電単結晶の結晶育成 Crystal Growth of Ca₃Ta(Ga_{1-x}Sc_x)₃Si₂O₁₄ Piezoelectric Single Crystals

¹東北大金研, ²東北大NICHe, ³Piezo Studio, ⁴C&A, ⁵山形大理
○(M2)五十嵐悠¹, 横田有為², 大橋雄二^{2,3}, 井上憲司³, 山路晃広¹, 庄子育宏^{1,4}, 鎌田圭^{2,3,4},
黒澤俊介^{2,5}, 吉川彰^{1,2,3,4}

¹IMR Tohoku Univ., ²NICHe Tohoku Univ., ³Piezo Studio, ⁴C&A, ⁵Yamagata Univ.
○(M2)Yu Igarashi¹, Yuui Yokota², Yuji Ohashi^{1,4}, Kenji Inoue³, Akihiro Yamaji¹, Yasuhiro Shoji^{1,3},
Kei Kamada^{2,3,4}, Shunsuke Kurosawa², Akira Yoshikawa^{1,2,3,4}

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

【緒言】ランガサイト系単結晶は 1980 年代から圧電材料としての研究が行われてきており、2000 年頃にはオーダー型のランガサイト系単結晶が発見された。我々はオーダー型ランガサイト系単結晶である Ca₃TaGa₃Si₂O₁₄ [CTGS]に注目して研究を行ってきた結果、低消費電力で、高い周波数温度安定性を持つ小型振動子への応用の可能性を見出した。さらに、CTGS の Ga サイトをイオン半径の小さな Al で置換した Ca₃Ta(Ga_{1-x}Al_x)₃Si₂O₁₄ [CTGAS]単結晶の育成および圧電特性評価を行ったところ、Al 置換量に伴って圧電定数 d_{11} および電気機械結合係数 k_{12} が系統的に増加することを明らかにした[1]。一方、Al 置換量の増加に従って $|d_{14}|$ は系統的に減少しており、 d_{14} の影響が大きい振動モードを利用したデバイスに対して Al 置換は不利に働くことが予想される。そこで本研究では、 $|d_{14}|$ の増加を目的として CTGS の Ga サイトにイオン半径が Ga よりも大きな Sc イオンを置換した Ca₃Ta(Ga_{1-x}Sc_x)₃Si₂O₁₄ [CTGSS]単結晶の育成を試み、その圧電特性を評価した。

【実験方法】CaCO₃, Ta₂O₅, β-Ga₂O₃, Sc₂O₃, SiO₂ 原料粉末(純度 4N 以上)を Ca₃Ta(Ga_{1-x}Sc_x)₃Si₂O₁₄ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$)の組成比で秤量、混合し 1250°C で仮焼を行った。その仮焼粉末を Ir 坩堝内で高周波誘導加熱により溶融させた後、Ar-2%O₂ 雰囲気下でマイクロ引き下げ(μ -PD)法により単結晶育成を行った。種結晶には、Ca₃TaGa₃Si₂O₁₄ 単結晶を用いた。作製した CTGSS 結晶を粉砕し、粉末 X 線回折(XRD)測定により相同定・格子定数の算出を行った。また、CTGSS の $x = 0.1$ の試料において、X カット基板を切り出し、インピーダンスアナライザを用いた共振・反共振法によって圧電特性を評価した。また、チョクラルスキー(Cz)法によるバルク単結晶の育成も試みた。

【実験結果】 μ -PD 法で育成した CTGSS 結晶の粉末 XRD 測定の結果から、 $x = 0.1$ の置換量では、得られた試料はランガサイト系構造の単相を示した。一方、 $x = 0.2, 0.3, 0.4$ ではランガサイト系構造の主相に加えて、異相に起因する回折ピークが確認された。また、ランガサイト系構造の主相の格子定数は、異相の有無にかかわらず、 a 軸長と c 軸長が x の増加に従って系統的に増加しており、CTGSS 相の Ga サイトに Sc イオンが系統的に置換されていることが示唆された。さらに、CTGSS ($x = 0.1$)単結晶の圧電定数は CTGS 単結晶と比較して、 $\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$ は増加し、 k_{12} , d_{11} は減少する結果となった[2]。一方、CTGAS 単結晶では、Al 置換により k_{12} , d_{11} が増加したことから、圧電定数の変化は Ga サイトに置換する元素のイオン半径に起因していることが示唆された。Cz 法によるバルク単結晶育成とその他の特性評価結果に関しては当日報告する。

[1] Y. Ohashi, A. Yoshikawa *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 07KB06.

[2] S. Zhang *et al.*, *J. Appl. Phys.* **105** (2009) 114107.

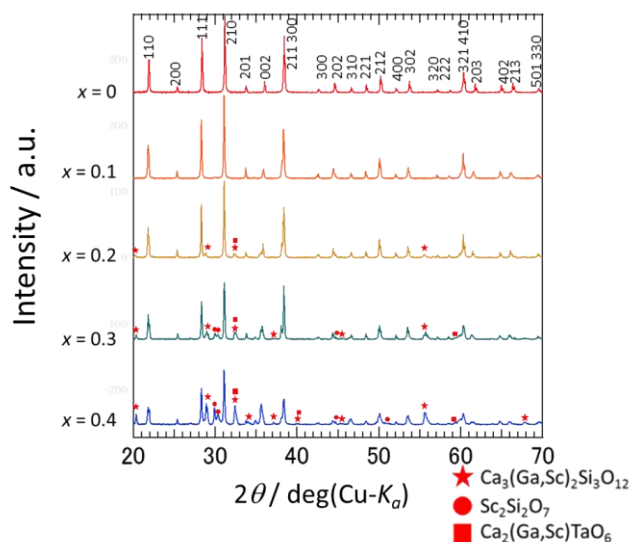


Fig. Powder XRD patterns of Ca₃Ta(Ga_{1-x}Sc_x)₃Si₂O₁₄ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$) crystals grown by μ -PD method