国際宇宙ステーション「きぼう」静電浮遊炉における酸化ガリウムの融液物性測定

Physical Properties of Molten Ga_2O_3 Measured with an Electrostatic Levitation Furnace in the International Space Station-KIBO

ＡＧＣ株式会社 [1]，宇宙航空研究開発機構 [2]　○吉田 健治 [1]，熊谷 博彦 [1]，山根 貴好 [1]，林 篤 [1]，小山千尋 [2]，織田 裕久 [2]，伊藤剛 [2]、石川 毅彦 [2]

AGC Inc.[1], JAXA [2], °Kenji Yoshida[1], Hirohiko Kumagai[1], Takayoshi Yamane[1], Atsushi Hayashi[1], Chihiro Koyama[2], Hirohisa Oda[2], Tsuyoshi Ito[2], Takehiko Ishikawa[2]

E-mail: kenji.yoshida@agc.com

【研究背景】高い絶縁破壊耐圧を有する酸化ガリウム（Ga_2O_3）は次世代パワー半導体デバイス材料として注目されている。特に、β型酸化ガリウム（β-Ga_2O_3）は融液成長法によるバルク結晶成長が可能であるため、高品質かつ安価な単結晶基板の作製が期待できる。今後、結晶の大口径化・高品質化の実現には、数値シミュレーションを活用した結晶成長条件の最適化が求められる。しかし、酸化ガリウムは高融点かつ化学的活性が高い材料であるため、従来の測定方法では数値シミュレーションに必要な融液物性値の取得は困難であり、その報告例は少ない [1]。この課題を解決するために、微小重力環境である国際宇宙ステーション「きぼう」内の静電浮遊炉を利用し、酸化ガリウムの融液物性値（融液密度、表面張力、粘性係数）の取得に成功したので報告する。

【実験方法と結果】国際宇宙ステーション内に設置された静電浮遊炉内の対向電極間に高電圧を印加し、その中心に球状酸化ガリウム試料を静電力によって浮遊させた。試料に半導体レーザ（波長 980nm）を照射し、試料の溶融を行った。浮遊中の溶融試料の画像データから試料体積を求め、溶融実験終了後に秤量した試料の質量から融液密度を得た。また、試料の表面張力と粘性係数の測定には液滴振動法を用いた。尚、本実験は 2 気圧の空気中で行い、試料温度は放射温度計を用いて測定した。図 1 に 1728℃～1901℃の温度領域での酸化ガリウム融液密度ρの温度 T 依存性を示す。図から融点（T = 1793℃）[2]以下においても広い温度範囲で融液密度が得られたことがわかる。これは、本実験が無容器溶融条件下で溶融されているため、融体の核形成が生じ難く、広い温度範囲で過冷却状態を維持できたことに起因する。融液密度の温度依存性は $\rho(T)=5807.7-0.4478T$ [kg/m^3] と近似でき、融点（T = 1793℃）における融液密度は 5004.8 kg/m^3 と推定される。また、浮遊溶融試料の液滴振動の共振周波数と振動の減衰時定数を解析した結果、1955℃における酸化ガリウム融体の表面張力は 337.0 mN/m、粘性係数は 13.6 mPa·s という値を得た。

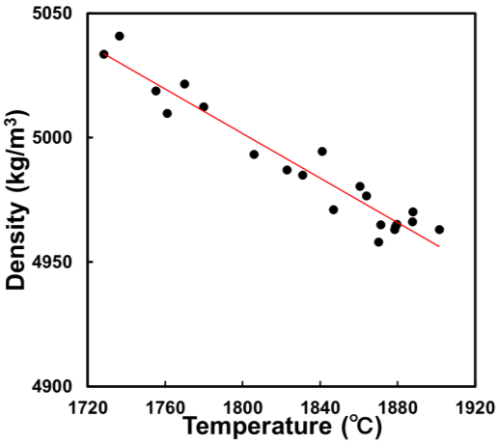

Fig. 1 Densities of molten Ga_2O_3 as a function of temperature.

【参考文献】[1] D. B. Dingwell, J. Am. Ceram. Soc., **75**, 6, 1656 (1992) . [2] K. Hoshikawa et al., J. Cryst. Growth, **447,** 36 (2016) .