

組成制御した放射率可変素子 (SRD) の電気抵抗率の評価

The Evaluation of the Electrical Resistivity in Smart Radiation Device with Controlled Chemical Composition

上智大理工¹, ISAS/JAXA², 東理大先進工³

佐藤 京介¹, 太刀川 純孝², 齋藤 智彦³, 星野 遼³, 遠藤 颯¹, 桑原 英樹¹

Department of Physics, Sophia University¹

Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency²

Department of Applied Physics, Tokyo University of Science³

K. Sato¹, S. Tachikawa², T. Saitoh³, R. Hoshino³, H. Endo¹, and H. Kuwahara³

E-mail: k-sato-2z5@eagle.sophia.ac.jp

1. はじめに 宇宙空間での宇宙機は、表面にラジエータ (放熱面) を搭載し、熱ふく射により宇宙機内部の熱を放出している。従来は温度に依らず一定の高放射率材料を用いて、高温時には排熱を促し、低温時にはヒータにより搭載機器の温度を保つ方法が採用されていた。しかし、宇宙空間での電力リソースは限られており、ヒータの省電力化が重要な課題となっている。そこで、次世代熱制御デバイスとして開発されたのが放射率可変素子 Smart Radiation Device (SRD) である。SRD は Perovskite 型 Mn 酸化物を母材としており、Mn 酸化物が示す高温絶縁体-低温金属相転移を利用し、高温時に高放射率、低温時に低放射率となる。この自律的な放射率変化により、可動部無しで省電力化が実現できるのが SRD の特長である。

Perovskite 型 Mn 酸化物は一般に AMnO_3 と表され、A サイトや Mn サイトに元素置換を行うことで、SRD の放射特性の向上を図る研究が行われている^[1,2]。今回、一般に放射率と正の相関がある電気抵抗率に着目した。現在までの研究で、電気抵抗率の温度変化率が大きいとき、放射率の温度変化率も大きくなることがわかっている。また、電気抵抗率の温度変化率は、低ホールドープ量、広バンド幅の組成の試料が大きく、SRD の特性が優れている傾向がある。

2. 実験方法 まず原料粉末 (La_2O_3 , SrCO_3 , CaCO_3 , BaCO_3 , PbO , Mn_3O_4 等) を目的の組成となるように秤量し、エタノールを加えて湿式混合を行い、空気雰囲気中で仮焼を 2 回行った (1050°C , $24\text{ h} \times 2$)。次に約 1000 kgf/cm^2 の静水圧を印加し試料を棒状に成形した後、本焼を行い (1350°C , 48 h) 焼結棒を得た。作製した焼結棒を Ar 雰囲気 (1 atm) で Floating Zone 法 (FZ 法) により結晶成長させた。FZ 法には Canon Machinery 社製の赤外線加熱単結晶製造装置 (SC-M15HD) を用いた。成長した結晶試料は Quantum Design 社製の物理特性測定装置 (PPMS) により、電気抵抗率の温度依存性を測定した。

3. 結果と考察 作製した $\text{La}_{0.81}\text{Sr}_{0.15}\text{Ca}_{0.04}\text{MnO}_3$ 結晶と、「はやぶさ」に搭載された $\text{La}_{0.775}\text{Sr}_{0.115}\text{Ca}_{0.11}\text{MnO}_3$ 結晶 (以下はやぶさ組成) の電気抵抗率と、垂直放射率の比較を Fig. 1 に示す。前者の結晶はホールドープ量が比較的少なく、Ca の割合も少ないため、広バンド幅を示す組成である。この結晶は、はやぶさ組成に比べ電気抵抗率の温度変化率が大きく、同様に垂直放射率の温度変化率も大きくなった。また 330 K 付近に高温菱面体晶から低温直方晶への構造相転移による不連続な飛びと温度ヒステリシスが観測された。直方晶の方が対称性が低く結晶格子が歪んでおり、電気抵抗率が高くなっている。当日は、Sr や Ca と比べイオン半径の大きい Ba や Pb で A サイト置換を行った試料について、電気抵抗率の測定を行った結果を報告する。

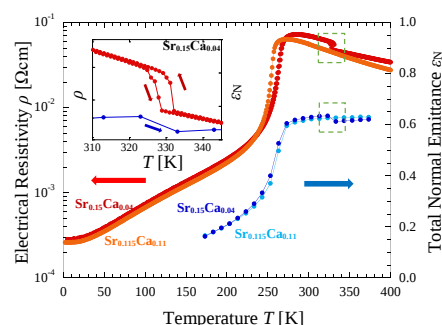


Fig. 1 Comparison between the electrical resistivity and total normal emittance of $\text{La}_{0.81}\text{Sr}_{0.15}\text{Ca}_{0.04}\text{MnO}_3$ and $\text{La}_{0.775}\text{Sr}_{0.115}\text{Ca}_{0.11}\text{MnO}_3$ crystals. Inset shows an expanded view around the structural phase transition.

[1] 田中洗輔, 太刀川純孝, 桑原英樹, 大川万里生, 齋藤智彦, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 27p-B8-14 (2013).

[2] 星野遼, 太刀川純孝, 桑原英樹, 齋藤智彦, 第 43 回日本熱物性シンポジウム, A123 (2022).