

世界最高のイオン伝導度を達成

[1] 要旨

固体酸化燃料電池の低コスト化や用途拡大のためには中温域で優れたイオン伝導度を示す固体電解質材料が求められている。今回、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)単結晶基板上に Sm^{3+} ドープ CeO_2 ($\text{Ce}_{0.75}\text{Sm}_{0.25}\text{O}_{2-\delta}$: SDC) 薄膜を作製し、SDC/YSZ が世界最高水準の酸化超イオン伝導体であることが明らかになった。

[2] 本文

水素と酸素の電気化学反応を利用して発電する固体酸化燃料電池 (SOFC) は、新たな発電システムとして期待されており、実用的な電解質材料として酸化イオン伝導体の電解質材料として、イットリア安定化ジルコニア (YSZ) や図 1 に示す萤石型構造の酸化セリウム (IV) (CeO_2) などが用いられている。これらの材料における酸化イオン伝導は、結晶中に存在する酸素空孔の位置と濃度に強く依存することが、計算科学の側面から明らかになっており、酸化イオンが結晶格子内の酸素空孔と隣接サイトの間をホッピングして移動することに起因している。200~550°C の中温域で作動する SOFC が実現できれば、起動時間や燃料ガスの観点で大きな利点があるが、現状、中温域で酸化イオン伝導を有する実用的な電解質材料は見出されていなかった。

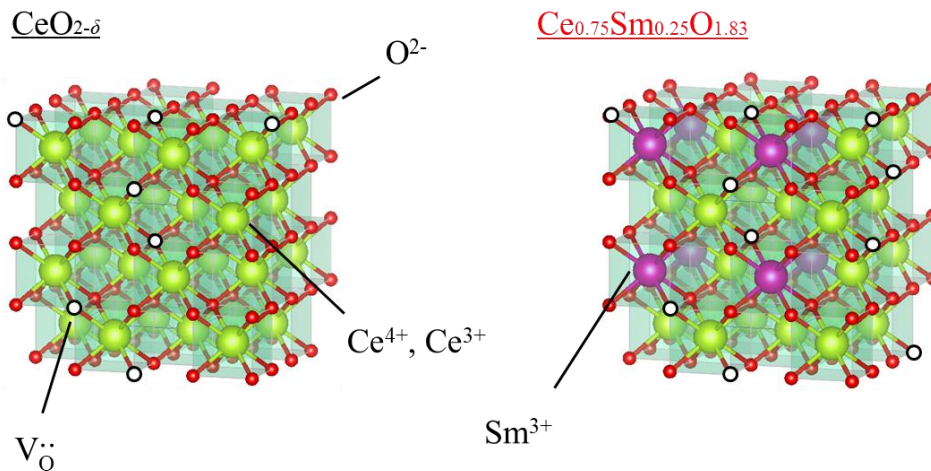


図 1. CeO_2 と $\text{Ce}_{0.75}\text{Sm}_{0.25}\text{O}_{1.83}$ (SDC)の結晶構造

最近、東京理科大学先進工学部物理工学科のメンバーを中心とする研究グループは、多量の酸素欠陥を結晶内に形成し、中温域で酸化イオン伝導を発現させることを目的として、RF マグネトロンスパッタ法を用いて YSZ 単結晶基板上に厚さ約 20 nm の a 軸配向した Sm^{3+} ドープ CeO_2 ($\text{Ce}_{0.75}\text{Sm}_{0.25}\text{O}_{2-\delta}$: SDC) 薄膜を作製した。この a 軸配向 SDC/YSZ 薄膜が、(1) b-c 面に形成された大量の酸素空孔 ($\delta=0.17$) による効率的なイオン輸送、(2) 約 2.6 eV のエネルギーギャップによる電子伝導の抑制、(3) Ce 4f 電子間の強いクーロン反発の 3 つの要因に起因し、図 2 に示すように中温域において 10^{-2} S/cm 超の世界最高のイオン伝導度を有する酸化超イオン伝導体であることを明らかにした。この成果は JPSJ の 2026 年 1 月号に掲載された。



図2 本研究で得られた SDC/YSZ と既報の材料の伝導度のアレニウスプロット

本研究成果により、200 ~ 550°Cの中温域で化学的に安定かつ安価な SDC/YSZ 薄膜は、中温域で作動する SOFC の電解質材料だけでなく、AI 素子に適用できる全固体電気二重層トランジスタへの応用も可能であり、日本のエネルギー問題や高度な情報社会を実現するための大きな足掛かりになると期待される。

原論文 (2025年12月19日公開済)

Oxide Superionic Conductivity of *a*-Axis-Oriented $\text{Ce}_{0.75}\text{Sm}_{0.25}\text{O}_{2-\delta}$ Thin Film on Yttria-Stabilized Zirconia Substrate

R. Morizane, R. Tabuchi, D. Shiga, H. Kumigashira, and T. Higuchi, *J. Phys. Soc. Jpn.* **95**, 014706 (2026).

< 情報提供 : 樋口 透 (東京理科大学 先進工学部 物理工学科) >