The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | Fabrication and Characterization of Oxide Materials with Low Thermal Conductivity |
| Author(s) | Maekawa, Takuji |
| Citation | 大阪大学, 2008, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/23430 |
| rights | |
| Note | |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【103】

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 前　川　拓　滋（まえかわ　たくじ） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　士（工　学） |
| 学　位　記　番　号 | 第　２２０７２　号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 20 年 3 月 25 日 |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第４条第１項該当<br>工学研究科環境・エネルギー工学専攻 |
| 学　位　論　文　名 | Fabrication and Characterization of Oxide Materials with Low Thermal Conductivity<br>（低熱伝導率酸化物材料の創生と特性評価） |
| 論 文 審 査 委 員 | （主査）<br>教　授　山中　伸介<br>（副査）<br>教　授　竹田　敏一　　教　授　山本　孝夫　　教　授　山口　　彰<br>准教授　宇埜　正美 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、環境負荷低減の観点から遮熱コーティング（TBC）や熱電変換（TE）材料の性能向上と信頼性向上を目的として、材料の熱伝導率の低減を目標に行なわれた研究をまとめた。バルク複合酸化物材料の基礎物性評価と酸化物膜材料の創生、膜物性に関する本論文は、以下の四章から構成されている。

第一章では、序論として、新エネルギーの開発動向と環境保全の観点から本研究で着目した TBC や TE 材料開発の必要性を述べると共に、複合酸化物の系統的な評価、マテリアルデザイン、膜物性制御の必要性を論じた。

第二章では、材料固有の性質面からの熱伝導率低減を目的として、ペロブスカイト型酸化物を中心に複合酸化物バルク材料の系統的な物性研究を行った。一連の複合酸化物の物理化学的性質を明らかにするために、アルカリ土類金属複合酸化物の熱的・機械的・電気的特性を測定・評価した。特にペロブスカイト型酸化物における研究では、結晶構造と核種による物性の変化を実験的に示した。熱伝導率低減には、歪んだ構造の方が有利であった。また、最小熱伝導率の概念を適用して、系統的に物性評価を行うことでマテリアルデザインの指針を得た。

第三章では、ナノ構造最適化による物性制御を目指して、膜材料の創生と物性研究を行った。有機金属化学蒸着（MOCVD）法を用いて、製膜条件を変えることで異なった微細構造を有する膜を作成し、微細構造を観察するとともに、その熱物性を評価することで、微細構造が熱物性に与える影響を研究した。基板を有しない自立膜の作成に成功すると共に、膜に羽毛状のナノ構造を付与することで面内熱伝導率をバルク材料の１割以下まで低減することに成功した。これは熱流方向に対して垂直なナノクラック状の粒界が存在するためである。膜物性、炭素不純物量といった膜の性状は製膜条件に強く依存するという知見を得た。

第四章は結論であり、本研究で得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、遮熱コーティング（TBC）や熱電変換（TE）材料の性能向上と信頼性向上を目指して、酸化物材料の熱伝導率の低減に関して、ミクロな視点からのバルク複合酸化物材料設計とマクロな視点での物性制御を通して、実験的に行われた研究について、まとめている。

主な成果は以下のように要約できる。

材料固有の性質面からの熱伝導率の低減を目的として、アルカリ土類金属複合酸化物を実験的に評価している。Sr、Ba 系の各ペロブスカイト型酸化物について、それぞれの分子を構成するイオンの半径比に相当する許容因子に着目して、結晶学・熱・機械・電気的特性を系統的に測定している。この評価の結果、熱伝導率は核種よりも結晶構造に強く依存すること、強度は許容因子に依存することを明らかにしている。熱伝導率低減には、対称性の低い、歪んだ構造を有する材料が有利であるという知見を得ている。また、ペロブスカイト型酸化物の系統的な評価の結果から、新規バルク複合酸化物材料の創生と基礎物性評価も行っている。最小熱伝導率の概念を適用して、マテリアルデザインの指針を提言している。

また、原子レベルより大きなマイクロスケールにおいて、有機金属化学蒸着（MOCVD）法を用いて、異なった微細構造を膜に付与することに成功し、酸化物膜材料の微細構造を観察するとともに、その熱物性を評価することで、熱伝導率の制御を行なっている。その結果、膜に羽毛状のナノ構造を付与することで面内熱伝導率をバルク材料の１割以下まで低減することに成功している。これは熱流方向に対して垂直なナノクラック状の粒界が存在するためと考えられ、膜物性、炭素不純物量といった膜の性状は製膜条件に強く依存するという知見を得ている。さらに、基板を有しない自立膜の作成に成功すると共に、その面内熱伝導率も評価している。

以上のように、本論文は酸化物材料の熱伝導率低減に関する重要な知見を与えている。特に、低熱伝導材料のマテリアルデザインに重要な判断材料を提供している点、微細構造の付与による物性制御に着目して熱伝導率の低減に成功している点、そのような材料を作成する技術を開発している点は注目に値する。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。