Thermoelectric Properties of p-type $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (M = Ca, Sr, Ba) Thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposition Method

Yutaka Yoshida Non-member (Nagoya University, yoshida@nuce.nagoya-u.ac.jp)

Tomoki Yoshikawa Non-member (Nagoya University)

Yusuke Ichino Non-member (Nagoya University)

Yoshiaki Takai Member (Nagoya University)

Keywords : thermoelectric materials, oxide thin film, $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (M=Ba, Sr, Ca) compounds

1. Introduction

Since the discovery of the oxide thermoelectric materials, which are NaCo_2O_4 and $\text{Ca}_2\text{Co}_2\text{O}_5$, developmental efforts have progressed on thermoelectric system at high temperature above 700K. Previous study have produced that the fabrication of Ca-Co-O thin film deposited by pulsed laser deposition. Furthermore, we have studied the RE_2CuO_4 (RECO) materials as the high-performance oxide thermoelectric materials in the low and middle temperature range. We have investigated on the orientation and the thermoelectric properties of n type- $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ (SCCO) thin films, which are reported to exhibit the power factor exceeding that the commercial material Bi_2Te_3 at room temperature. In this study, we prepared $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (LMCO:M=Ba, Sr, Ca) thin films as the p-type film.

2. Results and Discussion

(1) Experimental procedure The LMCO thin films (M=Ba, Sr, Ca) were deposited on the SrTiO_3 (100) substrate by the pulsed laser deposition (PLD) method. X-ray diffraction (XRD) was used to determine the crystallographic, and the orientation, both perpendicular to the surface and in plane.

(2) Results Figure 1 shows that M-element concentration dependence of the Seebeck coefficient and the resistivity at 330 K in the LMCO films deposited on the STO substrate. The Seebeck coefficient and the resistivity decreased with the increasing an amount of M-element substitution. In Fig.2, we calculated the power factor from these values and found that the highest value of 1.2 mW/mK^2 at 330 K was achieved by the $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ thin film with $x = 0.02$. This value was almost equal to the reported value in Bi_2Te_3 film at room temperature. High power factor values in low temperature demonstrate the potential of RE_2CuO_4 system for the thermoelectric device.

Fig. 1. M (Ba, Sr, Ca) concentration dependences of the Seebeck coefficient and the resistivity in $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ thin films

Fig. 2. M (Ba, Sr, Ca) concentration dependences of the Power Factor at 330K in $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ thin films

パルスレーザー蒸着法で作製した p 型 $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ ($\text{M} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) 酸化物薄膜の熱電特性

非会員 吉田 隆* 非会員 吉川 智貴*
非会員 一野 祐亮* 正員 高井 吉明*

Thermoelectric Properties of p-type $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ ($\text{M} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) Thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposition Method

Yutaka Yoshida*, Non-member, Tomoki Yoshikawa*, Non-member, Yusuke Ichino*, Non-member,
Yoshiaki Takai*, Member

$\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (LMCO; $\text{M} = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) thin films were deposited on SrTiO_3 (100) substrates by pulsed laser deposition method. From the X-ray diffraction (XRD) patterns, the SCCO ($\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$) thin films on the SrTiO_3 (STO) substrate were confirmed that c -axis was parallel to the substrate normal and in-plane alignment was cube-on-cube for the substrate. The Seebeck coefficient and the resistivity decreased with the increasing an amount of M-element substitution. We calculated the power factor from these values and found that the highest value of 1.2 mW/mK^2 at 330 K was achieved by the $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ thin film with $x = 0.02$. This value was almost equal to the reported value in Bi_2Te_3 film at room temperature. High power factor values in low temperature demonstrate the potential of RE_2CuO_4 system for the thermoelectric device.

キーワード：熱電材料，酸化物薄膜， $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ ($\text{M} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) 酸化物材料

Keywords : thermoelectric materials, oxide thin film, $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ ($\text{M} = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) compounds

1. はじめに

最近，環境問題からエネルギーの高度利用が検討されている。その中で，熱電変換は，新規な高性能な酸化物系熱電変換材料の発見などにより注目されている。熱電変換材料としては，これまで BiTe 系や PbTe 系などの重金属を用いた合金系材料を中心に研究開発が行われてきている。熱電性能を評価する指針である性能指数 ZT (Z は $S^2/\rho \cdot \kappa$ で表される) が室温付近で 1 を超え，実用化研究も着実に進められている。しかし，課題として構成元素が希少元素で毒性があり，さらに金属系材料であることから高温，空気中での耐久性に乏しいなど，使用上の制限があった。一方，酸化物系材料は大気（酸素）環境下の高温で容易に使える材料である。そのため，多くの酸化物系材料の検討がなされ，その結果，Terasaki⁽¹⁾らは NaCo_2O_4 材料が，さらに Funahashi らは⁽²⁾ $\text{Ca}_2\text{Co}_2\text{O}_5$ 材料が 1000 K 近傍で ZT 値が

1 以上と非常に高い性能指数を示すと報告した。これらの酸化物系熱電変換材料は結晶に異方性があり，そのため電気的な異方性も確認されている。我々は結構構造的，電気的に異方性がある酸化物系超伝導材料の知見をもとに，これらの酸化物系熱電変換薄膜の薄膜化を検討してきた。電気的に異方性のある熱電材料において，薄膜手法を用いることにより電気特性の優れた a - b 面を揃える配向化が行えることが確認された⁽³⁾⁽⁴⁾。

さらに，導電層と絶縁層が交互に積み重なった自然超格子構造を有する強相関電子系酸化物を母材とした $\text{RE}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (RE214 系: REMCO) 材料に着眼した。特に，薄膜化技術を用い，エピタキシャル成長させ，さらに RE^{3+} の一部を M^{4+} ($\text{M}^{4+} = \text{Ce}^{4+}$) で置換して電子ドーピングすることによりキャリア制御をした n 型 $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ (SCCO) 酸化物熱電薄膜の作製を行い，RE214 系における熱電材料としての可能性を検討した⁽⁵⁾。熱電特性としての出力因子(PF)を測定した結果，キャリア密度が $10^{20} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ 台において室温領域で 10^{-3} W/mK^2 台という熱電材料の中でも非常に高い値を示した。低温領域まで含めた測定における PF の最大値は測定温度 250 K でゼーベック係数 175

* 名古屋大学 大学院 工学研究科 エネルギー理工学専攻
〒464-8603 名古屋市千種区不老町
Department of Energy Engineering and Science, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603

$\mu\text{V}/\text{K}$, 抵抗率 $1.27 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ の時, $2.41 \times 10^{-3} \text{ W/mK}^2$ であった。この値は $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ 無配向焼結体の値⁽⁶⁾の 10 倍以上であり, 実用化材料である Bi_2Te_3 系材料に匹敵する。さらに, 無配向焼結体の SCCO の熱伝導率を測定し, 薄膜の性能指数の算出を行った結果, 少なくとも性能指数は 323 K で $Z = 0.22 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$, ZT で 0.07 を示した。

我々は, 酸化物系熱電変換薄膜を用いた薄膜モジュールやデバイスを目的として, 300 K から 800 K 付近で高い性能を示す n, p 型の熱電材料 (薄膜) の探索を行ってきた。その結果, 前述した層状 3d 遷移金属酸化物である RE_2CuO_4 系 (RE214) ペロブスカイト材料に電子ドープした $\text{RE}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ が高い n 型熱電性能を示すことが確認された。

本研究では, 積層熱電モジュールに向けた 300 K から 800 K 付近で高い性能を示す p 型酸化物系薄膜を検討した。当初の研究では前述の SCCO 構造 (T 構造) にアルカリ土類金属を用いて p 型薄膜を作製しようと試みたが, Ce 置換量 ($\sim x = 0.15$) のようなアルカリ金属元素のドープ量ではホール濃度が小さく, 10^{20} cm^{-3} 台を持つような p 型薄膜の作製ができなかった。これは本質的に T 構造は酸素欠損しないが T' 構造は酸素欠損しやすく, ホール密度を減少させてしまうことに起因すると考えている。そこで p 型薄膜の作製では T 構造を基本とする La 元素を選択し, ホールドープ元素としてアルカリ土類金属である Ca, Sr, Ba を用いて $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (LMCO) 薄膜の作製を行い, 熱電性能を検討した。

2. 実験方法

作製プロセスとして, PLD 法を用いて LMCO 薄膜を作製した。

PLD-LMCO 薄膜は, Kr-F エキシマレーザを使うパルスレーザ蒸着法で SrTiO_3 (100) 単結晶基板上に作製する。ArF レーザは 10 Hz の周波数で行う。レーザのエネルギー密度はターゲット表面で $1 \sim 1.5 \text{ J/cm}^2$ である。基板はターゲットから約 50 mm の距離に設置した。成膜時の基板温度及び酸素分圧はそれぞれ $7000 \sim 950^\circ\text{C}$, $13.3 \sim 133 \text{ Pa}$ とした。また, PLD-LMCO 薄膜の膜厚は $1 \mu\text{m}$ と一定にした。

PLD 法を用いて SrTiO_3 (STO) 基板上に作製した RE214 薄膜に対して結晶構造解析, 薄膜表面や微細組織の観察, 膜厚及び組成比分析, 電気特性, そして熱電特性を評価した。結晶構造解析は X 線回折 (XRD: X-Ray Diffraction) 法を用いて評価した。薄膜表面や微細組織の観察に原子間力顕微鏡 (AFM: Atomic Force Microscope), 走査型電子顕微鏡 (SEM: Scanning Electron Microscope) や透過型電子顕微鏡 (TEM: Transmission Electron Microscope) を用いた。薄膜の膜厚及び組成比分析は薄膜破断面の SEM 像, 段差計や SEM 装置に付随したエネルギー分散型 X 線分光法 (EDX: Energy Dispersion type X-ray spectroscopy) を用いて評価した。電気特性の評価において, 電気抵抗率は直流四端子法を用い, キャリア密度及び移動度はファン・デ

ル・パウ (Van der Pauw) 法を用いて評価した。熱電特性においてゼーベック係数, 電気抵抗率は ULVAC 製の測定装置 ZEM2, バルク材料の熱伝導率はレーザーフラッシュ法を用いて評価した。

3. 実験結果及び考察

LMCO 薄膜は, SCCO 薄膜で述べた優れた結晶配向性の作製方法を踏まえて, Ca, Sr, Ba の M 置換量 $x = 0 \sim 0.10$ までの範囲で SrTiO_3 基板上に PLD 法を用いて作製した。なお, LMCO 薄膜と STO 基板との格子不整合性は NCSL 理論を用いると室温, cube-on-cube 時で $2.73 \sim 3.17 \%$ という低い値を示し, どの条件で作製した STO 基板上の LMCO 薄膜においても, 結晶の c 軸方向が揃い, さらに結晶の a/b 軸が cube-on-cube で揃う面内配向性を示す結晶性の優れたエキタキシナル膜であることを確認した。M 元素の違いによる c 軸長の変化を検討した結果, La214 構造にイオン半径が La より小さい Ca イオンを置換する場合は c 軸長の単調減少, イオン半径が La より大きい Sr, Ba イオンを置換する場合は単調増加を確認した。

図 1 に M 置換量に対する室温におけるキャリア密度を示す。キャリア密度はホールドープ元素である M 元素を置換することにより単調増加した。M 元素に Ba, Sr 及び Ca 元素を置換した際に, 各元素の違いによるキャリア濃度の大きな変化は確認されない。以上から各 M 元素が La214 構造に固溶され, 有効にホールドープ元素として働いていることを確認した。図 2 に 330 K において M 置換量 (キャリア密度) に対するゼーベック係数, 抵抗率の変化を示す。M 元素の置換量が増大することで, 一様に抵抗率の減少が見られた。また, ゼーベック係数の絶対値も同様の傾向を示した。さらに図 3 に各 M 置換量に対するゼーベック係数, 抵抗率の温度依存性を示す。温度が変化しても先ほどの M 置換量に対するゼーベック, 抵抗率の大小関係が変わらないことがわかった。各 M 置換量における温度に対する挙動

図 1 $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ 薄膜の M (Ba, Sr, Ca) 置換量に対するキャリア濃度の変化

Fig. 1. M (Ba, Sr, Ca) concentration dependences of carrier concentration in $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ thin films.

図2 $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ 薄膜の M (Ba, Sr, Ca) 置換量に対するゼーベック係数及び電気抵抗率の変化
Fig. 2. M (Ba, Sr, Ca) concentration dependences of the Seebeck coefficient and the resistivity in $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ thin films.

図3 $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ 薄膜のゼーベック係数と電気抵抗率の温度依存性

Fig. 3. Temperature dependences of the resistivity and Seebeck coefficient in the $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ thin film.

はゼーベック係数が温度に対して半導体的挙動を示すのに対し、抵抗率は金属的挙動を示した。これは n 型熱電変換材料 SCCO 薄膜と同様、強電子相関による影響と推察している。上記の結果を踏まえ、ゼーベック係数、抵抗率から算出した 330 K におけるパワーファクターを図 4 に示す。M 置換量が増加するに伴い、PF の減少を確認した。これは n 型薄膜同様にキャリア密度によって PF の最大値が変化することを示している。一方、M 元素ごとに PF が異なることがわかった。この PF の違いは、ゼーベック係数が M 置換量（同キャリア密度）に対して変わらないことから、抵抗率の変化が寄与していると考えられる。さらに、

図4 $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ 薄膜の M (Ba, Sr, Ca) 置換量に対する出力因子

Fig. 4. M (Ba, Sr, Ca) concentration dependences of the Power Factor at 330K in $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ thin films.

図5 Bi_2Te_3 及び $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ 薄膜の出力密度
Fig. 5. Power density in Bi_2Te_3 and $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ thin films.

$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 薄膜が Sr 置換量 0.02 で $\text{PF}=1.2 \times 10^{-3}$ (W/mK^2) と非常に高い出力因子を示すことが確認される。この値は、n 型 NCCO 無配向焼結体の値⁽⁷⁾の 10 倍以上であり、さらに我々が確認している n 型 SCCO 薄膜の値 $\text{PF}=1.0 \times 10^{-3}$ (W/mK^2) に匹敵する値である。

そこで本研究で得られた出力因子を相対的に n 型酸化物系材料 SCCO 薄膜及び実用化材料 Bi_2Te_3 と比較する。図 5 に各種熱電変換材料の出力密度を示す。その際に熱電素子の内部抵抗及び負荷抵抗は一定と仮定した。今まで測定して得られたゼーベック係数、抵抗率を用い、各種熱電素子に温度差（横軸）を与えた時の、出力密度を求めた。その結果、p, n 型 1 対の RE214 系薄膜の出力密度は 300 K の温度差がついた場合、 185 mW/cm^2 であった。これは実用化材料である Bi_2Te_3 の出力密度の半分の性能であった。またこの p 型熱電薄膜は LSCO, n 型熱電薄膜は SCCO を 5 対積層した場合の RE214 系薄膜モジュールにおける出力密度は $\sim 1 \text{ W/cm}^2$ であり、これは太陽光発電の出力密度に匹敵する。このことから RE214 系モジュールを作製した場合の出力密度という点では十分に実用できるレベルである

図 6 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ バルク材料の熱伝導率及び Wiedeman-Frantz-law から求めた薄膜の熱伝導率
Fig. 6. The thermal conductivity of the $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ bulk material and the thin films calculated Wiedeman-Frantz-law.

ことを確認した。

さらに、熱伝導率を評価することにより、性能指数 ZT を求めた。しかし、酸化物系薄膜に関しては未だ熱伝導率を評価する方法が確立されていない。そこで本研究では SCCO 薄膜で報告した評価方法と同様に LMCO 焼結体（バルク材料）の熱伝導率を評価することで LMCO 薄膜の性能指数を評価した。なお、熱伝導率の評価には M 元素を Sr とした LMCO 焼結体を用いた。

図 6 に $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ バルク材料の熱伝導率及び Wiedeman-Frantz-law から求めた薄膜の熱伝導率を示す。LMCO 焼結体の熱伝導率は Sr 置換量が多い方 ($x = 0.05$) が高く、温度に対しては単調に減少した。これは La より軽元素である Sr をドーピングすることでフォノンの平均自由行程が長くなったこと、また熱エネルギーに対してフォノン散乱が増加したことが考えられる。算出した LMCO 薄膜の電子の熱伝導率は、n 型 SCCO 薄膜同様、M 置換量が増えるに従い、増加する傾向を示した。以上から Sr 置換量 $x = 0.02, 0.05$ の LMCO 薄膜、焼結体とともにフォノンの熱伝導率が支配的であることを確認した。以上の結果から求めた SCCO 薄膜の性能指数 Z ($1/\text{K}$)、無次元性能指数 ZT を図 7 に示す。一般的に、高密度化した焼結体と比べ、薄膜のほうが結晶粒の半径が小さいため空孔、粒界などの結晶欠陥が多く存在し、熱伝導率は低くなると考えられている。そこで以下に検討する性能指数はバルク材料の熱伝導率を用いて検討するため、下限の性能指数を評価することである。下限の性能指数の最大値は 330 K で $Z = 0.34 \times 10^{-3} (1/\text{K})$, $ZT = 0.115$ を示し、n 型の SCCO 薄膜の値を上回った。

本研究のような実用化領域に近い低温領域に、高い熱電特性を示す同じ結晶構造を有する p 型 n 型酸化物材料は今まで例がなく、また真の LMCO 薄膜の性能指数はこの結果よりも大きいと推察されるため、SCCO 薄膜を含めて LMCO 薄膜は低温領域の排熱利用に非常に適した材料であ

図 7 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 薄膜の Z 値及び ZT 値
Fig. 7. The values of Z and ZT of the $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ thin films.

ると期待される。

4. まとめ

PLD 法を用いて p 型酸化物熱電薄膜 $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (LMCO: $M = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) の作製を行い、LMCO 薄膜の熱電特性の評価を行った。優れた配向性を持つ STO 基板上の LMCO 薄膜のキャリア密度の変化に対する抵抗率、ゼーベック係数の変化を評価した。その結果、キャリア密度が増加するにつれて、抵抗率が減少、ゼーベック係数が増大するという半導体的傾向を示した。すなわちキャリア密度が PF に影響を及ぼすことがわかった。熱電特性としての PF の最適化を行った結果、室温領域で $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) 薄膜が Sr 置換量 0.02 で $\text{PF} = 1.2 \times 10^{-3} (\text{W/mK}^2)$ と非常に高い出力因子を示すことが確認される。この値は、n 型 SCCO 薄膜の値 [7] の 10 倍以上であり、さらに我々が確認している n 型 SCCO 薄膜の値 $\text{PF} = 1.0 \times 10^{-3} (\text{W/mK}^2)$ に匹敵する値である。さらに、無配向焼結体の LSCO の熱伝導率を測定し、薄膜の性能指数の算出を行った結果、少なくとも性能指数は $Z = 0.34 \times 10^{-3} (1/\text{K})$, $ZT = 0.115$ を示した。

熱電モジュールを設計する際に、P 型 N 型熱電材料の選択は重要である。またデバイス化などを考えると、熱膨張係数、格子定数などその材料の性質に近い材料の方が、設計上有利であることが考えられる。そのような観点から、N 型熱電特性を有する SCCO 薄膜と本研究で得られた P 型 LMCO 薄膜の室温付近における高熱電特性化は非常に興味深い結果と考えている。さらに今後は、これらの材料を用いた多層モジュール化や更なる高特性化を計りたいと考えている。

謝 辞

本研究は、文部省科学研究費補助金平成 17 年度科学研究費補助金（基盤研究(B) 課題番号 16360479）を受けて実施された。

（平成 17 年 7 月 19 日受付，平成 17 年 11 月 2 日再受付）

文 献

- (1) I. Terasaki, Y. Sasago, and K.Uchinokura : "Large thermoelectric power in NaCo_2O_4 single crystals", *Phys. Rev. B*, Vol.56, No.20, p.12685 (1997)
- (2) R. Funahashi, I. Matsubara, H. Ikuta, T. Takeuchi, U. Mizutani, and S. Sodeoka : "An Oxide Single Cristal with High Thermoelectric Performance in Air", *Jpn J. Appl. Phys.*, Part 2, Vol.39, No.11B, pp.L1127 (2000)
- (3) T. Terada, Y. Yoshida, M. Ueno, and Y. Takai : "Preparation and propertyes of $[\text{Ca}_2\text{CoO}_3]_x[\text{CoO}_2]$ thin films using pulsed lased deposition", *J. Ceramic Society Japan*, Vol.110, pp.560-563 (2002)
- (4) Y. Yoshida, T. Kawai, Y. Takai, and M. Yamaguchi : "Thermoelectric properties and the microstructure of $[\text{Ca}_2\text{CoO}_3]_x\text{CoO}_2$ thin films fabricated on the various substrates using the pulsed laser deposition", *J. Ceramic Society Japan*, Vol.110, pp.1080-1083 (2002)
- (5) Y. Yoshida, T. Yoshikawa, Y. Ichino, and Y. Takai : "Thermoelectric Properties of n-type $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ Thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposition", *IEEJ Trans. FM*, Vol.126, No.5, pp.369-373 (2006-5) (in Japanese)
吉田 隆・吉川智貴・一野祐亮・高井吉明 : 「パルスレーザ蒸着法で作成した n 型 $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ 酸化物薄膜の熱電特性」, 電学論 A, **126**, 5, pp.369-373 (2006-5)
- (6) M. Yasukawa and N. Murayama : High temperature thermoelectric properties and figure-of-merit of sintered $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$, *J. Materials Science*, Vol.32, pp.6489 (1997)

吉 田 隆

(非会員) 1965 年 2 月生。1998 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了。(株)日立製作所, 日立研究所 ((財) 国際超電導産業技術センター, 超電導工学研究所出向含む), 1999 年から名古屋大学助手を経て, 現在工学研究科助教授。主に超伝導薄膜を含む酸化物系機能性薄膜の研究に従事。工学博士。低温工学協会, 応用物理学会。

吉 川 智 貴

(非会員) 1980 年 10 月生。2003 年筑波大学第三学群工学基礎学類物性工学卒業。2005 年名古屋大学大学院工学研究科博士前期課程(エネルギー理工学専攻)修了。同年西日本旅客鉄道(株)勤務。応用物理学会会員。

一 野 祐 亮

(非会員) 1975 年 7 月生。2004 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了。現在, 同大学工学研究科助手。主として, 機能性酸化物薄膜の結晶成長および機能性向上に関する研究に従事。工学博士。応用物理学会, 低温工学協会会員。

高 井 吉 明

(正員) 1949 年 3 月生。1971 年 3 月名古屋大学工学部電気工学科卒業。同大学院修士課程を経て, 1976 年 3 月同博士課程修了。同年 4 月名古屋大学工学部電気工学科助手, 現在同大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻教授。主として, 高温超伝導材料, 薄膜プロセス, 機能性セラミック材料等の研究に従事。工学博士。応用物理学会, 電子情報通信学会, 高分子

学会会員。