

令和 3 年 6 月 20 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14004

研究課題名(和文) LaドーピングSrTiO<sub>3</sub>/導電性窒化物ナノ複合体の創製と高機能化研究課題名(英文) Creation and high functionalization of La doped SrTiO<sub>3</sub>/conductive nitrides nano composites

研究代表者

渡邊 厚介 (WATANABE, KOSUKE)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・研究員

研究者番号：40617007

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：高温で耐えうる熱電材料を開発するため、ボトムアップ型合成によるLaドーピングSrTiO<sub>3</sub>(LSTO)とTiNから構成されるバルクナノ複合体の合成およびスケールアップ検討、そしてTiN添加量に伴う組織制御と熱電特性の改善を行った。TiN添加量に伴い導電率の明確な増大が見られTiNの体積分率の制御により発電能力である出力因子はLSTO単相と比べて改善した。一方で、LSTOとTiNの結晶粒径の増大を抑制することで格子熱伝導率を低減させることに成功し、熱電性能の指標であるZTの最大値は0.14(775℃)が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

酸化物中に窒化物を導入したナノ複合体の合成を、本研究で開発した方法(つまり異種酸化物被覆、窒化処理、焼結といった従来存在する方法の組み合わせ)により、容易にした。また、このようなナノ複合材料のスケールアップを実施したことによって、産業上容易に生産可能となる。さらに、異種材料間の割合やその微細組織制御によって、導電性、熱起電力、熱伝導率を制御できる可能性を示し、複合材料の新たな可能性を示した研究である。

研究成果の概要(英文)：In order to develop thermoelectric materials that can withstand high temperatures, bulk nanocomposites composed of La-doped SrTiO<sub>3</sub> (LSTO) and TiN were synthesized and scale-up studies were carried out. The microstructure and thermoelectric properties of these sintered materials were controlled by the amount of TiN added. A clear increase in conductivity was observed with the addition of TiN, and the power factor was improved by controlling the volume fraction of TiN compared to the LSTO single phase. On the other hand, the lattice thermal conductivity was successfully reduced by suppressing the increase in the grain size of LSTO and TiN, and the maximum value of ZT, an index of thermoelectric performance, was 0.14 (775 °C).

研究分野：ナノ材料化学

キーワード：ナノ複合体 酸化物 導電性窒化物 熱電変換材料 ボトムアップ型合成

### 1. 研究開始当初の背景

熱電変換材料の性能は右の式に示すように、無次元性能指数  $ZT$  により評価され、1 以上の  $ZT$  値が実用化の水準とされている。これらのファクターはそれぞれキャリア濃度に依存するため、独立に制御することは困難である。近年、バルク体中のナノ構造化により熱伝導率  $\kappa$  のみを低減させ熱電性能を向上させる手法として知られており、Na ドープ PbTe 中へ SrTe ナノ粒子を析出させた階層構造制御によって  $ZT$  値 2 が達成された (K. Biswas *et al.*, *Nature*, **489**, 414(2012).)。一方、熱電変換材料の中でも熱的安定性の高い n 型酸化物 (ZnO 系や SrTiO<sub>3</sub> 系) においても、ナノ空孔の導入 (M. Ohtaki *et al.*, *J. Ceram. Soc. Japan.*, **119**, 813(2011).) や結晶粒径を 100 nm 以下に保持すること (Y. Wang *et al.*, *Appl. Phys. Express.*, **3**, 031101(2010).) で熱伝導率が 1/2 程度まで低減され、高温域で実用化できる熱電変換材料として注目されている。しかし、これらの酸化物は、700°C 以上高温域では焼結が進行する温度であり、高温での使用時に粒成長や相互拡散によりナノ構造が劣化・消失し、熱電性能が低下する懸念が指摘されている。そのため、高温での使用時にナノ構造を保持し熱電性能を維持できる材料選択および材料設計が必要である。そこで本研究では、焼結に 1100°C 以上の高温が必要な導電性窒化物に注目し、この窒化物のナノ構造化により高い熱電性能が得られるのではないかと考えた。しかし、TiN や ZrN は金属と類似した電気・熱輸送特性 ( $1 \times 10^4 \text{ Scm}^{-1}$  を超える導電率、 $10 \mu\text{VK}^{-1}$  以下の Seebeck 係数の絶対値、 $25 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  以上の熱伝導率) を有しており、その結果  $ZT$  値は 0.01 以下と低い (J. Adachi *et al.*, *J. Alloy. Compd.*, **399**, 242(2005).)。ナノ構造化による粒界数の増大や結晶粒径の減少に伴い熱伝導率が半減しても導電性窒化物のみでは高い  $ZT$  値は得られないと考えられ、Seebeck 係数を抜本的に向上させ、熱伝導率を低減させる必要がある。そのため、導電性窒化物と高い Seebeck 係数を持つ酸化物との複合化、さらにはその酸化物をナノサイズに分散させたナノ複合体が形成できれば、「導電率の保持、Seebeck 係数の向上、および熱伝導率の低減」が全て達成できると予想される。

熱電変換における 無次元性能指数	: $ZT$
	$T$ : 温度
	$\sigma$ : 導電率
	$S$ : Seebeck 係数
	$\kappa$ : 熱伝導率

$$ZT = \frac{\sigma S^2}{\kappa} T$$

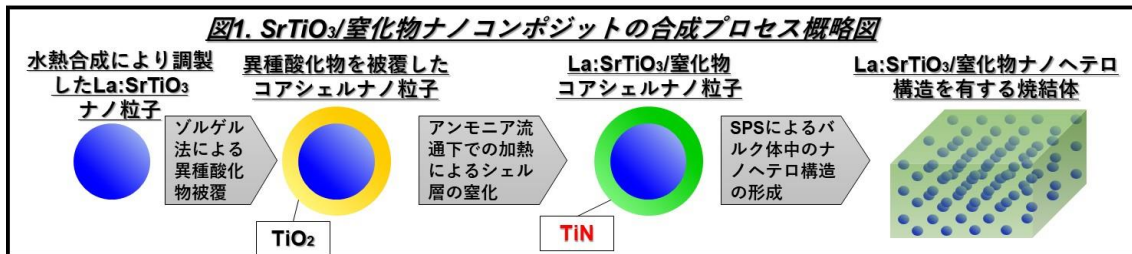
本研究では、導電性窒化物として熱による原子の拡散防止膜として利用されている TiN (例えば S. Kim *et al.*, *J. Electron. Mater.*, **38**, 2668(2009)) を、対象酸化物として TiN と 700°C の高温でも相互拡散しない SrTiO<sub>3</sub> (R.D. Vispute *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **80**, 6720 (1996)) をそれぞれ選択した。また、研究を開始する前に、粒径 50 nm 程度の無ドープ SrTiO<sub>3</sub> ナノ粒子上に TiN を被覆するプロセスを開発し、放電プラズマ焼結 (SPS) 法にてナノ複合体を得る方法を見出してきた。SrTiO<sub>3</sub> 単相焼結体と比べて結晶粒の成長抑制と 30% 程度の熱伝導率の低減に成功し (渡邊ら、日本セラミックス協会第 30 回秋季シンポジウム)、このようなナノ複合体の形成が熱電性能向上に有効であることを示してきた。しかし高い熱電特性を得るには、導入するコア粒子を絶縁体である無ドープの SrTiO<sub>3</sub> ではなく La や Nb ドープによるキャリア濃度の調節、さらにはドープした SrTiO<sub>3</sub> ナノ粒子の導入割合 (つまり体積分率の最適化) といった改良が必要である。特に La ドープ SrTiO<sub>3</sub> (LSTO) は、9 at.% のドープ量で  $150 \mu\text{VK}^{-1}$  以上のゼーベック係数を有しながら導電率は  $1 \times 10^2 \text{ Scm}^{-1}$  以上という電気輸送特性を示し、結晶粒径を 25 nm にすると熱伝導率は  $1.2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  (通常バルク焼結体と比べて 1/5 以下) まで低減できる (M.T. Buscaglia *et al.*, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **34**, 307 (2014)) ため、本研究ではドープ源として La を選択した。一方、Y:SrTiO<sub>3</sub> に 10 mol% の TiN 粉末を混合した焼結体の導電率は  $1 \times 10^2 \text{ Scm}^{-1}$  を、Seebeck 係数は  $100 \mu\text{VK}^{-1}$  をそれぞれ超えており (T. Shoji *et al.*, *Mater. Trans.*, **52**(8), 1531 (2011))、母相の導電性窒化物と添加物との割合が熱電性能を高める手段となることが示唆される。

### 2. 研究の目的

上記の背景から、高い熱電性能を持ち高温での使用が可能なナノ複合体を得るために、導電性窒化物マトリックス中に LSTO ナノ粒子を露出せずに分散させたナノ複合体を合成し、熱電性能の最適化を目的とする。そのために、本研究では (1) STO ナノ粒子上に TiN を均一被覆する方法の検討、(2) 焼結体を得るための (1) のスケールアップ検討、(3) LSTO ナノ粒子の合成と TiN 被覆検討、(4) LSTO/TiN ナノ複合体の体積分率における熱電特性の検討について実施した。

### 3. 研究の方法

本研究での合成プロセスは次の通りである。STO (あるいは LSTO) ナノ粒子にゾルゲル法にて TiO<sub>2</sub> 被覆を行った後、アンモニア流通下にて焼成することによって TiO<sub>2</sub> のみを TiN へ窒化させ STO/TiN あるいは LSTO/TiN ナノ粒子を合成し、このナノ粒子を放電プラズマ焼結 (SPS) 法にてナノ複合体を得た (図 1 参照)。



(1) STO ナノ粒子上に TiN を均一被覆する方法の検討

本研究では粒径 20~50 nm の市販 STO ナノ粒子 0.114 g をエタノールまたはジメチルホルムアミド (DMF) 150 mL に分散させ、チタンテトラブトキシド(TBOT)を混合した後、NH<sub>3</sub> 水を加えた。TBOT の加水分解により、STO 粒子の周りに 20~40 nm の膜厚で TiO<sub>2</sub> を生成させた。このとき、滴下する NH<sub>3</sub> 水の滴下量および TBOT 量を詳細に検討し、TiO<sub>2</sub> の均一被覆および膜厚の制御を行った。

(2) STO/TiN コアシェルナノ粒子のスケールアップ検討

(1) で得られた最適条件を基に、従来の 100 mL スケールから 1.5 L スケールへとスケールアップ検討を行った。この際、分散溶媒として DMF を選択し、滴下する NH<sub>3</sub> 水量および TBOT 量を詳細に検討し、(1) と同様の STO/TiO<sub>2</sub> コアシェルナノ粒子の合成を行った。その後窒化処理を行うことによって、STO/TiN ナノ粒子のスケールアップ合成とした。

(3) LSTO ナノ粒子の合成と TiN 被覆検討

K. Park らの文献(*J. Mater. Chem. A*, **2**, 4217(2013))を参考にして合成した La<sub>0.2</sub>Sr<sub>0.8</sub>TiO<sub>3</sub> (LSTO)ナノ粒子を DMF 1.5 L の中に分散後、TBOT を滴下した。ここで、TBOT の滴下量は 6.5~30 mmol とした。次に NH<sub>3</sub> 水 0.5 mL と DMF 138.75 mL の混合液を、シリンジポンプを使用して 2 mL/min で滴下した後、45°C で TBOT を 24 h 加水分解し、LSTO/ TiO<sub>2</sub> 複合ナノ粒子を得た。LSTO/ TiO<sub>2</sub> ナノ粒子を NH<sub>3</sub> 流通下にて 1000°C で 3 h 焼成し、LSTO/TiN 複合ナノ粒子を得た。

(4) LSTO/TiN ナノ複合体の体積分率における熱電特性の検討

TBOT 滴下量 0.0, 6.5, 30 mmol の条件にて、(3) で得られた LSTO/TiN ナノ粒子をそれぞれ放電プラズマ焼結 (SPS) を 1150°C で 2 h 行い、焼結体を作製し、組織観察、熱電特性について評価を行った。

4. 研究成果

(1) STO ナノ粒子上への TiN の均一被覆

酸化物ナノ粒子への TiO<sub>2</sub> の均一被覆はすでに報告されていた(W. Li *et al.*, *JACS*, **134**(29), 11864(2012))ため、同様の手法を用いて STO ナノ粒子上に TiO<sub>2</sub> 被覆を行ったが、単独の TiO<sub>2</sub> ナノ粒子が析出しコアシェル構造が得られなかった。これは本手法では分散した STO ナノ粒子溶液中に加水分解反応の触媒となる NH<sub>3</sub> 水を混合した後、TiO<sub>2</sub> 源となる TBOT を滴下する方法であったが、TBOT 添加の際にシェルへの不均一核生成が生じる前に TiO<sub>2</sub> ナノ粒子が均一に核生成したためと考えられた。そのため STO ナノ粒子と TBOT を予め混合した溶液に NH<sub>3</sub> 水を滴下することで解決を図り、最適な NH<sub>3</sub> 水滴下量を検討した。この実験で得られたナノ粒子の TEM 像を図 2 に示す。NH<sub>3</sub> 水滴下量が 0.6 mL の試料は STO ナノ粒子が厚さ 20-40 nm の TiO<sub>2</sub> で被覆されており、目的とするコアシェル

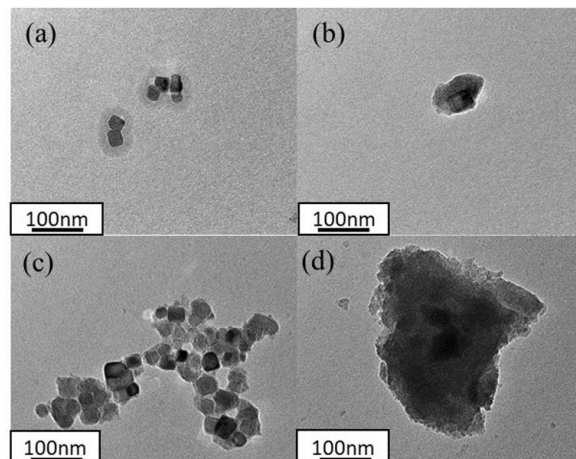


図 2. エタノール溶媒中で合成した STO/TiO<sub>2</sub> ナノ粒子の TEM 像. (a) NH<sub>3</sub> 水 0 mL, (b) NH<sub>3</sub> 水 0.6 mL, (c) NH<sub>3</sub> 水 1.5 mL, (d) NH<sub>3</sub> 水 3.0 mL.

構造に最も近かった。滴下量が 1.5 mL の試料は TiO<sub>2</sub> がほとんど確認されず単独の STO ナノ粒子が多く確認された。滴下量が 3.0 mL の試料は一つ一つの粒子が 200-500 nm と非常に粗大であり、凝集も見られたため、目的としているコアシェル構造を得ることはできなかった。これらの結果から、STO/TiO<sub>2</sub> の合成には NH<sub>3</sub> 水の滴下のタイミングと NH<sub>3</sub> 水の滴下量が大きく関係していることがわかった。そのため、この NH<sub>3</sub> 水滴下量が 0.6 mL の試料について、窒化処理を行った結果を以下に示す。まず XRD 測定結果より、STO および TiN の結晶相のみが確認され、図 3 に示す HAADF-STEM 像および EDS 組成分析結果から、STO ナノ粒子周辺に TiN の存在が明らかとなり、コアシェル構造を有していることが確認された。



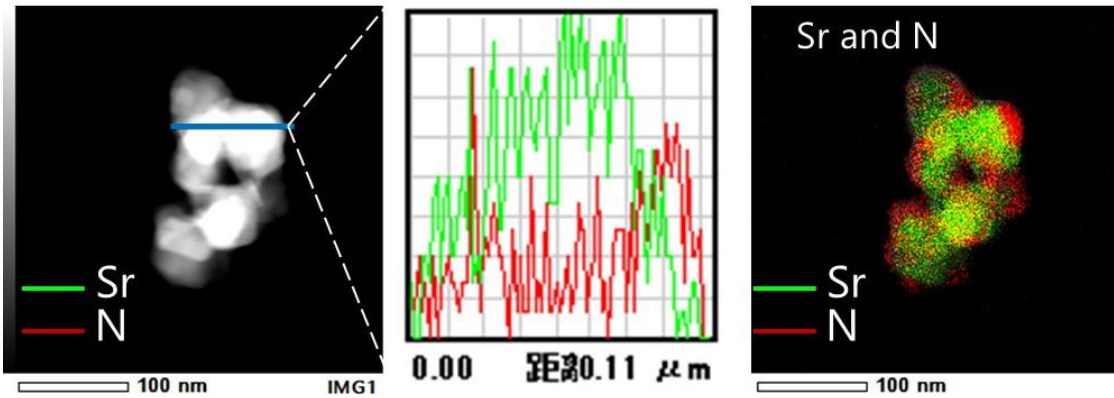


図 3.  $\text{NH}_3$  水 0.6 mL で合成した  $\text{STO}/\text{TiO}_2$  ナノ粒子の窒化処理後の (左から) HAADF-STEM 像, Sr および N のライン分析, Sr および N のマッピング像.

一方で、上記において  $\text{NH}_3$  水滴下量が 0.6 mL の  $\text{STO}/\text{TiO}_2$  ナノ粒子を除き、 $\text{STO}$  ナノ粒子同士の凝集が見られた。これは  $\text{TiO}_2$  被覆時の溶媒に起因するものと思われたため、最適な溶媒を検討した結果、ジメチルホルムアミド (DMF) を溶媒で使用時に、 $\text{STO}/\text{TiO}_2$  ナノ粒子の分散性が向上することが確認された。そのため、以降の  $\text{TiO}_2$  被覆時に使用する溶媒は DMF を使用した。

## (2) $\text{STO}/\text{TiN}$ コアシェルナノ粒子のスケールアップ検討

(1) では 1 回の被覆にて 0.2~0.3 g 程度しか得られない。熱電特性を測定するために必要な焼結体を得るには 3 g 程度は必要となる。そのため、本項では  $\text{STO}/\text{TiO}_2$  ナノ粒子合成のスケールアップ検討を行った。ここで、TBOT 滴下量を 11.25 mL と固定し、 $\text{NH}_3$  水滴下量について 0.5~22.5 mL について検討した。得られた  $\text{STO}/\text{TiO}_2$  ナノ粒子の TEM 像を図 4 に示す。

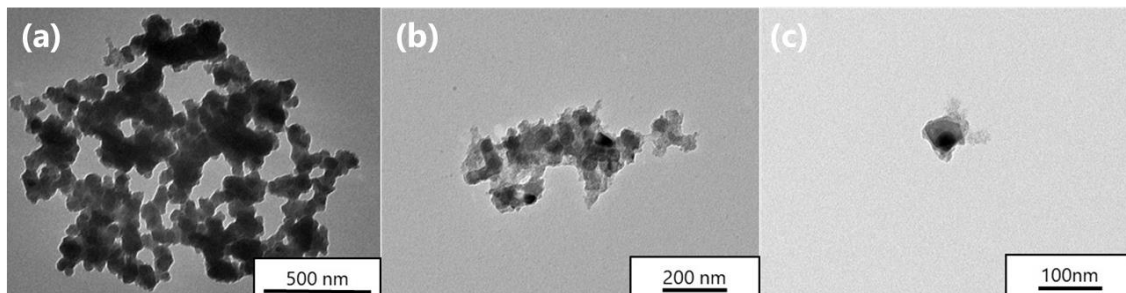


図 4. 1.5 L スケールで合成した  $\text{STO}/\text{TiO}_2$  ナノ粒子の TEM 像. (a)  $\text{NH}_3$  水 22.5 mL, (b)  $\text{NH}_3$  水 3.0 mL, (c)  $\text{NH}_3$  水 0.5 mL.

$\text{NH}_3$  の滴下量が 22.5 mL の試料は、200~500 nm の非常に粗大な凝集体が多く存在した。また、 $\text{NH}_3$  の滴下量が 3.0 mL の試料でも、粗大ではないものの凝集体が多く存在した。一方、 $\text{NH}_3$  水の滴下量が 0.5 mL の試料は、 $\text{STO}$  ナノ粒子が単独で存在し、その周りに比較的薄い  $\text{TiO}_2$  が存在し、その膜厚は 20~50 nm 程度であった。そこで、このナノ粒子を窒化処理し、 $\text{STO}/\text{TiN}$  が得られるか検証を行った。結果を図 5 に示す。

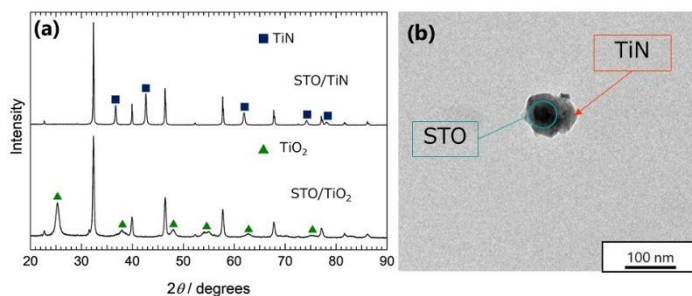


図 5. 1.5 L スケールで合成した  $\text{STO}/\text{TiN}$  ナノ粒子の (a) XRD パターン, (b) TEM 像.

XRD 結果から、窒化処理により  $\text{STO}$  の結晶構造は変化せず、 $\text{TiO}_2$  のピークはすべて消失し、代わりに  $\text{TiN}$  のピークが表れていることから、 $\text{TiO}_2$  のみが選択的に窒化されていることが確認された。また、TEM 像のコントラストの違いから、 $\text{STO}$  ナノ粒子が  $\text{TiN}$  に被覆されていることが確認され、20~40 nm の膜厚を持つ  $\text{STO}/\text{TiN}$  コアシェルナノ粒子が得られた。以上の結果を踏まえ、コアのナノ粒子を  $\text{STO}$  から  $\text{LSTO}$  へと変更し、熱電特性の向上を図った。

### (3) LSTO/TiN ナノ粒子の合成

使用するコアナノ粒子を STO から La を 20% ドープした STO (LSTO) へと変更し、LSTO/TiN ナノ粒子の合成を行った。まず TiO<sub>2</sub> 被覆に関して、NH<sub>3</sub> 水を 0.5 mL に固定し、TBOT の滴下量を 11.25 mL、5.625 mL、2.25 mL とし、3 つの LSTO/TiO<sub>2</sub> ナノ粒子を作製した。その後、窒化処理を行い LSTO/TiN ナノ粒子を得た。これらの XRD パターンを図 6 に示す。すべての試料に不純物は存在しないことが確認された。また、TiN ピークの強度から、TBOT 滴下量の減少に比例して TiN の重量が減少していることが示され、LSTO と TiN の強度比から LSTO/TiN コアシェルナノ粒子の質量に対する TiN 重量比は、20% (TBOT 2.25 mL)、41% (TBOT 5.625 mL)、60% (TBOT 11.25 mL) となり、添加する TBOT 量にて LSTO と TiN の体積分率を制御することに成功した。

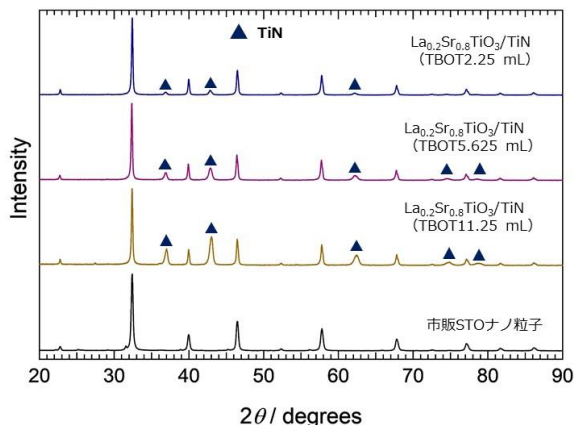


図 6. 合成した LSTO/TiN ナノ粒子の XRD パターン.

### (4) LSTO/TiN ナノ複合体の体積分率における熱電特性

(3) で合成した LSTO、LSTO/TiN(20%)、LSTO/TiN(60%) について SPS にて焼結体を作製し、組織観察と熱電特性の評価を行った。まず、図 7 に作製した LSTO および各 LSTO/TiN 焼結体の SEM 像を示す。LSTO 単相焼結体と比べ、各 LSTO/TiN 焼結体の組織は微細化されており、特に LSTO/TiN (60%) 試料では LSTO の粒子(灰色)が 100~200 nm と、300 nm 程度の LSTO 単相と比べて粒成長を抑制できていることが確認できる。一方で、LSTO/TiN(60%)では LSTO(灰色)と TiN(黒色)が大きく分相しており、その TiN が多い領域では、当初期待したように TiN が STO をシェル状に取り囲んでいたが、大部分で TiN は主に粒界に点在していた。測定した  $\kappa$  と  $\sigma$  から、Wiedemann-Franz 則 ( $\kappa_{\text{ele}} = \sigma LT$ ) を用いて  $\kappa_{\text{lat}} = \kappa - \kappa_{\text{ele}}$  を算出した(図 8 参照)。TBOT LSTO/TiN(60%)の  $\kappa_{\text{lat}}$  が LSTO/TiN (20%) 試料に比べて全温度域で低下していたことから、LSTO の結晶粒径の減少が  $\kappa_{\text{lat}}$  の低減をもたらしたと考えられる。次に、図 9 に示す各試料の出力因子 ( $S^2\sigma$ ) の温度依存性から、LSTO/TiN(20%) 試料では LSTO 単相と比べて室温で 3 桁以上、770°C でも約 1.5 桁向上した。これは  $\sigma$  を大幅に増大させつつ、 $S$  の減少を抑制できたことによる。LSTO/TiN(60%) 試料の  $S^2\sigma$  は、 $S$  の減少が大きかったため、LSTO/TiN(20%) 試料に比べ低かった。結果として LSTO/TiN(20%) 試料の  $ZT$  が最も高く、775°C で 0.14 を示した(図 9 参照)。以上より、LSTO ナノ粒子の結晶粒径を維持するために TiN を導入することの有効性が示された一方、今後結晶粒界近傍のみに TiN が析出するような組織制御が必要となる。

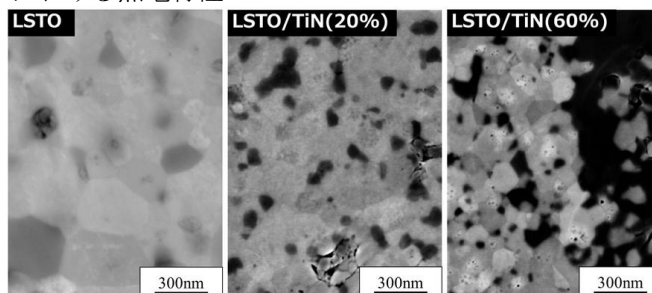


図 7. 合成した LSTO, および LSTO/TiN 焼結体の鏡面研磨後の SEM 像.

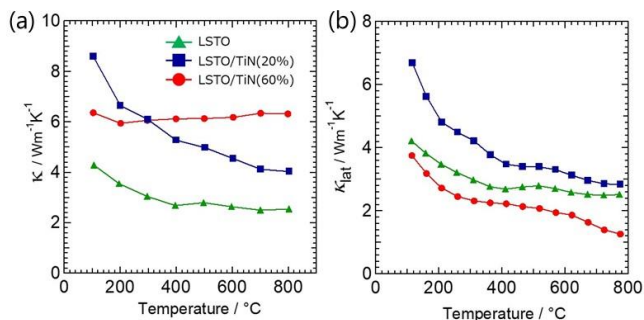


図 8. LSTO および LSTO/TiN 焼結体の(a)全熱伝導率, (b)格子熱伝導率の温度依存性.

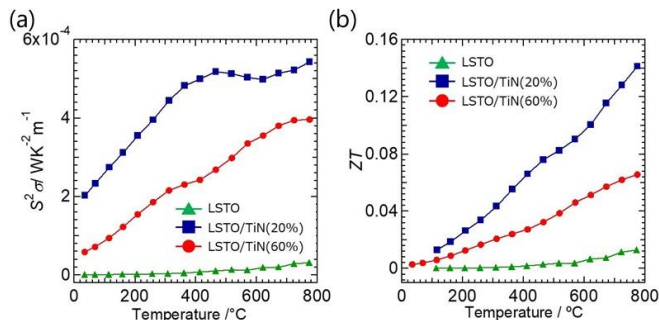


図 9. LSTO および LSTO/TiN 焼結体の(a)出力因子, (b)ZTの温度依存性.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shinji Hirata, Michitaka Ohtaki, Kosuke Watanabe	4. 巻 46
2. 論文標題 Highly improved thermoelectric performance of Nb-doped SrTiO <sub>3</sub> due to significant suppression of phonon thermal conduction by synergetic effects of pores and metallic nanoparticles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ceramics International	6. 最初と最後の頁 25964-25969
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ceramint.2020.07.085	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 菅原 徹, 渡邊 厚介	4. 巻 54
2. 論文標題 有機金属分解（MOD）法によるナノ構造無機化合物薄膜の成膜技術	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 塗装工学	6. 最初と最後の頁 404-409
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 菅原 徹, 渡邊 厚介	4. 巻 67
2. 論文標題 有機金属分解（MOD）法によるナノ構造無機化合物薄膜コーティング技術	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月間JETI	6. 最初と最後の頁 11-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 渡邊厚介	4. 巻 53
2. 論文標題 金属ナノ粒子を導入した酸化物系ナノ複合体の形成と熱・電気輸送特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 セラミックス	6. 最初と最後の頁 399-402
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jssc.2017.12.031	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Michitaka Ohtaki, Shinji Hirata, Kosuke Watanabe, Koichiro Suekuni
2. 発表標題 Enhanced Thermoelectric Performance of Porous SrTiO <sub>3</sub> with Exsolved Ni Nanoparticles
3. 学会等名 Pacific Rim Meeting on Electrochemical & Solid-State Science (PRIME2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大瀧 倫卓、平田 慎治、渡邊 厚介
2. 発表標題 Niナノ粒子を溶離析出したNbドー プSrTiO <sub>3</sub> 焼結体の熱電性能
3. 学会等名 第17回日本熱電学会学術講演会（TSJ2020）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊 厚介、加藤 直人、宮崎 秀俊、井手 直樹、玉岡 悟司、西野 洋一
2. 発表標題 窒化処理したFe <sub>2</sub> VAl系合金の熱電特性と微細構造
3. 学会等名 日本金属学会2020年（第167回）秋季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅原 徹、渡邊 厚介
2. 発表標題 有機金属分解(MOD)法を活用したナノ構造酸窒化物薄膜の成膜技術
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤 直人、渡邊 厚介、宮崎 秀俊、井手 直樹、玉岡 悟司、西野 洋一
2. 発表標題 Fe <sub>2</sub> VAl系熱電材料への窒化物界面導入プロセス条件の探索
3. 学会等名 第17回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅原 徹, アリプル レイラ, 菅沼 克昭, 渡邊 厚介
2. 発表標題 有機金属分解 (MOD) 法による酸窒化物ナノ構造薄膜の作製と評価
3. 学会等名 日本金属学会2019年春期 (第164 回) 講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Michitaka Ohtaki, Shinji Hirata, Kosuke Watanabe, Koichiro Suekuni
2. 発表標題 Enhanced Thermoelectric Performance of Porous SrTiO <sub>3</sub> with Exsolved Ni Nanoparticles
3. 学会等名 Pacific Rim Meeting on Electrochemical & Solid-State Science (PRIME2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大瀧 倫卓、平田 慎治、渡邊 厚介
2. 発表標題 Niナノ粒子を溶離析出したNbドー プSrTiO <sub>3</sub> 焼結体の熱電性能
3. 学会等名 第17回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2020)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 渡邊厚介, 加藤直人, 宮崎秀俊, 井手直樹, 玉岡悟司, 西野洋一
2. 発表標題 窒化物界面導入によるFe <sub>2</sub> VAl系熱電材料の組織制御
3. 学会等名 日本金属学会2020年春季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長崎 青波, 渡邊 厚介, 末國 晃一郎, 大瀧 倫卓
2. 発表標題 ゾルゲル法によるSTO <sub>3</sub> /TiNコアシェル構造ナノ粒子の合成と構造制御
3. 学会等名 日本セラミックス協会九州支部 秋季研究発表会・九州環境セラミックス討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長崎 青波, 渡邊 厚介, 末國 晃一郎, 大瀧 倫卓
2. 発表標題 SrTiO <sub>3</sub> 系酸化物/TiNコアシェル構造ナノ粒子の合成と構造制御
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊厚介
2. 発表標題 ボトムアップ型合成法による酸化物系ナノ複合熱電材料の開発
3. 学会等名 2019年度環境調和材料研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅原 徹, アリプル レイラ, 菅沼 克昭, 渡邊 厚介
2. 発表標題 有機金属分解(MOD)法による酸窒化物ナノ構造薄膜の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平田 慎治, 大瀧 倫卓, 渡邊 厚介, 末國 晃一郎
2. 発表標題 金属ナノ粒子と細孔を共存させた酸化物系ナノコンポジット熱電材料の合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊 厚介, 松崎 彰剛, 末國 晃一郎, 大瀧 倫卓
2. 発表標題 ボトムアップ合成による SrTiO <sub>3</sub> /TiN ナノ複合構造体の形成とその熱・電気輸送挙動
3. 学会等名 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石橋史啓, 渡邊厚介, 大瀧倫卓
2. 発表標題 極細金ナノワイヤの異方性成長における条件依存性と光学特性
3. 学会等名 第8回九州若手セラミックフォーラム(KYCF) &第48回窯業基礎九州懇話会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinji Hirata, Michitaka Ohtaki, Kosuke Watanabe, Koichiro Suekuni
2. 発表標題 Synthesis and Thermoelectric Properties of Oxide Nanocomposites
3. 学会等名 37th International Conference on Thermoelectrics (ICT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Michitaka Ohtaki, Hideaki Fujiwara, Kosuke Watanabe, Koichiro Suekuni
2. 発表標題 Extended Solubility Limit of ZnO on Binary Doping Leading to Anomalously Low Thermal Conductivity
3. 学会等名 37th International Conference on Thermoelectrics (ICT2018)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 酸窒化物の成膜方法	発明者 菅原徹, 渡邊厚介, 菅沼克昭	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-018081	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>研究者データベースシステム 渡邊厚介  <a href="http://researcher.nitech.ac.jp/html/100000787_ja.html">http://researcher.nitech.ac.jp/html/100000787_ja.html</a>          研究者情報 渡邊厚介  <a href="https://hyokadb02.jimu.kyutech.ac.jp/html/100001423_ja.html">https://hyokadb02.jimu.kyutech.ac.jp/html/100001423_ja.html</a>          researchmap 渡邊厚介  <a href="https://researchmap.jp/7000028801">https://researchmap.jp/7000028801</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	菅原 徹  (Sugahara Tohru)		
研究協力者	大瀧 倫卓  (Ohtaki Michitaka)		
研究協力者	末國 晃一郎  (Suekuni Koichiro)		
研究協力者	西野 洋一  (Nishino Yoichi)		
研究協力者	宮崎 秀俊  (Miyazaki Hidetoshi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関