

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：56401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23550234

研究課題名(和文)ペロブスカイト型スズ酸塩の固溶体合成，ナノ構造制御，及び熱電特性

研究課題名(英文) Synthesis of solid solutions, nanostructure control, and thermoelectric properties of perovskite-type stannates

研究代表者

安川 雅啓 (YASUKAWA, MASAHIRO)

高知工業高等専門学校・物質工学科・教授

研究者番号：10332082

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：ペロブスカイト型スズ酸塩及びそれらの固溶体について、錯体重合法と放電プラズマ焼結法によりLaをドーブしたセラミックスを作製し、熱電特性評価から熱電材料創製を試みた。Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃セラミックスが最高の無次元性能指数(1073Kで約0.1)を示したが、粒径微細化(平均粒径約1μm)は熱伝導率減少と性能指数向上に有意な効果を示さなかった。Sr_{1-x}La_xSnO₃のSnO₆八面体傾斜は、Ba_{1-x}La_xSnO₃に比べ低い熱伝導率をもたらしたが、同時に縮退半導体的挙動から熱活性化型挙動への変化をもたらした。

研究成果の概要(英文)：Ceramics of La-doped perovskite-type stannates and their solid solutions were prepared by the polymerized complex method and the spark plasma sintering method, and the thermoelectric properties were evaluated to explore thermoelectric oxides. The highest dimensionless figure of merit was obtained for a Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃ ceramic showing ZT=0.1 at 1073 K. The grain size reduction to about 1 micrometer in average for the ceramic showed no significant effects on the decrease in the thermal conductivity and the increase in the figure of merit. Compared to Ba_{1-x}La_xSnO₃, the tilting of SnO₆ octahedra for Sr_{1-x}La_xSnO₃ brought about the change in electrical conduction behavior from degenerate-type to thermal activation-type as well as the lowering in thermal conductivities.

研究分野：無機材料科学

科研費の分科・細目：材料化学・無機工業材料

キーワード：ペロブスカイト セラミックス 錯体重合 放電プラズマ焼結 電気伝導率 ゼーベック係数 熱伝導率 性能指数

1. 研究開始当初の背景

熱電変換技術は、廃熱を電気エネルギーに変換して有効に利用する省エネルギー技術であり、とくに燃焼機関などからの高温廃熱を直接電気エネルギーとして利用する酸化物熱電材料の開発が必要となっている。

熱電材料の性能指数 Z は、ゼーベック係数 S 、電気伝導率 σ 、熱伝導率 κ を用いて $Z = S^2 \sigma \kappa^{-1}$ と表わされ、ゼーベック係数と電気伝導率の絶対値が高く熱伝導率が低いことが望まれる。実用材料として、無次元性能指数 ZT (T : 絶対温度) が 1 以上であることが求められる。また、 $S^2 \sigma$ を出力因子といい、熱電性能の簡易的評価に用いられる。

ペロブスカイト型スズ酸塩 $A\text{SnO}_3$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) は、高温でも安定性の高い酸化物であり、 BaSnO_3 は立方晶、 SrSnO_3 と CaSnO_3 は斜方晶の構造をとる。いずれも透明絶縁体であるが、 BaSnO_3 と SrSnO_3 は La などのドーピングにより N 型半導体になる。また、 BaSnO_3 と SrSnO_3 、及び SrSnO_3 と CaSnO_3 はそれぞれ全率固溶体を形成する。

研究代表者らはこれまでに、 $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ が有望な酸化物熱電材料の候補であることを見出しているが、ペロブスカイト型スズ酸塩固溶体の $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{SnO}_3$ 及び $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{SnO}_3$ について熱電特性評価を展開し、さらに高い性能指数を示すスズ酸塩の最適組成を解明することが必要である。また、セラミックスのナノ構造制御 (粒径微細化) による熱伝導率の選択的低減と性能指数向上が期待される。

2. 研究の目的

本研究課題では、ペロブスカイト型スズ酸塩固溶体の $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{SnO}_3$ 及び $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{SnO}_3$ について、錯体重合法と放電プラズマ焼結法を用いて A サイトに Y または La をドーピングした N 型セラミックスを作製し、高温熱電特性評価を通して性能指数が最高となる最適組成を明らかにすることを第一の目的としている。次に、ペロブスカイト型スズ酸塩の結晶構造と熱電特性の相関を基礎的に解明し、高い性能指数を与える結晶構造を明らかにすることを第二の目的としている。さらに、組成を最適化した固溶体について、セラミックスのナノ構造制御 (粒径微細化) による熱伝導率の選択的低減と性能指数向上を図ることを第三の目的としている。

以上の研究目的を踏まえ、次の (1)~(4) の項目順に研究の方法と研究成果を記述する。

- (1) $A_{1-x}Y_x\text{SnO}_3$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) の合成
- (2) $A_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) セラミックスの作製と熱電特性
- (3) $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.995}\text{La}_{0.005}\text{SnO}_3$ の結晶構造と熱電特性
- (4) $\text{Ba}_{0.995}\text{La}_{0.005}\text{SnO}_3$ セラミックスの粒径微細化と熱電特性

3. 研究の方法

ペロブスカイト型スズ酸塩 $A\text{SnO}_3$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) の結晶構造を図 1 に示す。

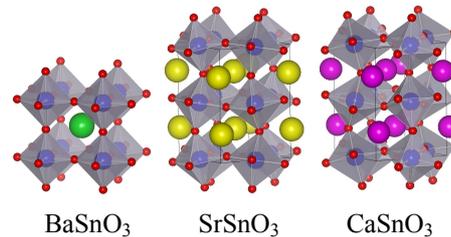


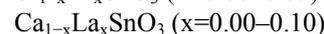
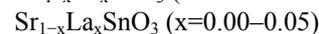
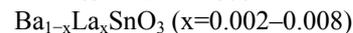
図 1 ペロブスカイト型スズ酸塩の結晶構造

(1) $A_{1-x}Y_x\text{SnO}_3$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) の合成

錯体重合法と固相反応法により Y ドープしたスズ酸塩 $A_{1-x}Y_x\text{SnO}_3$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) の合成を試みた。錯体重合法では、Ba、Sr、Ca の各硝酸塩と Sn、Y の各塩化物を化学量論比で秤量し、エチレングリコール溶液とし、クエン酸錯体重合法により前駆体を得た。前駆体を熱分解し、最終的に空气中 1400 で焼成を行った。固相反応法では、Ba、Sr、Ca の各炭酸塩と SnO_2 、 Y_2O_3 を化学量論比で秤量し、エタノール中で湿式混合した後成形し、空气中 1000 で仮焼した。粉碎後再度成形し、最終的に空气中 1400 で焼成を行った。

生成物について、電気抵抗測定による導電性評価、粉末 X 線回折 (XRD) による生成相同定を行った。

(2) $A_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) セラミックスの作製と熱電特性



錯体重合法により La ドープしたスズ酸塩を合成した。Ba、Sr、Ca の各硝酸塩と Sn、La の各塩化物を化学量論比で秤量し、(1) と同様にクエン酸錯体重合法により前駆体を得た。前駆体を熱分解し、最終的に、については空气中 1200 で、については空气中 1400 で焼成して粉末試料を得た。また、については CaCO_3 、 SnO_2 、 La_2O_3 を用いた固相反応法による合成も行った。次いで、放電プラズマ焼結法 (SPS) により緻密なセラミックスを作製した。

XRD により生成相と格子定数を評価し、重量と体積から求めたかさ密度と格子定数から求めた理論密度を用いてセラミックスの相対密度を算出した。走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察により微細構造を評価した。各セラミックスについて、空气中 373~1073K の温度範囲で電気伝導率 σ とゼーベック係数 S を測定し、出力因子 $S^2 \sigma$ を評価した。レーザーフラッシュ法により熱拡散率と比熱を測定し、室温でのかさ密度を用いて熱伝導率 κ を算出し、性能指数 Z を評価した。

(3) $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.995}\text{La}_{0.005}\text{SnO}_3$ の結晶構造と熱電特性

Ba、Sr の各硝酸塩と Sn、La の各塩化物を化学量論比で秤量し、(2)と同様にクエン酸錯体重合法により前駆体を得た。前駆体を熱分解し、最終的に空气中 1200 で焼成して粉末試料を得た。XRD パターンのリートベルト解析により結晶構造精密化を行い、得られた結晶構造データをもとに $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.995}\text{La}_{0.005}\text{SnO}_3$ セラミックスに対する電気伝導率の温度依存性について考察した。

(4) $\text{Ba}_{0.995}\text{La}_{0.005}\text{SnO}_3$ セラミックスの粒径微細化と熱電特性

Ba の硝酸塩と Sn、La の各塩化物を化学量論比で秤量し、(2)と同様にクエン酸錯体重合法により前駆体を得た。前駆体を空気流中、600、900、1200 の各温度で 3~12 時間焼成して粒径の異なる 3 種類の酸化物粉末を合成した。SPS により 2~7Pa の真空中 700~1000 の温度で 5 分間または 10 分間の処理を行った。

XRD により生成相を同定し、SEM 観察により微細構造を評価した。緻密化したセラミックスについて、空气中 373~1073K の温度範囲で電気伝導率 σ とゼーベック係数 S を測定し、レーザーフラッシュ法により熱伝導率 κ を評価して性能指数 Z を求めた。

4. 研究成果

(1) $\text{A}_{1-x}\text{Y}_x\text{SnO}_3$ (A=Ba, Sr, Ca) の合成

$\text{Ba}_{1-x}\text{Y}_x\text{SnO}_3$ ($x=0-0.2$)、 $\text{Sr}_{1-x}\text{Y}_x\text{SnO}_3$ ($x=0-0.1$)、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{SnO}_3$ ($x=0-0.1$) について Y ドープしたスズ酸塩の合成を試みた。錯体重合法及び固相反応法のいずれにおいても、Y を添加した試料の 1400 焼成後の XRD パターンには $\text{Y}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$ 等の不純物が生成し、電気抵抗が極めて高かったことから、A サイトへの Y ドーピングは確認できなかった。アルカリ土類金属のイオン半径 (12 配位) がそれぞれ Ba^{2+} (1.61Å)、 Sr^{2+} (1.44Å)、 Ca^{2+} (1.34Å) であるのに対し、 Y^{3+} のイオン半径が小さいため、 Y^{3+} は A サイトに固溶していないと考えられる。

(2) $\text{A}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ (A=Ba, Sr, Ca) セラミックスの作製と熱電特性

$\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($x=0.002-0.008$)

クエン酸錯体重合法と放電プラズマ焼結法により La を微量ドープした $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($x=0.002, 0.005, 0.008$) セラミックスを作製した。いずれのセラミックスも相対密度約 95% のペロブスカイト型単相であり、SEM 観察からは粒径数 μm 程度の緻密な微細構造からなることがわかった。電気伝導率とゼーベック係数を空气中 373~1073K の温度範囲で測定したところ、いずれも N 型縮退半導体的挙動を示した。ゼーベック係数の La 濃度依存性から、La ドーピングとともに電子キャリアが

連続的にドープされていることがわかった。出力因子は $x=0.002$ と $x=0.005$ とではほぼ同程度の値をとり、373~1073K の温度範囲で $2.2 \times 10^{-4} \sim 4.5 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ の値を示した。熱伝導率は $x=0.002 \sim 0.008$ のいずれのセラミックスに対しても室温~1073K の温度範囲で同程度の値をとり、室温で約 $9.6 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、1073K で約 $4.7 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ を示し、温度上昇とともに減少した。Wiedemann-Franz 則から評価した電子熱伝導率は全熱伝導率のごくわずかであり、また全熱伝導率が絶対温度に反比例していることから、フォノン熱伝導率が支配的であることがわかった。無次元性能指数は温度とともに増加し、 $x=0.002$ 、 $x=0.005$ に対して 1073K でそれぞれ $ZT=0.11$ 、 $ZT=0.098$ と評価された (図 2)。

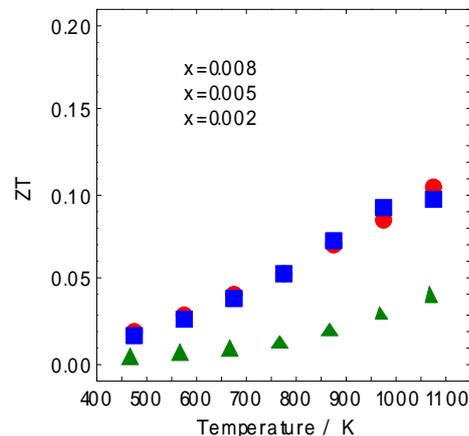


図 2 $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ セラミックスの無次元性能指数の温度依存性

$\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($x=0.00-0.05$)

クエン酸錯体重合法と放電プラズマ焼結法により La をドープした $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($x=0.00-0.05$) セラミックスを作製した。セラミックスの XRD パターン及び格子定数変化から、La の固溶限界は $x=0.03$ 程度であった。 $x=0.05$ では第二相として $\text{La}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$ がわずかに生成した。相対密度はいずれも 95% 程度であり緻密なセラミックスであった。SEM 観察から、 SrSnO_3 セラミックは粒径数 ~10 μm 程度の粒子からなる組織構造をとるのに対し、La 固溶セラミックスでは La 固溶量とともに粒子の粒径が小さくなり、 $x=0.03$ のセラミックでは粒径 1 μm 以下の粒子を多数有する微細な組織となった。これは La 固溶にともない焼結時の粒成長が抑制されることによるものと考えられる。 $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($x=0.01, 0.03, 0.05$) セラミックスはいずれも N 型伝導性を示し、固溶限界である $x=0.03$ まで Sr 固溶にとまらぬ電気伝導率の増加とキャリア濃度の増加 (ゼーベック係数の絶対値の減少) がみられた。電気伝導率は熱活性化型温度依存性を示し、 $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ の電気伝導率に比べ数桁も低い値を示した。これは、 $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ にみられる縮退半導体的温度依存性と異なる

り、Sn-O-Sn のジグザグ連結構造が伝導電子に弱い局在性をもたらしていることによるものと推測される。出力因子は温度の上昇とともに増加し、最高値は $x=0.01$ に対し 1073K で $1.2 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ であった。Sr_{1-x}La_xSnO₃ ($x=0.01, 0.03, 0.05$)セラミックスの熱伝導率は、Ba_{1-x}La_xSnO₃ セラミックスの熱伝導率に比べ大きく低下した。La 固溶量による変化を示さず、室温で約 $4.5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ を示し温度とともに徐々に減少した。Wiedemann-Franz 則を用いて電子熱伝導率を評価したところ、フォノン熱伝導率が支配的であった。無次元性能指数はいずれのセラミックスについても温度とともに増加し、最高値は $x=0.01$ に対し 1073K で $ZT=0.046$ であった (図3)。SnO₆ 八面体の傾斜構造をもたない Ba_{1-x}La_xSnO₃ に比べ、Sr_{1-x}La_xSnO₃ における SnO₆ 八面体の傾斜構造は、フォノン散乱中心として機能して熱伝導率を低減させるとともに、Sn-O-Sn のジグザグ連結構造に起因する伝導電子の弱局在化を通して電気伝導率も低下させると考えられる。

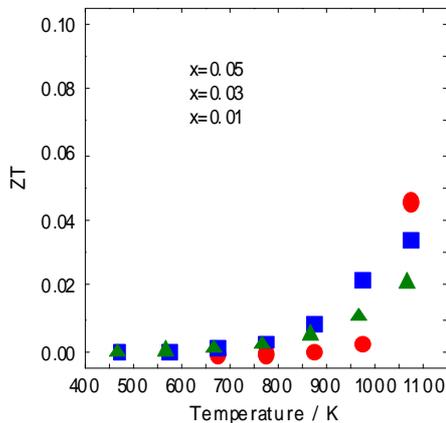


図3 Sr_{1-x}La_xSnO₃ セラミックスの無次元性能指数の温度依存性

Ca_{1-x}La_xSnO₃ ($x=0.00-0.10$)
 錯体重合法と固相反応法により Ca_{1-x}La_xSnO₃ ($x=0.00-0.10$)の合成を試み、Ca²⁺ サイトに対する La³⁺ ドーピングと電気伝導性について調べた。1400 焼成後の試料の XRD パターンから Ca サイトへの La ドーピングを示唆する回折ピークのシフトが確認されたが、電気抵抗は極めて高かった。放電プラズマ焼結法を用いて緻密化したセラミックスについても、電気抵抗は極めて高かった。高抵抗の原因として、La³⁺ の固溶量がごくわずかであることに加え、Ca_{1-x}La_xSnO₃ 系における Sn-O-Sn 結合のジグザグ連結構造が Sr_{1-x}La_xSnO₃ におけるそれよりも顕著であるため、電子の局在性をもたらしているものと考えられる。

(3) (Ba_{1-x}Sr_x)_{0.995}La_{0.005}SnO₃ の結晶構造と熱電特性

(Ba_{1-x}Sr_x)_{0.995}La_{0.005}SnO₃ ($x=0.0-0.6$)セラミッ

クスに対する高温での電気伝導率の温度依存性は、Sr 濃度の増加とともに縮退半導体的挙動から熱活性化型挙動に連続的变化し、これにより出力因子も連続的に低下した。この原因を解明するため、同一の方法で合成した (Ba_{1-x}Sr_x)_{0.995}La_{0.005}SnO₃ ($x=0.0-1.0$)の粉末試料について、室温で測定した粉末 X 線回折パターンのリートベルト解析から結晶構造精密化を行い、電気伝導性と結晶構造の相関を調べた。

得られた XRD パターンについて、 $x=0.0, 0.2$ の構造は空間群 *Pm-3m*、 $x=0.4$ は *I4/mcm*、 $x=0.6$ は *Imma*、 $x=0.8, 1.0$ は *Pnma* で解析を行い良好な結果が得られた。Sr の固溶にともないペロブスカイト基本格子で規格化した格子定数は連続的に減少していき、各 Sn-O 結合長は徐々に僅かに減少した。また、結合角 SnOSn は、 $x=0.0, 0.2$ では 180°であるが、 $x=0.4$ 以降 Sr の固溶にともない SnO(1)Sn、SnO(2)Sn のいずれの結合角も連続的に減少した (図4)。すなわち Sr の固溶にともない SnO₆ 八面体の傾斜が連続的に大きくなることがわかった。これらのことから、Sr の固溶にともない縮退半導体的挙動から熱活性化型挙動に変化するのには、Sn-O 距離は僅かに短くなるものの SnO₆ 八面体の傾斜が大きくなるため Sn5s 軌道と O2p 軌道間の重なりが小さくなり、伝導電子に局在性をもたらされることによるものと考えられる。

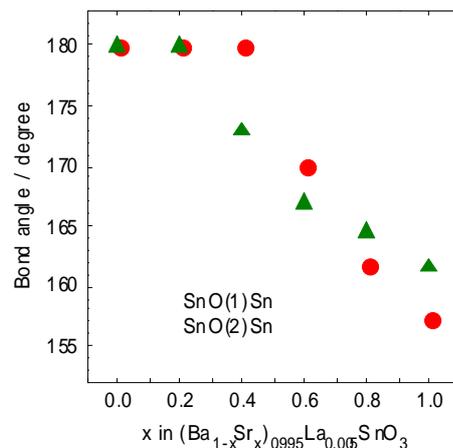


図4 (Ba_{1-x}Sr_x)_{0.995}La_{0.005}SnO₃ の結晶構造における結合角 (SnOSn) の Sr 濃度依存性

(4) Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃ セラミックスの粒径微細化と熱電特性

上記の結果から、Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃ セラミックスに対して出力因子と無次元性能指数 ZT が最適化され、 ZT は 1073K で約 0.1 を示した。そこで、Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃ 組成に対して熱伝導率低下による性能指数の向上を試みるため、錯体重合法と放電プラズマ焼結法を用いてセラミックスの粒径微細化を図り、得られた比較的良質のセラミックについて熱電特性評価から性能指数を評価した。

まず、粒径微細化セラミックス作製の前段階であるペロプスカイト型酸化物粒子の粒径制御について述べる。錯体重合法で合成した前駆体を空気気流中、600 で 12 時間、900 で 3 時間、1200 で 3 時間焼成することにより、粒径の異なる 3 種類の酸化物粉末を合成した。これら酸化物粉末の XRD パターンは、いずれの試料もペロプスカイト型単相であることを示したが、低温焼成のものほど回折ピークの強度が弱く半価幅が大きかった。半価幅から Scherrer 式を用いて結晶子サイズを求めると、600 焼成で約 50nm、900 焼成で約 160nm と評価された。SEM 観察から一次粒子の平均粒径を算出すると、ばらつきはあるものの 600 焼成で約 40nm、900 焼成で約 250nm、1200 焼成で約 1.3 μm と評価され、XRD から求めた値に比較的近づいた。

次に、600 焼成粉末及び 900 焼成粉末について、700~900 の温度範囲で 5 分間または 10 分間の SPS 処理を行うことにより、粒径微細化したセラミックスの作製を試みた。600 焼成粉末、900 焼成粉末ともに粒径が小さいため、SPS 処理における反応性が高く、1200 焼成粉末に比べ低融点化している傾向がみられた。そのため、以下に述べるように、600 焼成粉末及び 900 焼成粉末の SPS 処理では種々の条件検討を行ったものの、いずれの場合も第二相として SnO₂ が少なからず生成し、完全にペロプスカイト型単相の粒径微細化セラミックスを得ることは困難であった。

まず、700~800 の温度で 5 分間 SPS 処理した場合には、いずれの場合もペロプスカイト型酸化物に加え第二相として少量の SnO₂ が生成し、緻密化も起こらなかった。870~900 の温度で 5 分間 SPS 処理した場合には、緻密化がみられたが、試料の一部溶出と SnO₂ の生成が確認された。850 で 5 分間 SPS 処理した場合には、微細な粒子が連結した比較的緻密な構造体が得られたが、気孔が残存し SnO₂ が若干含まれた。このとき、600 焼成粉末の SPS 処理後の構造体は 900 焼成粉末のそれに比べ微細な組織であった。850 で 10 分間 SPS 処理した場合には、600 焼成粉末、900 焼成粉末ともに試料の一部溶出にともなう SnO₂ の生成がわずかに確認されたが、粒径 1 μm 程度の比較的微細な粒子からなる緻密化したセラミックスが得られ、作製した中で最も良質なものとなった。

図 5 に 900 焼成粉末を 850 で 10 分間 SPS 処理して得たセラミック(a)と 1200 焼成粉末を 1000 で 10 分間 SPS 処理して得たセラミック(b)の SEM 像を示す。セラミック(b)の平均粒径がおよそ 5 μm であるのに対し、セラミック(a)のそれはおよそ 1 μm と粒径が微細化していた。表 1 にセラミック(a)、(b)の 773K での熱電特性を比較して示す。熱伝導率は、若干低い密度を反映してセラミック(a)の方が低い値を示したが、誤差範囲内であ

まり有意な違いではなかった。したがって、(b)の平均粒径 5 μm 程度から(a)の 1 μm 程度への粒径微細化では、フォノン平均自由行程はほとんど影響を受けないものと考えられる。一方、電気伝導率は粒界あるいは不純物に起因して大きく減少し、結果として Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃ の無次元性能指数は大きく減少した。

熱伝導率低下のためには nm オーダーの粒径制御が必要であり、粒成長抑制、単相化、及び緻密化を同時に満たすためのより低温かつ高压条件下での作製手法が今後の可能性としてあげられる。

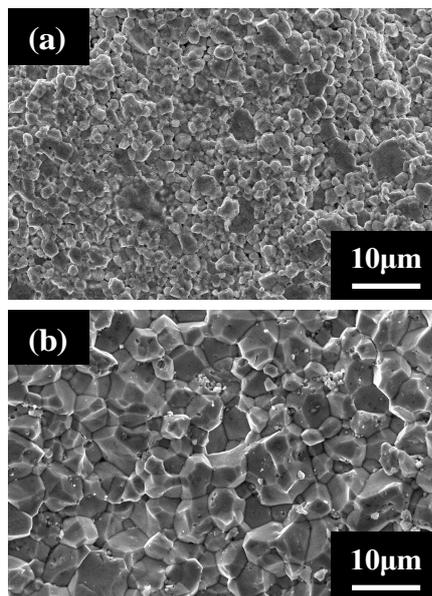


図 5 Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃ セラミックスの SEM 像

- (a) 前駆体 900 焼成+SPS850
- (b) 前駆体 1200 焼成+SPS1000

表 1 Ba_{0.995}La_{0.005}SnO₃ セラミックスの熱電特性の比較 (773K)

| セラミック試料 | (a) | (b) |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 電気伝導率 σ [$\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$] | 0.201 | 418 |
| ゼーベック係数 S [μVK^{-1}] | -117 | -93.7 |
| 熱伝導率 κ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] | 4.06 | 5.24 |
| 無次元性能指数 ZT | 5.24×10^{-5} | 5.41×10^{-2} |

- (a) 前駆体 900 焼成+SPS850
- (b) 前駆体 1200 焼成+SPS1000

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

M.Yasukawa, T.Kono, K.Ueda, H.Yanagi, S.W.Kim, H.Hosono, Thermoelectric properties and figure of merit of perovskite-type $Ba_{1-x}La_xSnO_3$ with $x=0.002-0.008$, Solid State Communications, 査読有, Vol.172, 2013, pp.49-53.
DOI : 10.1016/j.ssc.2013.08.018

〔学会発表〕(計6件)

安川雅啓、植田和茂、藤津悟、細野秀雄、ペロブスカイト型 $Sr_{1-x}La_xSnO_3$ セラミックスの熱電特性、日本セラミックス協会 2014 年年会、2014 年 3 月 17 日、慶應義塾大学日吉キャンパス

安川雅啓、清水雄平、植田和茂、La ドープ $Ba_{1-x}Sr_xSnO_3$ の結晶構造と電気伝導、日本セラミックス協会 2013 年年会、2013 年 3 月 17 日、東京工業大学大岡山キャンパス

須藤嘉祐、安川雅啓、ペロブスカイト型スズ酸塩に対する新規半導体の探索、第 18 回高専シンポジウム、2013 年 1 月 26 日、仙台高等専門学校

古谷彰平、安川雅啓、錯体重合法による La ドープ $BaSnO_3$ セラミックスの粒径制御、第 17 回高専シンポジウム、2012 年 1 月 28 日、熊本市国際交流会館

横山雄大、安川雅啓、Sb ドープ $BaSnO_3$ の焼結と熱電特性に対する Co 添加効果、第 17 回高専シンポジウム、2012 年 1 月 28 日、崇城大学市民ホール

安川雅啓、河野敏夫、植田和茂、柳博、金聖雄、細野秀雄、錯体重合法と放電プラズマ焼結によるスズ酸バリウムセラミックスの粒径制御、日本セラミックス協会第 24 回秋季シンポジウム、2011 年 9 月 8 日、北海道大学札幌キャンパス

6. 研究組織

(1)研究代表者

安川 雅啓 (YASUKAWA, Masahiro)
高知高専・物質工学科・教授
研究者番号：10332082

(2)研究分担者

植田 和茂 (UEDA, Kazushige)
九州工業大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：70302982

(3)連携研究者

金 聖雄 (KIM, SungWng)
東京工業大学・フロンティア研究機構・特任准教授

研究者番号：30504526
(平成 23 年度)

藤津 悟 (FUJITSU, Satoru)
東京工業大学・フロンティア研究機構・特任教授
研究者番号：20165400
(平成 24～25 年度)