

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：17104

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K14195

研究課題名（和文）ナノ構造制御技術を用いた複合材料化による新規磁気熱電変換性能向上手法の確立

研究課題名（英文）Development of a new method for improving magnetio-thermoelectric conversion performance by making composite materials using nanostructuring techniques

研究代表者

三浦 飛鳥（MIURA, ASUKA）

九州工業大学・環境エネルギー融合研究センター・助教

研究者番号：10911274

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：磁性熱電現象の一つであるゼーベック駆動横型熱電効果の出力向上に向けた研究を推進した。報告されているバルクSiと強磁性体であるCo<sub>2</sub>MnGa薄膜を組み合わせた系に比べ、バルクSiとバルクCo<sub>2</sub>MnGaを用いた系において、出力が1桁向上することを実証した。また、ゼーベック駆動横型熱電効果と同様の原理を利用した横熱電係数の直接計測手法の開発にも成功している。加えて熱電半導体の開発として、CoSb<sub>3</sub>塗布膜の成膜および熱電性能評価、高圧歪加工によるBi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>における熱電変換性能の向上、新奇ハロゲン化ペロブスカイト熱電変換材料の開発などを行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

熱エネルギーの有効利用と再利用は、持続的社会的の実現に向けた大きな課題である。この課題の解決に向けた候補技術として、温度差から電力を取り出す熱電変換が注目されている。また、熱電変換技術は自己発電可能・小型軽量・高信頼性などの特長を有しているため、近年ではIoT機器用自立電源として期待され盛んに研究が進められている。本研究で得られた材料系や性能向上手法によってカーボンニュートラルに向けた革新的なエネルギー技術の開発に大きく貢献できると期待している。

研究成果の概要（英文）：In this work, the Seebeck-driven transverse thermoelectric generation, one of the magneto-thermoelectric phenomena has been investigated in all-bulk hybrid materials. The bulk Si/bulk Co<sub>2</sub>MnGa demonstrated an order of magnitude improvement in output power compared to the reported value for bulk Si/Co<sub>2</sub>MnGa thin film. Using the configuration in the Seebeck-driven transverse thermoelectric generation, we developed a new method for direct measurement of anomalous Nernst conductivity in a magnetic material.

In this study, CoSb<sub>3</sub> printed films, Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> strained under high pressure, and a new metal halide perovskite are also developed as thermoelectric materials in the Seebeck-driven transverse thermoelectric generation.

研究分野：熱工学

キーワード：熱電変換材料 ハロゲン化ペロブスカイト 磁気熱電効果

## 1. 研究開始当初の背景

熱エネルギーの有効利用と再利用は、持続的社会的な実現に向けた大きな課題である。この課題の解決に向けた候補技術として、温度差から電力を取り出す熱電変換が注目されている。代表的な原理はゼーベック効果と呼ばれ、熱励起された電子が温度差により駆動され起電力が生じる現象である。熱電変換技術は、自己発電可能・小型軽量・高信頼性などの特長を有しているため、近年では IoT 機器用自立電源として期待され盛んに研究が進められている。また、磁性体における熱電効果にゼーベック駆動横型熱電効果[1]がある。ゼーベック駆動横型熱電効果とは、強磁性導電体と熱電半導体を組み合わせて閉回路を構築した系において温度勾配と直交する方向に強磁性体単体に比べ大きな熱起電力が発生する現象である。ゼーベック駆動横型熱電効果は  $\text{Co}_2\text{MnGa}$  薄膜/バルク Si[1]やバルク  $\text{Co}_2\text{MnGa}$ /バルク Si[2]において観測に成功している。また、ゼーベック駆動横型熱電効果と同様の原理を利用して、従来方法では評価に多くの測定プロセスを要していた横熱電係数の直接計測手法の開発[3]にも成功している。一方で、ゼーベック駆動横型熱電効果は任意の強磁性体導電体・熱電半導体に適用可能であり材料の組み合わせを変えることで熱電変換性能を向上可能であると示されている[4]。そのためゼーベック駆動横型熱電効果のさらなる出力向上には熱電半導体の開発も非常に重要である。

熱電変換の変換効率は無次元性能指数  $ZT = S^2 \sigma T / \kappa$  により評価できる ( $S$ : ゼーベック係数、 $\sigma$ : 電気伝導率、 $\kappa$ : 熱伝導率、 $T$ : 絶対温度)。よって、高い  $ZT$  を得るためには、高い電気特性 ( $S$ ,  $\sigma$ ) および低い熱伝導特性 ( $\kappa$ ) を有する材料を用いる必要がある。本研究では、 $\text{CoSb}_3$  塗布膜の成膜および熱電性能評価[5]、高圧歪加工による  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  における熱電変換性能の向上[6]、新奇ハロゲン化ペロブスカイト熱電変換材料の開発[7, 8]などを行った。特にハロゲン化ペロブスカイトは、簡易な塗布プロセスにより薄膜合成が可能な材料であり環境負荷の低い元素のみで構成することもできるという特長から次世代太陽電池として期待されている材料で、実用化に向け産学が連携し研究開発が進んでいる。中でも p 型ハロゲン化ペロブスカイトである  $\text{CsSnI}_3$  は特異な低熱伝導率と高い電気特性から将来有望な熱電材料である[9]。一方で、n 型ハロゲン化ペロブスカイト熱電変換材料の報告は非常に限定的で、これまでに報告されているものは p 型材料を基礎材料として非化学量論組成での材料合成により生成した格子欠陥やドーピング・元素置換などを利用することにより n 型材料の合成を達成していた[10-12]。しかしながら、その電気特性は p 型材料の  $1/10^5$  以下の非常に低い性能となっており実用化に向け大きな課題となっている。本研究では近年 n 型ハロゲン化ペロブスカイト熱電変換材料の中でも高い熱電変換性能が報告されている  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  を基礎材料とした。Bhui らは、固相反応により高品質なバルク  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  を合成し、従来材料に比べて高い熱電変換性能を報告するとともに特異な低熱伝導率についてフォノン輸送の微視的観点から議論している[13]。バルク材料より大量生産に優れた薄膜材料に関しても  $\text{CsSnI}_3$  の酸化により作製した  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  薄膜の熱電性能が報告されている[14]が、その熱電性能はバルク材料に比べ低く、実用化に向けては高い熱電変換性能・費用対効果および再現性の高い合成手法の開発が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、高い熱電性能を有する n 型ハロゲン化ペロブスカイト薄膜の開発を目的とする。基礎材料を  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  とし、簡易で大量生産が可能な塗布プロセスによる薄膜合成を行う。スピンコート法のみを用いた合成プロセスは簡便で面積化が容易であるという特長を有するが、太陽電池分野においてもスピンコート法によって直接合成した  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  薄膜は報告されていない。

## 3. 研究の方法

スピンコート法[9]を用いて  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  薄膜の合成を行った。濃度 0.3 M、0.4 M、0.5 M の  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  前駆体溶液をそれぞれスピンコート法により基板上に均一に塗布し、10 秒後にトルエン、さらに 40 秒後に濃度 0.2 M の  $\text{SnI}_4$  処理液を塗布した。その後、試料をホットプレート上で 130 °C、5 分の条件で焼成を行った。試料作製は全て  $\text{O}_2$  および  $\text{H}_2\text{O}$  濃度 0.1 ppm 以下のグローブボックスの中で行った。作製した  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  薄膜に対して、電気伝導率は四探針法、ゼーベック係数は定常法、熱伝導率は  $3\omega$  法を用いてそれぞれ測定した。また、SEM を用いて薄膜表面構造、XRD を用いて結晶構造・組成を同定した。

## 4. 研究成果

前駆体溶液濃度を 0.3 M、0.4 M、0.5 M と変化させた場合の試料の表面 SEM 像および XRD パターンを図 1 に示す。前駆体溶液濃度が増加するにつれ粒径が大きくなり、結晶成長が進んでいることが分かる。加えて、前駆体溶液濃度の増加とともに空隙率および空隙径が大きくなっていった。また、XRD パターンより、全ての試料において表面付近 ( $\omega = 1^\circ$ ) では  $25^\circ$ 、 $32^\circ$  付近に  $\text{Cs}_2\text{SnI}_6$  のピークのみが確認できた。一方で基板付近 ( $\omega = 3^\circ$ 、 $5^\circ$ ) では前駆体溶液濃度の増加とともに  $28^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $50^\circ$  付近の  $\text{CsI}$  のピークが大きくなった。これは基板付近に  $\text{CsI}$  が残存していることを示しており、 $\text{SnI}_4$  単体の昇華点が低いこと、 $\text{SnI}_4$  の浸透が不十分であることが原因と考えられる。

ゼーベック係数および電気伝導率の温度依存性を図 2 に示す。全ての試料でゼーベック係数は負の値となり、**n** 型半導体の性質を示した。測定した温度域においてゼーベック係数の温度依存性はほぼなく、先行研究[13, 14]と傾向が一致した。ゼーベック係数の大きさは先行研究で報告されたバルク材料[13]に比べ小さく、蒸着により直接成膜した **CsSnI<sub>3</sub>** を酸化することにより作製した **Cs<sub>2</sub>SnI<sub>6</sub>** 薄膜[14]と比べ大きい値となった。また膜厚の増加とともにゼーベック係数の絶対値は低下した。これは、膜厚の増加とともに、不純物である **CsI** や空隙率の増加により **Cs<sub>2</sub>SnI<sub>6</sub>** 結晶の表面での欠陥が増えキャリア濃度が増加[14]したことに起因していると考えられる。電気伝導率は膜厚の増加とともに増加する傾向が確認され、ゼーベック係数と電気伝導率の間に負の相関が見られた。本研究で作製した薄膜試料のパワーファクターは先行研究で報告されたバルク材料に比べ **1.5 倍** の高い性能を示した。熱伝導率を **0.2 W/(m·K)** と仮定すると前駆体溶液濃度 **0.4 M** の薄膜において最も高い **ZT = 0.005** が得られた。以上からスピコート法を用いて従来に比べて高性能な **n** 型ハロゲン化ペロブスカイト熱電材料 **Cs<sub>2</sub>SnI<sub>6</sub>** の合成に成功した。

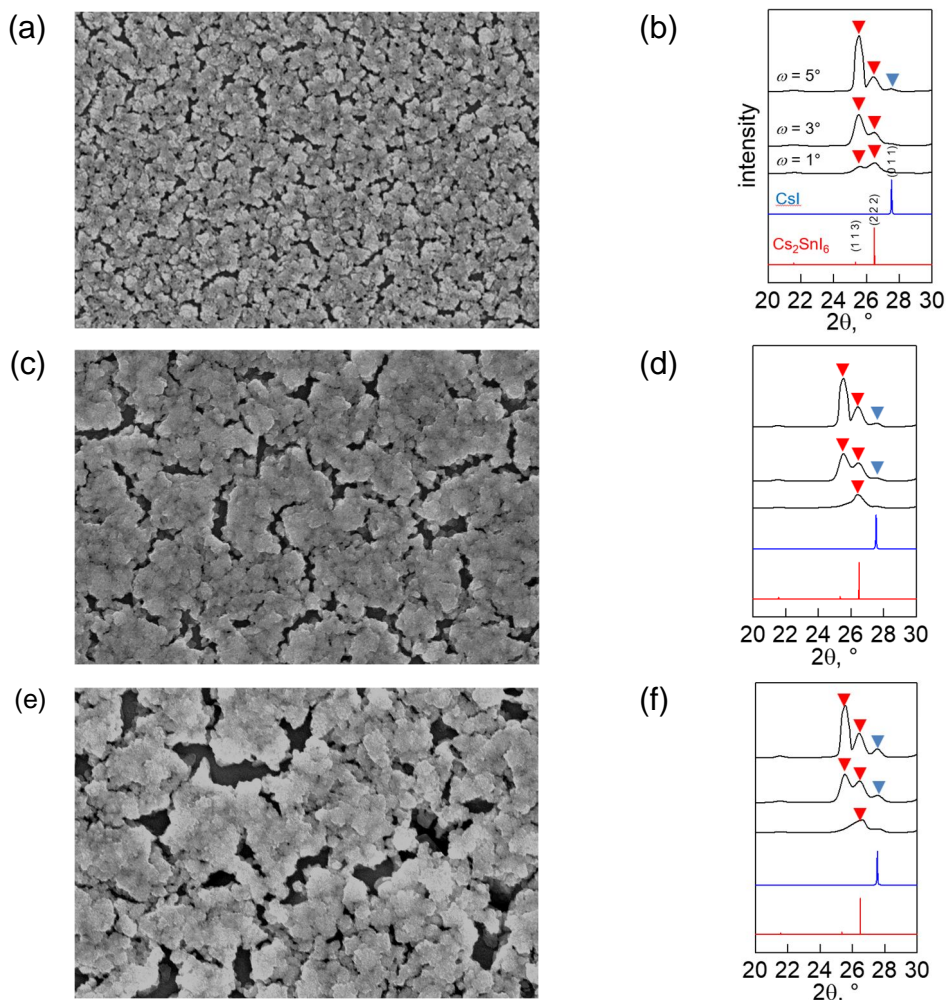


図1 前駆体溶液濃度を変化させた場合の薄膜試料の表面SEM像およびXRDパターン。前駆体溶液濃度(a), (b)0.3 M、(c), (d)0.4 M、(e), (f)0.5 M。

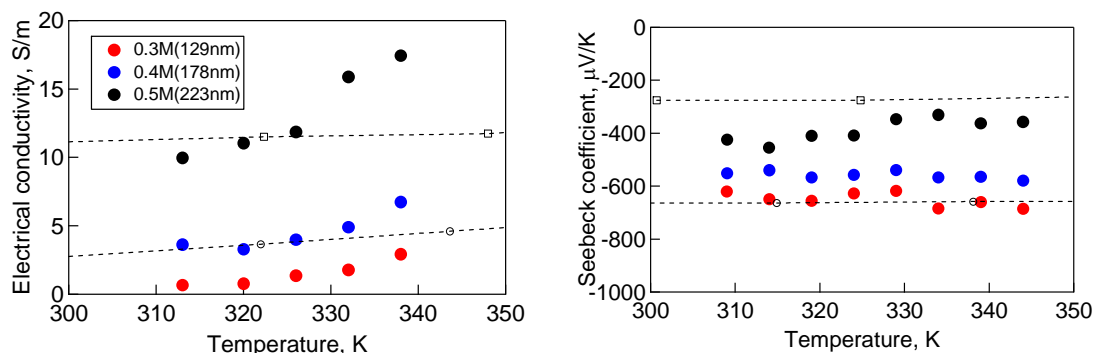


図2 スピコート法により作製した薄膜試料の電気伝導率およびゼーベック係数の温度依存性。中空丸および四角はそれぞれCs<sub>2</sub>SnI<sub>6</sub>バルク体および薄膜の文献値[13, 14]を示す。

## 参考文献

- [1] W. Zhou, K. Yamamoto, A. Miura, R. Iguchi, Y. Miura, K. Uchida, and, Y. Sakuraba, “Seebeck-driven transverse thermoelectric generation”, *Nature Materials*, **20**, 463, (2021).
- [2] W. Zhou, A. Miura, Y. Sakuraba, and K. Uchida, “Seebeck-driven transverse thermoelectric generation in magnetic hybrid bulk materials”, *Applied Physics Letters*, **122**, 062402, (2023).
- [3] W. Zhou, A. Miura, Y. Sakuraba, and K. Uchida, “Direct electrical probing of anomalous Nernst conductivity”, *Physical Review Applied*, **19**, 064079, (2023).
- [4] K. Yamamoto, R. Iguchi, A. Miura, W. Zhou, Y. Sakuraba, Y. Miura, and K. Uchida, “Phenomenological analysis of transverse thermoelectric generation and cooling performance in magnetic/thermoelectric hybrid systems”, *Journal of Applied Physics*, **129**, 223908, (2021).
- [5] 浅野 恭平, 焦 一航, 立花 宗稀, 三浦 飛鳥, 矢吹 智英, “Bi-directional 3 法を用いた熱電塗布膜の熱物性計測”, 第 44 回日本熱物性シンポジウム, (2023).
- [6] Q. Wang, Y. Tang, A. Miura, K. Miyazaki, Z. Horita, S. Iikubo, “Improving thermoelectric properties of Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> by straining under high pressure: Experiment and DFT calculation”, *Scripta Materialia*, **243**, 115991, (2024).
- [7] Y. Ampo, A. Miura, K. Sakaki, M. Kawazu, K. Watanabe, and K. Miyazaki, “Development of n-type vacancy-ordered halide double perovskite Cs<sub>2</sub>SnI<sub>6</sub> thin films synthesized by hybrid deposition process”, ICT2023, (2023).
- [8] 三浦 飛鳥, 河津 光紀, 安保 佑一, 渡邊 厚介, 矢吹 智英, 宮崎 康次, “高性能 n 型ハロゲン化ペロブスカイト Cs<sub>2</sub>SnI<sub>6</sub> 熱電塗布膜の開発”, 第 44 回日本熱物性シンポジウム, (2023).
- [9] S. Saini, A. K. Baranwal, T. Yabuki, S. Hayase, and K. Miyazaki, “Unileg Thermoelectric Module Comprised by Coated Halide-Perovskite Thin Film”, *Journal of Heat and Mass Transfer*, **142**, 074502, (2020).
- [10] X. Mettan, R. Pisoni, P. Matus, A. Pisoni, J. Jaćimović, B. Náfrádi, M. Spina, D. Pavuna, L. Forró, and E. Horváth, “Tuning of the Thermoelectric Figure of Merit of CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>MI<sub>3</sub> (M = Pb, Sn) Photovoltaic Perovskites”, *The Journal of Physical Chemistry C*, **119**, 11506, (2015).
- [11] W. Tang, J. Zhang, S. Ratnasingham, F. Liscio, K. Chen, T. Liu, K. Wan, E. S. Galindez, E. Bilotti, M. Reece, M. Baxendale, S. Milita, M. A. McLachlan, L. Su, and O. Fenwick, “Substitutional doping of hybrid organic–inorganic perovskite crystals for thermoelectrics”, *Journal of Materials Chemistry A*, **8**, 13594, (2020).
- [12] M. A. Haque, M. I. Nugraha, S. H. K. Paleti, and D. Baran, “Role of Compositional Tuning on Thermoelectric Parameters of Hybrid Halide Perovskites”, *The Journal of Physical Chemistry C*, **123**, 14928, (2019).
- [13] A. Bhui, T. Ghosh, K. Pal, K. S. Rana, K. Kundu, A. Soni, and K. Biswas, “Intrinsically Low Thermal Conductivity in the n-Type VacancyOrdered Double Perovskite Cs<sub>2</sub>SnI<sub>6</sub>: Octahedral Rotation and Anharmonic Rattling”, *Chemistry of Materials*, **34**, 3301, (2022).
- [14] P. Sebastia-Luna, U. Pokharel, B. A. H. Huisman, L. J. A. Koster, F. Palazon, and H. J. Bolink, “Vacuum-Deposited Cesium Tin Iodide Thin Films with Tunable Thermoelectric Properties”, *ACS Applied Energy Materials*, **5**, 10216, (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Weinan Zhou, Asuka Miura, Yuya Sakuraba, Ken-ichi Uchida
2. 発表標題 Direct Electrical Probing of Anomalous Nernst Conductivity
3. 学会等名 INTERMAG 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長野 利春, 早川 翔大, 三浦 飛鳥, 渡邊 厚介, 矢吹 智英, 河野 翔也, 中村 和磨, 宮崎 康次
2. 発表標題 炭窒化チタンサーメットの太陽光吸収材への応用
3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 第76期 総会・講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 榊叶大, 安保佑一, 三浦飛鳥, 渡邊厚介, 矢吹智英, 宮崎康次
2. 発表標題 3 法によるCs <sub>2</sub> SnI <sub>6</sub> 薄膜の熱伝導率測定
3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第54回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村田龍生, 渡邊厚介, 三浦飛鳥, 矢吹智英, 宮崎康次
2. 発表標題 MOD法によるCrN系薄膜の作製と熱電特性
3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第54回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河津光紀, 安保佑一, 三浦飛鳥, 渡邊厚介, 宮崎康次
2. 発表標題 溶液法を用いたスピコートによるCs <sub>2</sub> SnI <sub>6</sub> の薄 膜作製及び熱電性能評価
3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第54回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤尚之, 渡邊厚介, 三浦飛鳥, 矢吹智英, 宮崎康次
2. 発表標題 フレキシブル熱電塗布膜の作製
3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第54回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎隼, 上原脩, 児嶋広紀, 三浦飛鳥, 矢吹智英, 宮崎康次
2. 発表標題 異なるブレード材料からなる回転型トライボエレクトリック発電機の出力特性
3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第54回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早川 翔大, 長野 利春, 三浦 飛鳥, 渡邊 厚介, 矢吹 智英, 中村 和磨, 宮崎 康史
2. 発表標題 廃棄物サーメットの太陽光吸収特性
3. 学会等名 第43回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Y. Ampo, M. Kawazu, M. Anjum, A. Miura, K. Watanabe, K. Miyazaki
2 . 発表標題 Development of Halide Perovskite CsSnI <sub>3</sub> Coated Films Doped Heavy Metal Ions
3 . 学会等名 ICOT2022 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Anjum Mustafa, Asuka, Miura, Kosuke Watanabe, Tomohide Yabuki, Koji Miyazaki
2 . 発表標題 Thermoelectric properties of MASnI <sub>3</sub> with Cl dopant
3 . 学会等名 ICOT2022 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 K. Susukida, K. Watanabe, A. Miura, K. K. Raut, C. Bourges, T. Mori, K. Miyazaki
2 . 発表標題 Development of Printing Films Composed of Rare Earth Free n-type CoSb <sub>3</sub> with Polyimide
3 . 学会等名 ICOT2022 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Masaya Fujimura, Asuka Miura, Daiki Masumoto, Ren Umeno, Shrikant Saini, Kosuke Watanabe, Tomohide Yabuki, Koji Miyazaki
2 . 発表標題 Development of steady-state measurement process with high precision of thermal conductivity of metal wires by using self-Joule heating method
3 . 学会等名 ICOT2022 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Kobayashi, Q. Wang, A. Miura, S. Kawano, S. Iikubo, K. Miyazaki
2. 発表標題 Heat conduction across Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> -CsSnI <sub>3</sub> interface using molecular dynamics simulation
3. 学会等名 ICOT2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sakura Kishishita, Kosuke Watanabe, Asuka Miura, Tomohide Yabuki, Koji Miyazaki
2. 発表標題 Deposition of Bi <sub>0.4</sub> Sb <sub>1.6</sub> Te <sub>3</sub> -CsSnI <sub>3</sub> Composite Films by Printing Method and Characterization of Thermoelectric Properties
3. 学会等名 ICOT2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岸下 さくら, 渡邊 厚介, 三浦 飛鳥, 矢吹 智英, 宮崎 康次
2. 発表標題 塗布によるBi <sub>0.4</sub> Sb <sub>1.6</sub> Te <sub>3</sub> -ハロゲン化ペロブスカイト複合膜の作製及び熱電特性評価
3. 学会等名 熱工学コンファレンス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長野 利春, 早川 翔大, 三浦 飛鳥, 渡邊 厚介, 矢吹 智英, 河野 翔也, 中村 和磨, 宮崎 康次
2. 発表標題 第一原理計算を用いたTiC/TiN超格子の光学特性計算
3. 学会等名 熱工学コンファレンス2022
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Toshiharu CHONO, Syota HAYAKAWA, Asuka MIURA, Kosuke WATANABE, Tomohide YABUKI, Shoya KAWANO, Kazuma NAKAMURA, Koji MIYAZAKI
2. 発表標題 Prediction on thermal radiative properties of TiC/TiN superlattices using first-principles calculation
3. 学会等名 The 13th Asian Thermophysical Properties Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安保 佑一, 河津 光紀, Mustafa Anjum, 三浦 飛鳥, 渡邊 厚介, 宮崎 康次
2. 発表標題 金属イオンをドーピングしたハロゲン化ペロブスカイト塗布膜の熱電特性
3. 学会等名 第19回 日本熱電学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 風之介, 王 青, 三浦 飛鳥, 河野 翔也, 飯久保 智, 宮崎 康次
2. 発表標題 Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> -CsSnI <sub>3</sub> 界面熱輸送の分子動力学シミュレーション
3. 学会等名 第19回 日本熱電学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 薄田 京, 渡邊 厚介, 三浦 飛鳥, Krushna K. Raut, Cedric Bourges, 森 孝雄, 宮崎 康次
2. 発表標題 スクワテルダイト型CoSb <sub>3</sub> による高性能熱電塗布膜の開発
3. 学会等名 第19回 日本熱電学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎 康次, 松本 稜己, 宮本 翔太郎, 矢吹 智英, 三浦 飛鳥, 渡邊 厚介
2. 発表標題 Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> -CsSnI <sub>3</sub> の界面熱抵抗測定
3. 学会等名 第59回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長野 利春, 早川 翔大, 三浦 飛鳥, 渡邊 厚介, 矢吹 智英, 河野 翔也, 中村 和磨, 宮崎 康次
2. 発表標題 第一原理計算を用いたTiCN系化合物の波長選択的ふく射特性の予測
3. 学会等名 第59回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦 飛鳥, 河津 光紀, 安保 佑一, 渡邊 厚介, 矢吹 智英, 宮崎 康次
2. 発表標題 高性能n型ハロゲン化ペロブスカイトCs <sub>2</sub> SnI <sub>6</sub> 熱電塗布膜の開発
3. 学会等名 第44回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浅野 恭平, 焦 一航, 立花 宗稀, 三浦 飛鳥, 矢吹 智英
2. 発表標題 Bi-directional 3 法を用いた熱電塗布膜の熱物性計測
3. 学会等名 第44回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Ampo, A. Miura, K. Sakaki, M. Kawazu, K. Watanabe, K. Miyazaki
2. 発表標題 Development of n-type vacancy-ordered halide double perovskite Cs <sub>2</sub> SnI <sub>6</sub> thin films synthesized by hybrid deposition process
3. 学会等名 ICT2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三浦 飛鳥
2. 発表標題 磁性体における新奇熱電変換現象の観測と材料探索
3. 学会等名 令和五年度九州伝熱セミナー (招待講演)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

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