

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：33903

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22154

研究課題名（和文）量子効果によるエネルギー材料性能の向上に向けたナノウィスカー成長技術の創製

研究課題名（英文）Creation of nanowhisker growth technology for improvement of energy material performance by quantum effect

研究代表者

一野 祐亮（Ichino, Yusuke）

愛知工業大学・工学部・教授

研究者番号：90377812

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：超伝導体や熱電変換材料などのエネルギー材料は、持続可能社会におけるエネルギーの高効率輸送、貯蔵や生成に大きく貢献する。本課題では、量子効果によってエネルギー材料の性能を劇的に向上させることを目的として、これまで培ってきた気相薄膜結晶成長技術を駆使してエネルギー材料のナノひげ状結晶（ナノウィスカー）を成長させる技術の創製を目的とした。YBa₂Cu₃O_y (YBCO)超伝導体のナノウィスカーの作製を目指し、AuやBa-Cu-O-Agなどの液相材料を用いたが、ナノウィスカーを得ることはできなかった。しかしながら、液相を介した成長の影響で高品質なYBCO膜を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題の当初の目的であったエネルギー材料のナノウィスカーを作製することはできなかった。しかしながら、YBCO超伝導体の高品質な単結晶薄膜を得ることができた。なおかつ、液相組成の最適化によって従来の気相法よりも高品質に、かつ高速にYBCO膜を得ることができた。これによって、YBCO超伝導線材を高性能かつ高速に量産できる技術の礎となる。

研究成果の概要（英文）：Energy materials such as superconductors and thermoelectric materials contribute greatly to highly efficient transport, storage and generation of energy in a sustainable society. In this project, we aim to dramatically improve the performance of energy materials by quantum effects, and to create a technology to grow nano-whisker crystals of energy materials by using the vapor phase thin film crystal growth technology we have developed. Nano-whiskers made of YBa₂Cu₃O_y (YBCO) superconductor could not be obtained by using liquid phase materials such as Au and Ba-Cu-O-Ag. However, high quality YBCO films could be obtained due to the effect of growth through the liquid phase.

研究分野：機能性酸化物工学

キーワード：超伝導 ナノウィスカー 液相成長 VLS成長 高品質薄膜

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

超伝導体や熱電変換材料などのエネルギー材料は、持続可能社会におけるエネルギーの高効率輸送、貯蔵や生成に大きく貢献する。酸化超伝導体は超伝導転移温度が 90 K 以上であり、安価な液体窒素を冷媒に用いることができる。また、酸化熱電変換材料は大きなゼーベック係数と共に高温大気中で安定なため、熱電変換効率が高い特長を持つ。しかし、実用化されている金属間化合物エネルギー材料と比較すると、超伝導では臨界電流密度(J_c)のさらなる向上が、熱電変換材料では熱電変換効率のさらなる向上が必要とされている。

2. 研究の目的

これらのエネルギー材料は、ナノメートルサイズの細線化を行うことでエネルギー性能が向上する可能性がある。例えば、超伝導体では J_c が理論限界値 (クーパー対破壊電流密度 J_d) まで向上することが予測されている。熱電変換材料ではゼーベック係数(S)の向上と、熱伝導率の低下による変換効率の向上が期待できる。以上を踏まえて、本課題の概要を図 1 に示す。本課題では、量子効果によってエネルギー材料の性能を劇的に向上させることを目的として、これまで培ってきた気相薄膜結晶成長技術を駆使してエネルギー材料のナノひげ状結晶 (ナノウィスカー) を成長させる技術の創製を目的とした。

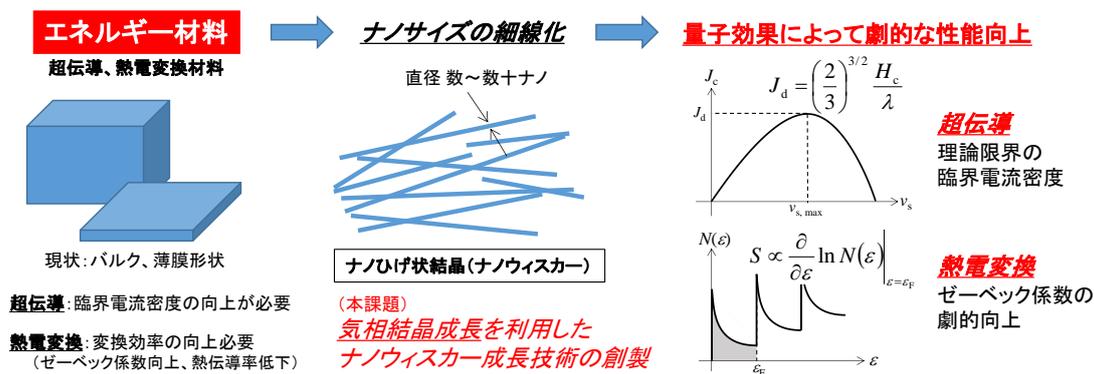


図 1 本課題の概要。超伝導体や熱電変換材料などのエネルギー材料を、気相薄膜結晶成長技術を利用してナノサイズのひげ状結晶 (ナノウィスカー) に成長させる技術の創製することで、量子効果によるエネルギー性能の劇的な向上を目指す。

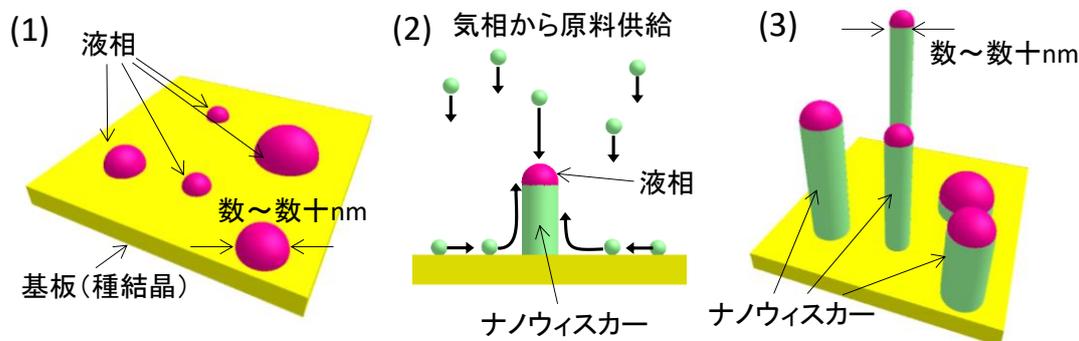


図 2 VLS 結晶成長モードによるナノウィスカー成長の模式図。(1)種結晶上に液滴状の液相を設け、(2)気相から原料を供給することで液相中に原料が凝集して、液相と種結晶界面で結晶成長する。(3)その結果、基板法線方向に伸びたナノウィスカーが成長する。

3. 研究の方法

本課題では、気相-液相-固相の三相共存 (**Vapor-Liquid-Solid, VLS**) 結晶成長モードを用いてナノウiskアーの成長について検討した。VLS 結晶成長モードでは、適切な温度の種結晶(Solid)上に液相(Liquid)を設け、そこに気相(Vapor)から原料を供給することで、液相中で原料が凝縮し種結晶と液相の界面で結晶成長が進行する。本課題では、パルスレーザー蒸着(PLD)法を用いて気相からの原料供給を行った。この VLS 結晶成長モードを用いる際に、適切な液相触媒を選択し、かつ気相薄膜結晶成長技術を用いれば、液滴状の液相を生成でき、かつそのサイズも制御することが可能である。図 2 に、VLS 結晶成長モードによるナノウiskアーの作製の模式図を示す。ナノウiskアーの成長においてそのサイズを決定するのは液相の組成やサイズである。そのため、本課題では $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (YBCO) 超伝導体の VLS 結晶成長に対して 最適な液相組成を与える液相触媒の探索と液相サイズの制御について検討した。また、その液相を用いて、温度や原料供給速度など各種成長条件が YBCO ナノウiskアーの結晶成長に与える影響について検討した。

4. 研究成果

4.1 SnO_2 ナノウiskアーの作製

まず、ナノウiskアー作製の報告が多い SnO_2 について現有装置での再現性を確認した。 SnO_2 ナノウiskアーでは Au を液相として用いているため、PLD 法で蒸着する Au の膜厚に対する SnO_2 ナノウiskアーの成長について検討した。Au は、 LaAlO_3 単結晶基板上に室温、0.1 Pa で 1~10 nm 厚 (均一な膜と仮定した場合の膜厚) だけ蒸着した。その後、基板温度を 700°C まで上昇させて、Ar 圧力 10 Pa の下で SnO_2 を供給した。

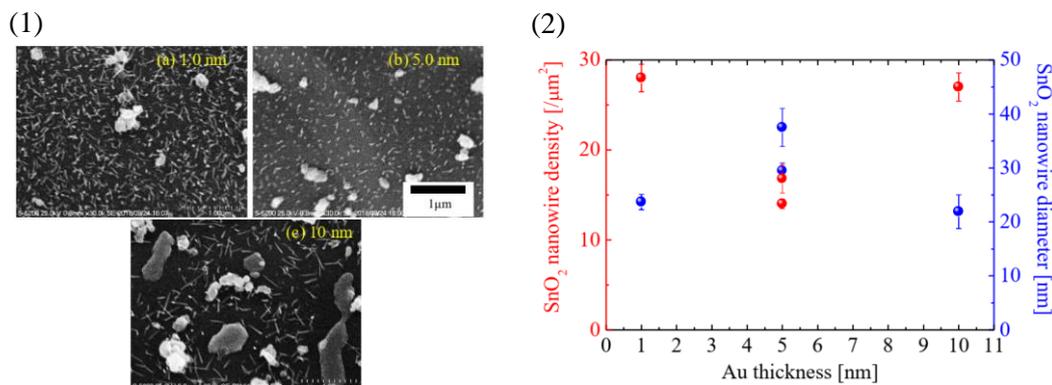


図 3 (1) Au の膜厚を変えて作製した SnO_2 ナノウiskアーの SEM 像。(2) Au の膜厚に対する SnO_2 ナノウiskアーの数密度と直径。

図 3 に、 SnO_2 ナノウiskアーの走査電顕(SEM)像と Au 膜厚に対する SnO_2 ナノウiskアーの基板単位面積あたりの本数と直径を示す。図から、ナノウiskアーの成長が確認された。数密度と直径については、Au 膜厚に対して系統的な傾向は無いことから、他の成膜条件の影響が強いと考えられる。以上から、少なくとも、現有設備で単純酸化物のナノウiskアーの作製が可能であることがわかった。

4.2 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 超伝導体ナノウiskアーの作製

SnO_2 と同様に Au を液相として YBCO ナノウiskアーの作製を試みた。Au の膜厚、YBCO 蒸着時の温度、膜厚などを変えたが、YBCO ナノウiskアーの成長にはいたらなかった。 SnO_2 のような単純酸化物に対して YBCO は複雑な結晶構造と状態図を持っているため、液相として Au は適当ではないと考えられる。つぎに、YBCO の状態図に基づいて Ba-Cu-O 酸化物を液相材料として用いた。

4.3 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 超伝導膜の VLS 成長

YBCO ウィスカーの成長を目指して、Ba-Cu-O を液相とした。しかし、Ba-Cu-O 液相は本課題で用いた LaAlO_3 単結晶基板や CeO_2 配向バッファ層を持った金属テープ上では濡れ性が高く、液滴状にはならず層状の液体となった。Ba-Cu-O の Ag を添加すると、融点が変わるため、基板温度が同じであれば融点に応じて濡れ性も変化することを期待して Ag_2O を 10 wt% まで添加したが、液滴は生じなかった。そのため、YBCO ナノウィスカーを得ることはできなかった。

しかしながら、液相を介して高品質な YBCO 膜を作製することができた。図 4 に、Ba-Cu-O 液相への Ag_2O 添加量に対する YBCO 膜の a 軸配向粒混在率と YBCO 膜の結晶軸方位のばらつき角度を示す。 a 軸配向粒は、YBCO の結晶方位が傾いて成長した結晶粒であり、結晶の完全性や超伝導特性の観点から、混在することは好ましくない。図から、 Ag_2O の添加量が増加するに従って a 軸配向粒混在率が減少しており、結晶の完全性が向上している傾向が見られた。また、結晶軸方位のばらつきも減少しており、より完全結晶に近づいていく傾向が見られた。通常の気相成長とは異なり VLS 成長は液相を介した成長であるため、成長界面では結晶成長の駆動力（過飽和度）が非常に小さく抑えられるため、純良な YBCO 結晶が得られたと考えられる。また、VLS 成長によって、従来の気相法による YBCO 膜作製とくらべて数倍以上の成膜速度でも高品質な YBCO 膜が得られることも明らかになった。

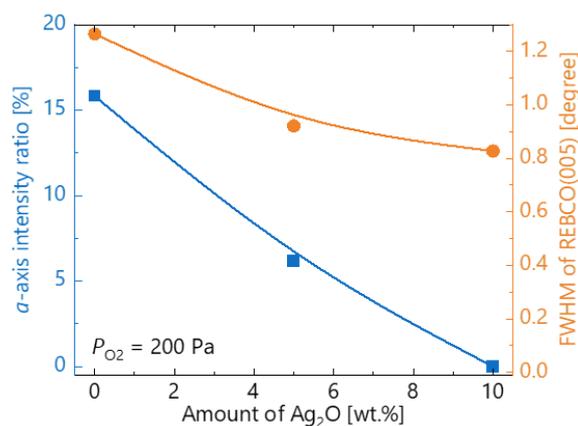


図 4 Ba-Cu-O 液相への Ag_2O 添加量に対する YBCO 膜の a 軸配向粒混在率と YBCO 膜の結晶軸方位のばらつき角度。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Yasuda Kento, Ito Tomohiro, Yoshida Yutaka, Ichino Yusuke, Tsuchiya Yuji	4. 巻 140
2. 論文標題 Liquid Phase Stabilization and Superconducting Properties by Adding Ag to SmBa ₂ Cu ₃ O _y Coated Conductors Fabricated by Vapor-Liquid-Solid Growth Technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 247 ~ 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.140.247	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 Ichino Yusuke, Sato Shun, Tsuchiya Yuji, Yoshida Yutaka	4. 巻 575
2. 論文標題 Effect on SmBa ₂ Cu ₃ O films of lattice strain induced by BaHfO ₃ nanorods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physica C: Superconductivity and its Applications	6. 最初と最後の頁 1353692 ~ 1353692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physc.2020.1353692	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 一野祐亮, 佐藤航, 土屋雄司, 吉田隆	4. 巻 55
2. 論文標題 基板自己加熱方式によるPulsed Laser Deposition 法を用いたYBa ₂ Cu ₃ O _y の厚膜化及び磁場中超伝導特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 低温工学	6. 最初と最後の頁 348-356
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 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 Ichino Yusuke, Tsuchiya Yuji, Yoshida Yutaka	4. 巻 1
2. 論文標題 Crystal Growth Simulation of BMO Nanorods in BMO-Doped REBCO Films with Seed layers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1 ~ 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2021.3067437	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 Yasuda Kento, Ito Tomohiro, Yoshida Yutaka, Ichino Yusuke, Tsuchiya Yuji	4. 巻 140
2. 論文標題 Liquid Phase Stabilization and Superconducting Properties by Adding Ag to SmBa ₂ Cu ₃ O _y Coated Conductors Fabricated by Vapor-Liquid-Solid Growth Technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 247 ~ 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.140.247	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 -

〔学会発表〕 計37件(うち招待講演 0件/うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Y. Ichino, Y. Tsuchiya, Y. Yoshida
2. 発表標題 Crystal growth simulation on BMO nanorods growth in BMO doped REBCO films with seed layers
3. 学会等名 Applied Superconductivity Conference 2020, Wk1MOr3A-03, Oct. 24-Nov. 7, virtual conference (oral) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Yamamoto, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Improvement of flux pinning force density characteristics of BaHfO ₃ -doped SmBa ₂ Cu ₃ O _y films annealed at various temperatures
3. 学会等名 33th International Symposium on Superconductivity 2020, WB4-2, Dec. 1-2, 2020,online and Tsukuba (oral) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. Mizuno, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, A. Ichinose, Y. Yoshida
2. 発表標題 Asymmetric Critical Current in YBa ₂ Cu ₃ O _y Coated Conductors with a PrBa ₂ Cu ₃ O _y Buffer Layer
3. 学会等名 33th International Symposium on Superconductivity 2020, WB4-3, Dec. 1-2, 2020,online and Tsukuba (oral) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋雄司、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 BaHfO3添加SmBa2Cu3Oy薄膜における面内磁場下の臨界電流非対称性の磁場温度依存性
3. 学会等名 2020年第81回応用物理学会秋季学術講演会 8a-Z27-3、オンライン、2020年9月8日-11日 (オーラル)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 一野祐亮、張雪原、土屋雄司、吉田隆
2. 発表標題 3D-TDGLシミュレーションによる表面ラフネスがJcの非対称性に与える影響
3. 学会等名 2020年第81回応用物理学会秋季学術講演会 8a-Z27-5、オンライン、2020年9月8日-11日 (オーラル)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 一野祐亮、佐藤航、中村祐介、土屋雄司、吉田隆
2. 発表標題 基板自己加熱方式によるPulsed Laser Deposition法を用いたYBa2Cu3Oy +BaHfO3 厚膜線材の作製と評価
3. 学会等名 2020年度第100回春季低温工学・超電導学会研究発表会、1P-p11、京都大学吉田キャンパス、京都、2020年12月8-10日 (ポスター)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋雄司、松坂陣、一野祐亮、吉田隆淡路智
2. 発表標題 表面レーザー加熱法を用いて作製した厚膜YBa2Cu3Oy線材の磁場中超伝導特性
3. 学会等名 2020年度第100回春季低温工学・超電導学会研究発表会、1P-p12、京都大学吉田キャンパス、京都、2020年12月8-10日 (ポスター)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田寛之、土屋雄司、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 HTSコイルのクエンチ保護に向けた金属-絶縁体転移酸化物によるターン間絶縁の基礎検討
3. 学会等名 2020年度第100回春季低温工学・超電導学会研究発表会、3A-a01、京都大学吉田キャンパス、京都、2020年12月8-10日（オーラル）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 日比野拓、土屋雄司、吉田隆、一野祐亮、高橋誠、田橋正浩、木内勝
2. 発表標題 フォスフリーケーブル応用に向けたReel-to-Reel PLD法により作製したBaHfO3添加YBa2Cu3Oy厚膜線材の縦磁場中超伝導特
3. 学会等名 2020年度第100回春季低温工学・超電導学会研究発表会、3B-a06、京都大学吉田キャンパス、京都、2020年12月8-10日（オーラル）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神谷和輝、一野祐亮、土屋雄司、吉田隆
2. 発表標題 配向度の異なる金属基板上YBa2Cu3Oy膜へのCa添加果に関する研究
3. 学会等名 2021年第68回応用物理学会春季学術講演会 17p-Z21-1、オンライン、2021年3月16日-19日（オーラル）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Ito, K. Yasuda, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida, A. Ichinose, S. Awaji, T. Okada
2. 発表標題 Strongly Enhanced Critical Current in thickened BaHfO3-doped YBa2Cu3Oy Coated Conductors prepared by Vapor-Liquid-Solid Growth Technique.
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WB1-3, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (oral) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Tsuchiya, K. Suzuki, T. Hori, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Rectification by Superconducting Diodes Made of REBCO Films
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, PC7-4, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (oral) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Kato, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Substrate Temperature Dependence of AC Loss in BHO-doped SmBCO
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, APP1-4, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Yamamoto, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Effects of growth temperature and laser repetition rate on the shape of nanorods in BaSnO ₃ -doped SmBa ₂ Cu ₃ O _y films prepared by pulsed laser deposition method
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP5-1, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Sato, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, A. Ichinose, Y. Yoshida
2. 発表標題 Thickening of YBa ₂ Cu ₃ O _y coated conductors fabricated by self-heating technique in Pulsed Laser Deposition method and evaluation of the superconducting properties
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP5-2, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Matsuzaka, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Deposition of thick superconducting YBCO films using the surface laser heating
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP5-3, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Moriguchi, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Fabrication of BaTiO ₃ /YBa ₂ Cu ₃ O _y Multi-layered Films for Superconducting Capacitors
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP5-4, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (oral) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hibino, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Effect of laser energy and laser repetition frequency on BHO shape
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP5-6, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (oral) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Ichino, S. Sato, Y. Tsuchiya, Y. Yoshida
2. 発表標題 Effect of growth condition on lattice strain of SmBa ₂ Cu ₃ O _y films induced by BaHfO ₃ nanorods
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP7-6, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hori, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Improvement of critical current asymmetry in BaHfO ₃ -doped SmBa ₂ Cu ₃ O _y superconducting films by ion milling etching
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP7-7, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (oral) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yasuda, T. Ito, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida
2. 発表標題 Fabrication of YBa ₂ Cu ₃ O _y coated conductor by Vapor-Liquid-Solid growth technique using Reel-to-Reel system
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP8-3, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Hatano, H. Oguro, M. Miura, Y. Ichino, Y. Kamihara
2. 発表標題 Angular dependence of critical current for REBCO coated conductor under various bending strains
3. 学会等名 32th International Symposium on Superconductivity 2019, WBP8-4, Dec. 3-5, 2019, Miyako Messe, Kyoto, Japan (poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田隆、森舜介、日比野拓、土屋雄司、一野祐亮、淡路智、松本要
2. 発表標題 低コスト化に向けたBaHfO ₃ 添加SmBa ₂ Cu ₃ O _y 超伝導線材の高速作製
3. 学会等名 2019年度第98回春季低温工学・超電導学会研究発表会、1P-p08、ノバホール、つくばイノベーションプラザ、茨城、2019年5月28-30日 (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田隆、塩見基樹、土屋雄司、一野祐亮
2. 発表標題 RE組成制御を施したYBCO薄膜の磁場中超伝導特性の異方性と微細構造
3. 学会等名 2019年度第98回春季低温工学・超電導学会研究発表会、1P-p09、ノバホール、つくばイノベーションプラザ、茨城、2019年5月28-30日 (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋雄司、船木修平、木内勝、尾崎壽紀、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 SmBa2Cu3Oy高温超伝導薄膜における磁化緩和の異方性
3. 学会等名 2019年度第98回春季低温工学・超電導学会研究発表会、1P-p13、ノバホール、つくばイノベーションプラザ、茨城、2019年5月28-30日 (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木内勝、土屋雄司、杉原和樹、一野祐亮、吉田隆、阿久根忠博、西崎照和、松下照男
2. 発表標題 人工ピンのサイズを変化させたSmBa2Cu3Oy高温超伝導薄膜の臨界電流密度と磁化緩和特性
3. 学会等名 2019年度第98回春季低温工学・超電導学会研究発表会、2B--p03、ノバホール、つくばイノベーションプラザ、茨城、2019年5月28-30日 (オーラル)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森口凱安、吉田隆、一野祐亮、土屋雄司
2. 発表標題 異なる厚みの基板に作製したSmBa2Cu3Oy線材の臨界電流の曲げ特性
3. 学会等名 2019年度第98回春季低温工学・超電導学会研究発表会、3C--a05、ノバホール、つくばイノベーションプラザ、茨城、2019年5月28-30日 (オーラル)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊東智寛、安田健人、土屋雄司、一野祐亮、一瀬中、淡路智、岡田達典、吉田隆
2. 発表標題 高速作製を目的としVapor-Liquid-Solid成長法で作製したYBa2Cu3Oy線材の磁場中臨界電流密度
3. 学会等名 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会 19a-PB2-24、北海道大学札幌キャンパス、2019年9月18日-21日 (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊東智寛、安田健人、土屋雄司、一野祐亮、一瀬中、淡路智、吉田隆
2. 発表標題 磁束線の長さ方向のピンサイズを変化させたSmBa2Cu3Oy超伝導薄膜の磁束ピンニング特性
3. 学会等名 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会 19p-C206-4、北海道大学札幌キャンパス、2019年9月18日-21日 (オーラル)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋雄司、鈴木啓介、鶴田彰宏、申ウソク、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 表面処理を施した REBCO 薄膜における非対称臨界電流特性の向上
3. 学会等名 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会 19p-C206-5、北海道大学札幌キャンパス、2019年9月18日-21日 (オーラル)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤航、土屋雄司、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 基板自己加熱方式によるPLD法を用いたYBa2Cu3Oy線材の厚膜化
3. 学会等名 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会 20p-C207-1、北海道大学札幌キャンパス、2019年9月18日-21日 (オーラル)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田健人、伊東智寛、土屋雄司、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 Reel-to-Reelシステムを用いたVapor-Liquid-Solid成長法によるYBa ₂ Cu ₃ O _y 線材の作製
3. 学会等名 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会 20p-C207-2、北海道大学札幌キャンパス、2019年9月18日-21日（オーラル）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一野祐亮、土屋雄司、吉田隆
2. 発表標題 Seed層を用いたBMO添加REBCO膜におけるBMOナノロッド成長のシミュレーション
3. 学会等名 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会 20p-C207-3、北海道大学札幌キャンパス、2019年9月18日-21日（オーラル）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋雄司、鈴木啓介、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 BaHfO ₃ 添加SmBa ₂ Cu ₃ O _y 薄膜における非対称臨界電流特性の磁場温度依存性
3. 学会等名 2020年第67回応用物理学会春季学術講演会 12p-PA3-5、上智大学四谷キャンパス、2020年3月12日-15日（ポスター）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一野祐亮、張雪原、土屋雄司、吉田隆
2. 発表標題 3D-TDGLシミュレーションを用いたJc非対称性の検討
3. 学会等名 2020年第67回応用物理学会春季学術講演会 12p-PA3-6、上智大学四谷キャンパス、2020年3月12日-15日（ポスター）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木佑季、田橋正浩、高橋誠、後藤英雄、土屋雄司、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 青板ガラスを利用した酸化バナジウム膜へのCa, Na添加
3. 学会等名 2020年第67回応用物理学会春季学術講演会 15a-PB1-19、上智大学四谷キャンパス、2020年3月12日-15日 (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊東智寛、安田健人、土屋雄司、一野祐亮、一瀬中、淡路智、吉田隆
2. 発表標題 Vapor-Liquid-Solid成長法を用いて作製されたYBa ₂ Cu ₃ O _y 線材における臨界電流のBaHfO ₃ 添加量依存性
3. 学会等名 2020年第67回応用物理学会春季学術講演会 13a-B407-9、上智大学四谷キャンパス、2020年3月12日-15日 (オーラル)
4. 発表年 2019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