

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15217

研究課題名（和文）高温超伝導薄膜における電流整流メカニズムの解明

研究課題名（英文）Investigation of rectification mechanisms in high-temperature superconducting films

研究代表者

土屋 雄司 (Tsuchiya, Yuji)

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：50736080

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）：本研究は、高温超伝導薄膜における非対称臨界電流特性（超伝導ダイオード特性）のメカニズムを解明するため、その特性を発現する高温超伝導薄膜のナノ構造分析および超伝導ダイオード素子の設計および整流効果の実証を行なった。結果として、パルスレーザー成膜装置を用いて成膜したレアアース系高温超伝導薄膜において広い温度・磁場範囲で非対称臨界電流特性の発現を確認した。さらにナノ構造解析の結果、超伝導薄膜層およびバッファ層の間の格子整合が良いほど特性が向上することを明らかにした。最後に、この薄膜を用いて、外部磁場を必要としない永久磁石を用いた素子を作製し、超伝導ダイオードを用いた整流動作を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、高温超伝導薄膜の臨界電流の非対称性メカニズムを解明した。この成果は、省エネルギー電力機器の問題を根本的に解決し、超低消費電力で動作する超伝導ダイオードの開発を可能にするとともに、このダイオードは量子コンピュータや次世代超伝導エレクトロニクスへの応用が期待される。本研究における超伝導ダイオード動作原理理解および素子化についての進展により、社会全体のエネルギー問題解決に向けた一歩であると同時に、情報科学への波及効果を持つ。

研究成果の概要（英文）：In order to elucidate the mechanism of the asymmetric critical current property (so-called superconducting diode property) in high-temperature superconducting films, this study analysed the nanostructure of the high-temperature superconducting thin films that exhibit the property, designed a superconducting diode element and demonstrated the rectification effect. As a result, it was confirmed that the asymmetric critical current property appeared in the rare-earth-based high-T_c superconducting films deposited using a pulsed laser deposition system over a wide temperature and magnetic field range. Furthermore, nano-structural analysis revealed that the better the lattice matching between the superconducting thin film and buffer layers, the better the properties. Finally, using the thin film, a device with a permanent magnet that does not require an external magnetic field was fabricated and rectification operation using a superconducting diode was demonstrated.

研究分野：超伝導応用

キーワード：超伝導 超伝導ダイオード 希土類系高温超伝導薄膜 格子不整合 磁束ピンニング

1. 研究開始当初の背景

低炭素社会の実現に向けて、低損失・省電力システムに関する研究が国内外で盛んに行なわれている。特に、30年以上前に発見された高温超伝導材料の超伝導システム開発が推進されている。超伝導電力機器の大電流化による超伝導マグネットの高効率化が望まれている。しかし、超伝導機器の電流容量と熱負荷を両立する技術がなく、性能と冷却効率を両立する手段の開発が強く望まれている。そのため、超伝導機器における無線給電技術が検討されているが、半導体を用いた電気回路では半導体ダイオード電圧降下により発熱が課題となる。

従来の超伝導システムでは、室温環境と低温環境(例として 77 K)とをつなぐ電流リード存在する。従来の銅の電流リードでの熱侵入は、電流容量 1 kA あたり冷却負荷は 77 K で数 10 W 程度である。そこで本研究では、超伝導コイルに直列で超伝導整流素子を導入し、交流電源により電流を供給するシステムを提案した。

2. 研究の目的

超伝導コイルシステムにおける冷却負荷の低減のため、電流リードを排することで課題は解決できる。半導体を用いた無線給電が検討されているが、半導体ダイオードにおける電圧降下による発熱が存在するため、超伝導体を用いた整流素子を開発する必要がある。そこで本研究では、高温超伝導薄膜を用いた超伝導ダイオードを作製するため、高温超伝導薄膜における臨界電流の非対称性のメカニズムを解明することを目的とした。

3. 研究の方法

研究項目は、(A) 超伝導ダイオード特性を発現する高温超伝導薄膜のナノ構造分析、(B) 超伝導ダイオード素子の設計および整流効果の実証の2つである。

(A) 超伝導ダイオード特性を発現する高温超伝導薄膜のナノ構造分析

超伝導ダイオード特性を発現する高温超伝導薄膜のナノ構造分析に向けて、パルスレーザー成膜装置を用いて高温超伝導薄膜を成膜し、広い温度 磁場範囲で非対称臨界電流の評価を行った。高温超伝導材料は、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ および $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ とし、中間層に酸化物バッファ層を導入した。非対称臨界電流の評価は、名古屋大学にて PPMS および東北大学金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センターにて 10T-CSM を用いて 10-90K、0-10T にて行なった。

(B) 超伝導ダイオード素子の設計および整流効果の実証

超伝導ダイオード素子の設計および整流効果の実証に向けて、高温超伝導 REBCO 薄膜を用いて外部電磁石のない環境で整流を行うために永久磁石を素子に内蔵し超伝導体に磁場を印加することで、単体で動作する超伝導ダイオード素子を設計し、整流動作を実証した。パルスレーザー成膜装置を用いて高温超伝導薄膜を成膜し、図1のような超伝導ダイオード素子を作製した。



図1. 超伝導ダイオード素子の外観。

整流動作試験は名古屋大学にて液体窒素中にて行った。

4. 研究成果

研究項目は、(A) 超伝導ダイオード特性を発現する高温超伝導薄膜のナノ構造分析、(B) 超伝導ダイオード素子の設計および整流効果の実証の2つに分けて行なった。以下では、それぞれの研究成果について記す。

(A) 超伝導ダイオード特性を発現する高温超伝導薄膜のナノ構造分析

図2に、77 K、0.1 T 中での高温超伝導 REBCO 薄膜における電流電圧特性を示す。電流が小さ

い時、ゼロ抵抗を示し、ある電流から電圧が発生する。この電流を臨界電流と呼び、臨界電流は電流の方向によって変化した。この特性を超伝導ダイオード特性と呼ぶ。ここで、非対称性 $Asym$ を臨界電流の差と臨界電流の平均値の比と定義する。図 3 は、非対称性 $Asym$ の磁場依存性を示している。高温の 77K における臨界電流の非対称性は 0.2T でピークを示し、0-4T に現れ、徐々に減少した。以上の結果は、臨界電流の非対称性のメカニズムが、薄膜の基板界面および薄膜の表面における磁束量子に対する表面バリアの大きさが温度により変化することを示しており、本研究の目的である高温超伝導薄膜における臨界電流の非対称性のメカニズムを解明において、新しい知見であるとともに、メカニズム解明において重要な実験成果である。

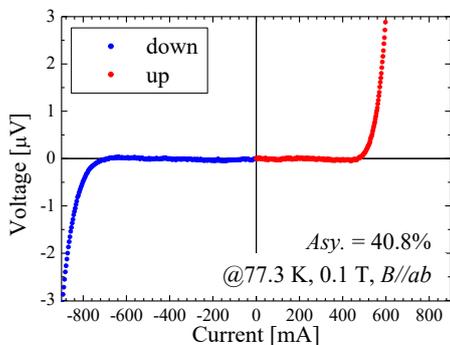


図 2. 77 K, 0.1 T における REBCO 薄膜の電流電圧特性。

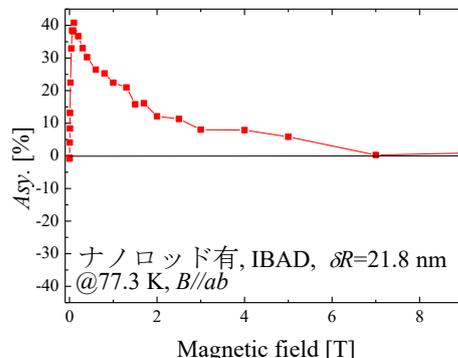


図 3. 非対称性 $Asym$ の磁場依存性。

次に、REBCO 薄膜の成膜条件を変更して、 nano構造として薄膜表面荒さを変更したときの $Asym$ に与える影響を調べた。すべての試料に対して、 $Asym$ を 77K で測定し、最大値を $Asym_{MAX}$ とした。図 4 に、 $Asym_{MAX}$ の表面荒さ依存性を示す。試料の基板や nano構造の有無によらず、表面荒さが低減されると非対称性は減少した。これは、超伝導薄膜表面の表面荒さの増加によって超伝導体に侵入する磁束量子に対する表面における障壁 (表面バリア) が低減されたためだと考えられる。この成果は、高温超伝導薄膜を用いたダイオードを作製する上で、その発現メカニズムを解明した点が重要である。

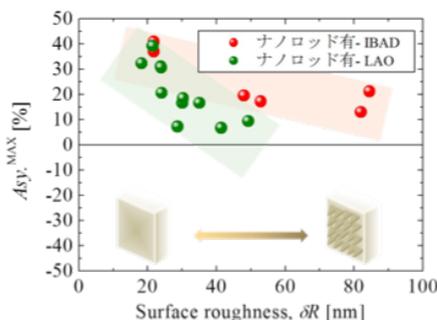


図 4. $Asym$ の表面荒さ依存性。

(B) 超伝導ダイオード素子の設計および整流効果の実証

図 1 に示す超伝導ダイオード素子を設計、作製し、液体窒素中での整流効果を測定した。図 5 に、周波数 60Hz の定電流正弦波を超伝導ダイオード素子に印加した際の電流波形および電圧波形を示す。図 5 には、波形とともに、正負の臨界電流を示した。臨界電流を超えると素子は電圧が発生し、電圧は電流の向きによって 2 倍以上変化した。この結果は、超伝導ダイオードは 1A 級の整流効果を示したことを示している。また、周波数 10kHz までの交流入力信号に対して 1mV/cm 級の直流出力信号を示した。以上の成果は、高温超伝導体を用いた超伝導ダイオードは応用に向けて素子単体で信号を整流することを示しており、本研究の目的である高温超伝導薄膜における臨界電流の非対称性のメカニズムを解明と、超伝導応用に向けた超伝導ダイオード素子の開発において、新たな手法を提案した点で重要な実験結果である。

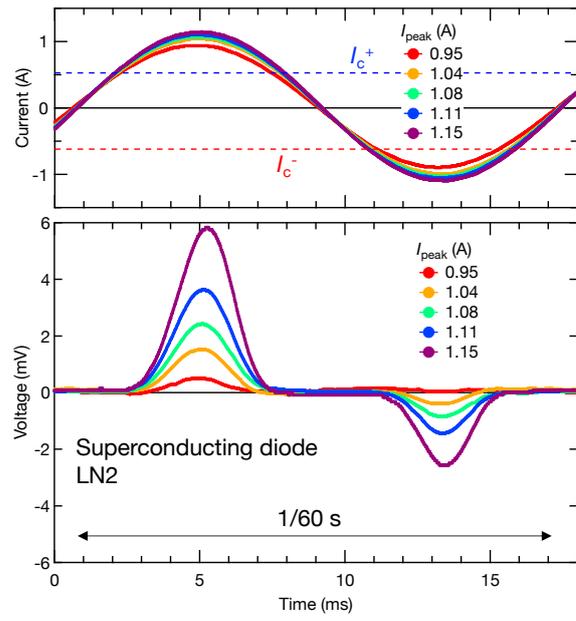


図 5. 超伝導ダイオードにおける電流および電圧の時間依存性。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 2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 Tsuchiya Y., Funaki S., Ozaki T., Kiuchi M., Yoshida Y.	4. 巻 32
2. 論文標題 Magnetic Relaxation in Commercial REBCO Tapes With and Without Artificial Pinning Centers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2022.3171190	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 Hiroyuki Yamada, Tsuchiya Yuji, Yoshida Yutaka, Mito Toshiyuki, Onodera Yuta, Hirano Naoki	4. 巻 32
2. 論文標題 Conductive micro-path for current sharing between REBCO tapes in high- <i>T</i> superconducting conductors to improve stability	5. 発行年 2022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.2022.3163688	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 Mizuno Akihito, Tsuchiya Yuji, Awaji Satoshi, Yoshida Yutaka	4. 巻 32
2. 論文標題 Rectification at Various Temperatures in YBa2Cu3Oy Coated Conductors With PrBa2Cu3Oy Buffer Layers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2022.3154325	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 Tahashi Masahiro, Nanbu Akikazu, Yamada Hiroyuki, Takahashi Makoto, Goto Hideo, Funaki Shuhei, Tsuchiya Yuji, Yoshida Yutaka	4. 巻 61
2. 論文標題 Preparation of complex oxide (Pr0.8Y0.2)0.6Ca0.4CoO3 from Pr-Y-Ca-Co gel synthesized by ultrasonic irradiation and its metal-insulator transition characteristics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 018003~018003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac3d44	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 Ito Tomohiro, Ichino Yusuke, Tsuchiya Yuji, Yasuda Kento, Ichinose Ataru, Yoshida Yutaka	4. 巻 31
2. 論文標題 Enhancement of Ic of BaHfO3-Doped REBCO Thick Coated Conductor Using Vapor-Liquid-Solid Growth Technique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2021.3072480	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 Ito Tomohiro, Ichino Yusuke, Tsuchiya Yuji, Yasuda Kento, Ichinose Ataru, Yoshida Yutaka	4. 巻 31
2. 論文標題 Effect of Surface Liquid Layer during Film Growth On Morphology of BaHfO3 in YBa2Cu3Oy Coated Conductors Fabricated by Pulsed Laser Deposition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2021.3071143	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 Ichino Yusuke, Tsuchiya Yuji, Yoshida Yutaka	4. 巻 31
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 1~4
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 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 MORIGUCHI Yoshiyasu, TSUCHIYA Yuji, ICHINO Yusuke, YOSHIDA Yutaka	4. 巻 56
2. 論文標題 Dielectric Properties of a BaTiO3/REBa2Cu3Oy Multilayered Structure for Low-Loss Capacitors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 TEION KOGAKU (Journal of Cryogenics and Superconductivity Society of Japan)	6. 最初と最後の頁 32~37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2221/jcsj.56.32	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 安田 健人, 伊東 智寛, 吉田 隆, 一野 祐亮, 土屋 雄司	4. 巻 140
2. 論文標題 Vapor-Liquid-Solid成長法を用いて作製したSmBa2Cu3Oy線材のAg添加による液相安定化と超伝導特性	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) 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 森口 凱安, 土屋 雄司, 一野 祐亮, 吉田 隆	4. 巻 42
2. 論文標題 低損失コンデンサに向けた BaTiO3/REBa2Cu3Oy 積層構造の誘電特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 低温工学	6. 最初と最後の頁 42
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 Yasuda Kento, Ito Tomohiro, Tsuchiya Yuji, Ichino Yusuke, Ichinose Ataru, Yoshida Yutaka	4. 巻 1590
2. 論文標題 Fabrication of YBa2Cu3O y coated conductor by Vapor-Liquid-Solid growth technique using a Reel-to-Reel system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012029 ~ 012029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1590/1/012029	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 Kusafuka Takashi, Kato Masaru, Tsuchiya Yuji	4. 巻 1590
2. 論文標題 Effects of artificial square nanorods array to square bulk superconducting plate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012002 ~ 012002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1590/1/012002	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 Matsuzaka J, Tsuchiya Y, Ichino Y, Yoshida Y	4. 巻 1590
2. 論文標題 Deposition of thick superconducting YBCO films using the surface laser heating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012031 ~ 012031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1590/1/012031	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27件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 水野彰人、土屋雄司、淡路智、吉田隆
2. 発表標題 Optimal Operating Conditions of YBa2Cu3Oy HTS Diode with a PrBa2Cu3Oy Buffer Layer
3. 学会等名 The 27th International Conference on Magnet Technology (MT27) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本拓実、一野祐亮、土屋雄司、吉田隆
2. 発表標題 BaHfO3添加量及び成膜速度を変化させることによるREBa2Cu3Oy線材の巨視的ピンニング力の変化
3. 学会等名 第102回低温工学・超電導学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊東智寛、坂井佑輔、土屋雄司、一野祐亮、吉田隆
2. 発表標題 結晶配向性の異なるREBa2Cu3Oy線材の酸素アニール中抵抗率測定における酸素拡散速度の検討
3. 学会等名 第101回低温工学・超電導学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomohiro Ito、 Toranosuke Miwa、 Yusuke Ichino、 Yuji Tsuchiya、 Ataru Ichinose and Yutaka Yoshida
2. 発表標題 Critical Current in the magnetic field of YBa ₂ Cu ₃ O _y Coated Conductors with ultra-thick films fabricated by Vapor-Liquid-Solid growth technique
3. 学会等名 International Conference on Coated Conductors for Applications、 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村太貴、土屋雄司、一野祐亮、一瀬中、吉田隆
2. 発表標題 基板自己抵抗加熱方式を用いて作製したBaHfO ₃ 添加YBa ₂ Cu ₃ O _y 線材における磁束ピンニング特性
3. 学会等名 第101回低温工学・超電導学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村太貴、土屋雄司、一野祐亮、一瀬中、吉田隆
2. 発表標題 基板自己抵抗加熱方式を用いて様々な基板温度で作製したBaHfO ₃ 添加YBa ₂ Cu ₃ O _y 薄膜の磁場中超伝導特性
3. 学会等名 第82回秋季応用物理学学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daiki Yamamura、 Yuji Tsuchiya、 Yusuke Ichino、 Ataru Ichinose and Yutaka Yoshida
2. 発表標題 Isotropic flux pinning properties by fireworks structure of BaHfO ₃ nanorods in YBa ₂ Cu ₃ O _y coated conductors fabricated by pulsed laser deposition with substrate self-heating technique
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂井 蔵、土屋雄司、水野謙一郎、吉田隆
2. 発表標題 高電界におけるREBa ₂ Cu ₃ O ₇ 線材の特性測定に向けた大電流通電試験装置の開発
3. 学会等名 第101回低温工学・超電導学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂井 蔵、土屋雄司、水野謙一郎、吉田隆
2. 発表標題 パルス電流による超伝導線材の臨界電流測定回路を用いた接触抵抗による発熱の低減
3. 学会等名 第102回低温工学・超電導学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 美和虎之介、伊東智寛、土屋雄司、吉田隆
2. 発表標題 Vapor-Liquid-Solid 成長法で作製した厚膜YBa ₂ Cu ₃ O ₇ 線材の磁場中臨界電流.
3. 学会等名 第82回秋季応用物理学学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toranosuke Miwa、 Daiki Ehara、 Tomohiro Ito、 Yuji Tsuchiya、 Yutaka Yoshida、 Yusuke Ichino、 Ataru Ichinose
2. 発表標題 Critical current in the magnetic field of BaHf _{0.3} -doped YBa ₂ Cu ₃ O ₇ coated conductors with ultra-thick films fabricated by Vapor-Liquid-Solid growth technique
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroyuki Yamada, Yuji Tsuchiya, Yutaka Yoshida, Toshiyuki Mito, Yuta Onodera, and Naoki Hirano
2. 発表標題 Conductive micro-paths for current sharing between REBCO tapes in high-Tc superconducting conductors to improve stability
3. 学会等名 The 27th International Conference on Magnet Technology (MT27) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuji Tsuchiya, Shuhei Funaki, Toshinori Ozaki, Masaru Kiuchi, Yutaka Yoshida
2. 発表標題 Magnetization Relaxation by Shielding Current in Commercial REBCO Tapes
3. 学会等名 The 27th International Conference on Magnet Technology (MT27) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuji Tsuchiya, Itsuki Sakai, Kenichiro Mizuno, Yutaka Yoshida
2. 発表標題 Critical current measurement of HTS tapes using pulsed current
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬渡 康德、土屋 雄司
2. 発表標題 磁場侵入長の不均一性による超伝導薄膜の非対称な臨界電流特性
3. 学会等名 2020年第81回応用物理学会秋季学術講演会
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
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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木内 勝,土屋 雄司,伊東 智寛,吉田 隆,尾崎 壽紀,船木 修平
2. 発表標題 人工ピンを添加したYBCO超電導薄膜の臨界電流密度の膜厚依存性
3. 学会等名 2020年度春季第99回 低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋 雄司,船木 修平,木内 勝,尾崎 壽紀,吉田 隆
2. 発表標題 市販REBCO線材における磁化緩和法による永久電流減衰率及び低電界発熱評価
3. 学会等名 2020年度春季第99回 低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋 雄司, 木田 孝則, 鳴海 康雄, 萩原 政幸, 金道 浩一, 吉田 隆
2. 発表標題 パルス強磁場中での市販REBCO線材における臨界電流測定
3. 学会等名 2020年度秋季 第100回 低温工学・超電導学会研究発表会
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-絶縁体転移酸化物薄膜の作製
3. 学会等名 2020年度秋季 第100回 低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuji Tsuchiya, Takanori Kida, Yasuo Narumi, Masayuki Hagiwara, Koichi Kindo, Yutaka Yoshida
2. 発表標題 Critical Current Measurement of Commercial REBCO Coated Conductors under Pulsed High Magnetic Field
3. 学会等名 International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takafumi Yamamoto, Yuji Tsuchiya, Yusuke Ichino, Yutaka 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 International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihito Mizuno, Yuji Tsuchiya, Yusuke Ichino, Ataru Ichinose, Yutaka 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 International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuji Tsuchiya
2. 発表標題 Novel superconducting diodes made of high-temperature superconductors
3. 学会等名 International Association of Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuji Tsuchiya
2. 発表標題 Superconducting properties in REBa ₂ Cu ₃ O _y films in under high magnetic fields
3. 学会等名 Asia Pacific Conference on Research in High Magnetic Field (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋雄司
2. 発表標題 定常磁場の応用と展望
3. 学会等名 強磁場コラボラトリー 2030 シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020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
研究協力者	吉田 隆 (Yoshida Yutaka)	名古屋大学・教授 (13901)	
研究協力者	一野 祐亮 (Ichino Yusuke)	愛知工業大学・教授 (33903)	
研究協力者	淡路 智 (Awaji Satoshi)	東北大学・教授 (11301)	

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
---------	---------