

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13783

研究課題名（和文）一軸ひずみ印加による鉄カルコゲナイドテープ線材の特性制御と強磁場応用への討究

研究課題名（英文）Characteristic control of iron-chalcogenide tapes via uniaxial strain and research for high-field magnet applications

研究代表者

岡田 達典 (Okada, Tatsunori)

東北大学・金属材料研究所・助教

研究者番号：50793775

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）：鉄カルコゲナイドテープ線材に対する一軸ひずみ印加の影響および強磁場応用へのポテンシャルの究明を目的とし、バッファ層付き金属基板上へ成膜したFeSe_{0.5}Te_{0.5}薄膜の強磁場通電特性を調べた。その結果、臨界電流温度T_cが-0.3%の圧縮ひずみから0.3%の伸長ひずみの印加で凡そ線形に変化することを明らかにした。更に、中間層最表面をCeO₂からCaF₂へと変更することで臨界電流特性が向上することを見出した。また、比較対象として測定した銅酸化物テープ線材における臨界電流の一軸ひずみ依存性のモデル化に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉄カルコゲナイド超伝導体FeSe_{1-x}Texは、今後の超伝導線材応用が期待される物質の一つである。本研究によって、外部からの機械的な一軸ひずみ印加や最表面バッファ層の変更により、FeSe_{0.5}Te_{0.5}の超伝導特性・通電特性を改善できることが明らかとなった。この振る舞いを上手く利用することで効率的な通電が可能となるため、産業応用に向けた研究の足掛かりとなる。

また、未解明であった銅酸化物超伝導線材の一軸ひずみ依存性の定量的記述に成功しており、これを用いることで超伝導マグネット設計の精緻化が可能になる。

研究成果の概要（英文）：To clarify the uniaxial strain effect on iron-chalcogenide superconducting tapes and the potential for high-field magnet applications, we investigated critical current characteristics of FeSe_{0.5}Te_{0.5} thin films fabricated on buffered metal substrates. As a results, we elucidated that the critical temperature changes linearly by applying uniaxial strains between -0.3% and +0.3%. We also found that the critical current characteristics can be improved by changing the top-most buffer layer from CeO₂ to CaF₂. In addition, we succeeded in constructing a model that can explain the uniaxial strain dependence of critical current of copper-oxide superconducting tapes, which we investigated for comparison.

研究分野：強磁場超伝導物性

キーワード：鉄カルコゲナイド超伝導体 一軸ひずみ 臨界電流 輸送特性 磁束ピンニング

1. 研究開始当初の背景

超伝導線材を用いた超伝導マグネットは、物性・生命医学などの基礎研究産業や医療・輸送機器などの応用の両面で広く活用されている。しかし、 Nb_3Sn などの低温超伝導線材は使用可能な温度・磁場領域が低いという制約があり、通電特性に優れた希土類系銅酸化物高温超伝導線材は高価、かつ、臨界電流の角度依存性が大きいというマグネット応用に不利な性質を有する。これらの難点から、高温・高磁場で運用でき、安価かつ臨界電流異方性が小さな超伝導線材の開発は重要な課題である。

本研究で着目した鉄カルコゲナイド超伝導体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ は、安価、かつ、ヒ素を含む他の鉄系超伝導線材よりも低毒性である。バルク体に対する研究から、50 T 程度の高い上部臨界磁場を有し、臨界電流異方性と密接に関係する有効質量異方性が小さいことが知られていた。これらの特徴は次世代の強磁場マグネット応用に有利である。臨界温度 T_c が 15 K 程度と比較的低い点がネックポイントであるが、薄膜試料に対する基板からの面内ひずみ印加や静水圧印加によって T_c が向上することが知られている。これらは、線材応用時に外部からひずみを印加することで T_c 値を向上させられる可能性を示している。

上記のように強磁場応用を睨んだ超伝導線材応用が期待される $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ であるが、本研究の開始当初、線材応用を見据えた金属基板上薄膜線材(テープ線材)に関する通電特性は、数例しか報告がなかった。また、マグネット応用時に重要となる面内一軸ひずみによる影響も十分に調べられていなかった。つまり、 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材が、超伝導マグネット応用時に想定される状況で、どのような振舞いを示すのかは未解明であった。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、強磁場下での応用に適性をもつ $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材の強磁場応用に向けた潜在能力の解明・向上を目指す。特に、(1) 薄膜試料で報告された面内圧縮ひずみによる特性向上を応用し、機械的一軸ひずみ印加がもたらす超伝導特性への影響の解明・制御を試みる。また、(2) より高い通電特性の実現を目指し、単結晶基板上薄膜で最も優れた特性が報告されている CaF_2 を最表面バッファ層として使用した $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材の通電特性を評価する。特に通電特性に関しては、広範な温度・磁場・角度条件下で詳細に調べることによって、 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材における磁束ピンニング機構の解明を試みる。

上記の $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材に対する一軸ひずみ依存性および通電特性の系統的測定を通じ、強磁場マグネット応用に向けた $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材のポテンシャルを究明し、今後の線材開発・マグネット応用研究に向けた足がかりを掴むことを目的とする。

3. 研究の方法

研究開始時に想定した方法は以下の通りである。

(1) $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材の作製

希土類系銅酸化物線材に広く使われているバッファ層付き金属基板 (CeO_2 最表面バッファ層、産総研和泉グループより提供) に対し、パルスレーザー堆積法を用いて $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材を作製する(東大大学院総合文化研究科前田研究室による成膜)。より優れた臨界電流特性を得るべく、単結晶基板として最も良い特性が報告されている CaF_2 を最表面バッファ層として利用したテープ線材も用意し、通電特性の変化を探る。

(2) 4点曲げひずみ印加装置を用いた面内一軸ひずみ依存性の評価

既に開発している4点曲げひずみ印加装置を利用し、 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材に対する超伝導特性が圧縮・伸張性の面内一軸ひずみ印加の影響を解明する。

(3) 広範な温度・磁場・角度条件における輸送特性・通電特性の評価

東北大金研強磁場超伝導材料研究センター所有の20T無冷媒超伝導マグネットを用い、(i) 最大19 Tまでの強磁場、(ii) 4.2 K- T_c の温度範囲、(iii) 面直磁場・面内磁場を含む磁場角度における直流電気抵抗測定および臨界電流測定を行ない、磁場中での各種超伝導特性を評価する。

(4) 要素的ピンニング力の数値評価による磁束ピン止め機構の理解

(3) で期待される磁束ピン止め機構を想定し、ピン止め中心がもたらす要素的ピン止め力の数値計算を遂行する。得られた測定データと数値計算結果とを比較することで $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ テープ線材における磁束ピン止め機構を明らかにする。

実際に研究を遂行する過程では、想定外の事態による遅延が生じた反面、予期せぬ研究展開もあった。それらについては、下記の研究成果にて言及する。

4. 研究成果

(1) 4点曲げひずみ印加装置を用いた面内一軸ひずみ依存性の評価

CeO₂を最表面バッファ層にもつ金属基板上に堆積した FeSe_{0.5}Te_{0.5} 薄膜の臨界温度 T_c の一軸ひずみ依存性を調べた結果、図1のように、圧縮ひずみ印加で T_c が向上し、伸張ひずみ印加で T_c が低下する振舞いを観測した。

ゼロ抵抗からの立ち上がり温度 (T_c^{zero}) および常伝導抵抗からの転移開始温度 (T_c^{onset}) は共に一軸ひずみに対しておよそ線形に変化し、基板ひずみを利用した面内ひずみと類似の傾向である。また、磁束ピン止めに関連する T_c^{zero} と、超伝導ゆらぎなどの超伝導特性と関連する T_c^{onset} では異なる傾きで変化しており、一軸ひずみが及ぼす影響が異なることを示唆している。

いずれにせよ、線材応用を考える際に、外部から一軸性の圧縮ひずみを印加することでより高い特性が得られることが本研究にて明らかになった。この結果は、国内学会にて報告済みである。

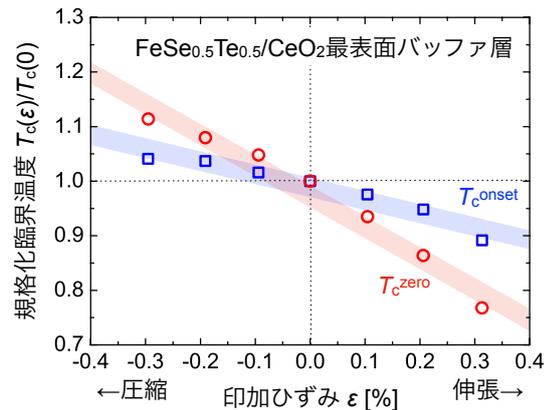


図1: CeO₂最表面バッファ層上への FeSe_{0.5}Te_{0.5} 薄膜における規格化臨界温度の印加ひずみ依存性。

(2) 臨界電流の温度・磁場・角度依存性測定

金属基板の最表面バッファ層として、一般的な CeO₂ を用いた FeSe_{0.5}Te_{0.5} 薄膜と、単結晶基板として最適であることが知られている CaF₂ を用いた FeSe_{0.5}Te_{0.5} 薄膜との臨界電流測定を行なった結果、CaF₂ を最表面バッファ層として用いた方が高い臨界電流値を得られることが分かった。特に低温・高磁場での特性が向上しており、微小なピン止め中心が導入されたことが示唆された。

また、磁束ピンニング機構が反映されるピンニング曲線は、 $(p, q) = (0.8, 2)$ というパラメータでよく表され、ランダムな球状ピンが支配的であることを意味している。興味深い振る舞いとして、CaF₂ 最表面バッファ層上 FeSe_{0.5}Te_{0.5} 薄膜では、低温・低磁場で 90deg. ($B//ab$ 面) 方向で臨界電流が減少する特異な振舞いが見られた (図2)。同様の低磁場での I_c の窪みは数 nm サイズの球状ピンを有する希土類系超伝導線材や (Sr, K)Fe₂As₂ 鉄系超伝導線材でも観測されている。

以上の結果は、CaF₂ 最表面バッファ層上 FeSe_{0.5}Te_{0.5} 薄膜において微小な球状ピンが導入され、それが磁束ピンニングを担っていると考えられることで説明できる。これらの結果の一部は、国内学会および国外研究会にて既に報告しており、2021 年度の国際会議でも報告を予定している。

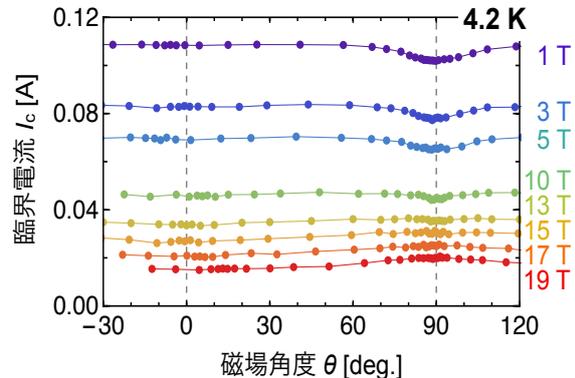


図2: CaF₂最表面バッファ層上の FeSe_{0.5}Te_{0.5} 薄膜における臨界電流の磁場角度依存性。

(3) 球状ピンによる要素的ピン止め力の数値計算

(2) の結果を受け、球状ピンを仮定した要素的ピン止め力の算出を試みた。要素的ピン止め力の計算に通常用いられる近似モデルでは前述した低磁場での窪みを再現できない (図3破線) ことが知られており、本研究では計算コスト低減のための最小限の近似のみとし、数値計算によってより正確な要素的ピン止め力を求めた。その結果、低磁場における I_c の窪みを定性的に再現することに成功した

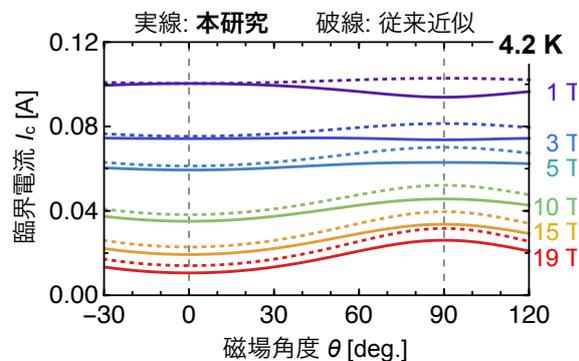


図3: 半径 5 nm の球状ピンによる要素的ピン止め力の計算に基づく、臨界電流の磁場角度依存性の計算。実線が本研究 (数値計算) で、破線が従来使われて来た近似モデルの結果。

(図3実線)。従来の近似モデルでは、過剰な近似のせいで実際の振舞いを掻き消してしまっており、球状ピンによる要素的ピン止め力正しく評価すれば自然に再現できることが明らかとなり、(2)の結果と合わせて、CaF₂最表面バッファ層上FeSe_{0.5}Te_{0.5}薄膜では微小な球状ピンが支配的な磁束ピン止めであることを示唆する結果となった。

この結果の一部は既に国内会議で報告済みであり、2021年度の国際会議では招待講演が予定されている。現在、論文投稿準備中である。

(4) 銅酸化物超伝導線材における一軸ひずみ依存性の解明とその周辺

本研究で着目したFeSe_{0.5}Te_{0.5}テープ線材の比較相手として、希土類系超伝導テープ線材(以下、RZBCO線材)および市販のビスマス系超伝導テープ線材(以下、DI-BSCCO線材)における臨界電流の一軸ひずみ依存性を測定した。

RZBCO線材においては、低磁場領域において、 I_c のピークが伸長・圧縮ひずみの両側に現れるダブルピーク構造の起源が10年来の未解決問題であった。本研究では、ランダムピンおよびc軸相関ピンという2種類の異なるピン止め中心に着目し、それらのピン止め力密度の典型的な温度・磁場依存性を考慮したモデルを構築した。ピン止め力モデルに関わる各種物理量に、身長・圧縮で非対称なひずみ依存性を課すことにより、ダブルピーク構造の有無を再現することに成功した。

更に、高温あるいは室温において、一軸ひずみを印加して数日程度放置することで、RZBCOの面内ドメイン比が変遷していく様子をX線回折測定により明らかにした。この結果は、超伝導コイル応用など、ボビンに巻線した状態で放置すると超伝導線材内部の微細構造が時間変化することを意味しており、コイルの通電特性に与える影響に依っては、コイルの保管方法などを検討する必要があることを示す結果が得られた。

また、DI-BSCCO線材においては、高強度補強材を用いたDI-BSCCO線材の機械強度特性および臨界電流特性は未解明であった。先行研究では、ある程度定性的に理解できるモデルが提案されていたが、低温では破綻することが明らかであったため、本研究では、モデルの刷新を試みた。系統的なひずみ依存性の測定結果とモデル計算の結果を照らし合わせパラメータを微調整することで、 T_c 直下から測定最低温の30 Kまで保証された近似モデルの構築に成功した(図4)。

上記の結果はいずれも国内・国際会議にて報告し、既に査読付き論文として出版済みである。

以上の研究成果(1)-(4)により、鉄カルコゲナイド超伝導線材は最適な最表面バッファ層の使用および外部からの一軸圧縮歪み印加により更なる特性向上が見込めることが明らかとなった。この結果は、鉄カルコゲナイド超伝導線材の強磁場応用に向けた指針の一つとして有用であり、今後更なる基礎研究・工学応用研究の促進が期待される。

また、本研究では磁束ピン止め力の温度・磁場・角度・ひずみ依存性に関する幾つかの理論モデルの構築に成功した。これらのモデルは、鉄カルコゲナイド超伝導線材のみならず、多様な超伝導線材へと拡張できるものであり、磁束ピンニング機構の理解・産業応用促進に向けた通電特性向上指針の立案へと活用できる。

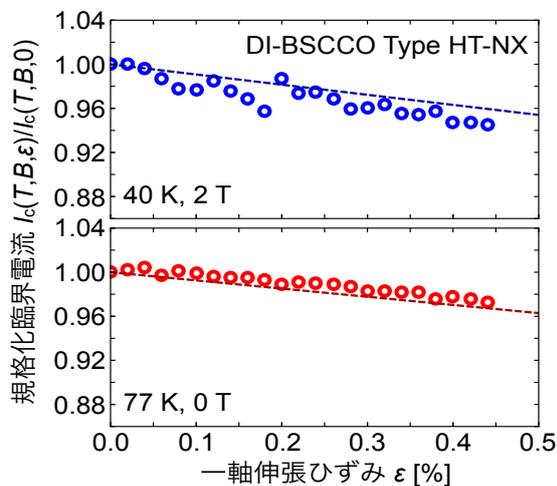


図4: DI-BSCCO Type HT-NX線材における規格化臨界電流の一軸伸張ひずみ依存性。シンボルが測定結果、破線が構築した近似モデルによる計算結果。[T. Okada *et al.*, SuST **34** (2021) 025017. の Fig. 11 の一部を改変したもの]

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 1件）

1. 著者名 Tatsunori Okada, Yoshinori Imai, Kentaro Kitagawa, Kazuyuki Matsubayashi, Masamichi Nakajima, Akira Iyo, Yoshiya Uwatoko, Hiroshi Eisaki, and Atsutaka Maeda	4. 巻 10
2. 論文標題 Superconducting-Gap Anisotropy of Iron Pnictides Investigated via Combinatorial Microwave Measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7064/1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-63304-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Okada Tatsunori, Misaizu Hidenori, Awaji Satoshi, Nakaoka Koichi, Machi Takato, Izumi Teruo, Miura Masashi	4. 巻 29
2. 論文標題 Longitudinal Magnetic Field Effects on (Y,Gd)Ba ₂ Cu ₃ O _{7-x} Coated Conductor With BaHfO ₃ Nanoparticles Fabricated by UTOC-MOD Method	5. 発行年 2019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.2019.2899745	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 Okada Tatsunori, Misaizu Hidenori, Awaji Satoshi	4. 巻 33
2. 論文標題 A possible explanation for double-peak structure in strain dependence of critical current density in REBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} coated conductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 094014/1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6668/aba352	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 Okada Tatsunori, Sakai Kohei, Awaji Satoshi	4. 巻 34
2. 論文標題 Mechanical and critical current characteristics of high-strength (Bi,Pb) ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O _{10+x} tapes under uniaxial tensile strain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 025017/1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6668/abcd2	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 Okada Tatsunori、Misaizu Hidenori、Awaji Satoshi	4. 巻 31
2. 論文標題 In-Plane Domain Control of REBCO Coated Conductors by Annealing Under Bending Strain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 6601006/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2021.3063995	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25件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Tatsunori Okada
2. 発表標題 Critical current characterization of superconducting tapes/wires at HFLSM, IMR, Tohoku Univ.
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Research in High Magnetic Fields (ARHMF2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsunori Okada、Hidenori Misaizu、Satoshi Awaji
2. 発表標題 Consideration on Double-Peak Structure Appeared in Uniaxial Strain Dependence of Critical Current Density of REBCO Coated Conductors
3. 学会等名 第100回 低温工学・超電導学会 秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田達典
2. 発表標題 定常強磁場を用いた高温超伝導線材の磁束ピンニング特性測定
3. 学会等名 低温工学・超電導学会 第三回若手の会セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田達典、淡路智
2. 発表標題 常伝導コアモデルにおけるナノ粒子による要素的ピンニング力の評価 ~特異な角度依存性に着目して~
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝澤和輝、岡田達典、淡路智、色摩直樹、鍋島冬樹、前田京剛、一瀬中、中岡晃一、和泉輝郎
2. 発表標題 中間層最表面にCaF ₂ を用いたFeSe _{1-x} Texコート線材の臨界電流特性
3. 学会等名 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 角浩貴、滝澤和輝、岡田達典、淡路智
2. 発表標題 蒸気拡散法で合成した鉄カルコゲナイド超伝導体膜の磁場中通電特性
3. 学会等名 応用物理学会東北支部 第75回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 滝澤和輝、岡田達典、淡路智、色摩直樹、鍋島冬樹、前田京剛、中岡晃一、和泉輝郎
2. 発表標題 FeSe _{1-x} Texコート線材における臨界温度の一軸ひずみ依存性
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Kohei Sakai, Satoshi Awaji
2. 発表標題 Stress/Strain Dependence of Critical Current in High-Strength Bi2Sr2Ca2Cu3O10+ Tapes
3. 学会等名 Applied Superconductor Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Hidenori Misaizu, Satoshi Awaji
2. 発表標題 In-plane Domain Control of REBCO Coated Conductors by High-Temperature- Bending-Anneal Method
3. 学会等名 Applied Superconductor Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田達典, 美齊津英典, 淡路智
2. 発表標題 REBCOコート線材における臨界電流密度の一軸ひずみ依存性に現れるダブルピーク構造の考察
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsunori OKADA, Hidenori MISAIZU, Satoshi AWAJI
2. 発表標題 A possible explanation for double-peaks structure in strain dependence of J_c of REBCO coated conductors
3. 学会等名 10th ACASC/2nd Asian-ICMC/CSSJ Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsunori OKADA, Shinji FUJITA, Satoshi AWAJI
2. 発表標題 Jc(T,B,) characterization of REBCO coated conductors with 25T-CSM
3. 学会等名 6th France-Japan High Field and HTS Magnet Technology Research Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田達典
2. 発表標題 国際会議報告 EUCAS: HTS材料
3. 学会等名 低温工学・超電導学会第四回冷凍部会例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsunori OKADA, Hidenori MISAIZU, Satoshi AWAJI
2. 発表標題 Pinning Properties of REBCO Coated Conductors with Domains Controlled by High-Temperature-Bending Anneal
3. 学会等名 European Conference on Applied Superconductivity 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsunori OKADA, Satoshi AWAJI, Koichi NAKAOKA, Takato MACHI, Teruo IZUMI, Masashi MIURA
2. 発表標題 Flux Pinning by BHO Nanoparticles under Various Strength and Orientations of Magnetic Fields in REBCO Coated Conductors Fabricated by UTOC-TFA-MOD Method
3. 学会等名 Cryogenic Engineering Conference & International Cryogenic Materials Conference 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田達典
2. 発表標題 高温超伝導線材における面内一軸ひずみ効果 - 金研強磁場センターでの取り組み -
3. 学会等名 低温工学・超電導学会第一回材料研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部峰也、岡田達典、淡路智、石川智也、色摩直樹、鍋島冬樹、前田京剛、中岡晃一、和泉輝郎
2. 発表標題 強磁場応用に向けた鉄カルコゲナイド超伝導体FeSe _{1-x} Texにおける一軸ひずみ依存性の解明
3. 学会等名 応用物理学会東北・北海道支部会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田 達典, 美齊津 英典, 淡路 智, 中岡 晃一, 町 敬人, 和泉 輝 郎, 三浦 正志
2. 発表標題 BHO ナノ粒子を添加した 極薄一回塗布膜厚 MOD-REBCO コー ト線材における縦磁界効果
3. 学会等名 2018年度春季(第96回)低温工学・超電導学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsunori OKADA, Satoshi AWAJI, Koichi NAKAOKA, Takato MACHI, Teruo IZUMI
2. 発表標題 Consideration on angular dependent pinning properties in REBa ₂ Cu ₃ O _y coated conductor containing BaHfO ₃ nanoparticles fabricated by UTOC-TFA-MOD process
3. 学会等名 Coated Conductor for Applications 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsunori OKADA, Hidenori MISAIZU, Satoshi AWAJI, Koichi NAKAOKA, Takato MACHI, Teruo IZUMI, Masashi MIURA
2. 発表標題 Longitudinal Magnetic Field Effects on REBCO Coated Conductors with BHO Nanoparticles Fabricated by UTOC-MOD Method
3. 学会等名 Applied Superconductivity Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田達典、美齊津英典、淡路智、中岡晃一、町敬人、和泉輝郎、三浦正志
2. 発表標題 極薄一回塗布膜厚 MOD-REBCO コート線材における縦磁界効果
3. 学会等名 第26回渦糸物理国内会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田達典
2. 発表標題 BHO ナノ粒子を添加した極薄一回塗布膜厚 TFA-MOD 法 REBCO コート線材の強磁場臨界電流特性
3. 学会等名 2018 年度強磁場研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田達典、美齊津英典、淡路智
2. 発表標題 高温曲げアニールによりドメイン制御したREBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} コート線材の臨界電流特性
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田 達典, 滝澤 和輝, 淡路 智, 鍋島 冬樹, 色摩 直樹, 前田 京剛, 中岡 晃一, 和泉 輝郎, 一瀬 中
2. 発表標題 CaF ₂ 最表面中間層金属基板を用いたFe(Se,Te)コート線材の強磁場臨界電流測定および磁束ピンニング機構の考察
3. 学会等名 第101回 低温工学・超電導学会 春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Junyi Luo, Kazuki Takizawa, Satoshi Awaji
2. 発表標題 Numerical Evaluation of Elementary Pinning Force due to Spherical Pinning Center -Focusing on Anomalous Angular dependence of Critical Current-
3. 学会等名 Cryogenic Engineering Conference & International Cryogenic Materials Conference 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>【アウトリーチ活動】</p> <p>1) 2018年度 岡山県立津山高等学校：東大駒場キャンパス研究室見学会 講師 2019年8月</p> <p>2) 2019年度 岡山県立津山高等学校：東大駒場キャンパス研究室見学会 講師 2019年8月</p> <p>3) 岡山県教育委員会「科学オリンピックへの道セミナー」 講師 2019年12月</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	滝澤 和輝 (TAKIZAWA Kazuki)	東北大学・工学研究科・大学院生 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	美齊津 英典 (MISAIZU Hidenori)	東北大学・工学研究科・大学院生 (11301)	
研究協力者	酒井 康平 (SAKAI Kohei)	東北大学・工学研究科・大学院生 (11301)	
研究協力者	阿部 峰也 (ABE Takaya)	東北大学・工学部・学部生 (11301)	
研究協力者	角 浩貴 (KAKU Hiroki)	東北大学・工学部・学部生 (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