

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K14192

研究課題名（和文）酸素欠損量制御で探る希土類系銅酸化物超伝導線材の縦磁界効果

研究課題名（英文）Longitudinal Magnetic Field Effect in REBCO Tapes Investigated by Oxygen deficiency Control

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） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：市販REBCO線材に酸素欠損を導入し、広範な温度・磁場・角度条件下のJc測定を通じて、酸素欠損がもたらす磁束ピン止めへの影響解明を試みた。その結果、酸素欠損導入により、臨界温度・キャリア密度は減少し、面内コヒーレンス長は大きく、面間コヒーレンス長 c は小さくなる傾向を観測した。また、縦磁場Jcと面内横磁場Jcが互いに近づく挙動を観測したが、 c の減少で固有ピンが効果的となったためと考えられる。更に、Bi2223線材・K-Ba122線材のJc特性を評価し、磁束ピン止めに対する印加ひずみ、粒界・球状ピンの影響の定量的記述に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超伝導線材における縦磁界効果は臨界電流を飛躍的に向上する手段として注目されているが、縦磁界臨界電流に対する人工ピン・酸素欠損の影響は明らかになっていなかった。本研究にて酸素欠損導入による超伝導特性の変化を明らかにした結果、人工ピンの導入や面間コヒーレンス長の縮小などを通じて面内横磁場に対する臨界電流値を向上させることで、超伝導線材の特性を向上できることが示唆された。また、Bi2223線材・K-Ba122線材の臨界電流に対するひずみや粒界・球状ピンの影響を定量記述を実現したことで、マグネット等の設計が容易になる。本研究で得た成果を踏まえた線材設計の最適化により、超伝導線材の特性向上が期待される。

研究成果の概要（英文）：We introduced oxygen deficiency into commercial REBCO tapes and attempted to clarify the effect of oxygen deficiency on flux pinning through Jc measurements under a wide range of temperature, magnetic field, and angular conditions.

We observed that introduction of oxygen deficiency makes the critical temperature and carrier density decreased, the in-plane coherence length increased, and the inter-plane coherence length c decreased. Jc with the longitudinal magnetic field and Jc with the in-plane transverse magnetic field approached each other, which may be caused by the intrinsic pinning which became more effective due to the decrease in c . Furthermore, we evaluated the Jc characteristics of Bi2223 and K-Ba122 tapes and quantitatively described the effects of applied strain, grain boundaries and spherical pinning centers on magnetic flux pinning.

Optimization of tape design based on these results is expected to improve the properties of superconducting tapes.

研究分野：超伝導

キーワード：超伝導 REBCO 臨界電流 磁束ピンニング 銅酸化物超伝導体 鉄系超伝導体 酸素欠損 機械特性

1. 研究開始当初の背景

希土類系銅酸化物超伝導体 $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (以下 $REBCO$ と略) をテープ線材化した $REBCO$ 線材は、医療用 MRI や低損失送電ケーブルなどの産業応用が展開されており、 $REBCO$ 線材の通電特性向上は省エネルギー社会の実現に大きく影響する重要課題である。超伝導線材に流せる最大電流(臨界電流)を向上するには磁束の運動を阻止(磁束ピン止め)する必要があるが、その方策としては、「磁束を捕捉する不純物(人工ピン)の導入」と「電流と磁場を平行にする『縦磁界』の利用」の2つが挙げられる。これまで経験的に人工ピンは縦磁界効果にも有効であることが知られているが、縦磁界効果における臨界電流の決定機構は未解明であり、どのような人工ピンを導入すれば臨界電流を効率的に向上できるのか不明であった。縦磁界効果に対する人工ピンの寄与を解明するには、人工ピンの形状や磁束ピン止めの強さが異なる $REBCO$ 線材に対する体系的研究が必要である。この実現により、通電特性の向上を効率的に推進でき、縦磁界送電ケーブルの研究・開発が加速すると期待される。

2. 研究の目的

上記に基づき、人工ピンの形状や分布を変えずに磁束ピン止めの強さを変えた $REBCO$ 線材に対する臨界電流特性を評価し、その磁束ピン止め機構の解明を通じて、縦磁界送電ケーブルの通電特性向上に向けた人工ピン導入戦略の立案繋げることを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

上記の目的を達成する手法として、 $REBCO$ の臨界温度 T_c が酸素欠損量に応じて変化する点に着目した。本研究の申請当初に計画した具体的な実施項目は以下の通りである。但し、項目番号は後述の研究成果欄に対応させた。

(1-①) 種々の人工ピンが導入された $REBCO$ 線材に対して、還元雰囲気での熱処理(還元アニール)を施し、酸素欠損量を制御することで、人工ピンの寄与を系統的に変化させる。結晶構造や磁場中輸送特性の変化を広範な温度・磁場範囲で評価する。

(1-②) 還元熱処理した $REBCO$ 線材に対して、臨界電流の温度・磁場依存性を詳細に測定し、磁束ピン止めに対する酸素欠損導入の影響を解明する。

(2) 点接触分光法により、磁束ピン止めに関与する凝縮エネルギーの温度・磁場・角度依存性を評価する。

これらの研究開始当初に計画した研究方法に加え、研究遂行過程で想起した研究項目として、 $REBCO$ 線材と並び超伝導線材応用に適した Bi 系銅酸化物線材 $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ (以下、Bi2223 線材) および鉄ヒ化物線材 $(Ba,K)Fe_2As_2$ (以下、K-Ba122 線材) の臨界電流に対するひずみ印加の影響についても調査した。

4. 研究成果

(1) $REBCO$ 線材における酸素欠損導入の影響

窒素雰囲気でのアニール処理により、市販の $REBCO$ 線材へと酸素欠損を導入した。X 線解説測定で格子定数の変化を評価し、還元アニールを施すことで、超伝導を示す直方晶から非超伝導性の正方晶へと系統的に変化する様子を確認した。また、Hall 抵抗測定でキャリア密度の変化も評価した。キャリア密度の系統的な減少を観測でき、酸素欠損導入で期待される振る舞いと定性的に整合する結果が得られたが、定量性改善のために測定精度の向上が必要である。

①還元アニールによる超伝導特性および面直磁場臨界電流特性の変化

図1は as-received および還元アニールを施した SuNAM 社製 GdBCO 線材の磁場中電気抵抗測定から評価した面直磁場に対する上部臨界磁場 B_{c2} および不可逆磁場 B_{irr} の変遷を示したものである。還元アニール処理により、超伝導領域が低温・低磁場側へシフトする様子が見える。酸素欠損導入試料ほど $B_{c2}(\parallel c)$ および $B_{c2}(\parallel ab)$ は低下したが、異方性 $B_{c2}(\parallel ab)/B_{c2}(\parallel c) = \xi_{ab}/\xi_c$ は若干増大する傾向にあり、面内コヒーレンス長 ξ_{ab} の増大が面間コヒーレンス長 ξ_c の変化に比べて顕著となるのがわかった。同様の傾向は Fujikura 社の GdBCO 線材、SuperPower 社の (Y,Gd)BCO 線材でも確認した。

次いで、測定した臨界電流から求めたピンニ

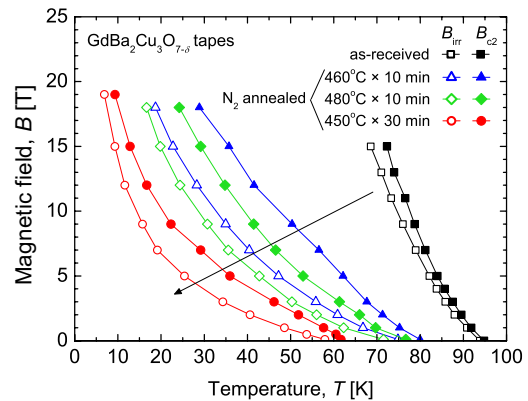


図1: as-received および還元アニールした GdBCO 線材における不可逆磁場 B_{irr} と上部臨界磁場 B_{c2} の温度依存性。

ング密度の面直磁場依存性 $F_p(B) = J_c(B)B$ を図2で比較した。実線はピン止め特性を反映する Dew-Hughes の式 $F_p(T, B) / F_p^{\max}(T) = [B/B_p(T)]^p [1 + p/q - pB/qB_p(T)]^q$ でフィットした結果である。

as-received 試料は温度に応じて異なる磁束ピン止め曲線に従っており、磁束ピン止め機構を反映する p 値は低温で 0.2 程度であった。これは「球状ピン ($p = 0.5$ 程度)」や「柱状ピン ($p = 1$ 程度)」などの単一種類の磁束ピン止めサイトが支配している場合に期待される p 値よりも小さく、低磁場領域のみで有効な磁束ピン止め機構 (例えば、双晶境界などの少数の面状ピン) が影響していると考えられる。

還元アニール試料では、異なる温度における磁束ピン止め曲線が同一曲線に従う温度スケールリングが見られ、全ての温度範囲で同一の磁束ピン止め機構が支配的であることを示唆している。具体的には、 p 値が 0.5 に近い $T_c = 60$ K 試料では球状ピンが支配的であると考えられる。酸素欠損を更に導入した $T_c = 50$ K 試料では $p = 1.4$ となり、球状ピン ($p = 0.5$ 程度) や柱状ピン ($p = 1$ 程度) で期待される値よりも大きい。酸素欠損以外の不純物を殆ど含まない NdBCO 単結晶において大きな p 値 ($p = 1.5$) が報告[A.K. Pradhan *et al.*, Phys. Rev. B, **58** (1998) 9498.] されており、導入された酸素欠損が磁束ピン止めサイトとして機能していると考えられる。

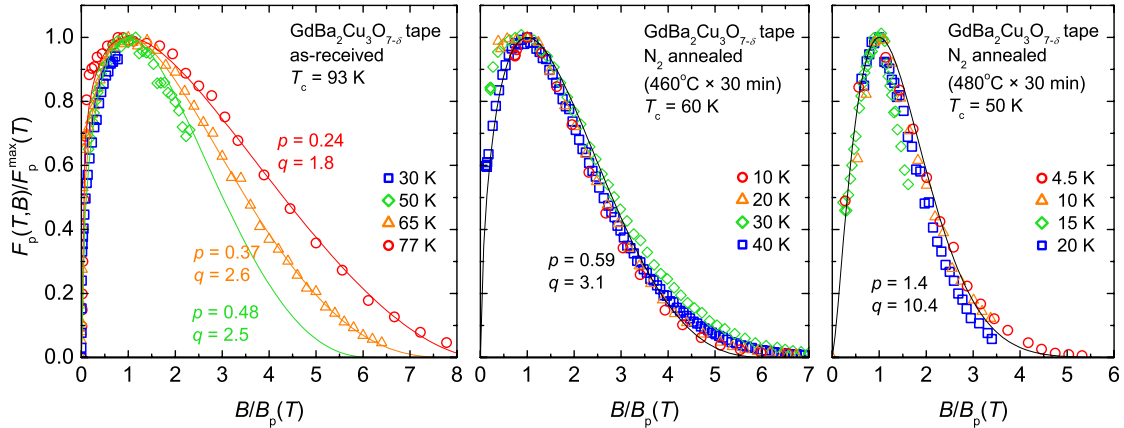


図2: as-received および還元アニールした GdBCO 線材における磁束ピン止め曲線。

②縦磁場臨界電流特性

図3に縦磁場配置および面内横磁場配置で測定した臨界電流密度の磁場依存性を示した。いずれの試料・温度においても $J_c(\text{縦磁場}) > J_c(\text{面内横磁場})$ の傾向にあり、縦磁場配置の利用で通電電流を向上できる。また磁束ピン止め機構としては、縦磁場配置の特徴である面内旋回運動に対するピン止めが磁束フローを抑制していると考えられる。

磁束がほとんどしないゼロ磁場極限で $J_c(\text{縦磁場}) = J_c(\text{面内横磁場})$ となる他、高磁場領域でも $J_c(\text{縦磁場})/J_c(\text{面内横磁場})$ 比が 1 に近づく傾向が見られる。これらは、縦磁場配置における磁束ピン止め機構として、縦磁場配置・面内横磁場配置に共通する面間並進運動に対するピン止めが磁束フロー抵抗の決定因子になっていると考えられる。特に、酸素欠損試料ほど、より高い $J_c(\text{面内横磁場})$ で $J_c(\text{縦磁場})/J_c(\text{面内横磁場})$ 比が 1 に近く傾向が見られ、(i) 酸素欠損が並進運動に対するピン止めサイトとして働いた可能性と

(ii) 酸素欠損導入で異方性が増し、 ξ_c が小さくなることで固有ピンがより有効に機能した可能性が考えられる。

上記のような、低磁場から高磁場に亘って、臨界電流値を規定する機構が、面間並進運動 → 面内旋回運動 → 面間並進運動と変遷する描像はこれまでになく、今後より詳細な実験と理論解析が必要である。

これらの成果の一部は、応用物理学会にて報告済みである。残念ながら、福島沖地震 (2022年3月16日発生) に起因するマグネットの損傷で 25T 無冷媒超伝導マグネットが、また給電用

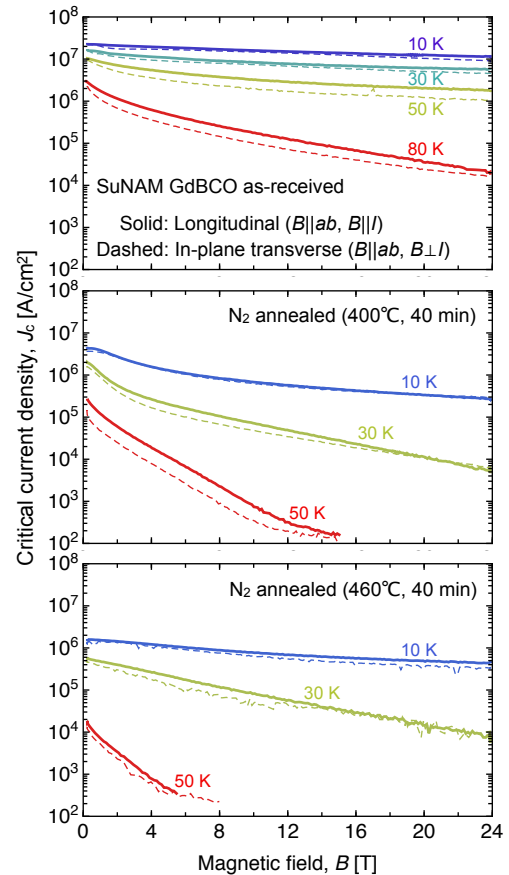


図3: as-received および還元アニールした GdBCO 線材における縦磁場 J_c (実線) と面内横磁場 J_c (破線) の磁場依存性。

電源の不調により 20T 無冷媒超伝導マグネットが、それぞれ長期メンテナンスとなったため、異なるピン止め特性を持つ REBCO 線材に対する系統的な測定は実施できなかった。マグネットの復旧後、異なる人工ピンを持つ REBCO 線材に対する測定を遂行し、縦磁場効果に対する人工ピンの影響を追究したい。

(2)点接触分光法を用いた希土類系銅酸化物線材の超伝導凝縮エネルギーの評価

3Dプリンタによる治具加工とコンタクトピンを用いた簡易的な点接触機構を作製し、金研強磁場センターにて開発・運用している 25T (20T) 無冷媒超伝導マグネット・He ガスフロー型クライオスタット・一軸回転プローブと組み合わせ、磁場 0.2-25 T (0.1-19 T), 温度 4.2-300 K、角度幅 150deg. という広範な温度・磁場・角度条件での点接触分光測定系を構築した。

点接触分光測定で得た as-received の GdBCO 線材における微分コンダクタンススペクトルを図 4 に示す。20T 無冷媒超伝導マグネットの残留磁場 ~ 0.1 T が c 軸方向にかかっているが、10 K において超伝導ギャップ Δ の発達に由来する微分コンダクタンス $G(V < 20$ mV) の低下が明確に見え、温度上昇に伴い、微分コンダクタンスの低下領域が狭まる様子も確認できる。

超伝導線材では単結晶試料に比べて disorder が多いことから、超伝導-金属界面のトンネル電流を表した Blonder-Tinkham-Klapwijk のモデルに非弾性散乱を取り入れた修正 BTK モデル[A. Plecenik *et al.*, Phys. Rev. B, **49** (1994) 10016.]で解析した。フィッティング結果を図 4 中に破線で示しており、実験データとよくフィットしている。フィッティングで得た超伝導ギャップの温度依存性 $\Delta(T)$ は、銅酸化物超伝導体で期待される $d_{x^2-y^2}$ 波超伝導で期待される $\Delta(T)$ とよく整合し、絶対値 $|\Delta(0\text{ K})| = 21$ meV は YBCO 単結晶における走査型トンネル分光の結果 $|\Delta(4.2\text{ K})| = 20$ meV と同程度である。簡便な装置ながら REBCO 線材の超伝導ギャップを十分に評価できた。

残念ながら、上述の通り福島沖地震の影響で強磁場中での系統的な測定を実施できなかったため、各マグネットの復旧後に詳細な測定を継続する予定である。

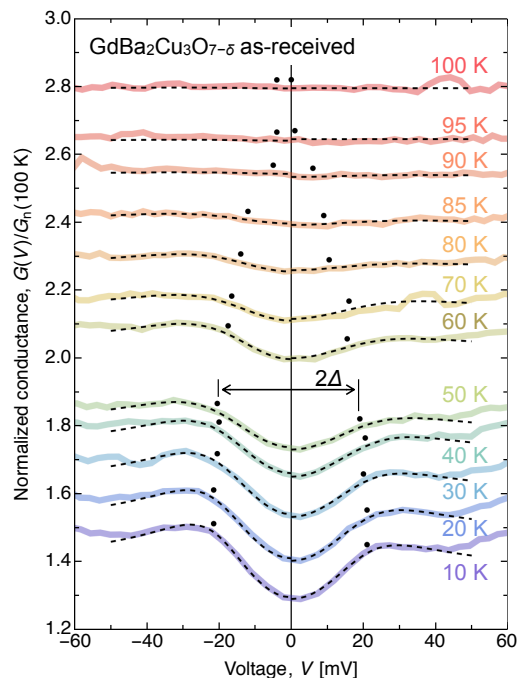


図 4: as-received GdBCO 線材の微分コンダクタンススペクトル ($B \parallel c = 0.1$ T)。可視性のため縦軸方向にシフトしてある。破線は修正 BTK モデルによるフィッティング結果、黒丸は得られた Δ を表す。

(3)Bi2223 線材における臨界電流のひずみ特性

Bi2223 線材は、REBCO 線材に先駆けて産業応用が進んだ銅酸化物超伝導線材であり、高い臨界電流 I_c と優れた機械特性を有するが、近年の 30 T 超級の強磁場マグネット開発に際しては、印加される伸長ひずみに対する I_c の可逆限界値 (不可逆ひずみ) および線材の機械強度の指標であるヤング率の向上が必要である。これらの機械特性は REBCO 線材の産業応用においてもしばしば問題となる点であるため、本研究の主ターゲットである REBCO 線材の比較対象として Bi2223 線材は最適である。

本研究では、(i) ヤング率向上のための Ni 補強合金の厚膜化と (ii) 不可逆ひずみ増大のため異なる予張力 (圧縮予ひずみ) を印加した高強度 Bi2223 線材 (DI-BSCCO Type HT-NX100) を住友電工社より提供していただき、応力-ひずみ特性と臨界電流のひずみ依存性を測定した。

その結果、Ni 補強合金を既製品の 30 μm から約 100 μm へ厚くすることで、低温 40 K のヤング率が 109 GPa から 148 GPa へと増大した。こ

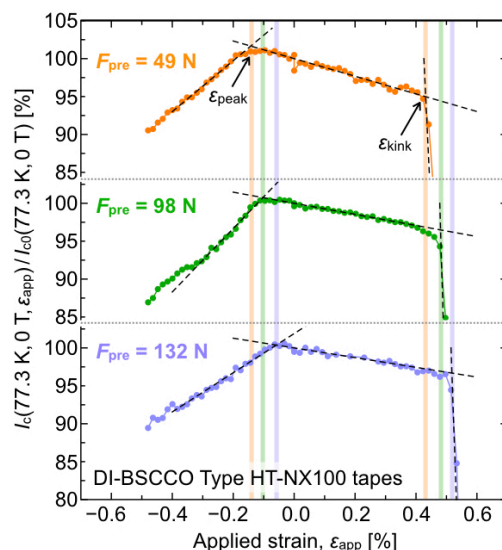


図 5: 異なる予張力 F_{pre} が印加された DI-BSCCO Type HT-NX100 線材における I_c のひずみ依存性

の結果は、ヤング率に対する混合則と整合しており、Ni合金の厚幕化が有効であることが示された。一方、不可逆ひずみに関しては、圧縮予ひずみが大きな試料ほど、不可逆伸長ひずみ ϵ_{irr}^T ・不可逆圧縮ひずみ ϵ_{irr}^C が伸長側へ移動した。この際、可逆ひずみ幅 $|\epsilon_{irr}^T - \epsilon_{irr}^C|$ はおよそ一定であり、印加された圧縮予ひずみを補償する分、伸長ひずみ側へ平行移動したと考えられる。

更に、Bi2223 フィラメント内に発生する局所損傷の統計を取り入れた数理モデルを構築し、不可逆領域で観測された I_c 低下の挙動を定量的に再現できた。

これらの結果は国内外の学会での発表を行ない、学術論文[D. Kobayashi, T. Okada, S. Awaji, IEEE-Trans. Appl. Supercond., **32** (2022) 6400105., T. Okada *et al.*, Supercond. Sci. Technol., **36** (2023) 014002.]として出版済みである。

(4) K-Ba122 線材の臨界電流特性

鉄系超伝導体は銅酸化物超伝導体に次ぐ優れた超伝導特性を有し、K-Ba122 線材は低温で産業応用の目安となる 10^5 A/cm² の臨界電流密度を実現し、長尺化が進められている注目の超伝導線材である。また、REBCO 線材に導入されたナノ粒子と同程度の大きさ (半径~5 nm) を持つ、球状のピン止め中心が確認されており、REBCO 線材におけるピン止め機構の比較対象として適している。

本研究では、中国科学院の Ma グループより Ag シース K-Ba122 7 芯線材を提供いただき、低温・強磁場における臨界電流測定を行なった。

その結果、約 8 T 以下の低磁場において、増磁過程と減磁過程で I_c にヒステリシスが現れた (図 6)。また、角度依存性に関しても順方向回転 ($\theta = -30\text{deg.} \rightarrow 120\text{deg.}$) と逆方向回転 ($\theta = 120\text{deg.} \rightarrow -30\text{deg.}$) で I_c がヒステリシスを示すことを見出した。

K-Ba122 で期待される球状のピン止め中心を想定し、要素的ピン止め力の角度依存性およびそこから期待される臨界電流の角度依存性を計算した結果、ヒステリシスの背後にある $I_c(\theta)$ (順方向回転と逆方向回転の I_c の平均値と近似) と計算した $I_c(\theta)$ が定性的によく一致した。

すなわち、結晶粒界の影響と考えられるヒステリシスの背景にある結晶粒内の磁束ピン止め特性は、K-Ba122 の合成過程で生じる球状ピンによって支配されていると考えられる。結晶粒界の抑制と球状ピンの積極的な導入が更なる特性向上の鍵と言える。

これらの結果は、国内外学会での発表の他、学術論文[J. Luo, T. Okada *et al.*, IEEE-Trans. Appl. Supercond., **33** (2023) 8200405.]として出版済みである。

今後は、上記の本研究で得られた REBCO 線材、Bi2223 線材、K-Ba122 線材の I_c 特性に関する知見を深掘り・高精度化し、超伝導線材の産業応用に向けた特性制御に繋げる。

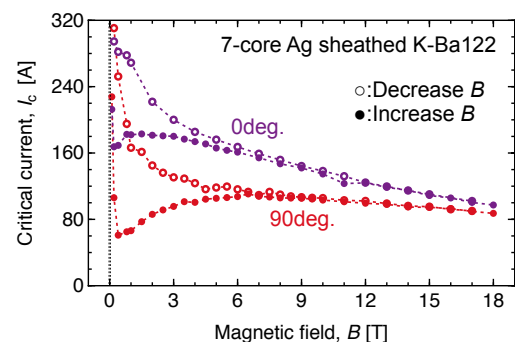


図 6 : Ag シース K-Ba122 線材の 0deg. ($B \perp$ テープ面) および 90deg. ($B \parallel$ テープ面) における I_c の磁場依存性。低磁場で磁場ヒステリシスが生じ、約 8 T で消失する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Okada Tatsunori, Imai Yoshinori, Urata Takahiro, Tanabe Yoichi, Tanigaki Katsumi, Maeda Atsutaka	4. 巻 90
2. 論文標題 Electronic States and Energy Dissipations of Vortex Core in Pure FeSe Single Crystals Investigated by Microwave Surface Impedance Measurements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 094704/1~7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.90.094704	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 Kobayashi Daichi, Okada Tatsunori, Awaji Satoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 High-Field Critical Current Properties of (Bi,Pb)2Sr2Ca2Cu3Oy Filaments	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 6400105/1~5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TASC.2021.3129727	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, Kobayashi Daichi, Sakai Kohei, Awaji Satoshi, Kikuchi Masashi, Kato Takeshi	4. 巻 36
2. 論文標題 Mechanical and critical current characteristics of high-strength Bi2Sr2Ca2Cu3O10+ multi-filamentary tapes reinforced with thicker Ni-alloy laminations with various pre-tensions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 014002/1~13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6668/aca435	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 Luo Junyi, Okada Tatsunori, Awaji Satoshi, Liu Cong, Ma Yanwei	4. 巻 33
2. 論文標題 Flux Pinning Properties of 7-Filament Cu/Ag-Sheathed Ba1-xKxFe2As2 Tapes at 4.2 K	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 8200405/1~5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/tasc.2023.3263331	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 該当する

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 12件）

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 "CaF2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

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Kazuki Takizawa, Satoshi Awaji, Fuyuki Nabeshima, Naoki Shikama, Atsutaka Maeda, Koichi Nakaoka, Takato Machi, Teruo Izumi, Ataru Ichinose
2. 発表標題 "High-field critical current properties of FeSe _{1-x} Te _x coated conductors"
3. 学会等名 European Conference on Applied Superconductivity 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田達典, 淡路智
2. 発表標題 "常伝導コア近似に基づく有限長さの柱状ピンによる要素的ピンニング力の評価"
3. 学会等名 第82回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Satoshi Awaji
2. 発表標題 "Angular Dependence of Elementary Pinning Force Evaluated by Numerical Calculation Based on Normal-Core Approximation"
3. 学会等名 Coated Conductor for Applications 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村啓太, 岡田 達典, 淡路 智
2. 発表標題 "20 T級の強磁場下における超伝導ギャップ評価を目的とした点接触分光装置の開発"
3. 学会等名 第76回 応用物理学会東北支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsunori Okada and Satoshi Awaji
2. 発表標題 "Numerical Evaluation of Elementary Pinning Force due to Spherical Pinning Center within Normal-Core Approximation"
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junyi Luo, Tatsunori Okada, Takumi Suzuki, Satoshi Awaji, He Huang, Xianping Zhang, Yanwei Ma
2. 発表標題 "Hysteresis Behaviors in Magnetic Field and Angular Dependences of Critical Current of Ba1-xKxFe2As2 tapes"
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田 達典, 木村啓太, 淡路 智
2. 発表標題 "20 T超の強磁場における超伝導ギャップ測定を狙った点接触分光装置の開発"
3. 学会等名 第4回 低温工学・超伝導学会 若手の会セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田 達典, 淡路 智
2. 発表標題 "有限長柱状ピンによる要素的ピン止め力の評価-柱状ピンの偏角を考慮した計算-"
3. 学会等名 第69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 日景 大雅, 岡田 達典, 淡路 智
2. 発表標題 "還元アニールで酸素欠損を導入したREBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} コート線材における縦磁場臨界電流特性"
3. 学会等名 第69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 小林 大地, 岡田 達典, 淡路 智
2. 発表標題 "(Bi,Pb) ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O _y フィラメントの強磁場臨界電流特性"
3. 学会等名 第69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 Daichi Kobayashi, Tatsunori Okada, Satoshi Awaji
2. 発表標題 "High-field critical current properties of Bi2Sr2Ca2Cu3Oy high-temperature superconducting filaments"
3. 学会等名 European Conference on Applied Superconductivity 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Satoshi Awaji
2. 発表標題 Numerical Evaluation of Elementary Pinning Force due to Segmented Nano-Rods within Normal-Core Approximation
3. 学会等名 Applied Superconductivity Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Hidenori Misaizu, Satoshi Awaji
2. 発表標題 A Possible Origin of Double-Peak Structure in strain dependence of critical current of REBCO Coated Conductors
3. 学会等名 2022 MEM & HTS4 Fusion Conductor workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Daichi Kobayashi, Kohei Sakai, Satoshi Awaji, Masashi Kikuchi, Takeshi Kato
2. 発表標題 Bending Strain Dependence of I_c in High-Strength Bi2223 Tapes Reinforced with 100- μ m-thick Ni-alloy with Various Pre-tensions
3. 学会等名 2022 MEM & HTS4 Fusion Conductor workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田達典, 小林大地, 酒井康平, 淡路智, 菊池正志, 加藤武志
2. 発表標題 Pre-tensionを変えた高強度Bi2223線材における臨界電流-曲げひずみ特性
3. 学会等名 第103回 低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junyi Luo, Tatsunori Okada, Satoshi Awaji, Cong Liu, Yanwei Ma
2. 発表標題 Flux pinning properties without hysteresis in the Cu/Ag-sheathed Ba1-xKxFe2As2 tapes at 4.2 K
3. 学会等名 Applied Superconductivity Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田達典, Junyi Luo, 淡路智, Cong Liu, Yanwei Ma
2. 発表標題 Pinning Properties in Cu/Ag-Sheathed Multi-Filamentary Ba1-xKxFe2As2 tapes
3. 学会等名 第28回 渦糸物理国内会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Daichi Kobayashi, Kohei Sakai, Satoshi Awaji, Masashi Kikuchi, Takeshi Kato
2. 発表標題 Bending strain dependence of I_c in high-strength Bi2223 tapes
3. 学会等名 7th French-Japanese High Field & HTS Magnet Technology Research Collaboration Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田達典、淡路智
2. 発表標題 強磁場マグネットの電磁場分布に基づく人工ピンによるIcの角度依存性の考察
3. 学会等名 第105回 低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tatsunori Okada, Satoshi Awaji
2. 発表標題 Numerical evaluation on angular dependence of Jc in REBCO coated conductors due to spherical pins and columnar pins
3. 学会等名 2023 Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

[受賞] 岡田達典、2021年度 国際交流奨励賞、"Consideration on Double-Peak Structure Appeared in Uniaxial Strain Dependence of Critical Current Density of REBCO Coated Conductors"、低温工学・超電導学会
[受賞] 岡田達典、2022年度 奨励賞、低温工学・超電導学会

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	淡路 智	東北大学・金属材料研究所・教授	
	(Awaji Satoshi) (10222770)	 (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	ラ ケンイ (Luo Junyi)	東北大学・工学研究科・大学院生 (11301)	
研究協力者	小林 大地 (Kobayashi Daichi)	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	木村 啓太 (Kimura Keita)	東北大学・工学部・学部生 (11301)	
研究協力者	日景 大雅 (Hikage Taiga)	東北大学・工学研究科・大学院生 (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			
中国	中国科学院			