

令和 5 年 4 月 7 日現在

機関番号：37102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04474

研究課題名(和文) 不連続ナノ線状欠陥のハイブリッドピン止めによる高性能高温超伝導薄膜の創成

研究課題名(英文) Innovation of advanced functional high-Tc superconducting thin films by using discontinuous nano-scale linear defects

研究代表者

末吉 哲郎 (Sueyoshi, Tetsuro)

九州産業大学・理工学部・准教授

研究者番号：20315287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：異方的な結晶構造をもつ高温超伝導体に対して、c軸方向に短尺の線状欠陥を形成できる80 MeVのXeイオンを用いて、c軸に対する照射角度を系統的に変えることで、短尺の線状欠陥から連続的な線状欠陥へと、照射方向によって線状欠陥の連続性が変わることを初めて明らかにした。また、異なるイオンビームを用いて長さの異なる線状欠陥を高温超伝導薄膜のc軸方向に導入し、(1) 磁束クリープに対する線状欠陥の長さの直接的な影響、および(2) 線状欠陥の長さや照射量によって線状欠陥の体積分率を制御することで、臨界電流密度 $J_c$ に対する長さの異なる線状欠陥の体積分率の影響を系統的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、異方的な結晶構造をもつ高温超伝導体においては、イオンビームの照射方向によって短尺状から連続な形状へと線状欠陥の連続性が変わることを、同一のイオンビームを用いて照射角度を変えて系統的に断面TEM観察することで、初めて明らかにした。また、イオン種、エネルギーの制御により、短尺状から連続な形状の線状欠陥を系統的に導入した高温超伝導薄膜を用いることで、磁束クリープに対する線状欠陥の短尺化の直接的な影響を明らかにした。以上の結果は、高温超伝導体の高 $J_c$ 化に対して重イオンビームは、さらに高い自由度でピン止め点を導入できることを示し、その中で線状欠陥の短尺化が鍵であることを示唆している。

研究成果の概要(英文)：We demonstrated the crossover from discontinuous columnar defects (CDs) to continuous ones depending on the irradiation angle of the same ion beam in high-Tc superconductors with anisotropic crystalline structure for the first time, by using 80 MeV Xe ion irradiation, which was capable of the formation of discontinuous CDs in the c-axis direction. In addition, the systematic introduction of CDs with different lengths to high-Tc superconducting films by using different ion beams revealed a new finding for the thermal relaxation of critical current density  $J_c$ : the segmentation of CDs further suppresses the relaxation rate at lower temperature. Furthermore, systematic studies for volume fractions of CDs controlled by their length and the irradiation fluence enabled us to find the influence of the volume fraction of CDs with different morphologies on  $J_c$ , which can be one of key factors to provide the breakthrough in the improvement of in-field  $J_c$ .

研究分野：電子材料工学

キーワード：高温超伝導体 臨界電流密度 磁束ピンニング イオン照射

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

低炭素化かつ高効率なエネルギー利用を可能とする超伝導応用を促進していくためには、高い臨界電流密度  $J_c$  (電気抵抗零で流せる電流密度の最大値) を、広範囲の磁場 ( $B$ ) 方向で維持できる高機能な高温超伝導線材の開発が求められる。磁場中の  $J_c$  の改善には、超伝導体中に生じる量子化磁束の運動を阻止するピン止め点であるナノサイズの格子欠陥や不純物の人工的な導入が用いられる。これと同時に、高温超伝導体の結晶構造の異方性から生じる  $J_c$  の異方性 ( $ab$  面方向の磁場で  $J_c$  が高く、 $c$  軸方向で低い) も改善するような、ピン止め点を高温超伝導体中にデザインして導入する必要がある。

希土類系高温超伝導体  $REBa_2Cu_3O_y$  (RE: 希土類元素) の高  $J_c$  化を図る際に、現在用いられている主なピン止め点は、 $c$  軸方向に沿った線状のナノ結晶欠陥 (1次元ピン) とナノ粒子 (3次元ピン) である。ただし、 $c$  軸方向の磁場で実用レベルの  $J_c$  値を実現する線状欠陥の導入では  $ab$  面方向の磁場での  $J_c$  値の増加が見込めず“置き去り”になっており、また、全磁場方向の高  $J_c$  化を図ったピン止め点導入 (高密度の3次元ピン導入 or 1次元ピン + 3次元ピンの組合せ) では、超伝導領域に対する体積分率の増加により、期待ほどの  $J_c$  の絶対値の増加を得られず、現在高  $J_c$  化は、理論的限界値である対破壊電流密度に対して 20% 前後にとどまっており、現在“頭打ち”の状況にある。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、高温超伝導体の高  $J_c$  化を実現する新規ピン止め点として、(a) 1次元ピン (= 強いピン力) と 3次元ピン (= 等方的なピン力) の両利点と (b) 高密度の導入においても超伝導領域を確保可能な低い体積分率を期待できる短尺状の線状欠陥 (不連続な線状欠陥) について、長さや間隔、導入角度、導入量を制御できる重イオンビームを用いて、現在のピン止め点導入による  $J_c$  増加の頭打ちを解消し、 $c$  軸、 $ab$  面の両磁場方向で同時に現行の  $J_c$  値 (ex. 3 MA/cm<sup>2</sup> @ 1 T) を超える磁束ピン止め構造を有する高機能高温超伝導薄膜の設計指針を明らかにすることである。本研究期間においては、(1) 高温超伝導体の高  $J_c$  化に期待できる短尺状の線状欠陥から成るピン止め構造を重イオンビームを用いて試料中に任意にデザインするために、高温超伝導体特有の異方的な結晶構造において照射角度を変えたときの照射欠陥の構造を明らかにする、また、(2) イオン種・照射エネルギーの異なる重イオンビームを用いることで、高温超伝導体中に形成される線状欠陥の長さや導入量を制御し、長さの異なる線状欠陥のピン止め特性を広いレンジで系統的に洗い直し、 $J_c$  の絶対値を飛躍的に増加するピン止め構造の糸口を探る。

### 3. 研究の方法

(1) 照射試料には、フジクラ製の  $GdBa_2Cu_3O_y$  テープ線材 (5 cm 幅、膜厚 2.2  $\mu$ m、臨界電流  $I_c = 280$  A) を用いて、照射方向に対する観察が明確になるようにフォトリソグラフィにより長さ 1 mm、幅約 40  $\mu$ m のブリッジ状に加工した。  $GdBa_2Cu_3O_y$  超伝導体の  $c$  軸方向に短尺状の線状欠陥を形成できる 80 MeV の Xe イオンを用いた照射は、原子力機構のタンデム加速器において行った。 $c$  軸方向に形成される照射欠陥と直接比較できるように、同一試料において  $c$  軸方向と  $c$  軸に対して  $\pm\theta$  ( $= 20^\circ, 45^\circ, 85^\circ$ ) の 3 つの角度で照射を行った。各方向の照射量は、 $2.42 \times 10^{10}$  ions/cm<sup>2</sup> (マッチング磁場  $B_\phi = 0.5$  T: 試料中に生じる量子化磁束と照射欠陥の密度が一致する磁場) である。照射欠陥の微細構造の観察は、透過型電子顕微鏡 (TEM) によって試料の断面観察を通して行った。

(2) 照射試料には、Ceraco 社の  $NdBa_2Cu_3O_y$  薄膜 (仕様: 膜厚 400 nm、超伝導転移温度  $T_c \sim 93.5$  K、零磁界の臨界電流密度  $J_{c0}$  (77 K)  $\sim 4.5$  MA/cm<sup>2</sup>) を用いた。重イオン照射は、原子力機構のタンデム加速器において行った。ビーム種は、連続な柱状欠陥を形成可能な 200 MeV Xe、および断続的な短尺の柱状欠陥を形成する 80 MeV Xe、さらに短く、球状に近い形状の照射欠陥をイオンパスに沿って形成する 50 MeV Kr を用いた。照射方向は、膜面に垂直すなわち試料の  $c$  軸方向に平行で、照射量は  $7.26 \times 10^{10} \sim 7.26 \times 10^{11}$  ions/cm<sup>2</sup> (マッチング磁場  $B_\phi = 1.5$  T  $\sim 15$  T) にて行った。 $J_c$  の磁場依存性と緩和特性の測定は、SQUID 磁束計を用いて  $c$  軸方向の磁場において評価した。

### 4. 研究成果

(1) 図 1 (a) に、 $GdBa_2Cu_3O_y$  テープ線材の膜面の法線方向 ( $c$  軸方向) に対して  $\theta_i = 0^\circ, \pm 20^\circ$  の角度で照射した試料の断面 TEM 像を示す。試料表面付近では、 $c$  軸方向に沿って、長さが 30-140 nm、間隔が 20-30 nm、径が 3-5 nm の不連続な構造の柱状欠陥の形成を確認できる。高温超伝導体における柱状欠陥の形状は、イオン照射時の電子的阻止能  $S_e$  の値に影響され、不連続な構造の柱状欠陥の形成は、80 MeV Xe イオン照射での  $S_e \sim 20$  keV/nm と比較的低い値に起因する。この値とほぼ同等の  $S_e$  を示す 74 MeV Ag イオン照射においても、同じ希土類系の高温超伝導体である  $YBa_2Cu_3O_y$  線材において  $c$  軸方向に不連続な柱状欠陥の形成が報告されている。一方、照射角度が  $c$  軸から  $20^\circ$  傾くと、試料表面から約 1  $\mu$ m の深さにわたって長く連続な構造の柱状欠陥が形

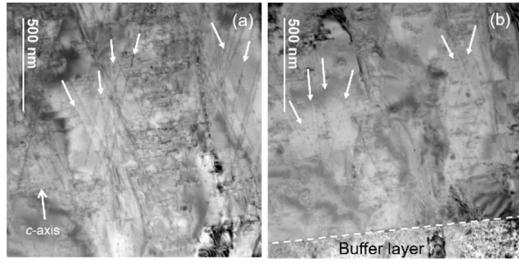


図1 80 MeV Xe イオンを  $c$  軸方向に対して  $\theta_i = 0^\circ, \pm 20^\circ$  で照射した  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  線材の断面 TEM 像 ((a) 試料表面付近, (b) 基板界面付近).

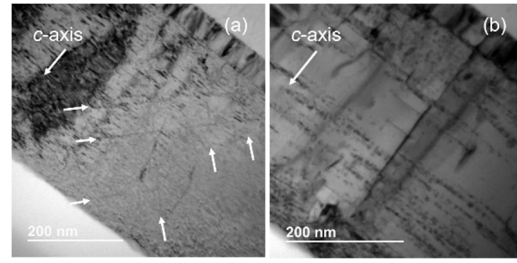


図2 50 MeV Kr イオンを照射した  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜の断面 TEM 像 ((a)  $\theta_i = \pm 45^\circ$ , (b)  $\theta_i = 0^\circ$ ).

成されていることを確認できる。一方、試料表面からの深さが  $1 \mu\text{m}$  以上の領域では、 $\theta_i = 0^\circ, \pm 20^\circ$  のどの照射角度においても柱状欠陥が短尺状に形成されていることを確認できる。これは、入射されたイオンのエネルギーがターゲット材料中で消費されて失われるために、 $c$  軸から  $20^\circ$  傾いて入射されたイオンにおいても柱状欠陥形成のための電子励起が不安定となり、柱状欠陥の径に揺らぎが生じ、不連続に形成されたものと考えられる。 $c$  軸から  $45^\circ$  傾いて照射した場合においても同様に、表面付近では試料を貫通するような連続的な構造になることを確認した。 $\theta_i = \pm 20^\circ$  の照射においては、更に柱状欠陥の径は太く、また連続な柱状欠陥から不連続な柱状欠陥に構造が変わる試料表面からの深さは、約  $1.5 \mu\text{m}$  とより深くなることを確認した。

連続な柱状欠陥から不連続な柱状欠陥に構造が変化する試料表面の深さの断面 TEM 像の観察結果と入射角度から計算した入射イオンパスの長さを用いると、それぞれの照射角度において照射欠陥が不連続になる  $S_c$  は、 $\theta_i = 20^\circ$  では  $S_c = 17.5 \text{ keV/nm}$ 、 $\theta_i = 45^\circ$  では  $S_c = 14.3 \text{ keV/nm}$  と見積もられた。図 2 に、 $S_c = 14.5 \text{ keV/nm}$  となる 50 MeV Kr を  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜に対してそれぞれ  $\theta_i = \pm 45^\circ$ 、 $\theta_i = 0^\circ$  の入射角度で照射したときの断面 TEM 像を示す。照射角度  $\theta_i = \pm 45^\circ$  の試料においては、表面からその入射方向に不連続な柱状欠陥が形成されていることを確認できる。一方、 $\theta_i = 0^\circ$  の試料では、 $S_c$  が小さいために照射欠陥はより小さくなることが考えられ、TEM 観察では確認できなかった。

以上の結果から、本研究では  $c$  軸に対する照射角度を系統的に変えることで、短尺の線状欠陥から連続的な線状欠陥へと、照射方向によって線状欠陥の連続性が変わることを初めて明らかにし、イオンビームを用いて結晶構造に異方性のある高温超伝導体にナノ構造をデザインする際には、照射方向に合わせた的確なビームの選択が必要であることを示した。

(2) 図 3 に、異なるイオンビームを用いて照射した  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜の 65 K における  $J_c$  の磁場依存性を示す。どのイオンビームにおいても、照射量が多くなると低磁場の  $J_c$  が低くなり、高磁場の  $J_c$  が高くなる傾向がみられる。これは、高密度のピン止め点の導入は低磁場では侵入している量子化磁束に対して過剰にあり、超伝導電流経路の有効断面積を阻害する因子として作用するが、高磁場では多量に侵入する量子化磁束を有効にピン止めできるためである。3 種のイオンビームの中で、小さな照射欠陥を形成する 50 MeV Kr 照射では、高密度の照射においても低磁場での  $J_c$  の低下は抑えられ、かつ高磁場でも高い  $J_c$  を示している。

図 4 に、マッチング磁場  $B_\phi = 4 \text{ T}$  の照射試料での磁化緩和特性から評価した磁化緩和率  $S = -d \ln M / d \ln t$  の温度依存性を示す。未照射試料では、温度に対して磁化緩和率は単調に増加する傾向を示している。一方、照射試料においては柱状欠陥の磁束ピン止め特有の磁化緩和率のピークが 25 K 付近で見られる。興味深いことは、柱状欠陥が短尺化するイオンビームほど、この磁化緩和率のピーク値が減少し、またピークを示す温度が低温側にシフトする傾向を示すことである。本研究でのイオンビームによる系統的な柱状欠陥の短尺化の制御を用いることで、磁束クリープに対する柱状欠陥の短尺化の影響を、初めて明らかにした。

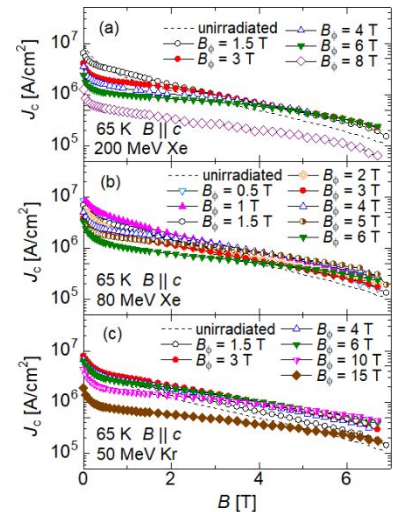


図3 異なるイオンビームを照射した  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜の  $J_c$  の磁場依存性。

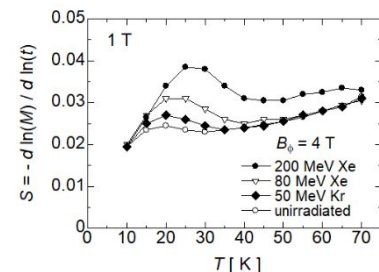


図4 異なるイオンビームを照射した  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜の磁化緩和率  $S$  の温度依存性。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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 Tetsuro Sueyoshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Modification of Critical Current Density Anisotropy in High-Tc Superconductors by Using Heavy-Ion Irradiations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quantum Beam Science	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/qubs5020016	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 Sueyoshi Tetsuro, Enokihata Ryusei, Hidaka Yuka, Irie Masahiro, Fujiyoshi Takanori, Okuno Yasuki, Ishikawa Norito	4. 巻 582
2. 論文標題 Combined effect of flux pinning by three-directional columnar defects in a field-angular region of high-Tc superconductors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physica C: Superconductivity and its Applications	6. 最初と最後の頁 1353824 ~ 1353824
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.physc.2021.1353824	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 Sueyoshi Tetsuro, Enokihata Ryusei, Yamaguchi Hiroshi, Fujiyoshi Takanori, Okuno Yasuki, Ishikawa Norito	4. 巻 31
2. 論文標題 Summation of Flux Pinning by Columnar Defects Tilted at Different Angles in YBCO Thin Films	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.2021.3059974	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 Sueyoshi Tetsuro, Iwanaga Yasuya, Fujiyoshi Takanori, Takai Yosuke, Muta Mitsuhiro, Mukaida Masashi, Ichinose Ataru, Ishikawa Norito	4. 巻 29
2. 論文標題 Flux Pinning by Columnar Defects Along a-axis in a-axis Oriented YBCO Thin Films	5. 発行年 2019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.2019.2896473	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 Sueyoshi Tetsuro, Kotaki Tetsuya, Furuki Yuichi, Fujiyoshi Takanori, Semboshi Satoshi, Ozaki Toshinori, Sakane Hitoshi, Kudo Masaki, Yasuda Kazuhiro, Ishikawa Norito	4. 巻 59
2. 論文標題 Strong flux pinning by columnar defects with directionally dependent morphologies in GdBCO-coated conductors irradiated with 80 MeV Xe ions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 023001 ~ 023001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab6f2b	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 Sueyoshi Tetsuro, Semboshi Satoshi, Ozaki Toshinori, Sakane Hitoshi, Nishizaki Terukazu, Ishikawa Norito	4. 巻 32
2. 論文標題 Morphology of Columnar Defects Dependent on Irradiation Direction in High- <i>T<sub>c</sub></i> Superconductors	5. 発行年 2022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.2022.3153436	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 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 末吉哲郎, 山口裕史, 藤吉孝則, 尾崎壽紀, 千星聡, 坂根仁, 西寄照和, 石川法人
2. 発表標題 50 MeV Krイオン照射した高温超伝導体の臨界電流密度特性
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 西寄照和, 北川二郎, 石津直樹, 末吉哲郎, 加藤 勝, 野島 勉, 淡路 智, 佐々木孝彦
2. 発表標題 ハイエントロピー合金Hf <sub>21</sub> Nb <sub>25</sub> Ti <sub>15</sub> V <sub>15</sub> Zr <sub>24</sub> の臨界電流密度と渦糸構造
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Sueyoshi, S. Semboshi, T. Ozaki, H. Sakane, T. Nishizaki, and N. Ishikawa
2. 発表標題 Modification of Critical Current Density Properties in High-Tc Superconductors by Tuning Columnar Defect Morphologies in Different Directions
3. 学会等名 27th International Conference on Magnet Technology (MT27) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 OZAKI Toshinori, KASHIHARA Takuya, OKADA Tatsunori, AWAJI Satoshi, KAKEYA Itsuhiro, SEMBOSHI Satoshi, OKAZAKI Hiroyuki, KOSHIKAWA Hiroshi, YAMAMOTO Shunya, YAMAKI Tetsuya, SUEYOSHI Tetsuro, SAKANE Hitoshi
2. 発表標題 Effect of 2 and 10 MeV Au ion irradiation on superconducting properties in GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub> coated conductors
3. 学会等名 27th International Conference on Magnet Technology (MT27) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Sueyoshi, R. Enokihata, H. Yamaguchi, T. Fujiyoshi, T. Ozaki, H. Sakane, T. Nishizaki, and N. Ishikawa
2. 発表標題 Flux Pinning by Columnar Defects in High-Tc Superconductors under Longitudinal Magnetic Field
3. 学会等名 Material Research Meeting 2021 (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西崎照和, 川崎佑太, 河野雄大, 末吉哲郎, 北川二郎, 石津直樹, 加藤勝, 野島勉, 淡路智, 佐々木孝彦
2. 発表標題 超伝導ハイエントロピー合金(TaNb) <sub>0.7</sub> (ZrHfTi) <sub>0.3</sub> の臨界電流特性
3. 学会等名 日本物理学会2022年第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末吉哲郎、尾崎壽紀、千星聡、坂根仁、西崎照和、石川法人
2. 発表標題 高温超伝導薄膜中の不連続柱状欠陥のピン止め特性
3. 学会等名 第69回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木内勝、尾崎壽紀、岡崎宏之、越川博、山本春也、八巻徹也、末吉哲郎、坂根仁
2. 発表標題 低エネルギーAuイオンを照射したGdBCOコート線材の臨界電流密度特性
3. 学会等名 第69回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末吉哲郎、千星聡、尾崎壽紀、坂根仁、石川法人
2. 発表標題 80 MeV Xeイオンを照射した高温超伝導体に形成される柱状欠陥構造の照射方向依存性
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 尾崎壽紀、柏原卓弥、久保友幸、千星聡、末吉哲郎、岡崎宏之、越川博、山本春也、八巻徹也、坂根仁
2. 発表標題 低エネルギーAuイオン照射したGdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> 線材の超伝導特性
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 T. Sueyoshi, R. Enokihata, H. Yamaguchi, T. Fujiyoshi, A. Kitamura, Y. Okuno, N. Ishikawa
2. 発表標題 Competition between flux pinning effects by columnar defects oriented at different angles in YBCO thin films
3. 学会等名 Applied Superconductivity Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 末吉哲郎, 尾崎壽紀, 千星聡, 坂根仁, 石川法人
2. 発表標題 50 MeV Krと200 MeV Xeイオンを照射した高温超伝導体の臨界電流密度特性
3. 学会等名 第68回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾崎壽紀, 柏原卓弥, 岡田達典, 淡路智, 掛谷一弘, 千星聡, 岡崎宏之, 越川博, 山本春也, 八巻徹也, 末吉哲郎, 坂根仁
2. 発表標題 低エネルギーAuイオン照射GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> 線材におけるJ <sub>c</sub> の磁場角度依存性
3. 学会等名 第68回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 末吉哲郎, 日高優夏, 榎畑龍星, 山口裕史, 藤吉孝則, 喜多村茜, 奥野泰希, 石川法人
2. 発表標題 高温超伝導体のab面付近での柱状欠陥のピン止めの競合
3. 学会等名 2019年度第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 尾崎 壽紀、柏原 卓弥、久保 友幸、千星 聡、末吉 哲郎、岡崎 宏之、越川 博、山本 春也、八巻 徹也、坂根 仁
2. 発表標題 Auイオン照射したYBa2Cu3O <sub>y</sub> 薄膜の磁束ピンニング特性
3. 学会等名 2019年度第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuro Sueyoshi, Masahiro Irie, Ryusei Enokihata, Yuka Hidaka, Takanori Fujiyoshi, Akane Kitamura, Yasuki Okuno, and Norito Ishikawa
2. 発表標題 Competing flux pinning of columnar defects in different directions in high-T <sub>c</sub> superconductors
3. 学会等名 32th International symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾崎 壽紀、柏原 卓弥、久保 友幸、千星 聡、末吉 哲郎、岡崎 宏之、越川 博、山本 春也、八巻 徹也、坂根 仁
2. 発表標題 10MeV Auイオン照射したYBa2Cu3O <sub>y</sub> 薄膜の酸素アニール効果
3. 学会等名 第67回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 末吉哲郎、榎畑龍星、山口裕史、藤吉孝則、喜多村茜、奥野泰希、石川法人
2. 発表標題 高温超伝導体の縦磁場下での柱状欠陥の磁束ピン止め
3. 学会等名 第67回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 末吉哲郎、千星聡、尾崎壽紀、坂根仁、西寄照和、石川法人
2. 発表標題 高温超伝導薄膜中の形状の異なる柱状欠陥のピン止め特性
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西寄照和、川崎佑太、末吉哲郎、天瀬洸太、内藤智之、唐永鵬、堀田善治、淡路智、野島勉、佐々木孝彦
2. 発表標題 高压ねじり加工したNb <sub>3</sub> Snパルク超伝導体の磁場中超伝導特性
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuro Sueyoshi, Satoshi Semboshi, Toshinori Ozaki, Hitoshi Sakane, Terukazu Nishizaki, Norito Ishikawa
2. 発表標題 Effect of Defect Morphology on Flux Pinning Properties in Heavy Ion Irradiated REBCO Films
3. 学会等名 Applied Superconductivity Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末吉哲郎、尾崎壽紀、千星聡、坂根仁、西寄照和、石川法人
2. 発表標題 人工ピン入り高温超伝導線材に対する照射追加ピン止め効果
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川崎佑太、西寄照和、末吉哲郎、北川二郎、石津直樹、加藤勝、野島勉、淡路智、佐々木孝彦
2. 発表標題 ハイエントロピー合金 (TaNb)0.7(ZrHfTi)0.3の磁場中超伝導特性
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 尾崎壽紀、岡崎宏之、越川博、山本春也、八巻徹也、末吉哲郎、坂根仁
2. 発表標題 酸素アニールがAuイオン照射GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub> 線材の超伝導特性に与える影響
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西寄照和、川崎佑太、末吉哲郎、北川二郎、石津直樹、唐永鵬、堀田善治、加藤勝、淡路智、野島勉、佐々木孝彦
2. 発表標題 高压ねじり加工されたハイエントロピー合金Hf <sub>21</sub> Nb <sub>25</sub> Ti <sub>15</sub> V <sub>15</sub> Zr <sub>24</sub> の超伝導特性
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
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
---------	---------