

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420292

研究課題名(和文) 高温超伝導薄膜の高臨界電流密度化に対する強化型ハイブリッド磁束ピンニングの構築

研究課題名(英文) Improvement of critical current density using extended hybrid flux pinning structure in high-Tc superconducting thin films

研究代表者

末吉 哲郎 (Sueyoshi, Tetsuro)

熊本大学・自然科学研究科・助教

研究者番号：20315287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ピン止め点の形状や導入量を制御可能なイオン照射欠陥を用いて、線状格子欠陥と球状格子欠陥の利点を併せ持つハイブリッド磁束ピン止め構造を高温超伝導薄膜中に構築し、その臨界電流密度 J_c の磁場角度依存性を調べた。線状格子欠陥を不連続化し、球状格子欠陥的なピン止め機能を付加したピン止め構造を用いると、連続な線状格子欠陥と比較して広範囲の磁場方向で J_c が向上した。線状格子欠陥と球状格子欠陥を同時導入したピン止め構造では、 J_c が向上する磁場方向の範囲が球状格子欠陥のサイズに依存することが分かった。また、線状格子欠陥の導入で低下する ab 面方向の J_c を球状格子欠陥の空間分布制御により改善することができた。

研究成果の概要(英文)：Hybrid flux pinning structures, which have the advantages of both linear defects and spherical ones, were tuned by using heavy ion irradiation defects and the influence of the structures on the angular dependence of J_c were systematically investigated in high-Tc superconducting thin films. In the case of the pinning structure consisting of discontinuous linear defects, the J_c was enhanced in a wider range of magnetic field orientations compared to continuous linear defects. This is because the feature of three dimensional pinning is provided for the discontinuous linear defects, which is just one of the hybrid flux pinning structures. For the pinning structure including both linear defects and spherical ones, a range of magnetic field orientations for the enhancement of J_c depended on the size of spherical defects. In addition, J_c around $B \parallel ab$, which are generally reduced by introduction of linear defects, were improved by the control of the spatial distribution of spherical defects.

研究分野：電子物性工学

キーワード：high-Tc superconductors critical current density flux pinning ion irradiation synergy effect

1. 研究開始当初の背景

希土類系高温超伝導線材 ($\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 線材) を用いた超伝導応用を普及していくためのキーテクノロジーの一つとして、広範囲の磁場方向で高い臨界電流密度 J_c を示す線材の開発が挙げられる。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として、ナノサイズの格子欠陥や不純物を人工的に導入することが用いられる。この中で、量子化磁束と同じ形状の線状のナノ格子欠陥は 1 次元ピンと呼ばれ、高効率にピン止めできる特恵の磁場方向をもつために、一般に J_c が低い磁場方向 (通常 c 軸方向) の改善に対して用いられる。一方、球状のナノ格子欠陥は 3 次元ピンに属し、1 次元ピンよりピン力は劣るが、ピン止めできる磁場を選ばず、全磁場方向で等方的な J_c の改善に寄与する。本研究開始当時においては、この両者の利点を組み合わせ・複合化し、広範囲の磁場方向にわたって更に高い J_c を実現するような磁束ピン止め構造 (ハイブリッドピン止め構造) の構築が注目され、現在もその試みがなされている。

2. 研究の目的

本研究課題では、ピン止め点の形状や導入量を制御可能なイオン照射欠陥を用いて、高温超伝導薄膜中に 1 次元ピンと 3 次元ピンの利点を併せ持つ磁束ピン止め構造を試作し、広範囲の磁場方向で高 J_c を実現するピン止め構造の設計指針を得ることを目的とする。今回、次の二つのアプローチを用いて、1 次元ピンと 3 次元ピン両方のメリットを効率的に活かせるようなピン止め構造の構築を試みる: (1) 長さ数 10nm の不連続な線状格子欠陥による、1 次元ピン構造への 3 次元ピン機能の付加、(2) ハイブリッド磁束ピンニングにおける 3 次元ピンの空間分布制御の影響。

3. 研究の方法

(1) 不連続な線状格子欠陥の導入: 照射試料には、市販の $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ テープ線材 (フジクラ製, 5cm 幅, 膜厚 2.2 μm , $J_c = 280\text{A}$) を用いた。試料に線状の格子欠陥を導入するために、原子力機構東海研のタンデム加速器において 270 MeV と 80 MeV の Xe イオンを用いて照射を行った。照射方向は c 軸に対して平行とし、また照射量は 1.94×10^{11} ions/cm² とした。270 MeV の照射では膜厚方向にわたって格子欠陥が連続な線状として導入され、一方 80MeV においては膜厚方向に沿って短い線状の格子欠陥が膜厚方向に沿って形成することが、それぞれの照射エネルギーにおける電子的阻止能の値より期待できる。

(2) ハイブリッドピン止め構造における 3 次元ピンの空間分布制御: 高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ と不純物 BaSnO_3 の擬似多層膜を作製することで、薄膜中に BaSnO_3 をナノ粒子として導入でき、その層数や 1 層当たりの不純物の堆積量を調整することにより、ナノ

粒子の空間分布の制御が期待できる。この擬似多層膜に対して、試料作製過程と独立に 1 次元ピンを導入可能な重イオン照射による線状格子欠陥の導入を行うことで、ハイブリッド磁束ピンニングにおける 3 次元ピンの空間分布制御の影響を抽出できる。 $\text{BaSnO}_3/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 擬似多層膜は PLD 法におけるターゲット交換法を用いて作製した。基板温度 $T_s (= 750^\circ\text{C or } 770^\circ\text{C})$, BaSnO_3 の堆積パルス数 m , および擬似層の層数 n により、膜中での BaSnO_3 ナノ粒子のサイズと空間分布の制御を試みた。線状の格子欠陥を導入するための重イオン照射は、日本原子力研究開発機構東海研のタンデム加速器において、200 MeV の Xe イオンを用いて c 軸方向に行った。照射量は、 1.45×10^{11} ions/cm² ($B_\phi = 3\text{T}$) とした。

4. 研究成果

(1) 不連続な線状格子欠陥による 1 次元ピン構造への 3 次元ピン機能の付加

図 1 に、270 MeV, 80 MeV でそれぞれ照射した試料の断面 TEM 像について示す。図中の矢印は、導入した照射欠陥を指している。270 MeV で照射した試料では、膜厚方向に連続した、径が 4 ~ 11 nm の線状の格子欠陥を確認できる。これに対し、80 MeV の照射では、径が 4 ~ 11 nm の線状の格子欠陥が間隔 15 ~ 35 nm で長さ方向に分離し、長さが 15 ~ 35 nm の不連続な線状の格子欠陥が形成されている。

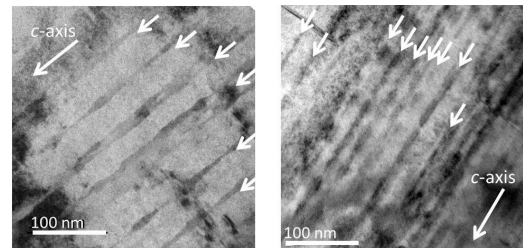


図 1. 照射した料の断面の TEM 像 (左: 270 MeV, 右: 80 MeV)。

図 2 に、低温から高温領域 (70 K ~ 84 K) にわたる J_c の磁場角度依存性の振る舞いを示す。全ての温度において、 J_c の磁場角度依存性中に 2 つのピークを確認できる。 $\theta = 90^\circ$ の J_c のピークは、高温超伝導体の結晶構造に起因する積層欠陥や固有ピンニングにより生じることが知られている。一方、 $\theta = 0^\circ$ の J_c のピークはその方向に導入した重イオン照射欠陥に起因する。この $\theta = 0^\circ$ の J_c のピークは、84 K のような高温領域では 80 MeV と 270 MeV にほとんど差はないが、低温になると 270 MeV と比較して 80 MeV で照射した試料の J_c が広範囲の磁場方向にわたって高くなり、特に 70 K では、その差は顕著になる。これは、低温において不連続な照射欠陥の端部がピン止め点として有効になり、1 次元ピンにおいて固有に生じる磁束線のダブルキ

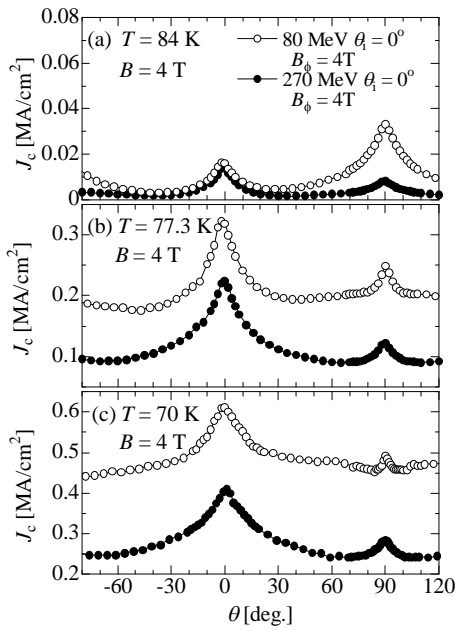


図 2 . 臨界電流密度 J_c の磁場角度依存性
(a) 84 K, (b) 77.3 K, (c) 70 K).

ンクによる熱活性運動を妨げる作用に寄与したものと考えられる。また、この端部は、照射方向の $\theta = 0^\circ$ 以外の磁場方向でも有効にピン止め作用している。このことから、1次元ピンを不連続化することで、3次元ピンのピン止め機能を付加したピン止め構造となり、低温領域において広範囲の磁場方向での高 J_c 化に寄与することが明らかとなった。

(2) ハイブリッドピン止め構造における 3次元ピンの空間分布制御

図 3 に、照射前すなわち線状格子欠陥を導入する前の擬似多層膜の J_c の磁場角度依存性を示す。YBa₂Cu₃O₇ 層上に BaSnO₃ を 1 パルス

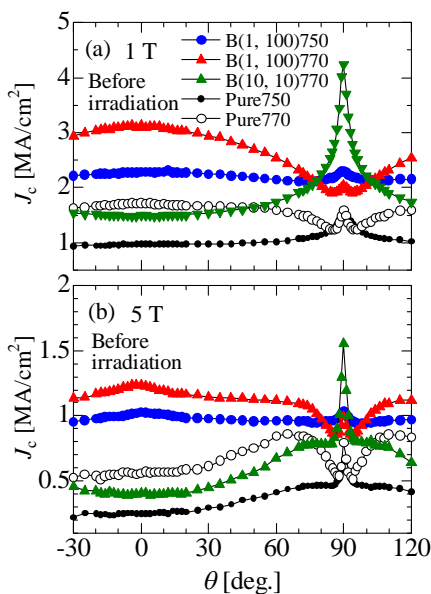


図 3 . 照射前の擬似多層膜の臨界電流密度 J_c の磁場角度依存性。

堆積し、これが 100 層からなる擬似多層膜 (B(1, 100)750, B(1,100)770) では、基板温度が 770 °C と高い試料 B(1,100)770 において、 $B \parallel ab$ 方向を除く広範囲の磁場方向で高い J_c を示した。これは、基板温度が高いほど BaSnO₃ が大きなナノ粒子として試料中に導入されていることによるものと考えられる。一方、1 層あたり BaSnO₃ を 10 パルス堆積し、これを 10 層堆積した擬似多層膜 B(10,10)770 においては、 $B \parallel c$ を中心とした磁場方向ではドーパ無しの YBa₂Cu₃O₇ 薄膜 Pure770 の J_c とほぼ同じ値を示すが、 $B \parallel ab$ 近傍では顕著な J_c の向上を確認できる。これは、ナノ粒子の空間分布制御により、3次元ピンからなるピン止め構造に、異方性を示すピン止め機能が付加されたことに起因している。

図 4 に、照射後すなわち線状格子欠陥を導入した後の擬似多層膜の J_c の磁場角度依存性を示す。ハイブリッド磁束ピンニングにおいて、ナノ粒子のピン止め効果は、高磁場領域および柱状欠陥方向 (c 軸方向) に対して傾斜した磁場方向で顕著になることが確認できる。また、このナノ粒子の正の効果は、基板温度が高い、すなわち径が大きいナノ粒子を含む試料ほど顕著になっている。一方、 $B \parallel ab$ では、ナノ粒子が膜厚方向に広く分布した B(1, 100)750, B(1, 100)770 においては、ナノ粒子の影響がほとんどみられないが、B(10,10)770 では、照射欠陥導入による $B \parallel c$ での J_c の向上とともに、 $B \parallel ab$ での顕著な J_c のピークを維持している。これより、ハイブリッド磁束ピン止め構造において、3次元ピンのサイズおよび空間分布を調整することで、 c 軸方向の J_c は 1次元ピン、 ab 面方向を含めその他の磁場方向は 3次元ピンにより、全磁場方向で高 J_c 化を図れる可能性を示した。

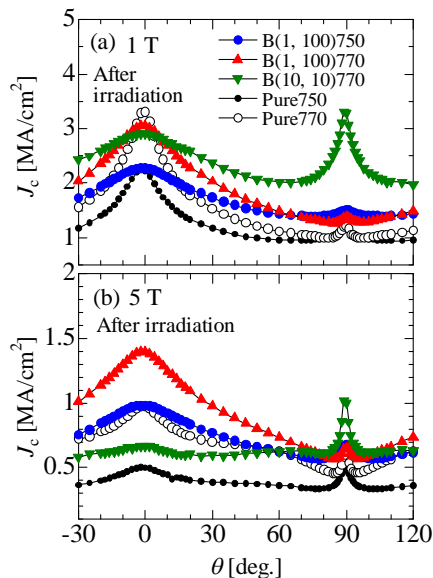


図 4 . 照射後の擬似多層膜の臨界電流密度 J_c の磁場角度依存性。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

T. Sueyoshi, T. Kotaki, Y. Uraguchi, M. Suenaga, T. Makihara, T. Fujiyoshi, N. Ishikawa, “Flux Pinning Properties in YBCO Films with Growth-controlled Nano-dots and Heavy-ion Irradiation Defects”, *Physica C* (2016) in press (査読有), DOI: 10.1016/j.physc.2016.04.011

T. Sueyoshi, T. Sogo, T. Nishimura, T. Fujiyoshi, F. Mitsugi, T. Ikegami, S. Awaji, K. Watanabe, A. Ichinose, N. Ishikawa, “Angular behaviour of critical current density in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ thin films with crossed columnar defects”, *Supercond. Sci. Technol.* 29 (2016) 065023, (査読有)

高平俊輔, 吉田隆, 一野祐亮, 藤吉孝則, 末吉哲郎, 一瀬中, “重イオン照射による柱状欠陥導入を行った(Bi, Pb)2223 薄膜の磁場中特性と微細構造観察”, *電気学会論文誌 A (基礎・材料・共通部門誌)*, 136 巻 (2016) pp.200-204 (査読有), DOI: 10.1541/ieejfms.136.200

T. Sueyoshi, Y. Tokita, T. Fujiyoshi, F. Mitsugi, T. Ikegami, “Flux Pinning Properties in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Films with BaSnO_3 Nano-Rods and Spatially-Controlled Y_2O_3 Nano-Dots”, *Physics Procedia* 65 (2015) pp.137-140 (査読有), DOI: 10.1016/j.phpro.2015.05.165

Y. Furuki, T. Sueyoshi, T. Kai, Y. Iwanaga, T. Fujiyoshi, N. Ishikawa, “Flux pinning properties in GdBCO coated conductors containing columnar defects with splay plane parallel to current direction”, *Physica C* 518 (2015) pp. 58-62 (査読有), DOI: 10.1016/j.physc.2015.04.008

T. Kotaki, T. Yoshiura, T. Sueyoshi, T. Fujiyoshi, F. Mitsugi, T. Ikegami, “The Influence of Spatial Distribution of 3D Pinning Centers on Superconducting Properties in BaMO_3 (M=Zr, Sn, Hf) / $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Quasi-Multilayered Films”, *Physica C* 518 (2015) pp. 63-68 (査読有), DOI: 10.1016/j.physc.2015.03.021

Tetsuro Sueyoshi, Tetsuya Kotaki, Yuuichi Furuki, Yuusei Uraguchi, Takafumi Kai, Takanori Fujiyoshi, Yusuke Shimada, Kazuhiro Yasuda, and Norito Ishikawa, “Influence of discontinuous columnar defects on flux pinning properties in GdBCO coated conductors”, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* 25 (2015) 6603004 (査読有), DOI: 10.1109/TASC.2014.2374554

T. Sueyoshi, Y. Furuki, T. Kai, T. Fujiyoshi, N. Ishikawa, “Flux pinning properties of splayed columnar defects ranging from B ||

c-axis to B || ab-plane in GdBCO coated conductors”, *Physica C* 504 (2014) pp. 53-56 (査読有), DOI: 10.1016/j.physc.2014.02.012
末吉哲郎, 古木裕一, 藤吉孝則, 光木文秋, 池上知顯, 石川法人, “YBCO 薄膜の臨界電流密度の磁場角度依存性に対する交差した柱状欠陥の異方性の影響”, *低温工学* 49 巻 (2014) pp. 139-144, DOI: 10.2221/jcsj.49.139

T. Sueyoshi, T. Koutaki, T. Fujiyoshi, F. Mitsugi, T. Ikegami, N. Ishikawa, “Angular dependence of critical current density in BaZrO_3 / $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ quasi-multilayered films with columnar defects”, *Physica C* 494 (2013) pp. 153-157 (査読有), DOI: 10.1016/j.physc.2013.04.073

Tetsuro Sueyoshi, Yuuichi Furuki, Eiki Tanaka, Takanori Fujiyoshi, Fumiaki Mitsugi, Tomoaki Ikegami, and Norito Ishikawa, “Angular dependence of critical current density in YBCO films with columnar defects crossing at widespread angles”, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* 23 (2013) 8002404 (査読有), DOI: 10.1109/TASC.2013.2255942

〔学会発表〕(計 35 件)

1. 末吉哲郎, 浦口雄世, 末永桃太郎, 古澤隆章, 藤吉孝則, “ナノ粒子の空間分布による YBCO 薄膜の J_c の異方性の制御”, 第 63 回応用物理学関係連合講演会, 2016 年 3 月 20 日, 東京工業大学・大岡山キャンパス(東京)
2. 高井洋輔, 塚原志穂, 一瀬中, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 向田昌志, “ a -軸配向膜の作製と評価”, 第 63 回応用物理学関係連合講演会, 2016 年 3 月 21 日, 東京工業大学・大岡山キャンパス(東京)
3. 浦口雄世, 上瀧哲也, 末永桃太郎, 牧原隆博, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “YBCO 薄膜におけるハイブリッド磁束ピンニングに対するナノ粒子の粒径・空間分布の影響”, 第 92 回 2015 年度秋季低温工学・超電導学会, 2016 年 12 月 4 日, 姫路商工会議所(兵庫県姫路市)
4. 桑原遼, 酒井周磨, 藤吉孝則, 末吉哲郎, 松本明善, “ $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 超伝導薄膜の臨界電流密度に対する添加物の効果”, 2016 年 12 月 2 日, 姫路商工会議所(兵庫県姫路市)
5. 高井洋輔, 向田昌志, 一瀬中, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “分解層上 $\text{RE}(\text{Eu,Sm,Er})\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 薄膜の作製と転位導入”, 2015 年度応用物理学九州支部学術講演会, 2015 年 12 月 5 日, 琉球大学工学部(沖縄県那覇市)
6. 牟田実広, 向田昌志, 山口巖, 一瀬中, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “FF-MOD 法による c 軸配向膜の作製条件の検討”, 2015 年度応用物理学九州支部学術講演会, 2015

- 年 12 月 5 日, 琉球大学工学部(沖縄県那覇市)
7. T. Sueyoshi, T. Kotaki, Y. Uraguchi, M. Suenaga, T. Makihara, T. Fujiyoshi, “Flux Pinning Properties in YBCO Films with Growth-controlled Nano-dots and Heavy-ion Irradiation Defects”, 28th International symposium on superconductivity, November 17, 2015, TOWER HALL FUNABORI (Tokyo, Japan)
 8. 末吉哲郎, 岩永泰弥, 甲斐隆史, 溝口剛史, 藤吉孝則, 向田昌志, “GdBCO コート線材の J_c の磁場角度依存性における ab 面スプレイ柱状欠陥の交差角の影響”, 2015 年第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 2015 年 9 月 14 日, 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)
 9. 末吉哲郎, 上瀧哲也, 浦口雄世, 末永桃太郎, 牧原隆博, 藤吉孝則, “成長制御したナノ粒子と重イオン照射欠陥を含む YBCO 擬似多層膜の J_c 特性”, 2015 年第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 2015 年 9 月 14 日, 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)
 10. 牟田実広, 向田昌志, 山口巖, 一瀬中, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “FF-MOD 法による c 軸配向膜の作製条件の検討”, 平成 27 年度日本金属学会九州支部学術講演会, 2015 年 6 月 6 日, 北九州国際会議場(福岡県北九州市)
 11. 高井洋輔, 向田昌志, 一瀬中, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “高品質 $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 薄膜への転位による一次元ピンの導入”, 平成 27 年度日本金属学会九州支部学術講演会, 2015 年 6 月 6 日, 北九州国際会議場(福岡県北九州市)
 12. 末吉哲郎, 上瀧哲也, 浦口雄世, 牧原隆博, 末永桃太郎, 藤吉孝則, “成長制御したナノ粒子と YBCO からなる多層膜の J_c 特性”, 第 62 回応用物理学関係連合講演会, 2015 年 3 月 11 日, 東海大学・湘南キャンパス(神奈川県平塚市)
 13. 高井洋輔, 向田昌志, 三浦正樹, 一瀬中, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “1 次元ピンを導入した高品質 $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 薄膜の作製”, 第 62 回応用物理学関係連合講演会, 2015 年 3 月 12 日, 東海大学・湘南キャンパス(神奈川県平塚市)
 14. 佐竹拓哉, 利光直也, 富永大互, 古城大輔, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 光木文秋, 池上知顯, “混合ターゲット法および表面修飾ターゲット法を用いた PLD 法で作製した BaHfO_3 添加 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 薄膜の超伝導特性”, 2014 年度応用物理学会九州支部学術講演会, 2014 年 12 月 6 日, 大分大学工学部(大分市)
 15. 高井洋輔, 向田昌志, 三浦正樹, 一瀬中, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “1 次元ピンを導入した高品質 $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 薄膜の作製”, 2014 年度応用物理学会九州支部学術講演会, 2014 年 12 月 6 日, 大分大学工学部(大分市)
 16. T. Sueyoshi, Y. Tokita, T. Fujiyoshi, F. Mitsugi, T. Ikegami, “Flux Pinning Properties in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Films with BaSnO_3 Nano-Rods and Spatially-Controlled Y_2O_3 Nano-Dots”, 27th International symposium on superconductivity, November 27, 2014, TOWER HALL FUNABORI (Tokyo, Japan)
 17. Y. Furuki, T. Sueyoshi, T. Kai, Y. Iwanaga, T. Fujiyoshi, “Flux Pinning Properties in GdBCO Coated Conductors Containing Columnar Defects with Splay Plane Parallel to Current Direction”, 27th International symposium on superconductivity, November 27, 2014, TOWER HALL FUNABORI (Tokyo, Japan)
 18. T. Kotaki, T. Yoshiura, T. Sueyoshi, T. Fujiyoshi, F. Mitsugi, T. Ikegami, “The Influence of Spatial Distribution of 3D Pinning Centers on Superconducting Properties in BaMO_3 (M=Zr, Sn, Hf) / $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Quasi-Multilayered Films”, 27th International symposium on superconductivity, November 27, 2014, TOWER HALL FUNABORI (Tokyo, Japan)
 19. 上瀧哲也, 浦口雄世, 牧原隆博, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 光木文秋, 池上知顯, “ BaMO_3 (M=Zr, Sn, Hf) / $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 擬似多層膜の超伝導特性に対するナノ粒子の粒径の影響”, 第 90 回 2014 年度秋季低温工学・超電導学会, 2014 年 11 月 6 日, コラッセ福島(福島市)
 20. 古木裕一, 末吉哲郎, 甲斐隆史, 岩永泰弥, 藤吉孝則, “GdBCO コート線材の磁束ピンニング特性に対する電流方向に平行な交差面で導入した柱状欠陥の影響”, 第 90 回 2014 年度秋季低温工学・超電導学会, 2014 年 11 月 6 日, コラッセ福島(福島市)
 21. 末吉哲郎, 戸木田裕貴, 藤吉孝則, 光木文秋, 池上知顯, “ BaSnO_3 ナノロッドと空間分布制御した Y_2O_3 ナノ粒子を含む $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 薄膜のピンニング特性”, 2014 年第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 2014 年 9 月 18 日, 北海道大学・札幌キャンパス(札幌市)
 22. T. Sueyoshi, Y. Furuki, T. Kotaki, T. Kai, Y. Uraguchi, T. Fujiyoshi, “Influence of discontinuous splayed columnar defects on flux pinning properties in GdBCO coated conductors”, Applied Superconductivity Conference 2014, August 12, 2014, (Charlotte, NC, USA)
 23. 古木裕一, 甲斐隆史, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “GdBCO コート線材の磁束ピンニング特性に対する交差した柱状欠陥の影響”, 第 89 回 2014 年度春季低温工学・超電導学会, 2014 年 5 月 27 日, 船堀タワーホール(東京)

24. 上瀧哲也, 吉浦忠宏, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 光木文秋, 池上知顯, “BaMO₃(M=Zr, Sn, Hf) / YBa₂Cu₃O₇ 擬似多層膜における超伝導特性の層厚依存性”, 第 89 回 2014 年度春季低温工学・超電導学会, 2014 年 5 月 27 日, 船堀タワーホール(東京)
25. 末吉哲郎, 古木裕一, 甲斐隆史, 藤吉孝則, “GdBCO コーテッドコンダクタの臨界電流密度に対する交差した柱状欠陥の連続性の影響”, 第 61 回応用物理学関係連合講演会, 2014 年 3 月 18 日, 青山学院大学・相模原キャンパス(神奈川県相模原市)
26. 上瀧哲也, 浦口雄世, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “連続および不連続な柱状欠陥を導入した GdBCO コート線材の磁束ピンニング特性”, 第 88 回 2013 年度秋季低温工学・超電導学会, 2013 年 12 月 5 日, ウィンクあいち(愛知県名古屋市)
27. 笠原慎平, 荒木薫, 甲野輝, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “第三高調波電圧誘導法による曲げ歪を加えた GdBCO コート線材の輸送特性劣化の検出”, 第 88 回 2013 年度秋季低温工学・超電導学会, 2013 年 12 月 4 日, ウィンクあいち(愛知県名古屋市)
28. 吉村兆貢, 桑原遼, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 松本明善, 北口仁, “2 段階のアニール処理を施した(Bi,Pb)₂Sr₂Ca₂Cu₃O_y 超伝導薄膜への重イオン照射による柱状欠陥の導入”, 第 88 回 2013 年度秋季低温工学・超電導学会, 2013 年 12 月 4 日, ウィンクあいち(愛知県名古屋市)
29. T. Sueyoshi, T. Koutaki, T. Fujiyoshi, F. Mitsugi, T. Ikegami, “Flux pinning properties of splayed columnar defects ranging from $B \parallel c$ -axis to $B \parallel ab$ -plane in GdBCO coated conductors”, 26th International symposium on superconductivity, November 19, 2013, TOWER HALL FUNABORI (Tokyo, Japan)
30. 吉村兆貢, 桑原遼, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 松本明善, 北口仁, “柱状欠陥を導入した(Bi,Pb)₂Sr₂Ca₂Cu₃O_y(Bi,Pb2223) 超伝導薄膜の磁束ピンニング特性”, 平成 25 年第 66 回電気関係学会九州支部連合大会, 2013 年 9 月 24 日, 熊本大学黒髪南地区(熊本市)
31. 古木裕一, 甲斐隆史, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 光木文秋, 池上知顯, “広角な交差柱状欠陥を導入した YBCO 薄膜における磁束ピンニング特性”, 平成 25 年第 66 回電気関係学会九州支部連合大会, 2013 年 9 月 24 日, 熊本大学黒髪南地区(熊本市)
32. 上瀧哲也, 浦口雄世, 末吉哲郎, 藤吉孝則, 光木文秋, 池上知顯, “BaZrO₃ / YBa₂Cu₃O₇ 擬似多層膜への照射柱状欠陥の導入によるハイブリッド磁束ピンニング”, 平成 25 年第 66 回電気関係学会九州支部連合大会, 2013 年 9 月 24 日, 熊本大学黒髪南地区(熊本市)
33. 笠原慎平, 荒木薫, 甲野輝, 末吉哲郎, 藤吉孝則, “GdBCO コート線材の臨界電流密度に対する曲げ歪効果の第三高調波電圧誘導法による測定”, 平成 25 年第 66 回電気関係学会九州支部連合大会, 2013 年 9 月 24 日, 熊本大学黒髪南地区(熊本市)
34. 藤吉孝則, 末吉哲郎, 吉村兆貢, 桑原遼, 土屋啓輔, 松本明善, 北口仁, “柱状欠陥を導入した Bi₁Pb₂₂₂₃ 薄膜の臨界電流密度”, 2013 年第 74 回応用物理学秋季学術講演会, 2013 年 9 月 18 日, 同志社大学・京田辺キャンパス(京都府京田辺市)
35. 末吉哲郎, 古木裕一, 甲斐隆史, 藤吉孝則, “高温超伝導体の c 軸および ab 面方向におけるスプレイ柱状欠陥の磁束ピンニング特性”, 2013 年 9 月 17 日, 同志社大学・京田辺キャンパス(京都府京田辺市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

末吉 哲郎 (SUEYOSHI, Tetsuro)
熊本大学・自然科学研究科・助教
研究者番号: 20315287

(2) 連携研究者

石川 法人 (ISHIKAWA, Norito)
日本原子力研究開発機構・原子力基礎工学
研究部門・研究主幹
研究者番号: 90354828