

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26390050

研究課題名(和文) 固有ジョセフソン接合を内在する反強磁性超伝導体の磁束状態

研究課題名(英文) Vortex state of antiferromagnetic superconductor with intrinsic Josephson junctions

研究代表者

茂筑 高士 (Mochiku, Takashi)

国立研究開発法人物質・材料研究機構・先端材料解析研究拠点・主幹研究員

研究者番号：20354293

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)：FeSr₂YCu₂O_{6+x} は、60 Kで超伝導、20 KでFeの反強磁性が発現する磁性超伝導体で、親物質Ba₂YCu₃O_{6+x} とは異なる性質を示す。FeをCuで置換すると、置換量40%以上では強磁性は観測されず、30%付近でT_cが極小値を持つ。Yを希土類元素で置換すると、T_cはYのときに極大値を持ち、Yとのイオン半径の差が大きくなると低下する。二次元的な磁気秩序を示すTbではこの依存性から逸脱して、T_cが28 Kに低下する。FeSr₂YCu₂O_{6+x} の2 Kでの粒間臨界電流密度はわずか1.7 A/cm²で、Feの強磁性と希土類元素の磁性が磁束状態に影響を及ぼし、超伝導特性が大きく変化している。

研究成果の概要(英文)：FeSr₂YCu₂O_{6+x} is magnetic superconductor which exhibits superconductivity at 60 K and antiferromagnetism of Fe at 20 K. The properties are different from those of parent material Ba₂YCu₃O_{6+x}. In Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+x}, the compounds above x = 0.4 do not exhibit antiferromagnetism, and the T_c value has the minimum value at x = 0.3. In lanthanoid(Ln)-substituted FeSr₂LnCu₂O_{6+x}, the T_c value has the maximum value at Ln = Y, and the T_c value decreases with increasing the difference of the ionic radius between Y and Ln except for Tb. The T_c value of FeSr₂TbCu₂O_{6+x}, which exhibits 2-dimensional magnetic order of Tb, falls to 28 K. Since the intragrain critical current density is extremely low (1.7 A/cm² at 2 K), magnetism of Fe and Ln affects the vortex state. Consequently, the superconducting properties are different from those of Ba₂YCu₃O_{6+x}.

研究分野：結晶学

キーワード：高温超伝導 磁性超伝導体 結晶構造 磁気相図

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究で取り上げる $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ は、 $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ 高温超伝導体の Ba サイトを Sr に、Cu サイトの一部を Fe に置換した化合物である。 $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ の Cu サイトには、超伝導が発現する CuO_2 面上の Cu2 サイトと、 CuO_2 面上にキャリアを供給する電荷槽内の Cu1 サイトとが存在し、Fe を置換した場合両者に置換して、Cu2 サイトに置換した Fe が CuO_2 面上の超伝導の発現を抑制することが知られていた。

(2) 高温超伝導体において超伝導が発現する条件は、置換のない CuO_2 面上に適切な量のキャリアが存在することである。 $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ において超伝導を発現させるには、Cu2 サイトに Fe が置換しない (Cu と Fe の配列を秩序化する) ようにして、酸素量 $6+\delta$ を適切な量に調整すればよいことになる。したがって、還元雰囲気中でのアニール (還元アニール)、酸化雰囲気中でのアニール (酸化アニール) 及び高酸素圧下でのアニール (高压酸化アニール) を順番に施すことにより、約 60 K の超伝導転移温度 (T_c) を持つ超伝導体となる [1]。

(3) 超伝導を発現する $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ は、c 軸方向に FeO_8 面、 SrO 面、 CuO_2 面、Y 面、 CuO_2 面及び SrO 面が順番に積層された結晶構造を持つ (図 1)。 FeO_8 面上の Fe は約 20 K 以下で反強磁性磁気秩序を示すため、20 K 以下では CuO_2 面上の超伝導と Fe の反強磁性が共存していることとなり、新奇的な物性の発現が期待されるが、詳細な物性に関してはほとんど報告がない。

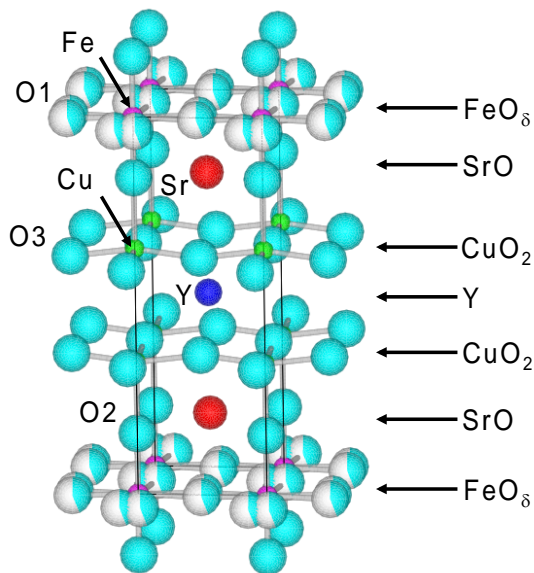


図 1 $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の結晶構造。O1 サイトには欠損がある。また、熱振動が大きいため、 $(0, 1/2, 0)$ から $(x, 1/2, 0)$ へ二分割している。

2. 研究の目的

(1) $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ においては、反強磁性転移温度の約 20 K 以下では超伝導と反強磁性とが共存しているため、親物質である $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ 高温超伝導体とは異なる磁束状態が形成されている可能性がある。したがって、 $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の磁気相図を明らかにすることを目的とする。

(2) $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の結晶構造は、親物質である $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ 高温超伝導体の Ba をイオン半径の小さな Sr に置換することにより安定化させている。したがって、 $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ における元素置換による物性や結晶構造の変化は、親物質 $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ と異なる可能性がある。元素置換を施した試料を作成し、結晶構造及び磁気相図の違いを調べることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 試料は固相反応法により合成した。原料粉末 (Fe_2O_3 , SrCO_3 , Ln_2O_3 , Tb_4O_7 , CuO ; $\text{Ln} = \text{Nd}$, Sm , Eu , Gd , Dy , Ho , Er , Tm) を化学量論比で混合し、大気中 900 で仮焼を行い、続いて大気中 1000 で焼成した。超伝導を発現させるために、焼成した試料を 700 から 800 で還元アニール、350 で酸化アニール、最後に、350 で約 100 気圧の酸素の下で高压酸化アニールを施した。

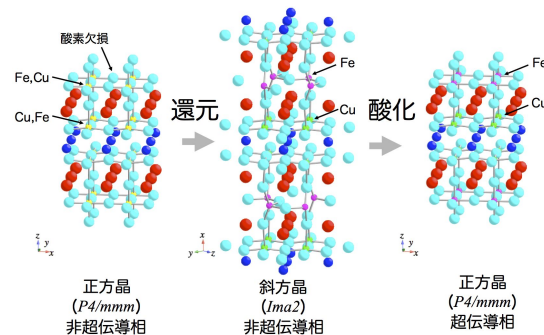


図 2 試料の合成。大気中で焼成した状態では Cu と Fe の配列が秩序化されていない。還元アニールを施すことにより Cu と Fe の配列は秩序化されるが、酸素量が $6+\delta = 7$ となり、 CuO_2 面上のキャリア濃度が不足する。続いて酸化アニール及び高压酸化アニールを施すことで、Cu と Fe の配列をそのままにして酸素を供給して超伝導を発現する。そのとき、結晶構造は正方晶 (空間群 $P4/mmm$)、斜方晶 (空間群 $Ima2$)、正方晶 (空間群 $P4/mmm$) と変化する [2]。

(2) 粉末 X 線回折測定により作成した試料が $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ 相単相であることを確認した後、超伝導量子干渉計 (SQUID) により磁化、4 端子法により電気抵抗を測定した。結晶構造解析には主に粉末 X 線回折を利用したが、X 線

では原子番号に近いCuとFeとの識別が困難なこと、他の構成元素に比べて原子番号が小さい酸素が解析しにくいことから、必要に応じて粉末中性子回折も利用した。粉末回折データを Rietveld 法で解析することにより結晶構造を精密化した。また、酸素量 $6+\delta$ は、粉末中性子回折測定をした場合には精密な酸素の席占有率から、粉末中性子回折測定をしていない場合にはアニールによる重量変化から計算された。

4. 研究成果

(1) $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ 高温超伝導体の発見以前に $\text{Fe}_{1-x}\text{Sr}_2\text{YCu}_{2+x}\text{O}_{6+\delta}$ が $x = 0.0 \sim 0.7$ で構造が安定化され、 $x = 0.6 \sim 0.7$ で超伝導になることは知られていた[3]。そこで、構造が安定化された領域 ($x = 0.0 \sim 0.7$) の試料を作成して、還元アニール、酸化アニール及び高压酸化アニールを順番に施し、超伝導がどの組成で発現するかを調べた。その結果、 $x = 0.0 \sim 0.7$ 全域で超伝導が発現した。しかしながら、 $x = 0.35$ を境に大きく物性が変化し(図 2)、 $x < 0.35$ では超伝導と反強磁性磁気秩序とが共存し、 $x > 0.35$ では強磁性磁気秩序は観測されず、両方の領域で x が増加すると T_c が低下する傾向が見られた。 $x < 0.35$ では CuO_2 面上の Cu_2 サイトに置換する Fe は x に関わらず 10% ほど存在し、Fe に置換する Cu はその分増加し、 FeO_8 面上の酸素量 δ が減少することにより T_c が低下したものと考えられる。一方、 $x > 0.35$ では x の増加とともに強磁性磁気秩序が喪失して、 T_c が上昇する。さらに x が増加すると FeO_8 面上の酸素量 δ が減少して T_c が低下する。なお、 $x > 0.7$ では構造を安定化させることはできない。

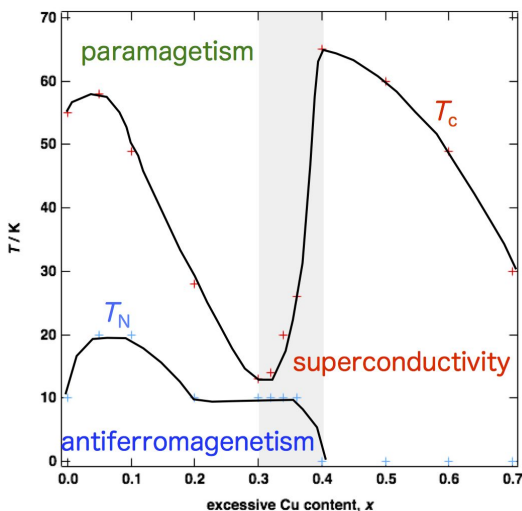


図 3 $\text{Fe}_{1-x}\text{Sr}_2\text{YCu}_{2+x}\text{O}_{6+\delta}$ の磁気相図。Cu 過剰量 x に対する T_c 及び反強磁性転移温度 T_N の変化。

(2) $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の親物質 $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ では Y サイトに希土類元素 ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu}, \text{Gd}$,

$\text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}, \text{Yb}$) を置換することが可能で、いずれも超伝導を発現し、酸素量 $6+\delta$ が同じであれば T_c (≈ 90 K) はほとんど変化しない。一方、 $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ では $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ と結晶構造が同じであるにも関わらず、置換できる Ln の種類は異なり、Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er 及び Tm が可能となる。図 3 に示すように、 $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の T_c は $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ と異なり Ln に依存している。 T_c は $\text{Ln} = \text{Y}$ で最も高い値を持ち、酸素量 $6+\delta$ がほとんど同じであるにも関わらず、Y よりもイオン半径が大きても小さくても T_c は低下する。Ln の違いによる T_c の依存性は、イオン半径を系統的に変化させた $\text{FeSr}_2\text{Y}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Cu}_2\text{O}_{6+\delta}$ と比較すると[4]、ほぼ同じ傾向が見られることから、少なくとも Y よりもイオン半径の大きな領域においてはイオン半径に依存している。Ln サイトのイオン半径が大きくなると、Sr と Ln との相互置換が発生し、 CuO_2 面間に酸素が挿入されるとともに Cu と Fe の配列の秩序化が不完全となり、 T_c が低下する。Ln のイオン半径がいちばん大きい $\text{FeSr}_2\text{NdCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ では超伝導が発現しない。Fe の反強磁性磁気秩序も Ln の違いに依存しており、Ln の常磁性が大きい Ln ($= \text{Nd}, \text{Gd}, \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}$) では観測されない。Ln = Tb では Tb の反強磁性的な磁気秩序が 7 K で観測された。

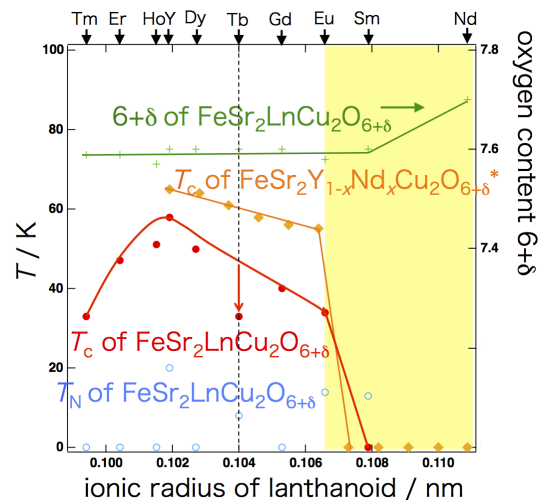


図 4 $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の磁気相図。赤は $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の T_c 、橙は $\text{FeSr}_2\text{Y}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Cu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の T_c [3]、緑は $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の酸素量 $6+\delta$ 、 $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の T_N の Ln サイトのイオン半径に対する変化を示す。

(3) 親物質 $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ では Y サイトを Tb に置換することはできないが、 $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ ではそれが可能で、 $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の中でも $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ は特異な性質を持つ。Ln サイトを Tb と同じイオン半径を持つ $\text{Y}_{0.767}\text{Nd}_{0.233}$ に置換した $\text{FeSr}_2\text{Y}_{0.767}\text{Nd}_{0.233}\text{Cu}_2\text{O}_{6+\delta}$ と $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ を比較すると、 T_c は 59 K から 28 K に大幅に低下して、Ln = Tb は $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ における

T_c の Ln 依存性から逸脱している。また、前述のように、 $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ では Fe ではなく Tb の反強磁性的な磁気秩序が観測されている。 $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ と $\text{FeSr}_2\text{Y}_{0.767}\text{Nd}_{0.233}\text{Cu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の結晶構造を精密化すると、イオン半径が同じであるにも関わらず、 CuO_2 面間距離のみに違いが見られ、Ln = Tb の方が CuO_2 面間距離が長くなっている。また、低温中性子回折ではブロードな Tb の磁気反射 (1/2 1/2 1) が観測され、Tb の磁気秩序は $\text{Pb}_2\text{Sr}_2\text{TbCu}_3\text{O}_8$ で観測されているような 2 次元的な磁気秩序 [5] である可能性が高い (図 5 及び図 6)。したがって、 $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ では Tb 固有の性質により他の $\text{FeSr}_2\text{LnCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ と異なる性質が発現しているものと推測される。

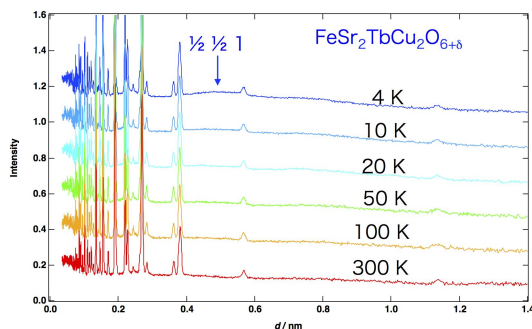


図 5 $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の粉末中性子回折パターンの温度変化。4 K においてブロードな 1/2 1/2 1 反射が観測された。

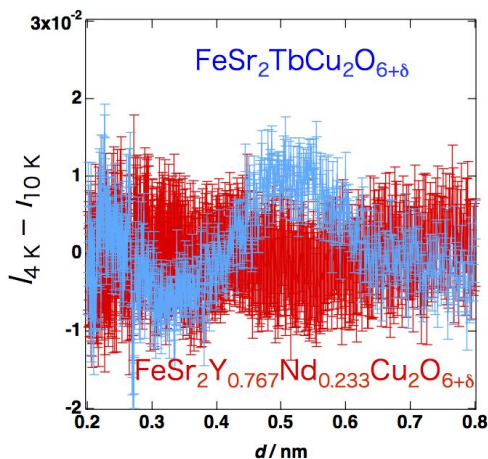


図 6 $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の磁気反射。 $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の 4 K と 10 K との強度データの差 (青) を示す。比較のため $\text{FeSr}_2\text{Y}_{0.767}\text{Nd}_{0.233}\text{Cu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の 4 K と 10 K との強度データの差 (赤) も重ねた。

(4) 磁化から求めた $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の粒内臨界電流密度は $3.4 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$ (2 K) で、親物質 $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ よりも非常に小さい。 $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ の粒間臨界電流密度はさらに低く、わずか 1.7 A/cm^2 (2 K) である。特に、 T_c 直下での電気抵抗は磁場に非常に敏感で、超伝導転移が

ブロードになり、ゼロ抵抗になる温度が著しく低下する。磁場の上昇とともに強磁性磁気秩序が発達するため、磁束状態に影響を及ぼし、親物質 $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+\delta}$ と比較して超伝導特性が大きく変化している。また、希土類元素の常磁性及び強磁性も同様に磁束状態に影響を及ぼしていると考えられる。

<引用文献>

[1] T. Mochiku, *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 71 (2002) 790.
 [2] T. Mochiku, *et al.*, Physica C 400 (2003) 43.
 [3] T. Den, T. Kobayashi, Physica C 196 (1992) 141.
 [4] T. Wuernisha *et al.*, Physica C 468 (2008) 1195.
 [5] S. Y. Wu *et al.*, J. Appl. Phys. 75 (1994) 6598.

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 2 件)

H. Yasuoka, A. Ikeda, Y. Hata, T. Mochiku, Inter-grain superconductivity of polycrystalline $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+y}$, 査読有, Physica C 523, Vol. 523, 2016, p. 23-27
 Y. Hata, K. Yamaguchi, K. Kinoshita, E. Kita, T. Mochiku, H. Yasuoka, Fe ion distribution and superconductivity of $\text{FeSr}_2\text{RECu}_2\text{O}_{6+y}$, 査読有, Physica C, Vol. 507, 2014, pp. 85-89

(学会発表)(計 19 件)

T. Mochiku, Y. Hata, I. Iida, Y. Yoshida, A. Hoshikawa, T. Ishigaki, H. Yasuoka, K. Hirata, Superconductivity and magnetism in lanthanoid-substituted $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$, 30th International Symposium on Superconductivity, 2017 年 12 月 13 日 ~ 2017 年 12 月 15 日, イノホール&カンファレンスセンター(東京都千代田区) 茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、 $\text{FeSr}_2\text{TbCu}_2\text{O}_{6+\delta}$, 磁性超伝導体の粉末中性子回折、日本中性子科学会第 17 回年会、2017 年 12 月 2 日 ~ 2017 年 12 月 3 日、福岡大学七隈キャンパス (福岡県福岡市)
 Y. Hata, I. Iida, T. Mochiku, H. Yasuoka, Irreversibility and critical current density of $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+y}$ superconductor, 28th International Conference on Low Temperature Physics, 2017 年 08 月 09 日 ~ 2017 年 08 月 17 日,

Swedish Exhibition Centre/Gothia Towers(スウェーデン王国ヨーテボリ)

茂筑高土、FeSr₂YCu₂O_{6+δ}磁性超伝導体における Tb 置換効果、共用・計測合同シンポジウム 2017、2017 年 03 月 09 日～2017 年 03 月 09 日、物質・材料研究機構千現地区(茨城県つくば市)

T. Mochiku, Y. Hata, I. Iida, A. Hoshikawa, T. Ishigaki, H. Yasuoka, K. Hirata, Effect of Tb substitution on properties of FeSr₂YCu₂O_{6+δ} magnetic superconductor, 29th International Symposium on Superconductivity, 2016 年 12 月 13 日～2016 年 12 月 15 日、東京国際フォーラム(東京都千代田区)

I. Iida, Y. Hata, T. Mochiku, H. Yasuoka, Superconducting properties of polycrystalline FeSr₂ErCu₂O_{6+y}, 29th International Symposium on Superconductivity, 2016 年 12 月 13 日～2016 年 12 月 15 日、東京国際フォーラム(東京都千代田区)

茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、FeSr₂TbCu₂O_{6+δ}磁性超伝導体の結晶構造解析、日本結晶学会平成 28 年度年会、2016 年 11 月 17 日～2016 年 11 月 18 日、茨城県立県民文化センター(茨城県水戸市)

飯田勇、畑慶明、茂筑高土、安岡宏、FeSr₂ErCu₂O_{6+y}の熱処理温度の最適化と超伝導特性、日本物理学会 2016 年秋季大会、2016 年 09 月 13 日～2016 年 09 月 16 日、金沢大学角間キャンパス(石川県金沢市)

茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ}磁性超伝導固溶体の構造と物性、日本物理学会第 71 回年次大会、2016 年 03 月 19 日～2016 年 03 月 22 日、東北学院大学泉キャンパス(宮城県仙台市)

茂筑高土、Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ}磁性超伝導固溶体の結晶構造、共用・計測合同シンポジウム 2016、2016 年 03 月 04 日～2016 年 03 月 04 日、物質・材料研究機構千現地区(茨城県つくば市)

茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ}磁性超伝導固溶体の結晶構造解析、日本中性子科学会第 15 回年会、2015 年 12 月 10 日～2015 年 12 月 11 日、和光市民文化センター「サンアゼリア」(埼玉県和光市)

I. Iida, Y. Hata, T. Mochiku, H. Yasuoka, Superconductivity properties of FeSr_{2+x}Y_{1-x}Cu₂O_{6+y}, 第 25 回日本 MRS 年次大会、2015 年 12 月 08 日～2015 年 12 月 10 日、産業貿易センター(神奈川県横浜市)

茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ}磁性超伝導固溶体の中性子回折、日本結晶学会平成 27 年度年会、2015 年 10 月 17 日

～2015 年 10 月 18 日、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス(大阪府堺市)

茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、FeSr₂YCu₂O_{6+δ}系磁性超伝導体の合成と構造、日本セラミックス協会第 28 回秋季シンポジウム(招待講演)、2015 年 09 月 16 日～2015 年 09 月 18 日、富山大学五福キャンパス(富山県富山市)

茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ}固溶体の結晶構造、日本中性子科学会第 14 回年会、2014 年 12 月 11 日～2014 年 12 月 12 日、北海道立道民活動センターかでの 2・7(北海道札幌市)

T. Mochiku, Y. Hata, A. Hoshikawa, T. Ishigaki, H. Yasuoka, K. Hirata, Effect of Cu substitution on structure and superconductivity in Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ}, 27th International Symposium on Superconductivity, 2014 年 11 月 25 日～2014 年 11 月 27 日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)

茂筑高土、畑慶明、星川晃範、石垣徹、安岡宏、平田和人、Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ}固溶体における構造・超伝導・磁性、日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジウム、2014 年 09 月 09 日～2014 年 09 月 11 日、鹿児島大学郡元キャンパス(鹿児島県鹿児島市)

畑慶明、茂筑高土、喜多英治、安岡宏、FeSr₂RECu₂O_{6+y}の Fe イオン分布と超伝導、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 09 月 07 日～2014 年 09 月 10 日、中部大学春日井キャンパス(愛知県春日井市)

T. Mochiku, Y. Hata, A. Hoshikawa, T. Ishigaki, H. Yasuoka, K. Hirata, Crystal structure of Fe_{1-x}Sr₂YCu_{2+x}O_{6+δ} magnetic superconductor, 2nd International Symposium on Science at J-PARC, 2014 年 07 月 12 日～2014 年 07 月 15 日、つくば国際会議場(茨城県つくば市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

茂筑 高土(MOCHIKU, Takashi)
国立研究開発法人物質・材料研究機構・
先端材料解析研究拠点・主幹研究員
研究者番号: 20354293