

令和 3 年 6 月 28 日現在

機関番号：55101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K06362

研究課題名(和文) Bi系高温超伝導ウイスキーの臨界電流密度改善と単独型テラヘルツ波発振素子への応用

研究課題名(英文) Improvement of critical current in Bi-based superconducting whisker and application for THz device

研究代表者

田中 博美 (Tanaka, Hiromi)

米子工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：60511491

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、未利用周波数帯(THz波)の活用を目指して、THz波発振素子作製の基礎技術に関する研究を行った。素子作製にはBi₂Sr₂Ca_n-1Cu_nO_y (Bi系)高温超伝導体の内部構造である固有ジョセフソン接合を利用した。また、Bi系高温超伝導体には高出力化に必要な“高い臨界電流密度”と“優れた放熱性”を兼ね備えた針状単結晶(ウイスキー)を採用した。低温水素アニール処理法等を用いてBi系高温超伝導ウイスキー単独型素子を作製し、特性評価を行なった。その結果、固有ジョセフソン接合を簡単に利用できる素子の作製方法を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

未利用周波数帯であるTHz波は、IoTやビックデータ技術が必要とする超高速無線通信(6G通信)への応用が期待されている。特に高温超伝導体を利用したTHz光源は、小型で簡単に発振素子を実現できるとして注目されている。しかしながら、光源の出力が不十分という問題があり実用化に至っていない。本研究では、この高温超伝導THz光源の性能改善のため、放熱性の高い単独型発振素子の作製を行い、基礎特性を得ることに成功した。本研究の進展により、THz発振素子の小型化・高出力化が促進され、無線通信の超高速化実現に寄与することができたと考えている。

研究成果の概要(英文)：In this study, we conducted research to establish a fundamental technology for manufacturing THz wave oscillators. The intrinsic Josephson junction, which is the internal structure of the Bi₂Sr₂Ca_n-1Cu_nO_y (Bi-based) high-temperature superconductor, was used to fabricate the device. In addition, a needle-like single crystal (whisker) that has both "high critical current density" and "excellent heat dissipation" required for high power THz device is used for the Bi-based high-temperature superconductor.

A whisker-only device was manufactured by low-temperature hydrogen annealing and its characteristics were evaluated. As a result, we succeeded in producing a stand-alone structure that can utilize the intrinsic Josephson junctions that exist in the Bi-based high-temperature superconducting whiskers.

研究分野：電気材料

キーワード：電子・電気材料 電気輸送特性改善

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

未利用周波数帯であるテラヘルツ(THz)波は、IoT やビッグデータ技術が必要とする超高速無線通信(6G 通信)への応用が期待されている。特に $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$ (Bi 系)高温超伝導単結晶の内部構造(固有ジョセフソン接合: IJJ)を利用した超伝導テラヘルツ光源は小型で簡単に THz 波発振素子を実現できるとして世界中で研究が行われてきた(L. Ozyuzer et al., Science 23,1291 (2007))。

しかしながら、実用化のためには光源の出力が不十分という問題に直面している。主な原因としては「臨界電流密度(J_c)が小さい(投入電力を増やせない)」「莫大なジュール熱で超伝導が壊される」の2つが考えられている。そのため、Bi 系高温超伝導単結晶における J_c 向上および放熱性の改善が切望されている。

2. 研究の目的

本研究は未利用周波数帯である THz 波を高出力発振できる素子を作製することを目指す。素子作製には Bi 系高温超伝導体の内部構造である固有ジョセフソン接合を利用する。また、Bi 系高温超伝導体には高出力化に必要な“高い臨界電流密度”と“優れた放熱性”を兼ね備えた針状単結晶(ウイスカー)を採用した。

自己発熱を抑制するため、従来のメサ型発振素子からウイスカー単独型発振素子に構造を変更する。発熱箇所が放熱用基板に近いこと、基板への放熱性が高まり、THz 波発振の出力を改善できる。IJJ への電流偏向には希塩酸改質法を用いる。

3. 研究の方法

Bi 系高温超伝導体ウイスカーの J_c 改善および高 J_c ウイスカーを用いた高出力 THz 波発振素子を実現するため、水浸処理・低温水素アニール処理やポリイミド加工法を導入し、ウイスカー単独型の素子作製を行った。作製した素子は、発熱効果の影響が現れやすい電流-電圧特性や抵抗-温度特性を測定し、詳細な評価を行った。

4. 研究成果

Bi 系超伝導ウイスカーにおける J_c 特性改善を行うため、Bi 系超伝導材料における J_c 増大を種々の方法を用いて実現した。また、Bi 系高温超伝導ウイスカーを部分的に絶縁改質し、電流経路を、ウイスカーに内在する固有ジョセフソン接合の方向(c 軸方向)へ偏向した。そして、固有ジョセフソン接合特性の観測を行った。固有ジョセフソン接合における共鳴現象が THz 波発生のメカニズムであるため、ジョセフソン接合特性の観測は THz 波発振には必要な条件である。

(1) これまでの経験則から、大気中の水分を吸収した Bi 系超伝導材料が高い J_c 値を示すことがあることを知っていた。そこで、Bi 系超伝導ウイスカーを部分的に水と接触させ、表面に非超伝導層を形成するという表面改質処理を施した。処理を施した試料の評価は、4 端子通電法による電気輸送特性評価および原子間力顕微鏡による表面形態観察等により行った。実験の結果、Bi 系高温超伝導ウイスカーの表面電気抵抗が処理時間 ~ 0.5min において急激に増加することが分かった。そしてこの時、 J_c 値も増加し処理前より約 14% 改善することが分かった。

一方で、水浸処理により試料全体の超伝導転移温度 (T_c) が大きく低下してしまうという問題点があった。そこで、 T_c 低下の原因を光電子分光法(XPS)により調査し、 J_c と T_c を両立できる条件を探った。XPS の結果、水浸処理により $\text{Cu}2p$ XPS スペクトルのサテライト強度が減少し、超伝導層で過剰な還元が生じていることが分かった。そこで、水浸処理前に種々の条件下で酸素アニール処理を施し、酸素を十分に供給した。その後、水浸処理を施した。その結果、水浸後の T_c が 74K から 87K へ改善され J_c が更に約 1.7 倍に向上した。

(2) ジョセフソン特性(THz デバイスの必要条件)の観測を目指してウイスカー単独型の素子を作製し、特性評価を行なった。具体的には、作製した高 J_c - Bi 系高温超伝導ウイスカーに対して低温での水素アニール処理を行ない、電流経路を偏向するプロセスを施した。これにより、Bi 系高温超伝導ウイスカーに内在する固有ジョセフソン接合を利用できる単独型素子を作製に成功した。

また、水素中でのアニール処理温度や処理時間を種々に変え、単独型素子におけるジョセフソン接合数(THz デバイスの出力)を制御できるかどうかを調べた。その結果、アニール温度 400 においてアニール処理時間を ~ 1h に伸ばすことで、ジョセフソン接合素子数を ~ 600 個に増大できることが分かった。

(3) ポリイミドと銀ペーストだけで簡単に単独型素子を作製する方法(ポリイミド加工法)を提案した。ポリイミド加工法では、予め銀ペーストで作製した下部電極の上に Bi 系高温超伝導ウイスカーを設置する。その後、設置したウイスカー側面をポリイミドで絶縁することで、投入電流の流入を防ぐ。次に、ポリイミド絶縁層の上から銀ペーストで上部電極を作製する。このようにして作製した素子にアニール処理を施すことで、Bi 系高温超伝導ウイスカーにエッチングダメージを与えることなく、固有ジョセフソン接合を利用可能な単独型素子が作製できることを

明らかにした。

また、非線形の熱拡散-温度回路網方程式を用いて、自己発熱効果による温度-電流分布についてシミュレーションを行った。その結果、不均一な温度と臨界電流の分布がI-V特性の各バイアス点において得られた。特にc軸方向の電流分布は高バイアス領域において電流値を増加させることで、減少することが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18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 Dai Oikawa, Haruki Mitarai, Hiromi Tanaka, Keita Tsuzuki, Yuki Kumagai, Toko Sugiura, Hiroya Andoh, Takehiko Tsukamoto	4. 巻 10
2. 論文標題 Numerical analysis of temperature and current distributions in large-size intrinsic Josephson junctions with self-heating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP ADVANCES	6. 最初と最後の頁 085113 - 085113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0018989	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 Ryo Murakamia, Hiromi Tanaka, Hiroshi Shinotsuka, Kenji Nagata, HayaruShouno, Hideki Yoshikawa	4. 巻 245
2. 論文標題 Development of multiple core-level XPS spectra decomposition method based on the Bayesian information criterion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena	6. 最初と最後の頁 147003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.elspec.2020.147003	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 Ryo Murakamia, Kazuki Nakamura, Hiromi Tanaka, Hiroshi Shinotsuka, Hideki Yoshikawa	4. 巻 18
2. 論文標題 Efficient Removal of Noise-Derived Components for Automatic XPS Spectral Decomposition Using Hierarchical Clustering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology (accepted)	6. 最初と最後の頁 201-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2020.201	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 Sayaka Yamamoto, Ryo Matsumoto, Shintaro Adachi, Yoshihiko Takano, Hiroyuki Muto, and Hiromi Tanaka	4. 巻 541
2. 論文標題 Crystal size improvement of Bi-based superconducting whiskers under stress-controlled condition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Cryst. Growth	6. 最初と最後の頁 125669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2020.125669	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 Ryo Matsumoto, Zhufeng Hou, Hiroshi Hara, Shintaro Adachi, Hiromi Tanaka, Sayaka Yamamoto, Yoshito Saito, Hiroyuki Takeya, Tetsuo Irifune, Kiyoyuki Terakura, and Yoshihiko Takano	4. 巻 59
2. 論文標題 Crystal Growth, Structural Analysis, and Pressure-Induced Superconductivity in a AgIn5Se8 Single Crystal Explored by a Data-Driven Approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inorg. Chem.	6. 最初と最後の頁 325-331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b02295	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 Ryo Matsumoto, Zhufeng Hou, Shintaro Adachi, Masanori Nagao, Sayaka Yamamoto, Peng Song, Noriyuki Kataoka, Pedro Baptista de Castro, Kensei Terashima, Hiroyuki Takeya, Hiromi Tanaka, Takayoshi Yokoya, Tetsuo Irifune, Kiyoyuki Terakura, and Yoshihiko Takano	4. 巻 40
2. 論文標題 Data-driven exploration for pressure-induced superconductors using diamond anvil cell with boron-doped diamond electrodes and undoped diamond insulating layer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Pressure Research	6. 最初と最後の頁 22-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/08957959.2019.1695253	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 Hiroshi Shinotsuka, Hideki Yoshikawa, Ryo Murakami, Kazuki Nakamura, Hiromi Tanaka, Kazuhiro Yoshihara	4. 巻 239
2. 論文標題 Automated information compression of XPS spectrum using information criteria	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena	6. 最初と最後の頁 146903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.elspec.2019.146903	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 Ryo Murakami, Hironori Kageyama, Kazuki Nakamura, Hiromi Tanaka, Hiroshi Shinotsuka, Hideki Yoshikawa, Kazuhiro Yoshihara	4. 巻 17
2. 論文標題 Background Estimation in X-ray Photoelectron Spectroscopy Data Using an Active Shirley Method with Automated Selection of the Analytical Range	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 61-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2019.61	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 R. Matsumoto, Y. Goto, S. Yamamoto, K. Sudo, H. Usui, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, S. Adachi, T. Irifune, H. Takeya, H. Tanaka, K. Kuroki, Y. Mizuguchi, and Y. Takano	4. 巻 100
2. 論文標題 Pressure-induced superconductivity in the layered pnictogen diselenide Nd _{0.8} F _{0.2} Sb _{1-x} BixSe ₂ (x=0.3 and 0.7)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 94528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.094528	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 R. Matsumoto, P. Song, S. Adachi, Y. Saito, H. Hara, A. Yamashita, K. Nakamura, S. Yamamoto, H. Tanaka, T. Irifune, H. Takeya, and Y. Takano	4. 巻 99
2. 論文標題 Pressure-induced Superconductivity in Tin Sulfide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 184502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.99.184502	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 Matsumoto Ryo, Nagao Masanori, Ochi Masayuki, Tanaka Hiromi, Hara Hiroshi, Adachi Shintaro, Nakamura Kazuki, Murakami Ryo, Yamamoto Sayaka, Irifune Tetsuo, Takeya Hiroyuki, Tanaka Isao, Kuroki Kazuhiko, Takano Yoshihiko	4. 巻 125
2. 論文標題 Pressure-induced insulator to metal transition of mixed valence compound Ce(0,F)SbS ₂	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 075102 ~ 075102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5079765	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 Matsumoto Ryo, Hou Zhufeng, Nagao Masanori, Adachi Shintaro, Hara Hiroshi, Tanaka Hiromi, Nakamura Kazuki, Murakami Ryo, Yamamoto Sayaka, Takeya Hiroyuki, Irifune Tetsuo, Terakura Kiyoyuki, Takano Yoshihiko	4. 巻 19
2. 論文標題 Data-driven exploration of new pressure-induced superconductivity in PbBi ₂ Te ₄	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 909 ~ 916
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2018.1548885	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 R. Matsumoto, P. Song, S. Adachi, Y. Saito, H. Hara, A. Yamashita, K. Nakamura, S. Yamamoto, H. Tanaka, T. Irifune, H. Takeya, and Y. Takano	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Pressure-induced Superconductivity in Tin Sulfide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yamashita Aichi, Ogiso Osamu, Matsumoto Ryo, Tanaka Masashi, Hara Hiroshi, Tanaka Hiromi, Takeya Hiroyuki, Lee Chul-Ho, Takano Yoshihiko	4. 巻 87
2. 論文標題 Influence of Oxidation in Starting Material Sn on Electric Transport Properties of SnSe Single Crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 065001 ~ 065001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.065001	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 Tuguhito Tago, Noriyuki Kataoka, Hiromi Tanaka, Kunio Ichino, Kentaro Kinoshita, and Satoru Kishida	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 XPS Study from a Clean Surface of Al ₂ O ₃ Single Crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Procedia Engineering	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yoshihiro Irie, Yujiro Maruo, Noriyuki Kataoka, Hiromi Tanaka, Kentaro Kinoshita, and Satoru Kishida	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 AFM and XPS study from surfaces of native oxide/Al-metal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Procedia Engineering	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Oikawa Dai, Tanaka Hiromi, Tsuzuki Keita, Andoh Hiroya, Sugiura Toko, Tsukamoto Takehiko	4. 巻 27
2. 論文標題 Experimental Evaluation of Self-Heating Effect in Intrinsic Josephson Junctions Using Pulse Current Measurements	5. 発行年 2017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.2017.2669648	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 Tanaka Masashi, Nagao Masanori, Matsumoto Ryo, Kataoka Noriyuki, Ueta Ikuo, Tanaka Hiromi, Watauchi Satoshi, Tanaka Isao, Takano Yoshihiko	4. 巻 722
2. 論文標題 Superconductivity and its enhancement under high pressure in "F-free" single crystals of CeOBiS ₂	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 467~473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2017.06.125	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15件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 MATSUMOTO, Ryo, Hou ZHUFENG, YAMAMOTO, Sayaka, Masanori NAGAO, ADACHI, Shintaro, YAMAMOTO, Takafumi, SAITO, Yoshito, Hiromi TANAKA, TERASHIMA, Kensei, Tetsuo IRIFUNE, TAKEYA, Hiroyuki, Kiyoyuki TERAURA, TAKANO, Yoshihiko
2. 発表標題 Data-driven Exploration for Pressure-induced Superconductors Using Novel Diamond Anvil Cell with Boron-doped Diamond Electrodes
3. 学会等名 Material Research Meeting-2019 (MRM 2019), Session: D-3 (Science and Technology of Superconductivity), Abstracts, D3-11-110. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 YAMAMOTO, Sayaka, MATSUMOTO, Ryo, ADACHI, Shintaro, TAKANO, Yoshihiko, Hiromi TANAKA
2. 発表標題 Crystal Size Improvement of Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _{8+x} Superconducting Whiskers Using Stress-controlled Precursors
3. 学会等名 Material Research Meeting-2019 (MRM 2019), Session: D-3 (Science and Technology of Superconductivity), Abstracts, D3-11-P03. (ポスター発表) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本 凌, E. S. Sadki, 青戸 淳之介, 山本 紗矢香, 齋藤 嘉人, 足立 伸太郎, 田中 博美, 竹屋 浩幸, 高野 義彦
2. 発表標題 集束イオンビームを用いた超伝導回路のマスキレス描画
3. 学会等名 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会, 講演予稿集, 19p-C213-9. (口頭発表)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三井 俊樹、及川 大、田中 博美、都築 啓太、安藤 浩哉、杉浦 藤虎、塚本 武彦
2. 発表標題 自己フラックス法により育成したBi2212単結晶の融剤効果
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 關 雅志、仲村 和貴、山本 紗矢香、田中 博美
2. 発表標題 Arガスクラスタライオンビームによる金属と有機膜の界面のXPS測定
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本 凌、渋谷 直哉、西島 元、足立 伸太郎、田中 橘平、原 裕、山下 愛智、田中 博美、竹屋 浩幸、高野 義彦
2. 発表標題 補強材付きBi2223線材とNbTi線材のゼロ抵抗接合
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 花田 祐二、長尾 雅則、松本 凌、三浦 章、丸山 祐樹、綿打 敏司、田中 博美、高野 義彦、田中 功
2. 発表標題 La _{0.1} Ce _{0.9} (O,F)BiS ₂ 超伝導体における磁気転移とCe価数の関係
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本 凌、Hou Zhufeng、原 裕、長尾 雅則、足立 伸太郎、仲村 和貴、村上 諒、山本 紗矢香、田中 博美、Song Peng、齋藤 嘉人、山下 愛智、入船 徹男、竹屋 浩幸、寺倉 清之、高野 義彦
2. 発表標題 データ駆動的手法を用いた圧力誘起超伝導体の探索
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 及川 大、田中 博美、三井 俊樹、水谷 有希、都築 啓太、安藤 浩哉、杉浦 藤虎、塚本 武彦
2. 発表標題 フラックス法により育成されたBi ₂ 212単結晶の融剤添加効果
3. 学会等名 第66回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本 凌、Song Peng、齋藤 嘉人、原 裕、足立 伸太郎、山本 紗矢香、田中 博美、入船 徹男、竹屋 浩幸、高野 義彦
2. 発表標題 硫化スズSnSの圧力誘起超伝導
3. 学会等名 第66回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kishida, H. Tanaka, and K. Kinoshita
2. 発表標題 Surface Analysis of Metals/Superconducting Oxides for Electronic Devices
3. 学会等名 4th Annual World Congress of Smart Materials-2018, Session 203, Abstracts, A3-I22-001. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本 凌, 山下 愛智, 原 裕, 足立 伸太郎, 入船 徹男, 田中 博美, 竹屋 浩幸, 高野 義彦
2. 発表標題 微小ダイヤモンド電極導入型ダイヤモンドアンビルセルによる100 GPaへの到達と高圧力下電気抵抗測定
3. 学会等名 第65回応用物理学関係連合講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiromi Tanaka, Seiya Tanaka, Noriyuki Kataoka, Ryo Matsumoto, and Satoru Kishida
2. 発表標題 Simple Method to Fabricate Ultra-high Sensitive Magnetic Sensor by Using Water-treatment Process
3. 学会等名 International Union of Materials Research Society-International Conference on Advanced Materials 2017 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tanaka, K. Tanaka, R. Matsumoto, and S. Kishida
2. 発表標題 Simple Method to Fabricate Intrinsic Josephson Junction Device by Using Water-treatment Process
3. 学会等名 13th European Conference on Applied Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Matsumoto, Hirotsugu Iwata, Aichi Yamashita, Hiroshi Hara, Gen Nishijima, Hiromi Tanaka, Masashi Tanaka, Hiroyuki Takeya, Yoshihiko Takano
2. 発表標題 Superconducting Joints Using Bi-added PbSn Solders
3. 学会等名 30th International Symposium on Superconductivity, Abstracts, 30 (2017) WBP5-4. (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究分担者	及川 大 (OIKAWA Dai) (40707808)	豊田工業高等専門学校・電気・電子システム工学科・准教授 (53901)	

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
---------	---------