

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05018

研究課題名(和文)高温超伝導体テラヘルツ波発振器の外場制御と協調動作による高出力化

研究課題名(英文)High power generation of high temperature superconducting THz emitters controlled by external fields and synchronization operations

研究代表者

柏木 隆成 (Kashiwagi, Takanari)

筑波大学・数理工学系・講師

研究者番号：40381644

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、高温超伝導体の単結晶を用いたテラヘルツ波発振器について、発振出力向上に向けた研究を行なった。そのために、素子特性の安定化と複数素子の同時動作に関する技術開発を中心に行なった。具体的には、(1) 発振特性の再現性が高い素子構造の開発、(2) 発振素子構造の製作技術の改良、(3) 発振素子の表面温度評価方法の開発、(4) アレイ素子構造の開発、を行なった。これらを通じて本研究の開始当初に比べ、安定動作する素子を簡便にかつ多く作製する技術が確立できた。発振出力に関してはまだ改善が必要ではあるが、本研究により今後の素子開発の方向性が明確になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

テラヘルツ(THz)帯の電磁波は、次世代高速通信技術や、非破壊イメージング、非破壊検査、医療診断等への応用が期待される次世代の電磁波である。しかし、THz波を発生する固体素子技術の開発は途上にあり、さらなる発展には多方面からの研究開発が有効である。本研究の高温超伝導体Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+d}(Bi2212)単結晶を用いた小型THz波発振器(Bi2212-THz発振器)は、その1つになると考えている。このTHz発振器の最大の利点は、1素子で幅広い周波数が発生できる点があり、これは単色光を用いた分光測定技術などへの利用が期待できる。本研究成果は、このような応用に向けた基盤技術になる。

研究成果の概要(英文)：In order to improve radiation intensity characteristics of high temperature superconducting THz emitters based on single crystals of Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+d}(Bi2212), we have developed emitting device structures from following four points. These developments are (1) device structures with reproducible emitting characteristics, (2) fabrication techniques of Bi2212 mesa structures, (3) an analytical method of device temperature distributions, and (4) mesa array device structures. Although we need additional improvement of the device structures in order to obtain higher radiation intensity, our development obtained here enables us to get good reproducible device characteristics and gives us a guide to the future development.

研究分野：ジョセフソン接合デバイス

キーワード：テラヘルツ波 固有ジョセフソン接合 銅酸化物高温超伝導体 単結晶

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

テラヘルツ帯の電磁波(THz 波 = 10^{12} Hz)は、電波と光波の性質を併せ持ち、プラスチックや紙などを容易に透過し、水では強く吸収され、金属には反射されるなどの物質応答を示す。また、THz 帯には、指紋スペクトルと呼ばれる物質固有の振動モードなどがあることも知られている。よって、THz 波の性質を利用することで、例えば、非破壊検査や非破壊イメージング、微量物質の検出や分析などの応用が考えられる。さらに、この周波数帯域は、電波天文から高速通信といった分野でも、今後さらに利用されることが期待される。よって、新たな学術・産業分野を切り開く次世代技術として、THz 帯の安価で簡便かつ小型な発振器や検出器及びその周辺機器の開発が必要である。

現在開発が進められる代表的な半導体小型 THz 波発振器としては、共鳴トンネルダイオード(RTD)や量子カスケードレーザー(QCL)が知られている。RTD では、1 THz 以下では十分な出力が得られ、室温動作ができる点で優れているが、1 THz を超える高周波化に伴い発振出力が低下するという課題がある。QCL では、4 THz 以上では、十分な出力を室温で得ることができるが、4 THz 以下の発生には、基本的には素子冷却が必要な状況にある。このようなテラヘルツ帯の技術開発は着実に進んでおり、さらに多方面からの開発が進めば、THz 波発生技術の一層の発展が期待できる。そこで我々は、高温超伝導体単結晶を用いた小型 THz 波発振器の開発を進めている。

報告者が所属する研究グループでは、2007 年に高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212)単結晶の結晶構造に由来した固有ジョセフソン接合を用いて、世界に先駆けて高温超伝導体から THz 波発生(Bi2212-THz 波発振器)を実現した[Ozyuser *et al.* *Science* **318**, (2007) 1291]。その後、国内外の多くの研究機関で精力的に Bi2212-THz 波発振器の研究が進められてきた [ex. Welp *et al.* *Nature Photon.* **7**, (2013) 702]。この Bi2212-THz 波発振器は、微細加工技術を用いて、Bi2212 単結晶を厚さ数マイクロメートル程度の箱型(メサ構造)に成型したものである。厚さ $1 \mu\text{m}$ の Bi2212 結晶中には、原子レベルで制御された均一なジョセフソン接合が約 670 枚積層する。この接合に電圧を印加すると、交流ジョセフソン効果[Josephson, *Phys. Lett.* **1**, (1962) 251]により高周波電流が発生する。メサ構造内部に発生した高周波電流は、メサの形状で決定される共振周波数に一致した時、強い電波として空間に放出される。この原理を利用し、0.3~2.4 THz、最大出力 $30 \mu\text{W}$ (@0.5 THz)程度の電磁波発生を実現してきた。

2. 研究の目的

上述のように、Bi2212-THz 波発振器は、Bi2212 単結晶に含まれる固有ジョセフソン接合と、そこに発生する交流ジョセフソン効果を利用した THz 波発振器である。開発が進められている半導体小型 THz 波発振器の性能を考慮すると、Bi2212-THz 波発振器の幅広い利用には、1 THz 前後で 1 mW 程度の発振出力を実現することが必要であると考えた。これを実現するためには、これまでの研究成果を踏まえ、素子構造の最適化、素子特性の制御技術の開発、及び素子のアレイ化によって対応ができると考えた。

そこで本研究では、(1) 外部磁場による共振モードの安定化、(2) 素子周辺構造の最適化、(3) 複数の発振器の協調的動作、の3つの点を中心に開発を進め、最終的には、それらを融合することで、実用レベルのミリワットの発振出力を目指した。

3. 研究の方法

Bi2212-THz 波発振器の発振素子に相当する Bi2212 単結晶を用いた単独メサ構造の概略図を図-1 に示す。ここでは、例えば、 $80 \times 400 \times 3 \mu\text{m}^3$ 程度の箱状に Bi2212 単結晶を加工したものを、単独メサ構造と呼ぶ。これは、従来 Bi2212 単結晶の結晶表面(ab 面)にメサ構造を作製していたが、素子動作時の排熱特性などの改善のために、メサ構造下部の超伝導基板を取り除いたためである。この単独メサ構造を、金属を蒸着した2枚のサファイア基板で挟み込むサンドイッチ構造(図1)を用いることで、上下から単独メサ構造に電流・電圧を印加するとともに、素子動作時のジュール熱を効率的に排熱でき、発振器として機能する[ex. T.K. *et al.* *Phys. Rev. Applied* **4**, (2015) 054018]。本研究では、この構造基本にして、目的で示した(2)及び(3)を中心に研究を行なった。これは研究を進める上で素子構造の安定化が最重要課題であることが明確になったためである。

本研究では、「幅 $60 \sim 100 \mu\text{m}$ × 長さ $200 \sim 400 \mu\text{m}$ × 厚さ $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 」程度の単独メサ構造を中心に研究を行なった。この単独メサ構造の作製方法、安定な動作方法、評価方法について、本研究では多方面から検討を実施した。Bi2212-THz 波発振器の冷却には、液体ヘリウムをフローするクライオスタットを用いた。また、必要に応じて、液体ヘリウムを使用しない、クライオクーラ

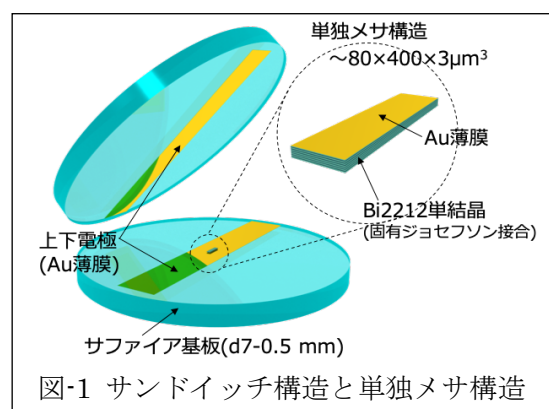


図-1 サンドイッチ構造と単独メサ構造

一も素子冷却に用いた。発振素子の電流-電圧特性の計測は、発振素子特性を理解する上で欠かせない。これは、定電圧源とデジタルマルチメーターを用いて計測した。素子からの THz 波の放射の有無は、Si ボロメータもしくは、InSb ホットエレクトロンボロメータにて確認を行なった。発振の周波数に関しては、干渉型の FTIR 分光器を用いた。また、この分光器の周波数分解能は、7.5 GHz である。実際の発振スペクトルはこれより狭いため、発振線幅の評価を行う場合は、高周波ミキサを用いて計測した。放射出力の絶対値は、必要に応じてパワーメーターを用いて計測を行なった。

4. 研究成果

本研究を通じて主に目的の(2)及び(3)に対して得られた研究成果を大きく以下の4つに分けて説明する。

(1) 発振特性の再現性が高い素子構造の開発

Bi2212-THz 波発振器の適切な性能評価を行うためには、再現性の高い発振特性が得られる素子構造の開発が欠かせない。そのために、単独メサ構造のサンドイッチ構造を継続的に改良した。具体的には、単独メサ構造を適切に支持するための構造、単独メサ構造に電流-電圧を適切に印加する配線構造の改良、を継続的に行なった。開発中の Bi2212-THz 波発振器では、単独メサ構造は、2枚のサファイア基板で支持される。この2枚のサファイア基板の設置具合が、単独メサ構造の支持、電氣的・熱的接触に大きく影響を与える。この点を再現よく実現するために、2枚のサファイア基板を高い平行度で支持できる同軸支持構造の改良を進めた(図-2)。また、メサ構造の上下電極は、サファイア基板に蒸着して作製される。この電極について、サファイア基板から剥離しにくく、様々なパターンを描けるように改良した。

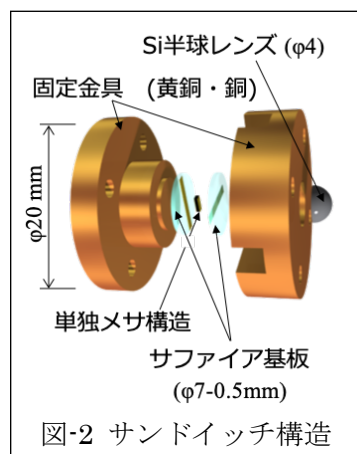


図-2 サンドイッチ構造

この様にして開発を進めた素子構造を用いて、円形、矩形、正方形などの形状の異なる単独メサ構造に適用することで、発生する周波数帯域を形状を用いて制御できることを示した。その結果、例えば、円形や正方形を利用することで、最大出力で数 μW レベル、周波数範囲で 0.4~2.4 THz の発振を得た。また、矩形型を利用することで、最大出力で数十 μW レベル、周波数範囲で 0.3~1.6 THz の発振を得た。更に、矩形型の単独メサ構造における再現性なども詳細に調べ、素子の電流-電圧特性、発振周波数特性に関しては高い再現性が得られる状況になった。ただ、発振強度に関しては、まだ不十分な点が残っているのが現状である。しかしながら、素子特性の安定化が進んだことと、以下で述べる(2)や(3)の成果から明確になりつつある点を考慮すると、発振強度を決定している要因の限定化が進んでおり、現在その点の改良を進めている。本研究で行なった素子構造の改良の成果は、学会発表とともに、「T. Kashiwagi *et al.*, J. Applied Physics **124**, (2018) 033901」や「T. Kashiwagi *et al.*, Superconductor Science and Technology **30**, (2017) 74008」にて報告を行なった。

(2) 単独メサ構造製作技術の改良 (ウエットエッチング法)

Bi2212-THz 波発振器の出力を向上させる方法の1つに、発振素子である Bi2212 単結晶の単独メサ構造の厚さを増やすことが考えられる。例えば、我々のグループでは、ドライエッチング法を用いて、厚さが、1~4 μm のメサ構造を作製してきた。これを2倍程度の5~10 μm にし、動作するジョセフソン接合数の総数を増やせば、発振出力の向上が期待できる。しかし、厚いメサ構造を作る場合には、長時間の加工時間が必要な点と、その長時間加工のためにレジストマスクやメタルマスクが劣化するなどの問題がある。よって、そのような用途には、ドライエッチング法は適さないと考えた。これに対し最近開発を進めているウエットエッチング法によるメサ構造の作製方法では、マスクの劣化の影響を考慮する必要がないため、厚い素子作りに適用できるのではないかと考えた。そこで本研究では、厚さ5 μm を超えるメサ構造の加工に適したエッチング溶液の条件選定と、さらに、ウエットエッチング法を用いた単独メサ構造の作製方法の開発に取り組んだ。

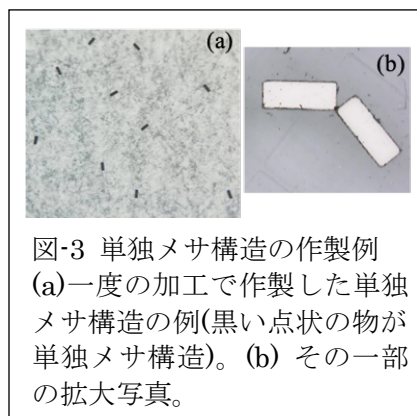


図-3 単独メサ構造の作製例
(a)一度の加工で作製した単独メサ構造の例(黒い点状の物が単独メサ構造)。(b) その一部の拡大写真。

エッチング溶液の探索は、研究室内の先行例等を参考にし、塩酸と硝酸の混合水溶液の濃度を調整することで行なった。その結果、エッチングレートは、塩酸濃度の影響を受けやすく、またメサ構造周辺部の堆積物を除くためには、塩酸に対する硝酸の割合を増やすと良い傾向にあることが分かった。それらの条件を調整することで、現在では、1~10 μm 程度のメサ構造がウエツ

トエッチング法を用いて加工できるようになった。また、この手法を基本に、 $80 \times 200 \mu\text{m}^2$ 程度レジストマスクを利用して、図-3 に示すような単独メサ構造を簡便に大量に作製できるようにもなった。更に、このウェットエッチング法を用いた素子作製方法の開発を通じて、ドライエッチング法だけでは決して気が付くことがなかった結晶材料に由来する新たな知見などが得られた。例えば、半導体で見られるようなエッチピットのような現象が観測された。このような情報は、再現性の高い発振器を作製する上で欠かすことのできない情報である。これらの成果は、主に学会で発表を行っており、その一部については、論文[Shibano *et al.*, AIP Advances **9**, (2019) 151116.]で報告した。さらに発展があった点は、現在論文にまとめている段階である。

(3) 素子の表面温度評価方法の開発

Bi2212-THz 波発振器に関する過去の研究成果から、発振素子動作時の素子のジュール熱が、発振出力や発振周波数に大きく影響を与えることが分かっている。よって、この発振素子の発振特性をさらに向上させるためには、素子の発熱特性の詳細な理解とその制御が欠かせない。そのために、CCD カメラを用いたサーモリフレクタンスマイクロスコピー(TMR)法を取り入れた素子温度評価装置を開発した。TMR 法は、半導体などの微小素子などの発熱特性を評価する方法の1つとしても知られており、金属の反射率の温度変化を利用することで、金属配線の発熱部などの評価が可能である。我々の単独メサ構造の上端面は、金の電極が設置されているため、TMR 法を用いることで、素子に特別な下処理をすることなく、素子表面の温度分布を詳細に観測することができる。従来は、発光強度が温度依存する材料などを塗布して、素子の表面温度の観測を行っていたが、本手法ではそのような処理が不要なため、測定の数を増やすことが容易で、素子の発熱特性を系統的に理解することが可能である。また、温度測定の間隔分解能は顕微鏡の倍率と CCD の画素数で決定され、サブミクロン程度の分解能が現状で期待できるため、Bi2212-THz 発振器の評価には十分な分解能が得られる。測定結果の一例を図-4 に示した。この手法を用いて様々なメサ構造についてその発熱特性を評価した結果、発振素子上部電極の接触抵抗が、素子の非一様な温度分布を作り出すのに大きく寄与していることが明確になった。またそれ以外にも、素子作製上の問題などを反映して、素子に非一様な温度分布が発生することも新たに分かった。これらは、発振特性の再現性の高い素子作製において、欠かすことのできない重要な情報であり、本研究でその評価技術が確立できたといえる。これらの成果は、学会発表および論文[T. Kashiwagi *et al.*, JAP, **122**, (2017) 233902., K. Nakamura *et al.* J. Physics: Conference Series **1293**, (2019) 12057.]にて報告した。

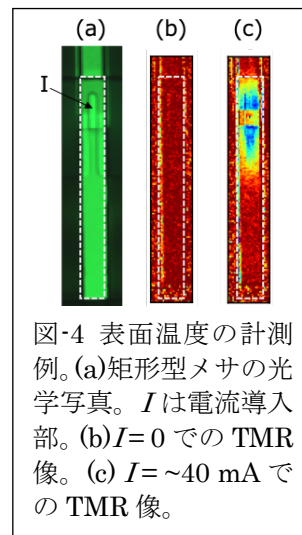


図-4 表面温度の計測例。(a)矩形型メサの光学写真。Iは電流導入部。(b)I=0でのTMR像。(c)I= ~40 mAでのTMR像。

(4) 単独メサ構造のアレイ素子開発

(1)で示した素子構造の改良により、素子特性の安定化が得られたこと、そして、(2)で示した単独メサ構造の作製方法の改良により、単独メサ構造を用いたアレイ素子の開発を効率よく進めることが可能になった。そのため本研究の最終年度に、図-5 に示す様な単独メサ構造のアレイ素子の開発に取り組むことができた。しかしながら、アレイ素子の開発を進めると、素子が一つの場合とは違う課題点も現れた。例えば、複数の単独メサ構造を用いると、素子の均一な支持や電気的的な接触を取ることが難しくなる点や、素子数の数と発振強度の関係性を評価するには、動作している素子とそうでない素子を区別する必要があるため、配線構造の改良が必要な点などである。そこで、複数素子の安定な支持を得るために、サンドイッチ構造において、2枚のサファイア基板の間に緩衝材を取り入れる改良を行なった。また、単独メサ構造を2つ並べた2アレイ素子に限定するとともに、それぞれの素子を個別に動作できるように電極構造の改良を行なった。その結果、2アレイ素子の作製・評価ができるまで到達した。ただ現時点では、従来に比べて明らかに強い出力を得るまでには至っていない。しかしながら、2アレイ素子を同時に動作させた時に、各素子を個別に動作させた時の出力の単純な和では説明できない出力が得られる現象などを観測している。これは、2アレイ素子間の協調的動作の可能性を示唆しており、今後の素子性能向上につながる重要な情報の1つであると考えている。現在はこの再現性の確認に取り組んでいる。これらの成果の一部は、応用物理学会等で報告を行なった。

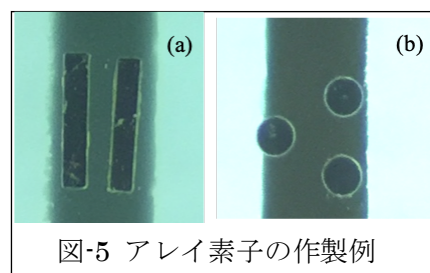


図-5 アレイ素子の作製例

(5) まとめと今後の展開について

本研究では、(1)~(3)の成果を中心に、Bi2212-THz波発振器に関し、発振特性の再現性の高い素子構造の開発、素子の作製技術の改良、素子特性の評価方法の開発を実現してきた。これにより、本研究開始以前に比べ、Bi2212単結晶の単独メサ構造の作製技術が格段に向上し、発振特性や電気特性の再現性の高い素子が得られるようになった。特に単独メサ構造を簡便にかつ大量に作製する技術の確立により、単独メサ構造を用いた発振器開発が大きく進展した。そのため、(4)で示したように、アレイ素子構造の素子特性を効率よく評価できる様になった。よって、本研究を通じて、素子性能の向上において欠かすことができない重要な技術基盤が確立できた。現状では、当初目標の発振出力には至っていないが、本研究を通じて、発振強度を決定している要因の限定化や上述のアレイ素子構造の開発が進んだことから、今後の研究で目標の達成を実現できると考えている。将来的には、本研究成果を発展させ、多方面の技術と協力することで、テラヘルツ波を利用した新たな学術・産業分野の創出を目指したいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Takanari Kashiwagi, Takumi Yuasa, Yuki Tanabe, Takayuki Imai, Genki Kuwano, Ryusei Ota, Kento Nakamura, Yukino Ono, Youta Kaneko, Manabu Tsujimoto, Hidetoshi Minami, Takashi Yamamoto, Richard A. Klemm, and Kazuo Kadowaki	4. 巻 124
2. 論文標題 IMPROVED EXCITATION MODE SELECTIVITY OF HIGH-Tc SUPERCONDUCTING TERAHERTZ EMITTERS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 33901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5033914	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
1. 著者名 Alexandre Correa, Federico Mompean, Isabel Guillamon, Edwin Herrera, Mar Garcia-Hernandez, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Kazuo Kadowaki, Alexander I. Buzdin, Hermann Suderow, Carmen Munuera	4. 巻 2
2. 論文標題 Attractive interaction between superconducting vortices in tilted magnetic fields	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 COMMUNICATIONS PHYSICS	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s42005-019-0132-x	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 該当する
1. 著者名 Yuuki Shibano, Takanari Kashiwagi, Yuki Komori, Kazuki Sakamoto, Yuki Tanabe, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami, Richard A. Klemm, and Kazuo Kadowaki	4. 巻 9
2. 論文標題 High-Tc superconducting THz emitters fabricated by wet etching	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 15116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5061682	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 該当する
1. 著者名 T. Kashiwagi, H. Kubo, K. Sakamoto, T. Yuasa, Y. Tanabe, C. Watanabe, T. Tanaka, Y. Komori, R. Ota, G. Kuwano, K. Nakamura, T. Katsuragawa, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, R. Yoshizaki, H. Minami, K. Kadowaki and R. A. Klemm	4. 巻 30
2. 論文標題 The present status of high-Tc superconducting terahertz emitters	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 74008
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 該当する

1. 著者名 T. Kashiwagi, T. Tanaka, C. Watanabe, H. Kubo, Y. Komori, T. Yuasa, Y. Tanabe, R. Ota, G. Kuwano, K. Nakamura, M. Tsujimoto, H. Minami, T. Yamamoto, R. A. Klemm, and K. Kadowaki	4. 巻 122
2. 論文標題 Thermoreflectance microscopy measurements of the Joule heating characteristics of high- Tc superconducting terahertz emitters	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 233902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5002743	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

1. 著者名 Kotaro Terao, Takanari Kashiwagi, Tomoyuki Shizu, Richard A. Klemm, and Kazuo Kadowaki	4. 巻 100
2. 論文標題 Superconducting and tetragonal-to-orthorhombic transitions in single crystals of FeSe _{1-x} Te _x (0 < x < 0.61)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW B	6. 最初と最後の頁 224516-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.224516	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

1. 著者名 G. Kuwano, M. Tsujimoto, Y. Kaneko, T. Imai, Y. Ono, S. Nakagawa, S. Kusunose, H. Minami, T. Kashiwagi, K. Kadowaki, Y. Simsek, U. Welp, and W.-K. Kwok	4. 巻 13
2. 論文標題 Mesa-Sidewall Effect on Coherent Terahertz Radiation via Spontaneous Synchronization of Intrinsic Josephson Junctions in Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈ +	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW APPLIED	6. 最初と最後の頁 014035-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.13.014035	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 該当する

1. 著者名 Junlan Zhong, Tatsuya Mori, Yasuhiro Fujii, Takanari Kashiwagi, Wakana Terao, Midori Yamashiro, Hidotoshi Minami, Manabu Tsujimoto, Teruhiko Tanaka, Hidehisa Kawashima, Junko Ito, Masash Kijima, Masatoshi Iji, Makoto M. Watanabe, Kazuo Kadowaki	4. 巻 232
2. 論文標題 Molecular vibration and Boson peak analysis of glucose polymers and ester via terahertz spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 115789-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115789	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 柏木隆成, 門脇和男	4. 巻 88
2. 論文標題 超伝導体による連続テラヘルツ波の発振と応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用物理	6. 最初と最後の頁 725-729
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 無
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 K Nakamura, H Minami, R Ota, K Murayama, Y Ono, S Kusunose, T Kashiwagi, M Tsujimoto and K Kadowaki	4. 巻 1293
2. 論文標題 Local heating effects on the radiation intensity of high-T c superconducting terahertz emitters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12057
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H Minami, Y Ono, K Murayama, Y Tanabe, K Nakamura, S Kusunose, T Kashiwagi, M Tsujimoto and K Kadowaki	4. 巻 1293
2. 論文標題 Power enhancement of the high-T c superconducting terahertz emitter with a modified device structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12056
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計49件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 中川駿吾, 志津友幸, 村山一哉, 中尾裕則, 柏木隆成, 中山繭, Kim Jeonghyuk, 石田茂之, 永崎洋, 茂筑高士, 門脇和男
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体Bi2212のBi/Sr組成を制御した結晶の物性評価
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野 雪乃、南 英俊、桑野 玄気、楠瀬 慎二、湯原 拓也、金子 陽太、今井 貴之、中川 駿吾、柏木 隆成、辻本 学、門脇 和男
2. 発表標題 外部共振器と結合したBi2212-THz波発振素子の高周波化
3. 学会等名 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南 英俊、大野 雪乃、楠瀬 慎二、湯原 拓也、桑野 玄気、今井 貴之、金子 陽太、中川 駿吾、柏木 隆成、辻本 学、門脇 和男
2. 発表標題 高温超伝導THz波発振素子の不均一動作の研究
3. 学会等名 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志津 友幸、柏木 隆成、中尾 裕則、中川 駿吾、今井 貴之、中山 繭、Kim Jeonghyuk、辻本 学、南 英俊、石田 茂之、茂筑 高士、永崎 洋、門脇 和男
2. 発表標題 高温超伝導体のデバイス利用に向けた材料研究
3. 学会等名 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柏木 隆成、今井 貴之、桑野 玄気、大野 雪乃、中川 駿吾、志津 友幸、金子 陽太、楠瀬 慎二、中山 繭、Kim Jeonghyuk、山本 卓、辻本 学、南 英俊、門脇 和男
2. 発表標題 固有ジョセフソン接合素子アレイを用いたテラヘルツ波発振器の開発
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今井 貴之、柏木 隆成、中川 駿吾、桑野 玄気、大野 雪乃、金子 陽太、楠瀬 慎二、Kim Jeonghyuk、中山 繭、山本 卓、辻本 学、南 英俊、門脇 和男
2. 発表標題 高温超伝導体Bi2212 単結晶を用いたTHz発振器 の高出力化に向けた素子製作方法の開発
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kashiwagi, S. Nakagawa, T. Imai, G. Kuwano, Y. Kaneko, Y. Ono, S. Kusunose, T. Yamamoto, H. Minami, M. Tsujimoto, and K. Kadowaki
2. 発表標題 Development of High-Tc Superconducting THz Emitters
3. 学会等名 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Genki Kuwano, Yota Kaneko, Takayuki Imai, Yukino Ono, Shungo Nakagawa, Shinji Kusunose, Takanari , Hidetoshi Minami, Kazuo Kadowaki, Manabu Tsujimoto
2. 発表標題 Control Of Mesa Sidewalls For Coherent Terahertz Radiation From Intrinsic Josephson Junctions Of High-Tc Superconductors
3. 学会等名 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukino Ono, Hidetoshi Minami, Genki Kuwano, Shinji Kusunose, Takayuki Imai, Yota Kaneko, Shungo Nakagawa, Takanari Kashiwagi, Manabu Tsujimoto, Kazuo Kadowaki
2. 発表標題 Terahertz Radiation From The High-Tc Superconductor Intrinsic Josephson Junctions Coupled To An External Resonator
3. 学会等名 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Junlan Zhong, Tatsuya Mori, Midori Yamashiro, Takanari Kashiwagi, Teruhiko Tanaka, Hidehisa Kawashima, Junko Ito, Masashi Kijima, Masatoshi Iji, Makoto M. Watanabe, Kazuo Kadowaki
2. 発表標題	Spectroscopic Characterization At THz Frequencies Of Glucose-based Biomaterials: Paramylon, Paramylon-ester And Cellulose
3. 学会等名	44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Manabu Tsujimoto, Genki Kuwano, Yota Kaneko, Takayuki Imai, Yukino Ono, Shungo Nakagawa, Shinji Kusunose, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Kazuo Kadowaki
2. 発表標題	Coherent Terahertz Radiation From Homogeneous Intrinsic Josephson Junction Stacks Of Cuprate High-Temperature Superconductors
3. 学会等名	44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	T. Kashiwagi, S. Nakagawa, T. Imai, G. Kuwano, Y. Kaneko, Y. Ono, S. Kusunose, T. Yamamoto, H. Minami, M. Tsujimoto, and K. Kadowaki
2. 発表標題	Development of High-Tc Superconducting THz Emitters
3. 学会等名	Materials Research Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	柏木 隆成, 今井 貴之, 桑野 玄気, 大野 雪乃, 中川 駿吾, 志津 友幸, 金子 陽太, 楠瀬 慎二, 中山 繭, Kim Jeonghyuk, 山本 卓, 辻本 学, 南 英俊, 茂筑 高士, 中尾 裕則, 永崎 洋, 石田 茂之, 馬渡 康德, 長谷川 幸雄, 門脇 和男
2. 発表標題	固有ジョセフソン接合素子を用いたテラヘルツ波発振器の開発
3. 学会等名	テラヘルツ科学の最先端VI
4. 発表年	2019年

1 . 発表者名 G. Kuwano, Y. Kaneko, R. Ohta, Y. Tanabe, T. Imai, Y. Ono, S. Kusunose, S. Nakagawa, T. Kashiwagi, H. Minami, K. Kadowaki, and M. Tsujimoto
2 . 発表標題 Effects of cross-section profiles on synchronization of distributed intrinsic Josephson junctions in cuprate high-Tc superconductors for coherent terahertz radiation
3 . 学会等名 12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Kaneko, G. Kuwano, T. Kashiwagi, H. Minami, K. Kadowaki, Y. Simsek, W-K. Kwok, U. Welp, and M. Tsujimoto
2 . 発表標題 Design and characterization of microstrip patch antennas for efficient terahertz radiation from BSCCO intrinsic Josephson junctions
3 . 学会等名 12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Minami, Y. Ono, K. Murayama, Y. Tanabe, K. Nakamura, S. Kusunose, T. Kashiwagi, M. Tsujimoto, K. Kadowaki
2 . 発表標題 Power enhancement of the high-Tc superconducting terahertz emitter with a modified device structure
3 . 学会等名 31st International Symposium on Superconductivity (ISS2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Nakamura, H. Minami, R. Ota, K. Murayama, Y. Ono, S. Kusunose, T. Kashiwagi, M. Tsujimoto, K. Kadowaki
2 . 発表標題 Local heating effects on the radiation intensity of high-Tc superconducting terahertz emitters
3 . 学会等名 31st International Symposium on Superconductivity (ISS2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kashiwagi, G. Kuwano, T. Imai, S. Nakagawa, Y. Tanabe, R. Ota, K. Nakamura, Y. Ono, Y. Kaneko, S. Kusunose, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, R. A. Klemm, and K. Kadowaki
2. 発表標題 Study of radiation spectra of Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _{8+d} high-Tc superconducting terahertz emitters
3. 学会等名 11th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors (Plasma 2019), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Tsujimoto, G. Kuwano, Y. Kaneko, T. Kashiwagi, H. Minami, K. Kadowaki, Y. Simsek, U. Welp, and W-K. Kwok
2. 発表標題 Fabrication of vertical mesa sidewalls for intense terahertz radiation from Bi-2212 intrinsic Josephson junctions
3. 学会等名 11th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors (Plasma 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takanari Kashiwagi, Genki Kuwano, Takayuki Imai, Shungo Nakagawa, Yuuki Tanabe, Ryusei Ota, Kento Nakamura, Yukino Ono, Youta Kaneko, Shinji Kusunose, Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami, Richard Klemm, Kazuo Kadowaki
2. 発表標題 Study of radiation spectrum of Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _{8+d} high-Tc superconducting terahertz emitters.
3. 学会等名 APS March meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村山一哉, 志津友幸, 大槻祥馬, 柏木隆成, 南英俊, 辻本学, 門脇和男
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体Bi ₂ 212のCuO ₂ 面外の乱れが輸送特性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金子陽太, 桑野玄気, 太田隆晟, 田邊祐希, 中村健人, 今井貴之, 大野雪乃, 楠瀬慎二, 中川駿吾, 柏木隆成, 南英俊, 門脇和男, 辻本学
2. 発表標題 開放型平面アンテナと結合したBi-2212固有ジョセフソン接合からのテラヘルツ波放射
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柏木隆成, 桑野玄気, 田邊祐希, 太田隆晟, 中村健人, 今井貴之, 大野雪乃, 金子陽太, 中川駿吾, 楠瀬慎二, 辻本学, 山本卓, 南英俊, 門脇和男
2. 発表標題 固有ジョセフソン接合系Bi2212テラヘルツ発振素子の発振線幅について
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桑野玄気, 金子陽太, 太田隆晟, 田邊祐希, 中村健人, 今井貴之, 大野雪乃, 楠瀬慎二, 中川駿吾, 柏木隆成, 南英俊, 門脇和男, 辻本学
2. 発表標題 高温超伝導体固有ジョセフソン接合系におけるテラヘルツ発振現象のメサ断面形状効果
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桑野玄気, 金子陽太, 太田隆晟, 田邊祐希, 中村健人, 今井貴之, 大野雪乃, 楠瀬慎二, 中川駿吾, 南英俊, 柏木隆成, 門脇和男, 辻本学
2. 発表標題 高温超伝導体固有ジョセフソン接合系におけるテラヘルツ発振現象のメサ断面形状効果II
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柏木隆成
2. 発表標題 高温超伝導体固有ジョセフソン接合テラヘルツ波発振素子の開発
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村健人, 南英俊, 村山一哉, 大野雪乃, 楠瀬慎二, 田邊祐希, 太田隆晟, 桑野玄気, 今井貴之, 金子陽太, 中川駿吾, 柏木隆成, 辻本学, 門脇和男
2. 発表標題 高温超伝導THz波発振素子の発振強度への局所加熱効果
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 大野雪乃, 南英俊, 中村健人, 楠瀬慎二, 田邊祐希, 桑野玄気, 太田隆晟, 今井貴之, 金子陽太, 中川駿吾, 柏木隆成, 辻本学, 門脇和男
2. 発表標題 高温超伝導テラヘルツ波発振現象への外部構造効果
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 今井貴之, 柏木隆成, 田邊祐希, 太田隆晟, 桑野玄気, 中村健人, 大野雪乃, 金子陽太, 楠瀬慎二, 中川駿吾, 南英俊, 山本卓, 辻本学, 門脇和男
2. 発表標題 高温超伝導体Bi2212を用いたTHz波発振器の高出力化に向けた取り組み
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 田邊祐希, 柏木隆成, 今井貴之, 村山一哉, 太田隆晟, 桑野玄気, 中村健人, 大野雪乃, 金子陽太, 楠瀬慎二, 中川駿吾, 辻本学, 山本卓, 南英俊, 門脇和男
2. 発表標題 高温超伝導体Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈ + を用いた円盤型テラヘルツ波発振素子のウェットエッチング法による作製と評価 2
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 太田隆晟, 柏木隆成, 桑野玄気, 田邊祐希, 中村健人, 大野雪乃, 今井貴之, 金子陽太, 中川駿吾, 楠瀬慎二, 南英俊, 辻本学, 門脇和男
2. 発表標題 高温超伝導体THz波発振素子の発熱制御に向けた研究開発
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 南英俊, 大野雪乃, 村山一哉, 田邊祐希, 中村健人, 楠瀬慎二, 今井貴之, 太田隆晟, 桑野玄気, 金子陽太, 中川駿吾, 柏木隆成, 辻本学, 門脇和男
2. 発表標題 高温超伝導テラヘルツ波発振素子の高出力化
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 田邊 祐希、柏木 隆成、今井 貴之、村山 一哉、太田 隆晟、桑野 玄気、中村 健人、大野 雪乃、金子 陽太、楠瀬 慎二、中川 駿吾、山本 卓、辻本 学、南 英俊、門脇 和男
2. 発表標題 高温超伝導体を用いた円盤型テラヘルツ波発振素子のウェットエッチング法による作製手法の改善と特性評価
3. 学会等名 2019年第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野 雪乃、南 英俊、桑野 玄気、田邊 祐希、村山 一哉、楠瀬 慎二、中村 健人、太田 隆晟、今井 貴之、金子 陽太、中川 駿吾、柏木 隆成、辻本 学、門脇 和男
2. 発表標題 小さな接合面積のBi2212固有ジョセフソン接合系からのテラヘルツ波放射
3. 学会等名 2019年第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柏木隆成, 田中大河, 渡辺千春, 小守優貴, 田邊祐希, 湯浅拓実, 太田隆晟, 桑野玄気, 中村健人, 今井貴之, 大野雪乃, 金子陽太, 辻本学, 山本卓, 南英俊, 門脇和男
2. 発表標題 サーモフレクタンス法を用いた固有ジョセフソン接合系Bi2212テラヘルツ発振素子の特性評価
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takanari Kashiwagi, Taiga Tanaka, Chiharu Watanabe, Hiroyuki Kubo, Yuki Komori, Takumi Yuasa, Yuki Tanabe, Ryusei Ota, Genki Kuwano, Kento Nakamura, Manabu Tsujimoto, Hidetoshi Minami, Takashi Yamamoto, Richard Klemm, Kazuo Kadowaki
2. 発表標題 Study of Joule heating characteristics of Bi2Sr2CaCu208+ high-Tc superconducting terahertz emitters
3. 学会等名 APS March meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柏木隆成, 湯浅拓実, 田中大河, 小守優貴, 田邊祐希, 太田隆晟, 桑野玄気, 中村健人, 今井貴之, 大野雪乃, 辻本学, 山本卓A, 吉崎亮造, 南英俊, 門脇和男
2. 発表標題 固有ジョセフソン接合系Bi2212テラヘルツ発振素子の発振周波数特性について
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名	Richard Klemm, Andrew Davis, Qing Wang, Takashi Yamamoto, Daniel Cerkoney, Candy Reid, Maximiliaan Koopman, Hidetoshi Minami, Takanari Kashiwagi, Joseph Rain, Constance Doty, Michael Sedlack, Manuel Morales, Chiharu Watanabe, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanzari, Kazuo Kadowaki
2. 発表標題	Terahertz emission from the intrinsic Josephson junctions of high-symmetry thermally-managed Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈ + microstrip antennas
3. 学会等名	APS March meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Genki Kuwano, Takanari Kashiwagi, Yota Kaneko, Hidetoshi Minami, Kazuo Kadowaki, Yilmaz Simsek, Wai-Kwong Kwok, Ulrich Welp, Richard Klemm, Manabu Tsujimoto
2. 発表標題	Linewidth Dependence of Coherent Terahertz Waves Emitted from a Stack of Intrinsic Josephson Junctions in BSCCO
3. 学会等名	APS March meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	湯浅 拓実、柏木 隆成、小守 優貴、田中 大河、太田 隆晟、桑野 玄気、田邊 祐希、中村 健人、今井 貴之、大野 雪乃、金子 陽太、鍾 俊蘭、辻本 学、山本 卓、南 英俊、門脇 和男
2. 発表標題	高温超伝導体Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈ + を用いたTHz波発振素子の発振強度に関する研究
3. 学会等名	応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	田邊 祐希、柏木 隆成、小守 優貴、今井 貴之、鍾 俊蘭、湯浅 拓実、田中 大河、太田 隆晟、桑野 玄気、中村 健人、大野 雪乃、金子 陽太、辻本 学、南 英俊、門脇 和男
2. 発表標題	高温超伝導体Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈ + を用いた円盤型テラヘルツ波発振素子のウェットエッチング法による作製と評価
3. 学会等名	応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名 小守 優貴、南 英俊、田邊 祐希、今井 貴之、湯浅 拓実、田中 大河、中村 健人、太田 隆晟、桑野 玄気、大野 雪乃、金子 陽太、鍾 俊蘭、柏木 隆成、辻本 学、門脇 和男
2. 発表標題 高温超伝導体を用いたテラヘルツ波発振素子のウェットエッチング法による作製
3. 学会等名 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 桑野 玄気、柏木 隆成、辻本 学、金子 陽太、鍾 俊蘭、小守 優貴、田中 大河、湯浅 拓実、太田 隆晟、田邊 祐希、中村 健人、今井 貴之、大野 雪乃、南 英俊、門脇 和男
2. 発表標題 固有ジョセフソン接合系テラヘルツ発振デバイスの線幅評価
3. 学会等名 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中 大河 ¹ 、柏木 隆成、小守 優貴、湯浅 拓実、田邊 祐希、中村 健人、太田 隆晟、桑野 玄気、今井 貴之、大野 雪乃、金子 陽太、鍾 俊蘭、山本 卓、辻本 学、南 英俊、門脇 和男
2. 発表標題 高温超伝導体 Bi2212 THz 波発振素子の発熱評価と発振特性
3. 学会等名 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 門脇 和男、Asem Elarabi、Zhong Junlan、田中 大河、湯浅 拓実、小守 優貴、太田 隆晟、桑野 元気、田邊 祐希、中村 健人、大野 雪乃、金子 陽太、辻本 学、柏木 隆成、南 英俊、山本 卓、Delfanazari Kaveh、Klemm Richard
2. 発表標題 高温超伝導テラヘルツ発振デバイスの実用化と将来展望
3. 学会等名 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金子 陽太、桑野 玄気、鍾 俊蘭、小守 優貴、田中 大河、湯浅 拓実、太田 隆晟、田邊 祐希、中村 健人、今井 貴之、大野 雪乃、南 英俊、柏木 隆成、門脇 和男、辻本 学
2. 発表標題 高温超伝導体テラヘルツ光源と結合する開放型平面アンテナ素子の開発
3. 学会等名 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南 英俊、村山 一哉、小守 優貴、中村 健人、大野 雪乃、湯浅 拓実、田中 大河、田邊 祐希、今井 貴之、太田 隆晟、桑野 玄気、金子 陽太、鍾 俊蘭、柏木 隆成、辻本 学、門脇 和男
2. 発表標題 高温超伝導テラヘルツ波発振素子アレイの研究
3. 学会等名 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桑野 玄気、金子 陽太、小守 優貴、田中 大河、湯浅 拓実、太田 隆晟、田邊 祐希、中村 健人、今井 貴之、大野 雪乃、鍾 俊蘭、柏木 隆成、南 英俊、門脇 和男、辻本 学
2. 発表標題 固有ジョセフソン接合列の位相同期現象におけるメサ断面形状効果
3. 学会等名 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kashiwagi , T. Yuasa, Y. Tanabe, T. Tanaka, Y. Komori, R. Ota, G. Kuwano, K. Nakamura, C. Watanabe, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, R. Yoshizaki, H. Minami, R. Klemm, K. Kadowaki
2. 発表標題 Device characteristics of high-Tc superconducting intrinsic Josephson junction terahertz emitters
3. 学会等名 28th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計5件

産業財産権の名称 基板構造体、支持構造体、薄膜素子の応用デバイス、テラヘルツ帯域電磁波素子及びテラヘルツ帯域電磁波発振装置	発明者 柏木隆成，門脇和男， 南英俊，尾内敏彦， 吉住昭治	権利者 筑波大学
産業財産権の種類、番号 特許、2019-128660	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 構造体、テラヘルツ帯域電磁波発振素子及びテラヘルツ帯域電磁波発振素子の動作方法	発明者 柏木隆成，尾内敏 彦，吉住昭治，南英 俊，門脇和男	権利者 筑波大学
産業財産権の種類、番号 特許、2019-147331	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 構造体、テラヘルツ帯域電磁波発振素子及びテラヘルツ帯域電磁波発振装置	発明者 南英俊南英俊，大野 雪乃，門脇和男，柏 木隆成，辻本学	権利者 筑波大学
産業財産権の種類、番号 特許、2019-160094	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 テラヘルツ帯域電磁波発振素子の発振方法，テラヘルツ帯域電磁波発振素子の発振装置及び分光器	発明者 柏木隆成，南英俊， 門脇和男	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2018-032280	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ボゾンピークの測定値に基づいて、物質の結晶化度及び/又は密度を測定する方法及び測定装置	発明者 森龍也，柏木隆成	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-227977	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----