

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域
「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」
研究課題
「超伝導による連続 THz 波の発振と応用」

研究終了報告書

研究期間 平成19年10月～平成25年3月

研究代表者: 門脇和男
(筑波大学数理物質系 教授)

§1 研究実施の概要

(1) 実施概要

高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ は典型的な固有ジョセフソン接合系である。この系をメサ状に微細加工し、直流電流で駆動することで、THz 帯域の強い電磁波が連続的に発生する事を、2007 年、われわれおよび、アルゴンヌ国立研究所のグループの共同研究によって発見した。本研究は、この現象の発見に基づいている¹。すなわち、この発振現象の物理的解明を行い、応用の可能性を追求する幅広い研究を実施することにある。

具体的には、主に、(1)「THz 波の発振条件の確立」、(2)「広帯域 THz 領域の開拓と高出力化」、(3)「高強度発振素子によるイメージングへの応用」、の3点を中心として、実験と理論の両面から研究を行った。

まず、(1)の「THz 波の発振条件の確立」としては、様々なメサ形状を作成し、系統的に発振周波数や偏光特性を含む放射パターンとメサの形状の関係を調べた。その結果、発振周波数 f は矩形メサの場合、メサの幅 w に対してその逆数 $1/w$ に比例し、 $f = \alpha/n\lambda = c/2nw$ の関係が成り立つことを明らかにした。ここで n は超伝導体の屈折率、 λ は超伝導体内部での電磁波の波長、 α は真空中での光速である。この発振条件は試料自身がその形状と大きさに適合した自己共振器(self-resonator)としての役目を果たすことを強く示唆している。事実、メサの形状と大きさによる空洞共振器(cavity resonator)としての役割は、その後、矩形メサのみで無く、正方形、円板、三角形(正三角形、2等辺三角形、直角三角形など)、五角形でも同様に成り立つことが分かった。理論的には電磁波のメサ内部での固有モードを求めることと同等で有り、したがって、最も単純化したモデルでは誘電体を含む平行平板コンデンサーの共振条件を求める電磁波の解析に帰着する。ただし、現実には平行平板の中には超伝導電流(ジョセフソン電流)が流れていることを考慮し修正が必要である。現在では、この効果を取り入れ、FDTD(Finite-Difference Time-Domain)法によるシミュレーションを行うことで大変良く理解できるところまで来ている。これを用いることで、現実にはメサの形状が分かれば電磁波の放射分布を含めて実測と定量的に一致する予測が可能となっている。しかし、発振出力(効率)に関しては予測できる値に達していない。その理由は、メサ加工の際の加工精度の問題、それに伴う超伝導特性の劣化、超伝導内部に起こる発熱の問題(hot spot)など、複雑な要因が考えられ、今後、それらを一つ一つ精査し、改善する必要がある。特に、hot spot に関しては発振に対し負の要因として避けられない問題で有り、これを如何に軽減するかが今後の発振出力向上に重要であると考えられる。

さらに、発振を規定している条件として、発振周波数 f は常に $f = (2e/h)(V/N)$ で表される交流ジョセフソン効果を満たす。ここで e は電子の素電荷、 h はプランク定数、 N はメサの厚さ方向の固有ジョセフソン接合数、 V はメサに印加される電圧である。 $K_J = 2e/h = 483.597891(12)$ (GHz/mV)で、 K_J はジョセフソン定数である。これはメサが如何なる条件であっても成立しなければならない条件であり、高温超伝導体からの電磁波輻射の根幹をなしている。この関係式も実験的に確認されている。個々の固有ジョセフソン接合がこの関係を満たし、量子力学的にシンクロナイズすることによって強力な発振が起こることからこの現象をジョセフソンレーザと呼んでいる。

(2)の「広帯域THz領域の開拓」のためには、メサにかかる電圧 V を広範囲に変化する必要がある。上記した2つの発振条件からこの電圧は $V_{dc} = (c_0/2nw)(1/K_J)(2d/c) = 48.2(d/w)$ (V)と表すことができる。ここで d はメサの厚さ、 c は結晶の c 軸長である。このことは形状が分かれば発振に必要な電圧は予想することができることを意味する。この場合、周波数は固定されるように見えるが実際は空洞共振器の Q 値がほぼ 10 程度(あるいはそれ以下)と大きくないため、発振許容範囲は f/Q -数 100 GHz である。しかも、空洞共振の高次のモードが重なる場合、ほぼ

¹ L. Ozyuzer et al, Science **318** (2007) 1291.

連続的に高次のモードに移行して発振が可能である事が分かった。

「高強度化」としては、これまで発振条件を様々に変化し、最適条件を探す研究を行ってきた。広帯域化を犠牲にして空洞共振器の Q 値を上げる方法が考えられるが、現状では具体的にまだ成功していない。しかしながら、多くの実験の内、頻度が少なく不安定ではあるが、通常の発振より1~2桁程度強い発振が偶然得られる事があり、この現象の理解に現在、全力を挙げている。このことは、少なくともメサの条件を整えることで1~2桁、強度の改善ができることを意味している。

また、他の方法として、メサの下部にある大きな超伝導体結晶を除いた「単独メサ」は強度がほぼ1桁改善することが分かっているため、これを起点に Fabry-Perot 型の共振器をメサに直接組み込むデバイスの設計を現在行っているところである。さらに、メサを並列に基板上に配置し、同期動作させると強度はメサの数の2乗倍となるので、この方法は大変有効である。現在、2個のメサを同期し $30\ \mu\text{W}$ 程度の出力が得られている。注入電力は数 $10\ \text{mW}$ であることから依然としてエネルギー変換効率は高くなく 0.3% 程度である。この改善が早急に望まれる。

(3)の「イメージングへの応用」では、できるだけ高強度発振するメサを用い、透過型のイメージング装置を試作した。植物の葉や肉片、封筒内の硬貨、封筒内の剃刀の刃、フロッピーディスクなど様々なイメージを鮮明に得ることができた。また、石英板を楔形に配置し、THz 波の干渉を測定する事で直接周波数を測定するセルを開発した。このセルは中に液体を入れることで液体の吸収係数を精密に測定する事ができるという特徴を持っていて、現在、様々な液体やタンパク質などの吸収係数の測定を試みている。

最近、蛍光材を塗布し、メサの温度を直接測定する実験に成功した。その結果は高電流の場合、メサの温度が熱浴の温度から乖離し、部分的に hot spot を形成して中心部では T_c 以上 ($\sim 130\ \text{K}$) にもなっている事を示している。高電流から徐々に電流を下げ、メサのエッジ領域がかろうじて超伝導に転移すると、その時点から発振が始まり、やがて電流の減少とともに急速に発振強度が増大する。発振自体、hot spot の生成とは無関係で、発振周波数も交流ジョセフソン効果を満たしている。また、低電流側で、hot spot がすでに消滅している領域でも強い発振が起こる事から、発振の原動力と hot spot は無関係であると考えられる。むしろ、hot spot は面内の超伝導コヒーレンスを破壊するので THz 発振には障害となっていると考えられる。この hot spot の発生には高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の内部抵抗の大きさと負の温度係数が直接関係していると考えられるため、これを排除することは極めて困難であると考えられる。防止策としては、熱伝導度の高い接着剤を用いて熱放射を促進させこと、金属電極を積極的に用いて表面からの熱の放出を促すこと、薄いメサを作成し抵抗を下げることなど現在対策を検討中である。また、熱伝導解析ソフトウェアを用いた温度分布解析が有効であることが分かったためこれを積極的に用いることを検討している。

このように、単結晶 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ メサ構造からの THz 波の発振現象の発見から5年が経過し、多くの新しい現象や実験結果が明らかにされ、その基本的な特性は、発振強度の改善の技術的方法を除いてほとんど解明できたと考えている。

(2) 顕著な成果

(CREST 研究で得られた最も顕著な成果を3点挙げ、それぞれについて3行程度で説明してください。成果は論文、特許、試作品、展示などが挙げられます。)

1. 高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ メサ構造から連続 THz 波の発振の発見

概要: 従来の発振方法(従来の超伝導体を含み、各種半導体(トンネルダイオード)、量子カスケードレーザ(QCL))では本質的に発振困難な $1\ \text{THz}$ 帯域の電磁波を高温超伝導体単結晶 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ をメサ加工し、直流駆動することで、連続でコヒーレントな THz 帯の電磁波の発振に成功した。(特許4件出願)

2. THz 発振条件の確立

概要: 発振の必要条件が、メサの形状に由来する空洞共振モード、および、交流ジョセフソン

効果であることを明らかにした。このことから、メサの形状がわかれば放射電磁波のモードが特定でき、強度分布を理論的に計算することができる。また、周波数はメサの形状を適当に取れば、出力は多少犠牲になるが、ほぼ全領域で可変で可能である(tunable)。

3. メサの温度の直接観察による hot spot の定量的評価に成功

概要:メサの高い内部抵抗のため直流電流によってメサ全体で最大 100 mW 程度の発熱がある。この電流と、メサの内部抵抗の温度依存性が負であるため、メサの温度が局所的に上昇するホットスポットが発生し、メサは部分的に超伝導転移温度以上になる。しかしながら、この hot spot は発振現象そのものにはほとんど影響せず、むしろ大きな温度の不均一性によるデメリットが深刻な問題と考えられている。現在、詳細な研究が進行中である。

§2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

本研究は、高温超伝導体からの連続 THz 波発振現象が新たに発見された直後であったため、研究計画当初では、先ず、この現象がどのような機構により発生するのか、機構解明に主眼を置いて計画を立案した。すなわち、門脇グループでは1. 単結晶試料の加工法の開発、2. 測定系の整備、3. THz 波発振の最適条件の確立の3本立てとした。その後、次第に現象の理解が進むにつれ、4. 単独メサの開発、5. 応用開発(イメージング、スペクトロスコピーなど)、6. 高磁場下での発振、7. DFDT による電磁波解析の4項目を追加した。

立木グループは当初から1. 機構解明を計画し、実施してきた。途中、メサの発振に対して最適条件を探す目的で周囲の環境を取り入れたシミュレーションを実施した。(2. 最適化シミュレーション)

また、物材機構の胡グループは当初から1. 大型計算機によるシミュレーションを実施し、後に、2. 集積化などの大型シミュレーションを計画したが条件がそこまで達せず、現実的で無いとして実施されなかった。

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

上記したように、研究の進展につれ、THz 発振機構が次第に解明されて、研究内容もそれに沿って変更が必要となってきたことから、追加項目として4. 単独メサの開発、5. 応用開発(イメージング、スペクトロスコピーなど)、6. 高磁場下での発振、7. DFDT による電磁波解析の4項目を実施した。これらは理論的解明により示唆された内容も含まれ、実験と理論が相乗効果を発揮した部分である。とくに、4. の単独メサは超伝導基板上にメサがあると、基板が超伝導であるため放射される電磁波をスクリーニングしてしまい、放射強度が落ちてしまう。そのため、超伝導基板を取り除いた単独のメサを作成することで強度が大幅に改善することが期待され、事実実験的にそれが証明されている。また、5. の応用開発として、透過型のイメージング装置の開発を行い、植物の葉や肉片、封筒内のコイン、ナイフの刃や、フロッピーディスクなどの透過像を得ることができた。これは今後、イメージング対象を拡大していく予定である。また、6. として、高磁場下での THz 発振現象の開拓はようやく装置が起動し始めたことから、今後、大いに成果が期待されている。また、7. の DFDT による電磁波解析では、このソフトウェアは、今後、メサの設計において極めて実用的に用いることができることが分かったのでこれを基に設計を実施して行く予定である。

§3 研究実施体制

(1)「門脇」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
門脇 和男	筑波大学大学院数理物質科学研究科	教授	H19.10～
立木 昌	東京大学大学院新領域創成研究科	産学官連携研究員	H19.10～ H20.3
立木 昌	東京大学大学院新領域創成研究科	契約職員	H20.4～ H20.12
立木 昌	筑波大学大学院数理物質科学研究科	筑波大学研究員	H21.1～24.3
立木 昌	筑波大学大学院数理物質科学研究科	筑波大学非常勤研究員	H24.5～H25.3
服部 利明	筑波大学大学院数理物質科学研究科	准教授	H19.10～
掛谷 一弘	筑波大学大学院数理物質科学研究科	講師	H19.10～ H20.3
掛谷 一弘	京都大学大学院工学研究科	准教授	H20.4～H21.3
南 英俊	筑波大学大学院数理物質科学研究科	講師	H19.10～ H25.3
Boris Markovic	筑波大学大学院数理物質科学研究科	研究員(PD)	H20.4～H22.3
八巻 和宏	筑波大学大学院数理物質科学研究科	学振特別研究員(DC2)	H19.10～ H23.3
橋本 慎也	筑波大学大学院数理物質科学研究科	D4	H19.10～ H24.3
川又 晃平	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H19.10～ H20.3
山口 勇人	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H19.10～ H20.3
齋藤 敬	株式会社東京インスツルメンツ	産学官連携研究員	H20.2～H21.3
山本 卓	筑波大学大学院数理物質科学研究科	研究員(PD)	H20.4～H22.3
生井 瑞穂	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H20.4～H21.3
齋藤 隆志	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H20.4～H21.3
佐藤 峻	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H20.4～H21.3
Kroto Ivanovic	筑波大学大学院数理物質科学研究科	D2	H20.4～H24.3
福屋 翔太	東京大学理学研究科	D3	H20.4～H23.3
持地 貴紘	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H20.4～H22.3
辻本 学	筑波大学大学院数理物質科学研究科	D2	H20.4～H23.3
山口 尚人	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H21.4～H23.3
出口 幸太	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H21.4～H23.3
呉屋 朝樹	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H21.4～H23.3
小池 隆	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H21.4～H23.3
折田 尚樹	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H21.4～H23.3
柏木 隆成	筑波大学大学院数理物質科学研究科	助教	H21.4～H25.3
Richard Klemm	フロリダ中央大学	教授	H21.7～H25.3
Pradip Das	筑波大学大学院数理物質科学研究科	研究員(PD)	H22.1～H22.3
浅井 栄大	筑波大学大学院数理物質科学研究科	研究員(PD)	H22.4～H23.3
城野 洋平	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H22.4～H24.3

中山 諒	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H22.4～H24.3
Kaveh Delfanazari	筑波大学大学院数理物質科学研究科	D2	H22.4～H24.3
Yu. Latyshev	ロシア科学アカデミー ラジオ技術・エレクトロニクス研究所	教授	H22.4～H24.3
北村 健郎	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H23.4～H25.3
鈴木 悠介	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H23.4～H25.3
野沢 顕彦	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H23.4～H25.3
石川 拓也	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H23.4～H25.3
沢村 真史	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M2	H23.4～H25.3
石田 和也	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M1	H24.4～H25.3
田島 香澄	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M1	H24.4～H25.3
渡辺 千春	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M1	H24.4～H25.3
関本 俊祐	筑波大学大学院数理物質科学研究科	M1	H24.4～H25.3
小山 富男	東北大学金属材料研究所	助教	H24.4～H25.3
松本 秀樹	東北大学理学研究科非常勤研究員		H24.4～H25.3

②研究項目

(1) 試料加工法の確立

これまでメサ試料作成に関して様々な方法を検討してきた。代表的な方法として、1. イオンミリング、2. フォトリソグラフィーによるウェットエッチング、3. 金属マスクによるドライエッチング、4. FIB(Focused Ion Beam)法などである。これらを総合的に判断し、目的によって使い分けをし、さらに、加工法を改良する方策を確立する。また、単結晶の作成装置が老朽化したのでその整備を行う。

(2) 単独メサの開発

放射効率は初期の段階と比較すれば2桁程度向上したが、依然として 0.3%程度である。これを打開する方法の一つとして単独メサがある。単独メサでは理想的には発振出力が1～2桁ほど向上することが理論的に予想されており、実証もされている。また、単独メサをアレイ化し、さらに強力な発振を得ることが可能なので、その前段階としての単独メサの作成技術の確立を目指す。

(3) 測定系の整備

THz 帯域の分光のため、遠赤外よりさらに波長の長い領域のスペクトロメーターと検出のための検出器が必要不可欠であり、それらを初年度に購入した(分光器(日本分光、FARIS-1)、Si ボロメーター(インフラレッド)、ヘリウムフロー型クライオスタット(オックスフォードインスツルメンツ社、CF1104、および温度コントローラー)、その他デジタルボルトメーターなど)。THz 放射の線幅を測定するためミキサー(Virginia diode 製、750 GHz 帯)を導入した。またそのために必要なスペクトルアナライザー(Agilent Technology, E4440A)を同時に導入した。放射角度分布測定のため、新しいクライオスタットを自作した。その他、電極付けに必要なマニピュレーター(Axis-Pro)を導入した。

(4) THz 電磁波発振の最適条件の確立

高温超伝導体単結晶を様々な形状のメサに加工し、発振周波数と形状の関係を系統的に調べた。その結果、メサ内部に発生する電磁波の共振モードと発振周波数、形状(矩形型、正方形型、円盤形の場合)の関係を明らかにした。また、放射 THz 電磁波の強度分布の測定からメサ内部の電磁波モードを同定した。これは理論的に予想される結果と一致した。

多重ブランチ内での発振機構の解明を行った。通常のメサは厚さが $1\mu\text{m}$ 程度である。このメサの内部には約 670 層の固有ジョセフソン接合が含まれ、電流・電圧特性において、これらすべてを分離して観測可能である。すなわち、電流・電圧特性は固有ジョセフソン接合の数に相当する多数

のブランチ構造を形成している。これが固有ジョセフソン接合の特徴でもあるが、この多重ブランチ構造の内部からも THz 電磁波の発振が可能であることを見いだした。しかしながら、この内部ブランチからの発振はブランチによって極めて異なった強度、異なった周波数の発振であることがわかってきた。メサ全体が一つの電磁波モードに共鳴したこれまでの発振の場合は、メサ全体が同位相で振動するモードを形成しており単純であったが、内部ブランチからの発振はそれとは異なり、別の発振条件によって支配されていることが実験的に明らかになって来た。一方、内部ブランチを使えば、同一メサで広範囲に周波数を可変することができるので、この内部発振の解明は大変興味ある重要な問題である。また、この周波数可変という性質は応用上も極めて重要であると考えられる。この問題を解明する。

(5) 応用開発

多くのイメージングにはスペクトル幅の広いパルス光源が使われている。本研究で得られる THz 波はこれとは異なり、スペクトル幅の狭い単色であり、連続光で、しかもコヒーレントな電磁波であるので、これまでの光源とは一線を画している。矩形メサによる発振強度は通常でも数 10 μ W あり、スペクトル線幅が約 0.5 GHz 程度である。このような光源の特徴は他のデバイスでは得られないものである。この特長を生かし、この素子をイメージングに利用するため、現在、装置の構築中である。

(6) 高磁場下での発振

高磁場中での THz 波の発振の可能性を探求するため高磁場電磁石 (16 T、最大 18 T、オックスフォードインスツルメンツ社製) を H24 年度に導入し、測定装置の開発と試験運転が現在進行中。

(7) DFDT 法による解析

具体的にメサから放射される電磁波の強度分布を内部に発生する電磁波モードを基に解析する方法で大変実用的である。通常、このプログラムは金属アンテナの解析などに用いられるが、これを超伝導体のメサに適用できるように工夫、改良した。基板を含めたメサのデザインに大変有効である。

(8) 機構の解明

多重接合の場合、単一ジョセフソン接合とは異なり、励起される電磁波は層数だけの自由度がある。この状態は単純な励起モードとしてとらえることはできない。また、固有ジョセフソン接合系は本質的に非線形であり、この非線形性がこの様な特異な発振現象の重要な要素となっているため、非線形性を無視できない。これは、一方では理論的な解析を大変困難なものにする大きな要因となっている。しかしながら、固有ジョセフソン接合の数がまだ数100と少ないことから、非線形性の特徴を保持しつつ、厳密に解を求めるという手法を昨今の大型計算機を用いれば可能となる。この様な状況にある多重ジョセフソン接合系を、大型計算機を用いて数値的に解析することで実験結果を具体的に説明できるところまで行くことが目標である。現状では、発振現象の基本的な解明を行っており、その結果、この様な THz 波の発振現象はメサのみの取り扱い方法では不十分で、周辺の近接場の効果を十分取り入れることが重要であることがわかった。

(9) 最適化シミュレーション

上記の様に大型計算機による現実的な計算が可能になった後、それを集積した総合的な最適化シミュレーションが必要不可欠であるが、これは次の段階の問題である。

(2)「胡」グループ

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
古月 暁	物質・材料研究機構 国際ナノアーキテク トニクス研究拠点 ナノ物性理論ユニット	ユニット長	H19.7～H25.3

林士増	物質・材料研究機構 国際ナノアーキテク トニクス研究拠点 ナノ物性理論ユニット	ポスドク研究員	H19.7～23.7
梁奇峰	物質・材料研究機構 国際ナノアーキテク トニクス研究拠点 ナノ物性理論ユニット	ポスドク研究員	H23.4～H25.3
楊麗平	物質・材料研究機構 国際ナノアーキテク トニクス研究拠点 ナノ物性理論ユニット	ポスドク研究員	H21.2～H21.7
野々村禎彦	物質・材料研究機構 理論計算ユニット	主任研究員	H19.7～H23.3
茂筑 高士	物質・材料研究機構 超伝導物性ユニット	主幹研究員	H19.7～H25.3

②研究項目

- (1) 銅酸化物高温超伝導固有ジョセフソン接合系の超伝導位相ダイナミクスの大規模数値計算及び理論解析
- (2) 銅酸化物高温超伝導高品質の単結晶の育成

§4 研究実施内容及び成果

4. 1 Bi2212 単結晶による強力、連続 THz 波の発振の研究開発 (筑波大学、門脇グループ)

(1) 研究実施内容及び成果

《実施方法・実施内容・成果に加え、成果の位置づけや類似研究との比較をまとめてください。》

<序>

テラヘルツ(10^{12} Hz)帯の電磁波は周波数がちょうど電波と光波の狭間に位置し、分子の振動数とほぼ等しいことから、基礎科学としてのみならず、化学分析、分光、医療や診断、環境、通信、薬物や爆発物の検査、製薬、食品管理など極めて広い応用が期待されている。しかしながら、古くからその重要性が認識されているにもかかわらず、今日に於いてもこの THz 帯の電磁波は簡便な発振器や高感度の検出器が無く、未開拓の領域として残されている。これをテラヘルツギャップと呼んでいる。このテラヘルツギャップを満たす格好のデバイスとして、この高温超伝導体のメサを利用した THz 発振デバイスは大変有望で有り、このための発振現象の理解と発振強度の高強度化が極めて重要な研究課題となってくる。本研究はこれを実行するものである。

<研究の位置づけ>

高温超伝導体の固有ジョセフソン接合は 1992 年、R. Kleiner 等の発見に由来する²。我々は 1995 年以来長期にわたって、高温超伝導体のジョセフソンプラズマ現象など、高温超伝導体の特徴的な固有ジョセフソン接合特性が示す様々な興味ある新しい現象について研究し、その理解を深めてきた³。その結果、2007 年、この固有ジョセフソン接合をメサ状に加工することで、強力な THz 波が得られることを発見した。本研究では、高温超伝導体の固有ジョセフソン接合素子を利用してこの THz 波の発振現象の解明と、その応用開発の基礎研究を行い、テラヘルツギャップを解消するコンパクトな発振器の開発と、期待される多くの有用な応用研究領域の開拓を目指し、開始された。その結果、発振機構についてはほぼ全容を明らかにすることができた。また、発振出力も大幅に向上し、最大 30 μ W 程度が得られている。このように、この研究はジョセフソンプラズマの研究により端を発した我が国オリジナルな独創的な研究であると同時に、これが応用として利用できる段階に達すれば、高温超伝導体として初めての本格的なデバイス応用となるであろう。

<対外的な研究の位置づけ>

このような研究例は、ドイツ、チュービンゲン大学の R. Kleiner 等の研究(物質・材料研究機構(NIMS)の Wang 博士等のグループとの共同研究)、アメリカ、アルゴンヌ国立研究所の Wai Kwok 博士等の研究、トルコ、イズミール工科大学、Ozyuzer 等の研究があるのみであり、この内、後者2者は我々との共同研究である(実験に必要な試料はすべて我々が提供)。その他、幾つか国内グループが最近、発振に成功している。宇都宮大学の入江教授等のグループ、山形大学中嶋教授グループ、防衛大学の立木グループなどである。このように、世界的に見ても我々のグループが世界をリードしており、研究の中心となっている。

<高品質単結晶の育成>

THz 発振現象を支えている最も重要な部分は高品質の単結晶の存在である。厚さ1~2ミクロン

²高温超伝導体は超伝導を担う CuO_2 層が 2 次元的な面を成し、それが、面と垂直方向に積層した構造を持ち、その層間には絶縁体的な原子層がサンドイッチ状に交互に配列した構造を持っていて、原子レベルでジョセフソン結合をしていることが R. Kleiner 等の実験により示された。これを固有ジョセフソン接合と呼ぶ。R. Kleiner, F. steinmeyer, G. Kunkel and P. Müller, Phys. Rev. Lett. **68** (1992) 2394. この結果に続き、G. Oya, N. Aoyama, A. Irie, S. Kishida and H. Tokutaka, Jpn. J. Appl. Phys. **31** (1992) L829-831, K. Kadowaki and T. Mochiku, Physica **B194-196** (1994) 2239-2240. によって再確認され固有ジョセフソン接合が確立した。

³ たとえば、Y. Matsuda, M. B. Gaifullin, K. Kumagai, K. Kadowaki and T. Mochiku, Phys. Rev. Lett. **75** (1995) 4512, K. Kadowaki, I. Kakeya and K. Kindo, Europhys. Lett. **42** (1998) 203-208, K. Kadowaki, I. Kakeya, M. B. Gaifullin, T. Mochiku, S. Takahashi, T. Koyama, and M. Tachiki, Phys. Rev. **B56** (1997) 5617.

程度のメサ試料内に不純物層があると位相のコヒーレンスが破れ発振しない。これは不純物層の混入率が約 0.1%以下でなければならない事を意味する。Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} (Bi2212)系の場合、極めて似た構造を持つ Bi₂Sr₂CuO_{4+δ} (Bi2201)と Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+δ} (Bi2223)という相が存在し、通常の結晶では数%レベルの異相の混入は普通である。我々の結晶の場合、これが 0.1%レベル以下であることは様々な実験結果によりわかっており、これが THz 発振を可能にしている理由の1つと考えられている。このような高品質の単結晶育成技術は一朝一夕には得られない。長期にわたる継続した研究の成果であり、それを継承することが重要である。これによって次のあたらしい現象の開拓の原動力が得られる。これは大変困難な課題であるが、これを克服する必要がある。これを実現するため、すでに 20 年近くになる古い単結晶育成装置をオーバーホールし整備・改良した。

この Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}以外の、極めて層状性の強い他の物質の単結晶の育成が可能となれば THz 発振が得られる新しい領域が開拓できる。周波数や強度など、大きく異なる可能性があるので、このような新物質の単結晶育成も視野に入れた高品質単結晶育成技術の開拓を実施した。その結果、THz 発振は確認されていないが、Ca を Sr サイトに置換した Bi₂Sr₂CuO_{6+δ}の大型単結晶の育成に成功した⁴。この物質は結晶構造が 2201 型であるにも拘わらず、超伝導転移温度が 85 K 程度まで上昇するため、2212 相とほとんど超伝導転移温度では変わらない。現在、この物質の様々な性質を調べているところである。また、この物質の構造解析から、高温超伝導発現機構と関連して、超伝導転移温度に対して CuO₂面の上下にある頂点酸素の CuO₂面からの距離が決定的な要因となっている現象論的証拠を見いだした⁵。

<研究成果>

(I) メサ構造の作成と微細加工技術の開拓

THz 発振には微細加工技術によるメサ構造の作成が必要不可欠である。加工法としては FIB 法やイオンミリング法により行われているが、メサ加工の際、形状の制御が難しく、通常は台形状のメサしかできない。現状では上底部と下底部では 10~20%も幅が異なり、この幅は厚さによって決まるから、試料幅が狭くなればなるほど平均幅に対する相対的な幅の不均一性が悪くなる。幅が 40 ミクロン以下になると、経験上、発振が極めて困難になるのはこの点が原因の一つと考えられている。この問題を解決する為、今後、新しい加工技術の開発が必要不可欠である。

そのほか、リソグラフィー技術の改良、電極の配置、形状、付け方、試料の位置、絶縁物の付け方、など多くのパラメーターの最適化を行った。これはある程度成功し、最近ではほとんどのメサは作成後、発振する。ただし、発振強度はまだ作成条件で制御できていない。今後も継続した改良が必要である。これによって、最終的には素子当たり~mW 級のメサを実現したい。

このような加工後術の開発と同時に、平行して微細加工された超伝導体の超伝導特性の測定を行い、加工そのものが超伝導特性にどのような影響を与えるか、加工による物理特性に与える影響を丹念に調べた(文献 10-14)。この過程で、発熱の問題、hot spot の問題、協調動作に必要な引き込み現象の検証、磁場の影響など、これによって基本的な理解が進み、問題点が明らかになった。

(II) 発振特性

2007 年 6 月、高温超伝導体の高品質単結晶 Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}からメサ加工によって作成された試料で強力な THz 波が確認されて以来、その機構解明に多くの実験的および理論的研究がなされてきた。特に、THz 波の発見当初から、①その発振強度がマイクロワットの水準であり、ピコワットのレベルであった従来の超伝導ジョセフソン接合による発振強度と比較すると、約 6 桁強いこと(文献 2, 14, 17)、②連続発振(CW)であり、少なくとも数 10 時間(一度の実験に要する時間範囲)は連続で発振すること(文献 1, 2, 14, 17, 20)、③スペクトル幅が極めて狭く、通常の分光器の測定限界(0.25 cm⁻¹)を超えていること(文献 1, 2, 14, 17, 20)、などが直ちに明らかになり、大きな関

⁴ T. Nakajima, M. Tange, T. Kizuka, H. Ikeda, R. Yoshizaki and S. Sasaki, Physica C **463-465** (2007) 93-95, R. Yoshizaki, H. Ikeda and K. Kadowaki, Physica C **470** (2010) S193-S194.

⁵ R. Yoshizaki, H. Ikeda and K. Kadoaki, to be published.

心と呼んだ。実験的には、発振のための基本的な条件の確立(文献 1, 2, 13, 17, 20, 31, 38, 439, 40)、放射強度分布の精密測定と解析(文献 14, 17, 21, 35, 38)、発振スペクトルの分光測定、およびモードの同定(文献 17, 20, 21, 24, 30, 35, 38, 40)、高調波の測定(文献 2)、 I - V 特性と発振の関係(文献 25, 28, 29, 32, 35, 38, 39, 40)、内部ブランチからの発振(文献 40)など、多岐にわたる測定を行って発振条件の確立と発振機構の解明を行った。また、理論的には、発振機構の解明のため、固有ジョセフソン系の基礎方程式をもとめ、数値的に解を得ることで、実験との対応を得た(文献 7, 8, 41, 42, 45)。これまで超伝導体内だけを理論では取り扱っていたが、それでは不十分であることが分かり、少なくとも近接場を取り入れなければならないこと(文献 31)、方程式自身が非線形であることから近似解をどのように求めるか(文献 7, 8)等が研究の主題である。

(II-1) 発振条件の確立

THz 波発振の現象の発見当初の実験から、発振周波数 f はメサの幅 w を変え、周波数を同定する実験から $1/w$ に比例し、周波数 f とメサの幅の間には $f = c_0/n\lambda = c_0/2nw$ の関係が成り立つことが分かった(文献 1, 2)。ここで n は超伝導体の屈折率、 λ は電磁波の波長、 c_0 は真空中の光速である。この発振条件は試料自身がそのサイズ(矩形メサの場合は狭い方の幅 w)に適合した自己共振器(self-resonator)としての役目を果たしていることを強く示唆している⁶。さらに、発振周波数 f は印加電圧 V との間に $f = 2eV/h = 2evN/h$ の関係が成り立ち、個々の固有ジョセフソン接合による交流ジョセフソン効果⁷が発振の源になっていることが示唆された(文献 1, 2)。ここで、 e は電子の素電荷、 h はプランク定数、 v は各固有ジョセフソン接合にかかる電圧、 N はメサ中に含まれる固有ジョセフソン接合の数である。 $2e/h$ は基礎物理定数のみからなり、ジョセフソン定数と呼ばれ、483.5975 GHz/mV(国際規約として 1990 年1月1日以降採用されている数値)である。メサの厚さが $1 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 程度であるから、 N は 650 $\sim$ 1000 層程度である。このように、THz 波の発振は、周波数 f は交流ジョセフソン効果を満たし、さらに、この電磁波の波長サイズに対応する自己共振器の存在が THz 波の発振には必要条件であると考えられる。

これら 2 つの発振条件はさらに詳細な実験によって次のように確認された。まず、THz 波の試料内自己共鳴現象は、メサ内部で特定の電磁波の定在波が生じていることを意味している。このことは、その固有モードによって遠方に放射される電磁波の放射分布や高調波成分の含み方などが異なること予想される。実験的にこれを検証するため、先ず、最も簡単な矩形メサの場合の電磁波の放射パターンを測定を行い、理論的解析結果と比較検討した(文献 17, 20, 21, 22, 30)。

実験は、高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の単結晶を基板とし、その上にイオンエッチング、或いは FIB

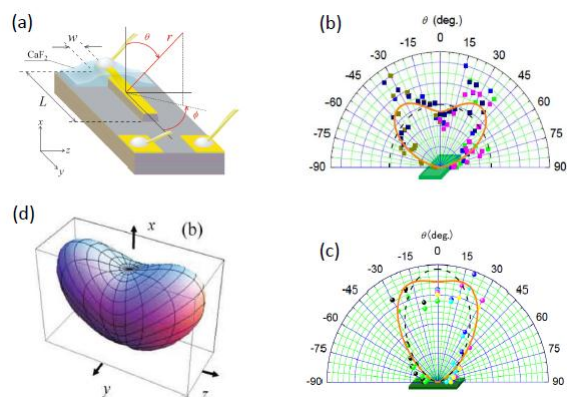


図1. (a) 矩形メサの模式図と座標の定義。 $w=72.9\text{--}91.9 \mu\text{m}$, $L=400 \mu\text{m}$, d (厚さ) $=1.2 \mu\text{m}$. (b)および(c)矩形メサの THz 波の放射の空間分布(それぞれ xz 面内および xy 面内の角度依存性)点は実験点を示し、オレンジの線は実験値と理論計算を最適フィットした曲線である。黒の点線は一様モードのみを考えた場合の放射の角度依存性。(d) 角度分布を最適化し、放射強度の角度依存性を 3 次元表示した図。

⁶ 固有モードが矩形空洞内に立つと、そのモードはそれぞれ固有のエネルギーを持つ飛び飛びの値を取ることは量子力学の場合と同様である。したがって、通常、最低エネルギーのモードは長辺方向に半波長を持つ電磁波モードの方が短辺方向のそれより低いことはすぐ理解できる。THz 発振の場合、なぜ最低エネルギー状態では無い短辺方向を半波長とするモードが励起されるのかという素朴な疑問が起こる。この問題に対する答えは空洞共振器の固有モードの節の説明を参照のこと。

⁷ B. D. Josephson, Phys. Lett. **1** (1962) 251, また、Philip A. Anderson による優れた解説記事がある。P. W. Anderson, Phys. Today, November (1970) 23.

加工により周囲に溝を作るなどし、高さ1～数 μm 程度の矩形型メサを形成した。対称性から最も簡単であると推定されることから矩形型メサが先ず選ばれた。

この様なメサに直流電圧を印加し、THz 波を発振させ、周囲に放射される THz 波の放射パターンを精密に測定した。

実験結果の一例は図1に示されているように、次のような特徴がある(文献 17)。①放射は異方的であり、 $30^\circ \sim 40^\circ$ 付近で放射強度が極大を示すこと、②メサの真上($\theta=0^\circ$)は極大ではなく、極大値の 40～60%程度であること、③メサ平面(90°) 方向はほぼ強度がゼロであること、④長辺方向が短辺方向より強度が強いこと、⑤放射は接合面に垂直に直線偏光であること、があげられる。

これらの結果はジョセフソン電流(それに伴う変位電流も)が発振源であり、メサ内部で $w=\lambda/2$ となる振動モードであることが分かる。メサが金属で覆われた完全な空洞であると、メサの端面で電場がゼロであるはずで有り、モードは対称モードとなるはずであるが、メサから電磁波が発生しているから端面は不完全ながら開口端であると考えられる。もしメサが完全に開口端であれば電磁波は反対称モードとなるはずである。反対称モードの振動電流のみを仮定すればメサの真上($\theta=0^\circ$)で強度が最大となり、メサ平面方向(水平方向、 $\theta=90^\circ$)でゼロとなると予想される。一方、対称モードのみであれば双極子放射と同等であるから真上で強度がゼロで、水平方向で最大値を取ると予想される。両者は独立のモードであるが、メサの端面が不完全な開口端となっているため、これらのモードが重畳しているものと考えられる。これによってメサの真上($\theta=0^\circ$)方向の極小は説明できることがわかる。しかしながら、メサ平面方向($\theta=90^\circ$)は依然として強度が極大値を取ることになり、実験結果と一致しない。この理由は、メサが巨大な超伝導上に作られた高さの低い構造であるため、超伝導電流により近接場が遮蔽されるためである(文献 23)。この遮蔽はどのようなモードであろうがモードに関係なく起こり、超伝導体表面方向では常に強度はゼロにならねばならない。勿論、THz 領域では超伝導体は抵抗ゼロでは無く有限の抵抗を持つため、遮蔽効果は不完全となると予想される。実際、このような現実的な条件を用いて、Klemm 等はメサからの放射される電磁場を十分遠方で計算した(文献 21, 22, 30)。この計算結果と実験との比較を図 1(b)および図 1(c)に示す。このように、実験的に得られた放射強度の角度依存性を金属の平行平板内に発生するジョセフソン電流による電磁波放射の強度計算を、対象電場モードと反対称電場モードの場合で比較し、それらを適度に重畳することによって説明できることが分かった。図 1 の場合、対称モードは全体の 24%である。

Klemm 等の解析の結果によれば(文献 23)、メサの下部にある大きな超伝導体の遮蔽効果のため、遠方での電磁波強度が 0° 付近のみならず、全体として大幅に減少していることが分かる。この減少率は $(d\pi/w)^2 \approx 2.4 \times 10^{-3}$ と計算され、理想的な超伝導体とすれば発振強度は超伝導基板があることによって遠方では 0.25 %に減少することを意味している。したがって、この結果は超伝導基板を取り去ることで強度が 2 桁程度上昇することを示している。これが単独メサを指向する理由であり、事実、最近の実験結果によれば、超伝導基板を取り去ることでほぼ 1 桁以上の強度の改善が見られている。

同様の発振強度の角度依存性の測定実験を円板メサにおいても行った。図 2(a)に円盤型メサの模式図を示す。この場合、円盤の半径は $a = 33.9\text{--}38.9 \mu\text{m}$, $48.9\text{--}51.5 \mu\text{m}$, $61.5\text{--}65.0 \mu\text{m}$ の 3 種類で行われた。メサの厚さはそれぞれ $d = 1.4 \mu\text{m}$, $1.5 \mu\text{m}$, $1.6 \mu\text{m}$ である。円盤の場合、発振の基本モードは TM(1,1)モードであり、発振周波数は $f = \chi_{11}c_0 / (2\pi\sqrt{\epsilon}a)$ で表すことができる。ここで $\chi_{11}=1.841$ で定数であり、 $\epsilon=17.6$ は誘電率である。このように、共鳴周波数は矩形の場合と $2\chi_{11}/\pi=1.17$ 倍だけ高く、このとき $2a$ は

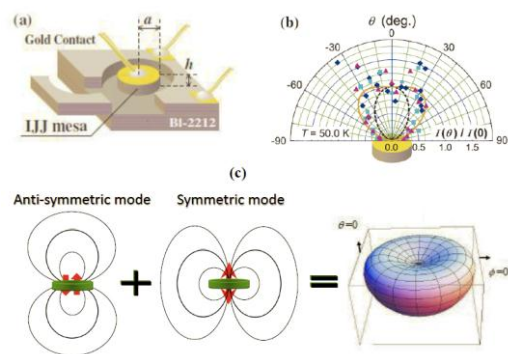


図 2. (a): 円盤状メサの模式図。(b) 円盤状メサの場合の放射強度の角度依存性(3種類のメサの測定を含む)。(c): 対象モード、反対称モードの重畳による THz 放射の角度依存性。

w に対応している事が分かる。

実測された THz 波の強度分布は図2(b)のように $\theta = 0^\circ$ で小さな極小値を取り、最大値は $\theta=30^\circ$ 付近にある。対称的な電場の空洞モードのみであれば強度は $\theta = 0^\circ$ 最強であることが期待されるが、一方、反対称的な電場モード(開口端モードに対応)であれば $\theta = 0^\circ$ は最大値を取らねばならない。実験結果は、両者の中間的な値を取り、 $\theta = 0^\circ$ では局所的な極小値をとり、 $\theta = 90^\circ$ では矩形メサ同様に強度はゼロとなっている。これは、交流ジョセフソン効果による対称的な一様モードと反対称的な開口端モードが重畳していることを示している。その強度の割合はメサによって異なるが、多くの場合、対称モードは反対称モードの半分以下である。この重畳の様子を模式的に図 2(c)に示す。

このように、固有ジョセフソン接合から放射される THz 波は矩形メサと円盤状メサのどちらの場合も形状に由来する固有の空洞共振モードがあり、発振周波数はこの空洞共振モードによって固有の値を取ることが明らかになった。このことから、この空洞共鳴による発振周波数への制約はより一般的に成り立つものと考えられる。事実、最近の実験結果によれば、矩形メサや円盤メサのみならず、正方形メサや三角形(正三角形、2 等辺三角形、直角三角形など)、5 角形等でも同様に成り立つことが知られている(文献 48)。

さらに、電磁波の固有モードは高次の励起モードを持っている。矩形モードの場合、高次のモードまで考慮した場合の発振周波数 f は一般に m, p を整数として(ただし、 $m=p=0$ は除く)

$$f_{mp} = \frac{c_0}{2n} \sqrt{\left(\frac{m}{L}\right)^2 + \left(\frac{p}{w}\right)^2}$$

と表すことができる。ここで、 L は矩形メサの長辺の長さ、 w は短辺の長さ(幅)である。この式を変形すると

$$\left(\frac{2nw f_{mp}}{c_0}\right)^2 = p^2 + m^2 \left(\frac{w}{L}\right)^2$$

と書くことができる。これは縦軸を $(2nw f_{mp}/c_0)^2$ 、横軸に $(p/L)^2$ を取りプロットすると傾きを m^2 、切片を p^2 とする直線を表している。この関係を図 3 に示す。黒の点(上下の三角、丸、四角、ダイヤモンド)はそれぞれ異なったメサにおける測定値である。このように、矩形メサの場合、縦横比を正方形に近づけるとほとんど縮退した2つの発振が観測されることが期待される。実験結果によれば、発振はどちらか一方で起こり、同時に両者は発振しないことがわかった。また、発振はメサのサイズが約 $150 \mu\text{m}$ 程度までであり、これ以上大きなメサでは基本波の発振は起こらないこともわかった。これは、発振そのものはジョセフソンプラズマ周波数より高くなければならないという要請による。すなわち、そもそもこの発振ではジョセフソンプラズマをメサ内部に励起しているのであるから、発振周波数はジョセフソンプラズマ周波数より高くなければならないことは自明である。ジョセフソンプラズマ周波数 f_{JP} は

$$f_{JP} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\epsilon}\lambda_c} = \frac{c_0}{2\pi\lambda_c}$$

と表される。ここで λ_c は c -軸電流による磁場遮蔽長(磁場侵入長)である。発振周波数は $f \geq f_{JP}$ を満たす必要があるので、結局、矩形メサの幅 w は $w < \pi\lambda_c$ を満たす必要がある。発振に用いられている試料はアンダードープ領域にあるので $f_{JP} \approx 200 \text{ GHz}$ であるから、およそ $\lambda_c \approx 56 \mu\text{m}$ 、すなわち、 $w \leq 178 \mu\text{m}$ でなければならない。これは測定結果とよく一致する。また、この結果はなぜ、矩形メサの場合、長さの短い幅方向を共鳴波長とするのかについて明快な答えを与えてくれる。すなわち、長さ L 、幅 w の矩形メサを空洞共振器モデルで解析すると共鳴周波数は f_{mp} で与えられるが、この周波数は勿論($m=1, p=0$)の方が($m=0, p=1$)より低いことは明らかである。そのため、この空洞共振器モデルでは($m=1, p=0$)モードが基底状態となってしまうが、現実にはこのモードは許されないモードであり、($m=0, p=1$)モードが実現されているのである。これは、 $L > \lambda_c > w$ であるた

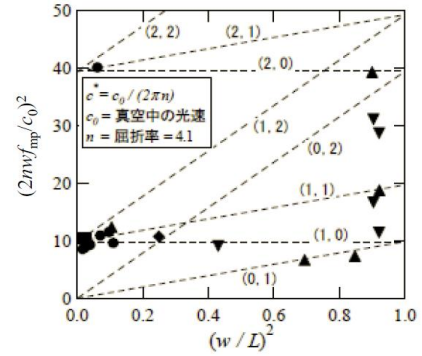


図 3. すべての電磁波の固有モードを表す。

め、 λ_c が周波数の下限を決めてしまっているので長辺方向への基本波の固有モードは立たないからである。すなわち、この条件では長辺方向の共鳴周波数はジョセフソンプラズマ周波数より低くなってしまい、このモードは、結局、励起できないためである。励起モードが立つためには、長辺方向の高次のモードか、あるいは短辺方向の共鳴モードである。通常、使われてきた $L=300\text{-}400\text{ }\mu\text{m}$ では2-3倍高調波でなければならず、しかも高調波は基本波に比べ立ちにくいので、結局、短辺 w 方向で共鳴現象が起こると理解される。ほぼ正方形に近いメサで、 $L>150\text{ }\mu\text{m}$ 程度になると基本波の発振モードが立たなくなることとも矛盾しない。

(II-2) 交流ジョセフソン効果と内部ブランチ

従来の超伝導体における電磁波放射が交流ジョセフソン効果から発生している⁸。今我々が対象としている高温超伝導体は超伝導の性質が従来の超伝導体と大きく異なるけれども、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ メサ構造から発振する THz 波は、その根源的な起源がやはり交流ジョセフソン効果にあることは容易に予想がつくことである。従来の超伝導体における交流ジョセフソン効果と高温超伝導体の固有ジョセフソン系における交流ジョセフソン効果の違いを明らかにすることは、高温超伝導そのものの理解を深めるためにも重要である。

高温超伝導体の固有ジョセフソン接合はメサ内部に多数存在し、たとえば、厚さが $1\text{ }\mu\text{m}$ のメサでは 670 層の固有ジョセフソン接合が含まれている。実際には、厚さを規定したとき、何層の固有ジョセフソン接合が THz 発振に寄与しているかは交流ジョセフソン効果が各層で成立していると仮定すると、発振周波数 f とメサ両端の電圧 V から厳密に算出することができる。すなわち、これは $N = (2e/h)(V/f)$ であり、電圧と周波数をそれぞれ横軸と縦軸にプロットすればその向きがジョセフソン定数であることから、その方向きより N を直接求めることができる。

交流ジョセフソン効果が THz 発振の起源であることを直接検証する実験はすでに当初から行われたが(文献 1, 2)、より系統的な検証が数種類の矩形型メサ、正方形および円盤形メサを用いて行われた(文献 40, また本論文の Supplementary Material も参照)。代表的な実験結果を図 4 に示す。

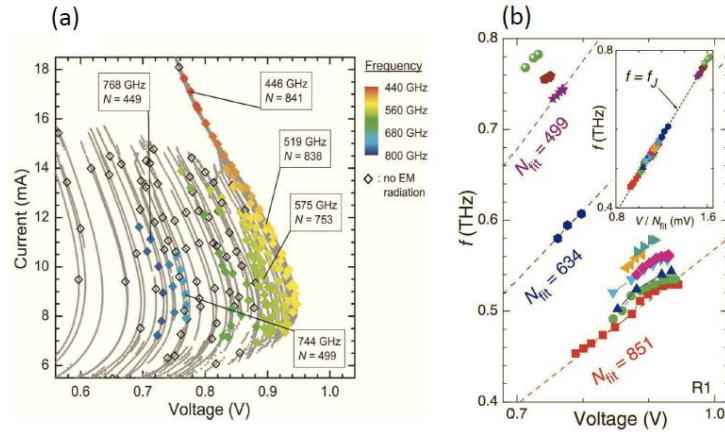


図 4. (a): 多重ブランチ内部での THz 発振の様子。データ点($\diamond$)は FTIR により周波数を測定した点を表す。実線は多重ブランチ構造を持つ I - V 曲線の一部を表す。(b): 多重ブランチ構造の内部からの発振の周波数と電圧の関係。直線は発振が交流ジョセフソン効果によるものである事を示している。また、その方向きから発振に寄与している固有ジョセフソン接合の数 N_{fit} が求まる。

⁸ I. K. Yanson, V. M. Svistunov and I. M. Dmitrenko, J. Exptl. Theoret. Phys. (U.S.S.R.) **48** (1965) 976 (JETP **21** (1965) 650), D. N. Langenberg, D. J. Scalapino, B. N. Taylor and R. E. Eck, Phys. Rev. Lett. **15** (1965) 294.

多重固有ジョセフソン接合系はヒステリシス領域に深く入り込むとリトラップ現象が起き、電圧に飛びが発生する事が知られている。この電圧の飛びが発生した後、電流を元に戻しても電圧は元に戻らず、ヒステリシスを伴う。図 4(a)はこの実験に使われたメサの電圧・電流 (I - V) 曲線を示すが、このようにたくさんの多重構造がこのヒステリシス領域に見られ、この一つ一つの I - V 曲線がそれぞれ積層数の違うメサの I - V 曲線に対応している。したがって、最外部の I - V 曲線は最大厚さのメサに対応する I - V 曲線であり、内部ブランチに入れば入るほどメサの厚さが薄い I - V 曲線に対応している。したがって、最外部から内部ブランチまで全く同様に電圧と測定された発振周波数をプロットすることで、その発振に拘わっている固有ジョセフソン接合の層数を求めることができる。図 4(b)の値 N_{fit} はこのようにして決められた固有ジョセフソン接合の数である。このように N_{fit} は図 4(b)の直線の傾きを表しており、決定精度は ± 5 層程度である。

図 5(a)は図 4 に用いられたメサの写真である。この場合、メサは単結晶 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の表面を矩形メサ型に FIB で溝を作ることで作製された(図 5(b))。メサの厚さは溝の深さで決まり、 $1.3 \mu\text{m}$ である。図 5(c)はメサの I - V 曲線の全貌であり、図 4(a)はこの図の一部の拡大図を内部ブランチまで示したものである。図 5(d)は THz 波の発振出力の電流依存性を示している。このように発振出力は電流に対し複雑な様相を示す事が分かる。このような複雑な構造は再現性があり、偶然起こっているわけでは無いが、その複雑な構造の原因についてはよく分かっていない。このような構造が無ければ電圧に対してもほぼ同様に構造が無いから、電圧制御することで発振周波数を連続的に、かつ平坦な発振出力として得られることになり応用上は大変有用である。また、図 5(e)は図 5(d)の A~E に対応した THz 発振のスペクトルである。

もちろん、厚さ $1 \mu\text{m}$ のメサ中には同等のジョセフソン接合が 670 枚存在し、原理的にはこれらすべてを個別に励起することが可能である。この様にメサの内部が部分的に励起され、非一様な励起状態を形成したとき、励起状態がどのように起こるのか、大変興味深いところである。このよう

な状態ではメサの一部が発振している部分とそうで無い部分に分かれていると想像されるが、どのようにメサが分断されているのであろうか？単に発振する部分がメサの下部に固まって存在し、発振しない部分がメサの上部に分離した状態にあるのか、あるいは、ばらばらに励起した層が超伝導相内に発生するのであろうか？内部ブランチ構造は、固有ジョセフソン接合の枚数の自由度だけあるはずであるから、 $1 \mu\text{m}$ のメサでは 670 個あることになる。すなわち、 I - V 曲線は 670 本に分岐した構造を持つ事になるが、現状ではこのブランチすべてを区別できているわけではない。その理由は今のところ明らかでは無い。本数が余り数多くあると、隣の状態が近すぎて分離した状態にできないためであろうと現在のところ考えている。しかしながら、図 4 の場合でも数 100 本のブランチは観測することができる。メサの厚さを薄くし、最初 100 層程度から始めれば全枚数を分離して観測できるのでは無いかと期待している。

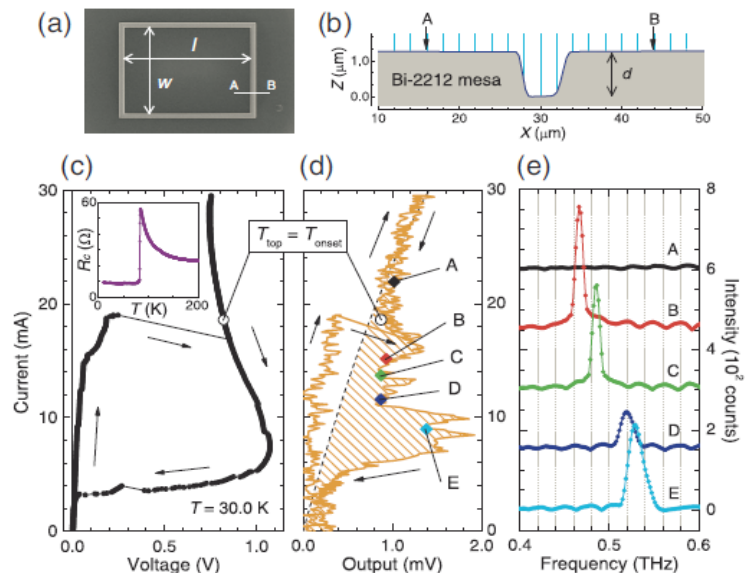


図 5. (a): 図 4 で使用されたメサ試料の SEM 写真 (top view)。 $w=99.2\text{--}102 \mu\text{m}$, $l=137\text{--}140 \mu\text{m}$, 厚さ $\approx 1.3 \mu\text{m}$. (b): メサ試料周囲の溝の断面 AFM 像。 (c): I - V 曲線の全貌。挿入図は c -軸方向の抵抗の温度依存性。 (d): 発振出力の電流依存性。 (e): FTIR によって得られた THz 波のスペクトル。 A, B, C, D, E は (d)の各点それぞれに対応する。

現在のところ、この内部ブランチからの発振に用いられた試料は 2 種類あり、一つはほぼ正方形に近いメサ、もう一つは矩形型メサである。ここでは実験の進んでいるほぼ正方形型のメサの実験例を示す。

(II-3) 発振強度

高温超伝導体固有ジョセフソン接合からの THz 放射現象は同等の固有ジョセフソン接合が多数 (1,000 個程度) 量子力学的にコヒーレントに連動し、放射強度が層数の 2 乗倍に増幅される現象である。したがって、この現象はレーザー発振現象ととらえることができる。実際、発振スペクトルは鋭い単色性を示す。実測された線幅は約 0.5 GHz 程度である (文献 40)。最近、Li 等⁹による超伝導ミキサーによる方法で測定した結果によれば、ホットスポット領域 (後述) で線幅は 23 MHz 程度、リトラップ領域ではほぼ 500 MHz 程度と報告している。後者の値は我々の測定値と良い一致を示しているが、前者は今のところ我々は確認していない。

このように発振のスペクトル幅は相対幅として $\Delta H/H \approx 5 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$ 程度である。通常の THz

光源として典型的な高圧水銀ランプによる広帯域の輻射と、我々の THz 光源の絶対強度の比較を図 6 に示す。このように、高温超伝導固有ジョセフソン接合から得られる発振スペクトル強度は高圧水銀ランプと比較して数 100 倍以上高い (図 6 の発振例は数 μW の発振出力のメサによるものである)。

発振の全強度は放射の角度依存性を考慮して半球立体角で積分することで求めることができるが、実際、これを実行するのは容易ではない。実測するためには全角度領域で放射分布の角度依存性を測定する必要があるが、これがなかなか困難である。そこで、一つの方法は、角度依存性があるメサの対称性を考慮して、対称性の良い方向で角度依存性を測定し、理論的に予想される強度分布を仮定して積分を実行する方法である。この方法によれば、これまで強い発振が安定的に観測された例で、ほぼ 30 μW 程度を観測している。また、メサの直上にレンズを置き、メサから放射される約 80 %程度と見積もられる放射を集光して、一旦平行光線にした後、さらにレンズで集光して直読型 THz 帯域のパワーメータにより測定を行う方法で測定してもほぼ同様の値が得られる。ただし、この場合、レンズの吸収係数や集光率などにかかなりの誤差があり、精度は角度分布を測定し、理論的に分布を計算する方法と大差ない。

発振強度に関しては、最近、不安定ではあるがさらに 1 桁程度強い強度の発振がしばしば確認されており、この発振の解明が急がれている (たとえば文献 32)。これに加え、すでに述べたように、超伝導基板を無くし、遮蔽効果を取り除いた単独メサ構造を作製することで、理論上は 2 桁程度、実測でも少なくとも約一桁程度、強度の向上が得られる事が分かっている。また、メサのアレイを作製することで、メサの数の 2 乗倍の出力が得られることが実証されている。現状で我々は 2 個のメサを連動させることには成功しているが、3 個以上は発熱という困難な問題があり、まだ成功していない。このように、先ず、単独メサでできるだけ高い発振強度を得、さらにそれをアレイ化することで現状の $\sim 30 \mu\text{W}$ の出力を $\sim 1 \text{ mW}$ 程度まで上げることはそれほど困難では無いと考えている。ちなみに、最近、アルゴンヌ国立研究所では、我々の作製したメサアレイを 3 個連動させ、同期動作させることに成功し、最大 625 μW の出力を得たと報告している (文献 46)。また、トルコの Ozyuzer のグループも単一メサで 60 μW の発振を得たと報告している (文献 47)。

最後に、強度向上のため現在検討を行っている課題について述べる。第一に、メサ構造を THz

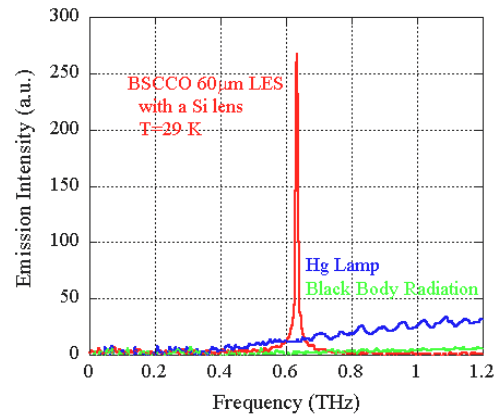


図 6. THz 発振のスペクトル強度の比較。鋭いピークは超伝導固有ジョセフソン接合から発振された THz 波。青は通常、遠赤外分光に用いられる高圧水銀ランプの発光スペクトル。緑は常温における黒体輻射。

⁹ M. Li, J. Yuan, N. Kinev, J. Li, B. Gross, S. Guenon, A. Ishii, K. Hirata, T. Hatano, D. Koelle, R. Kleiner, V. P. Koshelets, H. B. Wang and P. Wu, Phys. Rev. **B86** (2012) 060505(R).

体の吸収の少ない誘電物質で覆う試みである。単にこれだけで、外部とのインピーダンスマッチングがとれ、発振効率が数倍上昇するという理論的な計算結果があり、現在これを実証するため実験中である。どのような誘電体が適当かも含めて検討項目が多く、まだ信頼性のある結果は得られていない。第 2 に、すでに述べたが、DFDT 法による数値計算は強度を含めて実験を大変良く再現する事がわかってきた。このプログラムを用いて、メサの形状とその周辺のアンテナ構造を同時にシミュレーションし、作製上簡単でかつ、発振に最適な構造を考案し、それを実験的に確認する作業を現在、他の方法と平行して行っている。

III 発熱とホットスポット

THzを発振させるため、直流電流をメサに流す必要があるが、この電流は通常数 10 mA あり、そのジュール熱のためメサの温度が熱浴の温度から遊離し、極端な場合は超伝導転移を超えた温度に達することが報告された(図 7 参照)¹⁰。通常、メサの抵抗状態での抵抗値は 100 $\square$ 程度、

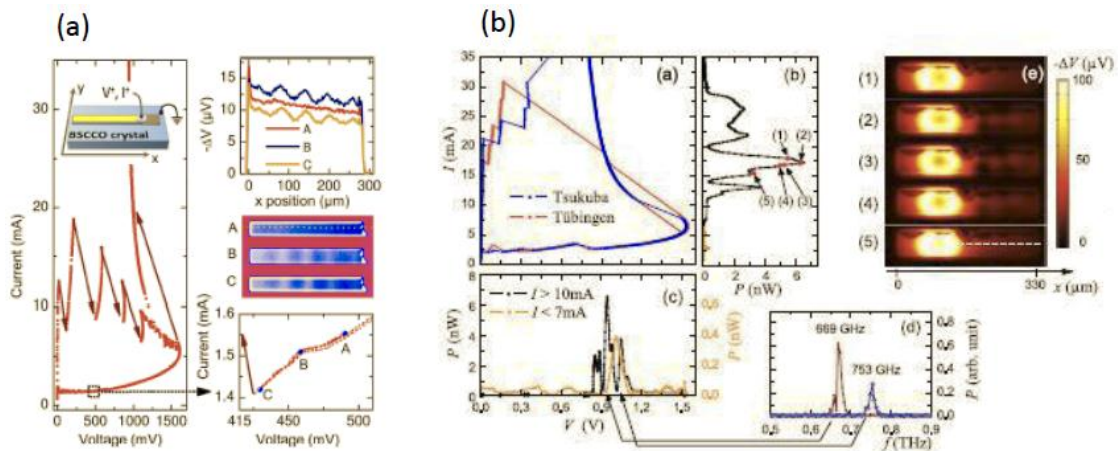


図 7. (a): Wang et al., Phys. Rev. Lett. **102** (2009) 017006 の図 1 から転載。波のような縞模様が見られる(右中央)が、これは定在波の証拠とした。(b): Wang et al., Phys. Rev. Lett. **105** (2010) 057002 の図 1 から転載。明るい円径部分がホットスポットであり、その右側に縞模様が見られるが、これはホットスポットとメサの右端の間で電磁波が定在波となっている事を観測したと主張、(e)を参照。

直流電流 20 mA(電流密度 $J = 71 \text{ A/cm}^2$ に対応する)とすれば¹¹、ジュール発熱は $W = PR = 40 \text{ mW}$ である。一方、この発熱は単位体積当たり $(40 \times 10^{-3}) / (70 \times 400 \times 1 \times 10^{-12}) = 1.4 \times 10^6 \text{ W/cm}^3$ にも達する。このような巨大な発熱はメサの温度を局所的に大きく変えてしまうであろう事は容易に予想される。また、高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の熱伝導度¹²は 1 桁程度の異方性があり、 $\kappa_{ab} \approx 5.0 \text{ W/Km}$ 、 $\kappa_{ab}/\kappa_c \approx 8-10$ であるが、いずれにしても通常の金属に比べ 2~3 桁ほど悪い¹³。そのため、発熱した熱はメサ内部に籠もってメサの温度を大きく上昇させてしまう。場合によっては発熱により試料が破壊されてしまう事態となる事もある。したがって、この巨大な熱をうまく吸収する手立てが極めて肝要である事が分かる¹⁴。また、このような発熱効果がメサの温度分布にどのような

¹⁰ H. B. Wang, S. Guénon, B. Gross, J. Yuan, Z. G. Jiang, Y. Y. Zhong, M. Grünzweig, A. Ishi, P. H. Wu, T. Hatano, D. Koelle and R. Kleiner, Phys. Rev. Lett. **105** (2010) 057002 および Supplementary Material, H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, A. Ishi, S. Arisawa, T. Hatano, T. Yamashita, D. Koelle and R. Kleiner, Phys. Rev. Lett. **102** (2009) 017006 および Supplementary Material, S. Guénon, M. Grünzweig, B. Gross, J. Yuan, Z. G. Jiang, Y. Y. Zhong, M. Y. Li, A. Ishi, P. H. Wu, T. Hatano, R. G. Mints, E. Goldobin, D. Koelle, H. B. Wang and R. Kleiner, Phys. Rev. B **82** (2010) 214506.

¹¹ ここではメサの大きさを $70 \mu\text{m} \times 400 \mu\text{m} \times 1.0 \mu\text{m}$ とする。

¹² Y. Ando, J. Takeya, Y. Abe, K. Nakamura and A. Kapotulnik, Phys. Rev. B **62** (2000) 626, K. Krishana, N. P. Ong, Q. Li, G. D. Gu, and N. Koshizuka, Science **277** (1997) 83.

¹³ たとえば、金属の銅は 403 W/Km 、アルミニウムは 117 W/Km 、金は 319 W/Km である。ただし摂氏 0°C での値である。

¹⁴ 微小メサの I-V 特性などの測定の際に、臨界電流値を超えると、メサが空中に宙吊り状態にあり、熱拡散する道筋

影響を与えるかについてコンピューターによるシミュレーションが行われている¹⁵。

Wang 等⁸は、低温走査型レーザー顕微鏡(LTSLM)を用いて、メサの温度が局所的に高くなり、場合によっては超伝導転移温度 T_c をも超えてしまうという結果を発表した。この現象は、超伝導線材などで見られる局所的な熱励起によって超伝導の破壊された部分が発生し、その部分が発熱し、局所的に温度が上昇する現象との類似性からホット・スポット(Hot spot)と呼ばれている¹⁶。また、彼らは図 7(a)のようにメサ内部でメサの長さ方向に定在波のような縞模様が観測され、これは内部に発生している電磁場の磁場の強度分布を表していると説明した。メサが円板の場合は、円形にしたがって電磁波の空洞共鳴の高次モードのパターンのような模様が観測されている。このような結果から、彼らはメサ内部に発生する電磁波の固有モードを観測したと報告した。しかしながら、この結果には仮説が多く、実際、彼らは具体的に何を測定したのか明確では無い。なぜなら、彼らの用いた LTSLM では、レーザービームを数 μm 程度細く絞り、温度を局所的に交流変調し、そのためにメサ全体に誘起される電圧の変化を測定しているのである。したがって、使用するレーザーによって局所的にメサの温度が上昇する際現れるあらゆる応答が観測されていて、この実験結果から直ちに試料の電磁波モードと特定することはできない。特に観測される物理量は、経験上、電磁場の磁場の強度分布であるとされている¹⁷。この方法は試料の局所的な温度を直接測定する手段で無い事は明らかである。

このように、メサにおける発熱量、熱伝導度と熱接触の状況から、メサの内部温度が極めて不均一であり、相当熱浴から乖離しているだろう事は十分予想されることである。また、ホットスポットができていく可能性も高い。このホットスポットの問題は一体、THz 波の発振にどのように影響を与えるのであろうか？ 重大な問題としてその詳細を解明するべく、試料表面の温度を直接観測できる全く新しい方法を開発することを念頭に研究を開始した。この実験には局所的な温度計測が不可欠であるが、我々は紫外線照射により蛍光強度が強く温度変化する材料である SiC を見出し、その微粉末を試料表面に塗布することで表面温度を直接検出する方法を考案した(文献 49)。

図 8 に、使用したメサとその光学系の概略を示す。メサは 5 連アレイの内の 1 つを用いた。アレイを用いる理由は後に、同一の試料を用いて、それぞれのメサに発生するホットスポット間のダイナミクスを調べたいがためである。図 8(a)は $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 単結晶上に形成された 5 個のメサの光学写真であり、メサ A, B を覆うように白色に見える部分が SiC の微粉末が塗布されている領域である。実験は主にメサ A を用いて行われた。図 8(b)は、図 8(a)の赤枠内にあるメサの立体的模式図である。メサの上面は薄い Au で覆われているが、メサの左 1/4 程度の電極部分だけはその上に CaF_2 が蒸着され絶縁膜として機能している。さらにその上に Au が再び蒸着されていて、 CaF_2 の一部分に空いたわずかなスリットのような接点を通して最上面の Au と、メサ直上を全面的に覆っている Au とが接触して、電流の注入部を形成している。図 8(c)は $T_{\text{bath}}=35\text{ K}$ での紫外線を照射した際、光学顕微鏡で観察されるメサ付近の発光の様

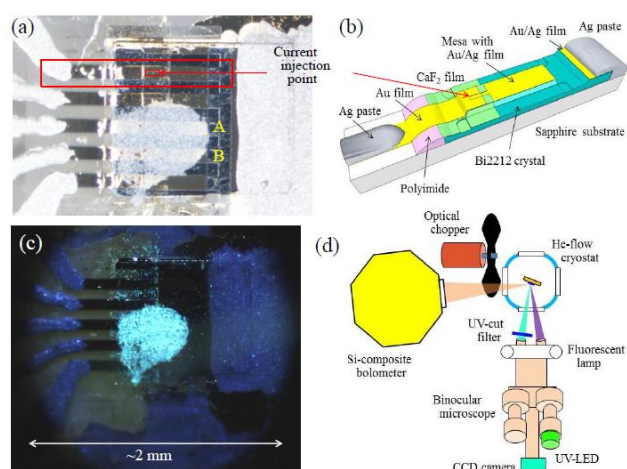


図 8. (a): メサの光学写真。メサ 5 個が並列に配置されていて、A, B の表面は SiC の微粉末で覆われており白色に見える。(b): メサの詳細な立体模式図。(c): $T_{\text{bath}}=35\text{ K}$ で紫外線を照射したときの蛍光の様子。SiC を塗布した部分が明るく蛍光を発しているのが分かる。(d): THz 放射と SiC からの蛍光を同時に観測する工学系(top view)。

が無い場合、直ちに試料が溶断してしまう事がしばしばである。

¹⁵ A. Yurgens, Phys. Rev. **B83** (2011) 184501.

¹⁶ A. V. Gurevich and R. G. Mints, Rev. Mod. Phys. **59** (1987) 941.

¹⁷ R. Kleiner, private communication.

子である。中央部分の SiC が塗布されている部分が周囲に比べ白く輝いて見えるのは SiC からの蛍光のためである。この蛍光を図 8(d)のような光学系を用いて双眼顕微鏡を通してメサの真上から約 15° の角度から CCD カメラで直接画像としてパソコンに記録する方法をとった。メサ試料からの THz 波はチョッパを経由して Si ボロメーターで検出される。また、紫外線光源は双眼顕微鏡の内の一つの接眼レンズを取り外し、代わりに紫外線発光ダイオードを組み込み、対物レンズを通してメサ試料付近に真上から約 25° の角度で照射した。照射領域はメサ A を中心として約直径 2 mm 程度である。

図 9(a)はメサに直流電流を流さない状態で測定した SiC からの蛍光を赤、青、緑の 3 色に分解し、それぞれの色についての蛍光強度の温度依存性を示したものである。このように、蛍光の強度は低温になるほど強度は強くなり、青色が最も強い温度依存性を示す事が分かる。したがって、今後、この青色に着目して実験を進める。図 9(b)と図 9(c)は両者とも $T_{\text{bath}}=15\text{ K}$ の場合であるが、9(b)は電流ゼロの場合であり、9(c)は電流値が 40.1 mA の場合である。両者を比較すればその違いは明らかである。すなわち、9(c)の場合、全体として 9(b)より暗くなっているが、さらに顕著なことはメサの中央より少し右

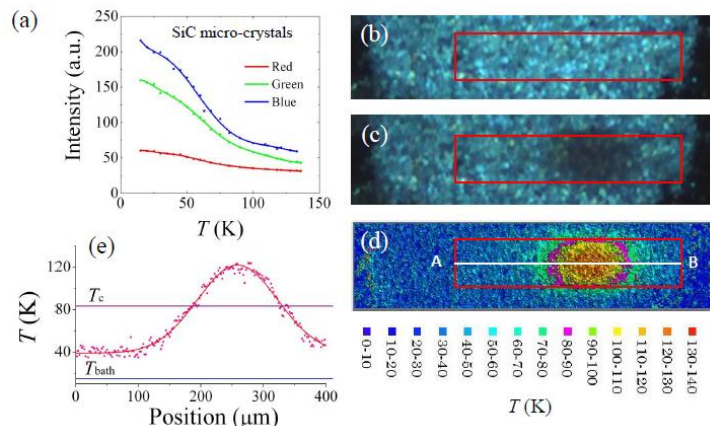


図 9. (a): SiC の蛍光を赤、青、緑に分解した際のそれぞれの成分強度の温度依存性。(b): $T_{\text{bath}}=15\text{ K}$ での蛍光強度。(c): $I=40.1\text{ mA}$ の場合の青色での蛍光強度。図(e): 直線 AB 上の温度分布。(b), (c), (d)の赤枠はメサの位置を表す。

側で蛍光の強度が激減している部分が明瞭に見られることである。これを先に 9(a)で求めた蛍光の強度較正值と比較して温度に換算すると図 9(d)のようになる。温度はカラーコードで区別してある。この図より明らかなことは電流が 40 mAも流すと、メサの温度が激しく上昇し、120-130 K程度まで上昇した部分が局所的に発生する事が分かる。これは定性的には図 7(b)で見られたような、いわゆるホットスポットである。我々は定量的に、かつ直接的にメサ内部の温度分布を観察することに成功したことになる。直線 AB 上でメサの長さ方向の温度分布を示すと、図 9(e)が得られる。この図から明かなように、メサは局所的に大きな温度勾配を持ち、この場合、ホットスポットの中心部分では T_c を遙かに超える温度まで温度上昇していることが分かる。一方で、メサの左端では 40 K程度であるから 300 μm 程度の距離の間で温度差が 80 K 以上もある事になる。これはとりも直さず、このような高電流の場合ではもはや直流電流はメサ内部を一様に流れず、あるごく狭い範囲内に集中してしまうことを示している。このようなホットスポット現象は超伝導体の場合、しばしば観測されることが知られている。この場合、メサの c 軸抵抗が温度に対して負の温度係数を持っていること、局所的なメサの面内と面直方向の熱伝導度の違いがこのホットスポットの形成を助長していると考えられる¹⁸。事実、熱伝導度や電気抵抗率の温度依存性を基に熱流解析を行うことで、我々の結果は定量的に実験と一致することが分かった。

¹⁸ 13 を参照のこと。Yurgens の論文で図 2(a)は 133 A/cm^2 であり、これは丁度ここでの電流値 43 mA に相当する。したがって、図 9(d)は定量的に Yurgens の計算と一致する事が分かる。

図 10(a)は $T_{\text{bath}}=35$ K の場合の I - V 曲線、図 10(b)と 10(c)はそれぞれ THz 波の発振出力の電圧および電流依存性を示し、測定された領域で THz 波が発振していることを確認している。このとき、実測されるメサの温度分布は電流を高い方から低い方へ変えた場合、図 10(d)の H1~H6 に示されている。すなわち、電流が 70 mA 以上では THz 波の発振は観測されず、熱輻射のみが観測されるが、電流が 70mA 以下になると THz 発振が徐々に観測され始める。この時点は図 10(d)

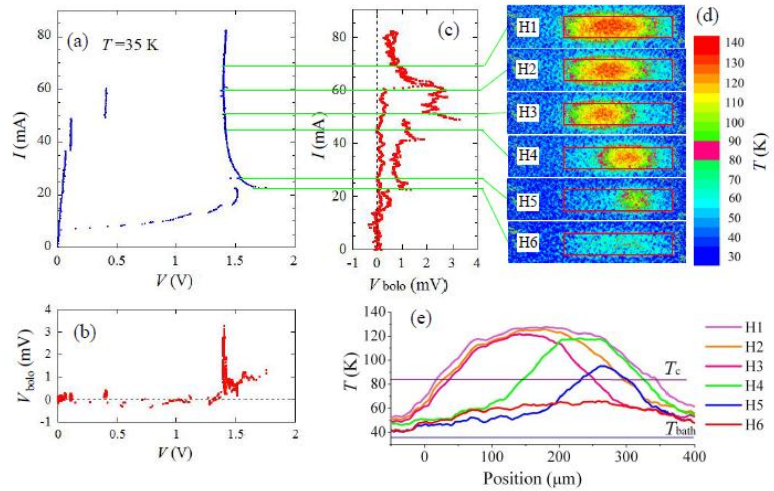


図 10. (a): $T_{\text{bath}}=35$ K における I - V 曲線。 (b): THz 発振強度と電圧の関係。 (c): THz 発振強度と電流の関係。 (d): メサおよびその周囲の温度分布。 H1~H6 は電流を次第に減少させたとき、関連づけられた I - V 曲線の位置に対応するに電流値の時の温度分布を表す。 (e): メサの中央部を長さ方向へ縦断したときの温度分布。

の H1 に対応する。この時、メサの 85% 以上は T_c 以上であり、ホットスポットがメサをほとんど覆い尽くしている事が分かる。電流を減少させるにつれ、THz の発振強度は徐々に増加し、電流値が 60~50 mA 付近で発振出力は最大となり、さらに電流を減少させると発振強度は徐々に弱くなっていく (H2~H5)。この間、ホットスポットは単調にその大きさを減少させていくだけである。すなわち、発振強度は電流を 70 mA から 25 mA 程度まで減少する間に幅広い極大を示すのに対し、ホットスポットはその大きさを 85 % 程度から 15 % 程度まで短調にその大きさを減少させていくだけである。さらに注意したいことは、第一に、ホットスポットの中心は電流の注入の位置とは関係ないこと、第二に、ホットスポットの位置は電流を変える過程で動きまわり、突然、位置をジャンプするように変える事もある。たとえば、H3 と H4 の間で発振強度に飛びが観測されているが、このときホットスポットの位置が右側へ 20 % ほどジャンプしている。第三に、強度はホットスポットの突然のジャンプで不連続的に変化するが、発振周波数に変化は観測されない¹⁹。これは、 I - V 特性を見れば分かるが、固有ジョセフソン接合の数に変化が無ければ発振周波数は電圧のみで決まり、たとえ発振強度に変化があっても周波数は変化しないのである。特に、メサへ電流注入する位置とホットスポットの発生する位置関係や発振周波数とホットスポットの位置に関して Wang 等の結果と我々の結果は大きく食い違っている。Wang 等は、ホットスポットは T_c 以上であるから、この部分は THz 波発振に有効で無く、むしろ電磁波の壁として反射端を形成するとし、ホットスポットとメサの端との間で新たな定在波を作る条件が成立すると考えるのである。電流を変えるとホットスポットの大きさが変化するからそれに伴って定在波の立つメサのサイズが変化し、したがって、発振周波数が電流減少とともに増大するのはそのためであると解釈した。しかしながら、図 10 に示したように我々の結果は Wang 等の解釈を支持していない。電流減少とともに起こる周波数の増加は単にメサの両端にかかる電圧が徐々に変化する事によって起こっており、実験誤差内で交流ジョセフソン効果に則った現象であることが分かる。また、我々の結果ではホットスポットとメサの端面の間の定在波は観測されていない。そもそも Wang 等が主張するような定在波が立つなら、発振周波数は電流が減少すればホットスポットサイズが小さくなるから逆に定在波の立つ部分はメサ中では大きくなるはずで、したがって周波数は減少せねばならないはずである。周波数の実験結果はこれに反して増加しているので自己矛盾していることになる。

このように、先行実験として行われた Wang 等の結果と我々の結果との間には実験結果そのものに大きな違いがある。その理由は恐らく、彼らの LTSLM 測定は我々の測定とは異なり、直接メ

¹⁹ 文献 51 の Supplementary Material を参照のこと。

サの温度を計測していない点にあると考えられる。Wang 等は、観測される物理量が何であるのか正確に理解できていない結果に基づき、根拠の無い架空の物理像を描き出している点大きな問題点がある事を指摘しておく。

もちろん、ホットスポットの問題は THz 波の発振現象にもはや無視できない重大な問題として正面から取り組まなければならない問題となっている。我々の現状でのホットスポットに関する見解は次のように纏められる。

1. ホットスポットはメサ内部の温度分布を激しく乱し、もはや熱的にカタストロフィックな状況を作る。しかしながら、発振強度はそれほど損なわれず、ホットスポットが無いときとほとんど同じように発振する。これは実験事実である。これは、驚くべき事であるが、発振現象に対して大きな障害とはならない点、幸いである。また、逆に、このような極めて不均一な熱的状況はやはり、THz 波の発振には少なからず負の効果を作るだろうから、この知見を基にすればメサのデザインを大幅に変える可能性がある。すなわち、交流ジョセフソン効果のみを有効に動作させるように小さなメサを作製し、定在波による空洞共振器は別途、メサの付近に直結した形で作製し、発振源と空洞共振器部分の役割を分担する方法である。事実、これに関しては、最近、浅井等によるシミュレーションがなされており、この考え方の正当性を支持する結果を得ている(文献 45)。

2. 発振周波数はホットスポットの存在に関係しない。この事実は、発振の起源が交流ジョセフソン効果にある事を考えれば当然である。したがって、ホットスポットのような熱的不安定性が発振を助長するような発振機構が理論的に指摘されているが、この考え方には否定的であり、むしろ、ホットスポットは THz 波の発振に全く寄与していないか、ほとんど無関係といえる(文献 51)。

IV THz波の応用

(IV-1) イメージング応用

THz 帯域の電磁波は紙やプラスチックは容易に通すが、金属や水は強い反射や吸収があり、透過しないという特徴を持っている。この性質を用いて、イメージングや透視のための光源としての利用が最近急速に進展している。特に、空港でのセキュリティチェック、郵便物の違法薬物の検査や同定、微量化学物質の検査、環境有害物質の検査・同定、体内特定物質の選択的励起・投薬など、実用的な目的のために利用が検討されている。これらの目的のためには、タイムドメイン型のスペクトロスコピーが一般的であり、そこで用いられる THz 光源はフェムト秒(fs)レーザーを用いた電流スイッチによる広帯域パルス発振である。他にも半導体や誘電体を用いたパラメトリック発振や、水銀ランプも用いられる。また、小型電子管としては BWO(Backward Wave Oscillator)や THz 波帯域クライストロン等も最近開発されている。勿論、量子カスケードレーザーは超格子量子井戸を用いる最近の有力光源である。

このような発振方法と対比して、固有ジョセフソン接合を用いる電磁波は、基本的に単色光であり、線幅が 0.5 THz 程度でかつコヒーレントな連続光源である。単色性はそれほど良くないが今後、この点に関しては大きな改善が期待されている。

この連続でかつ単色光源であることからイメージング装置として、これらの特徴を生かすものである事が肝要である。我々は、スペクトル強度が強いので(図 6 参照)この特長を生かした高速イメージング装置を設計し構築した。図 11 はこの一例

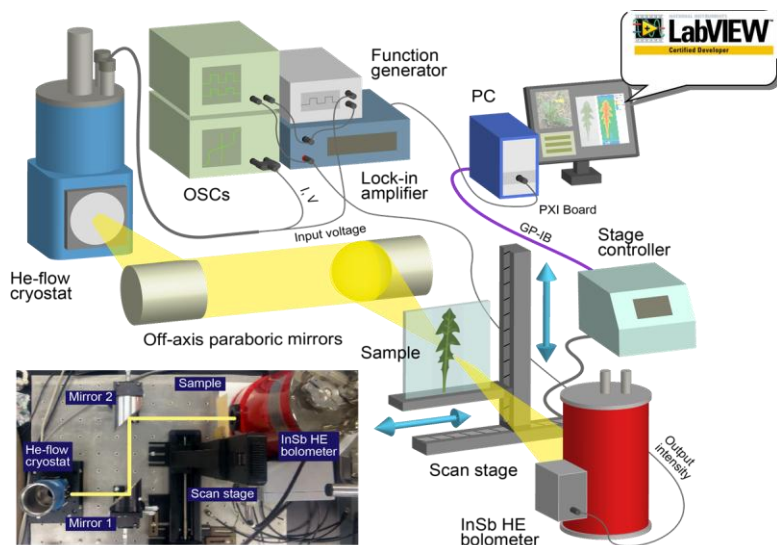


図 11. 高温超伝導体を用いて製作されたイメージング装置の模式図。

を示す。クライオスタットの試料ホルダーにメサを貼り付け発振条件を確立後、直流電圧を与え、 I - V 特性の可逆領域で THz 波を発振させる。この領域は I - V 曲線が可逆であるので、この THz 波に ~ 10 kHz の電圧変調をかけ、ロックイン検出を行う。このため、THz 検出器としては、Si ボロメーターは(感度は良いが)応答速度が遅いため、InSb を用いたホットエレクトロン検出器を用いた。

光学系は発振素子から得られた THz 波を一旦、オフアクシス双曲面ミラー(直径 75 mm, 焦点距離 152.4 mm)により平行ビームに変え、再びオフアクシス双曲面ミラー(直径 75 mm, 焦点距離 220 mm)を用いて被写体に焦点を合わせて集光する。原理的には発振器のメサのイメージが対称被写体にできることになる。透過した THz 波はそのまま検出器に導かれる。現状ではクライオスタットの配置、双曲面ミラーの焦点距離などの条件から、メサより発振された THz 波の一部(立体角で 3.2 msr)しか集光できないため、イメージング目的に使われている THz 波の強度はおよそ $0.2 \mu\text{W}$ にすぎない。この強度であってもスペクトル強度が強いため、以下の様な被写体では十分な感度でイメージングができる。

被写体である試料は XY スキャンステージに取り付けられ、それぞれの方向に最高スピード 130mm/s で高速スキャンすることができる。通常の場合、80 mm/s でスキャンした。この際、5 ms/point でデータが採取されていることになる。図 12(a)は、高速撮影された茶封筒の中に入れられた 5 円と 10 円玉(硬貨)の透過像、12(b)はやはり、茶封筒に入れられた剃刀の刃の透過像である。図 12(a)では 320×250 ピクセル ($0.2 \times 0.2 \text{ mm}^2$ ステップ)、図 12(b)では 150×200 ピクセル ($0.4 \times 0.4 \text{ mm}^2$ ステップ)で測定された。計測時間は約 20 分である。特徴的なことは透過波の強い部分で干渉縞が観測されることである。これは封筒の 2 枚の紙による反射

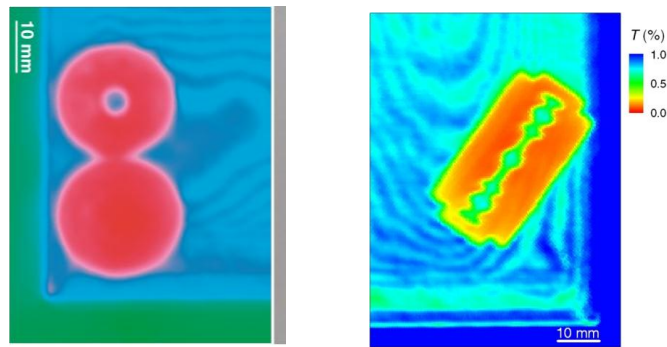


図 12. 5 円と 10 円硬貨の透過イメージ(左)と剃刀の刃のイメージ像(右)

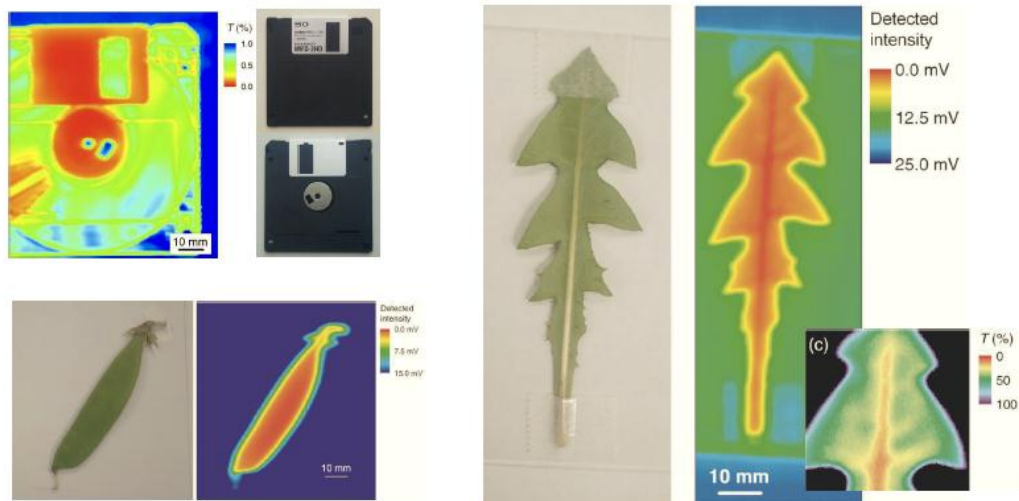


図 13. その他のイメージング像。フロッピーディスク(左上: 左側が THz 波イメージ像で、右側が光学写真)、サヤエンドウ(左下: 左側が光学写真で、右側が THz 波によるイメージ像)、タンポポの葉(右: 左側が光学写真で、右側がテラヘルツイメージ。右下は葉脈部分を拡大した図)。

波が干渉し、干渉縞を作っていることによる。これは光源が単色光である事の証拠である。また、この干渉縞の数を数えることで封筒紙の 2 枚の紙の間隔が分かることになる。その他、測定された幾つかのイメージ像の例を図 13 に示す。

(IV-2) 楔形セルによる簡易型波長計とその応用

このイメージング装置をさらに発展的に利用する新しい測定系を最近開発した。それは、我々の光源の単色性を利用した簡便な波長計とそれを用いた、特に液体(気体も可)の吸収係数を簡易測定できる系の開発である。図 14. に石英板を楔形に接着した干涉計(上图)と透過THz波の干渉縞の例を示す。干渉による強度の変化は全体の強度の約 20%にもなる。また、減衰がほとんど見られないので、干渉縞をそのまま三角関数で最小自乗法を用いて周期を求め、周波数に換算すると $f_{\text{cal}}=0.619 \text{ THz}$ と得られる。この値は別途、FTIR で求めた値、 $f_{\text{FTIR}}=0.620 \text{ THz}$ と 0.1%程度の誤差で一致することから、このような簡易型の測定によって比較的精度の高い周波数測定が可能であることが実証された。FTIR よりむしろこの干涉計の方が周波数の測定精度は高い。これは簡易型波長測定計として特許を申請した。

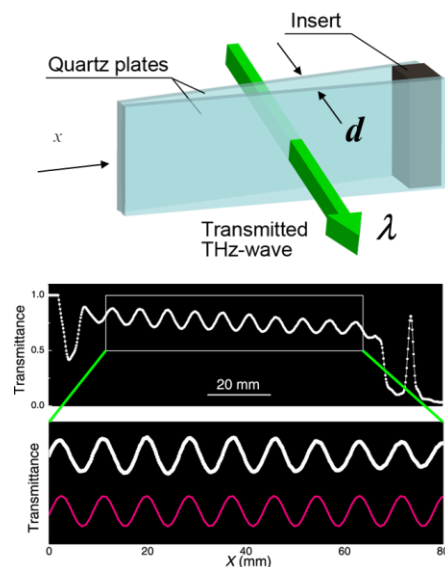


図 14. 石英板を楔形に接着した干涉

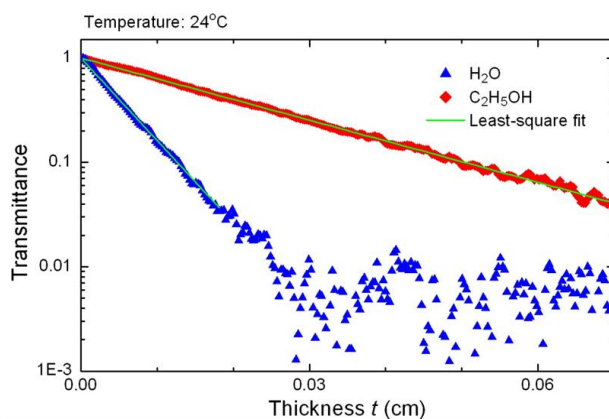


図 15. 吸収率測定例

また、この楔形簡易波長計はこのセルの中に液体(気体)を満たすことによって液体(気体)の吸収率を求めることができる点にある。また、楔形の角度の違った幾つかのセルを準備し、石英板の間隔を調整することによってある程度吸収の強いものから弱いものまでかなりの広範囲で、吸収率を高精度で測定できるのである。その一例を、図 15 に示す。その中で、赤の直線はエチルアルコール、青のデータは純水である。このように、エチルアルコールと水では吸収係数に大きな違いがあり、この実験結果から $I(x)=I_0 \exp(-\alpha x)$ で吸収係数 α を定義するとそれぞれ $\alpha_{\text{water}}=181.8 \text{ cm}^{-1}$, $\alpha_{\text{ethanol}}=45.7 \text{ cm}^{-1}$ と求まる。これらの値は過去に得られている純水とエチルアルコールの吸収係数の値と大変良い一致を示す²⁰。

このように吸収係数を 0.1 %程度、精密に測定できることから、現在、吸収係数の温度依存性を、4 °C付近から水の凝固点(0°C)付近で精密に測定しているところである。水は長距離の水素結合があるためその相互作用の情報が得られることを期待している。また、エチルアルコールと水は全域で固溶系である。しかし、固溶系の体積はアルコールの濃度に対して直線的であろうか？水とエチルアルコールの分子の形状の違いによりある濃度で秩序けいせいは起こらないだろうか？このような異常が THz 帯の吸収係数に反映されることを期待している。

< 結論と今後の展望 >

2007 年 6 月の発見以来 5 年間、高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 固有ジョセフソン系における

²⁰ C. Ronne, et al., J. Opt. Soc. Am. **B26** (2009) A113.

連続コヒーレントな THz 帯域の電磁波の発振現象の解明とその応用の基礎研究を実施してきた。現象の発見と CREST プロジェクトの開始が一致したのは研究の進展に幸いしたため、研究は大いに進展し、基本的な発振機構は理解できたと考えられる。また、その応用もプロトタイプの実像化装置を開発し、その有効性を内外に示す事ができた。実像化装置にははできるだけ強い発振素子が必要であるが、現状で、最大 30 μW 程度が得られており、目標であった 1 mW は必ずしも達成できてはいないが、その目標にそれほど遠くない位置にあることはすでにのべた。これは今後の大きな励みである。

図 6 で示したが、通常、実像化装置に使用している発振強度はさらに 1 桁以上弱い発振強度のメサで行われているにも拘わらず、図 12 や図 13 のような結果が容易に得られている。この場合、有効に実像化装置のために利用されている THz 波の強度はおおよそ 1 μW 以下である。強度が強ければ強いほど良いことはもちろんである。発振強度が 1 mW あれば、結局、現状の 1,000 倍高感度の測定が可能であるということになり、このような実像化装置、あるいは他への応用は限りなく広いと考えられる。大変ユニークな応用例であるが、現在、1 mW 程度の発振出力が安定的に得られれば、電波天文学で用いられるミキサの局所発振器として極めて有力であり、その方面への共同研究も行いつつある。連続でコヒーレントな THz 波は、テラヘルツギャップを満たす最も有力なデバイスとなるであろう。

すでに(II-3)で述べたが、実質的に発振強度が 1 mW のメサが実現することがすでに手中にあり、その実現方法を幾つか述べた。また、その基礎がすでにできつつあり、時間の問題であると考えられる。その最も有力な方法は、先ず、単一で 100 μW 程度の発振出力を持つ単独メサを再現性よく作ることである。これをアレイ化し、協調動作させる。現状では 2 個 (3 個) であるが、3 個協調動作できればほぼ 1 mW を達成できたことになる。4 個協調動作できれば 1.6 mW に達する出力が得られるはずである。もちろん、発熱対策は十分考える必要がある。ホットスポットから学んだことは大変重要であり、そこで得た貴重な知見を逆に利用することも一つの解決策であろう。すなわち、電流密度を少なくするため、メサを小型化し、空洞共振器内にメサを配置し、発振源と空洞共振器を分離するアイデアである。これが可能となれば発振強度は変わらないが発熱を 1~2 桁減少することが可能となるだろう。これは今後の重要課題である。

(2)研究成果の今後期待される展開

THz 帯域の電磁波の発振方法は数少なく、現状においても THz ギャップを満たす満足する発振方法は無い。半導体では共鳴トンネルダイオード (Resonant Tunneling Diodes) や単一走行キャリア・フォトダイオード (Uni-Traveling-Carrier Photo-Diodes) が最も THz 波発振に有力である。浅田等は共鳴トンネルダイオードを用いて 1 THz で 60 mW の出力を得たと報告している²¹。また、NTT フォトニクス研究所の石橋等は単一走行キャリア・フォトダイオードで 1 THz で最大出力 10.9 μW を、Renaud 等は 1 THz で 25 μW を達成したと報告している²²。これらはともに現状で世界最高レベルの発振出力である。また、最近急速な発展を遂げている量子カスケードレーザ (Quantum Cascade

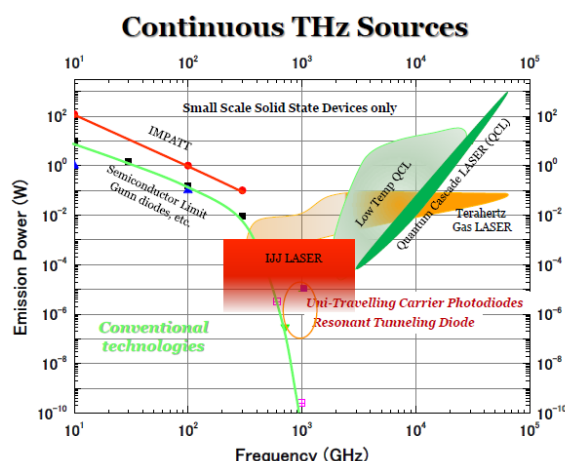


図 16. THz ギャップの開発状況。

²¹ M. Asada, S. Suzuki and N. Kishimoto, Jpn. J. Appl. Phys. **47** (2008) 4375-4384.

²² C. C. Renaud, M. Robertson, D. Rogers, R. Firth, P. J. Cannard, R. Moore and A. J. Seeds, *Proceedings of the SPIE*, vol. **6194**, pp61940C, 2006.

Lasers)は1.2 THzで10 μ Wがすでに市販されている²³。このように、半導体は常温動作であるが、1 THz帯域のTHzギャップは数10 μ Wレベルまではギャップが満たされて来ていると考えて良い。また、この発振強度は我々の固有ジョセフソン接合を用いた発振素子とほぼ同等であり、恐らく今後とも良きライバルであるだろう。図16にこのTHz領域の開発状況を示す。

今後、これらの固体デバイスは、イメージングやセキュリティ、基礎・臨床医学、医療、非破壊検査、微量元素の同定による環境問題などの領域で急速に利用されるものと期待される。しかし、最も学術的に期待される応用方面はなんと言っても超高速通信や量子計算・量子通信技術領域で本領を発揮するであろう。この方面の開拓は特に超伝導素子で行われる場合には超伝導固有ジョセフソン素子は相性が良いと考えられ、関連した研究・開発は今後さらに急速に発展するものと期待される。そして、これらの技術が世界に先駆けて日本から実用化されていくことによって我が国の電子技術の高さを世界に証明するとともに、我が国の電気産業の発展に大きく寄与し、やがては人類の発展に貢献できるものと期待される。

4.2 固有ジョセフソン系のダイナミックスの研究（物質・材料研究機構、胡グループ）

(1)研究実施内容及び成果

<はじめに>

超伝導ジョセフソン効果がテラヘルツ電磁波発振に極めて有利であることはよく知られている。1986年に発見された銅酸化物高温超伝導は層状構造を持っている。特に異方性の大きい $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (BSCCO)は、結晶のc軸方向に集積したジョセフソン接合系として振る舞い、固有ジョセフソン接合と呼ばれている。それまでの人工ジョセフソン接合アレイと比べて、固有ジョセフソン接合は単結晶による物理パラメーターの一様性、ナノメートル層間間隔が実現した高い集積度、大きい超伝導ギャップによるテラヘルツバンド全領域のカバー等、強力なテラヘルツ電磁波の発振源として大いに期待を持たれた。しかし、多くの努力にも関わらず、長い間コヒーレントな発振が得られなかった。この分野の研究は2007年に大きなブレイクスルーがあり、Ozyuzerら米アルゴンヌ国立研究所と筑波大の研究チームが高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (BSCCO)単結晶メサに電圧を印加することによってテラヘルツ電磁波の励起に成功した²⁴。実験から以下のことが判明した:コヒーレントな電磁波発振は狭い電圧領域で見られ、その周波数は印加電圧との間に交流ジョセフソン関係が成り立ち、その波長は矩形メサの小さい幅の半分である。

これらの実験結果がそれまでの超伝導ジョセフソン現象の理論では理解できないことが明らかである(文献54)。単一ジョセフソン接合では、超伝導位相のソリトンが直流電流によって駆動され、接合端で反射される度に電磁波のパルスが発射される。しかし、これはパラメトリック共鳴であり、印加電圧と周波数は交流ジョセフソン関係を満たさないため、Ozyuzerらの実験結果と異なる。そもそもソリトンとソリトンの間は大きな斥力を及ぼすため、それらをc軸方向に一様に配列して、固有ジョセフソン接合系でのコヒーレントな電磁波発振に利用することは困難である。高温超伝導固有ジョセフソン接合によるコヒーレントなテラヘルツ電磁波の励起を説明するためには新しい理論が必要であった。

我々は固有ジョセフソン接合系に於ける超伝導位相ダイナミックスの大規模計算機シミュレーションと理論解析を進め、位相 π キックを含む超伝導位相ダイナミックスの新しい状態を見出した(文献50)。我々の理論は実

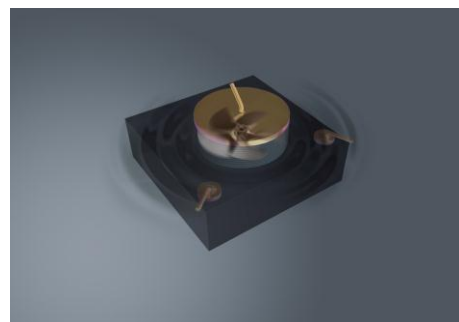


図1: 高温超伝導固有ジョセフソン接合によるナノ風車の模式図。

²³ ただし 30 K 程度まで冷凍機冷却が必要である。

²⁴ L. Ozyuzer et. al. Science **318**, 1291 (2007).

験で観測された主な特性を説明でき、今までに実験で観測されている発振エネルギーより数桁強い発振が可能であることを示唆している。固有ジョセフソン接合系が実効的に多数のナノ風車になり、その羽となっている位相キクの回転により、直流エネルギーを効率的にテラヘルツ電磁波に変えている（図1）。この結果は本 CREST プロジェクトの最も重要な成果の一つである。

<計算機シミュレーション>

固有ジョセフソン接合系の物理特性は超伝導位相に関する連立サイン・ゴールドン方程式によって記述される。この超伝導位相の時間及び空間に関する二次微分方程式には、ジョセフソン関係による位相の正弦関数が入り、非線形効果の顕著な波動方程式になっている。また、高温超伝導体 BSCCO ではロンドン侵入長が 400 ナノメートル程度に対して、接合間間隔は 1.5 ナノメートルと極めて小さいので、接合間には非常に強い誘導結合が働く。このため、固有ジョセフソン接合系はナノスケール超伝導が作り出す非線形かつ強結合を持つシステムと言える。

実験で用いられている BSCCO 単結晶メサの高さは $1\mu\text{m}$ であり、電磁波波長の $1/300$ 程度になっている。このためメサ側面での磁場切線成分は c 軸方向電場に比べて十分に小さく、BSCCO 単結晶メサは実効的に共振器になる。その内部のジョセフソンプラズマの波形は PMC 境界条件での共振モードとみなすことができ、サイン・ゴールドン方程式の境界条件は Neumann 型になっている。方程式の解として超伝導位相の空間分布と時間発展が分かれば、超伝導位相の時間微分は電圧を与え、空間微分は磁場を与える。

我々は物質・材料研究機構に設置されているスーパーコンピュータを用いて、強い誘導結合を持つ連立サイン・ゴールドン方程式に記述される固有ジョセフソン接合系のダイナミクスについて、大規模且つ高精度な計算機シミュレーションを行った。

まず、印加電圧を変えて超伝導位相の空間分布と時間発展を調べた。通常の場合、超伝導位相は電圧に比例した角速度で時間発展し、空間的にはほぼ一様である。メサ共振器の(1,0)モードの共鳴周波数に対応する電圧に近づくにつれて、超伝導位相はメサの周辺ではほぼ一様のままで、メサの中央部分で□だけ変化するようになる(図2)。位相の□キク構造は正のものと負のものとがあり、 c 軸方向に交互に配列している。これは磁場の N 極と S 極の交互配置に対応し、系全体が安定な状態になっている。

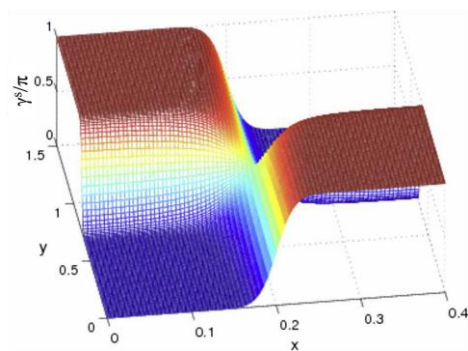


図 4: 矩形メサの(11)モードでの超伝導位相・キク

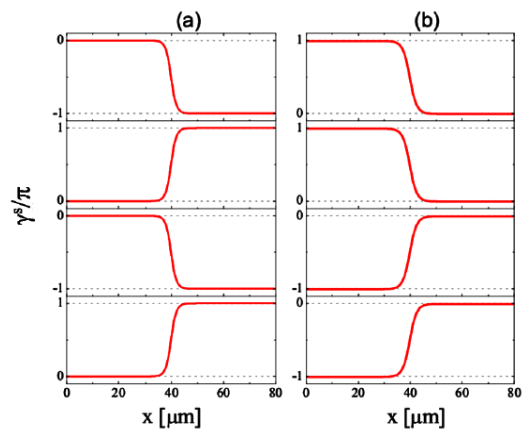


図2: 矩形メサ(1,0)モードに於ける位相の正と負の□キク及びその c 軸方向での周期配列。(a)周期 2、(b)周期 4。

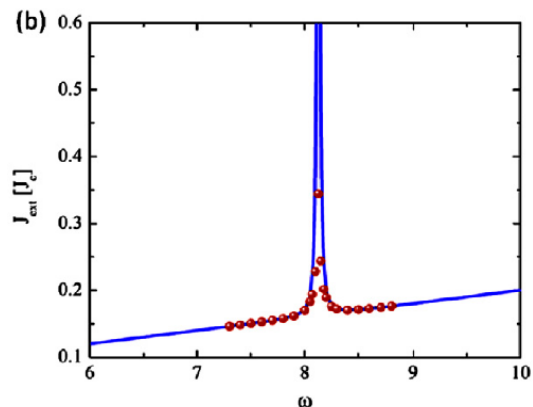


図 3: 位相・キク状態ジョセフソンプラズマ共鳴での電流と電圧の関係。

□キンクが形成されるのと同時に、ジョセフソンプラズマ共鳴が起き、大きな直流超伝導電流がシステムに流れ込む(図3)。

メサ共振器の(1,1)モード(図4)や(2,0)モードについても、同じ結果が得られている。それぞれのモードに於ける電場の節の位置に位相□キンクが現れることが特徴である。

<理論解析>

計算機シミュレーションの結果を理解するために、連立サイン・ゴルドン方程式をベクトル形式に書き直す必要がある。この時得られる結合行列のサイズはジョセフソン接合の個数に等しく、その固有値、固有ベクトルは1,000程度に上り、一般的には複雑である。しかし、成分が1と-1が交互に並ぶベクトルがその固有ベクトルであることが我々の研究で判明した(文献 56)。対応する固有値は誘導結合定数に比例し、非常に大きい。この固有ベクトルの存在が計算機シミュレーションで見られた位相□キンク状態と深く関連することは明らかである。一方、成分が全部1になっている単位ベクトルも結合行列の固有ベクトルであり、その固有値は1である。

結合行列の非自明な固有ベクトルと単位ベクトルを使えば、連立サイン・ゴルドン方程式を対角化することができる。その結果、連立サイン・ゴルドン方程式の解の形が明らかになった。超伝導位相には三つの寄与がある。第1項は空間的に一様で、時間の線形関数であり、印加電圧による超伝導位相の様な回転に対応する。第2項は時間的に振動し、 ab 面での Neumann 境界条件を満たすジョセフソンプラズマの定在波である。この二つの寄与は c 軸方向で一様であり、時間に依存するのに対して、第3項は c 軸方向に正と負のものが周期的な配列し、時間によらない。但し、ここでは議論を簡単にするため共鳴成分のみを考え、振幅の小さい ab 面での様な振動項や共振器モードの高調成分は無視している。

連立サイン・ゴルドン方程式を対角化する条件から、時間に依存しない第3項が満たす ab 面の2次微分方程式が得られる。この微分方程式の係数に、ジョセフソンプラズマの定在波形が入っているのが特徴である。空間対称性及び境界条件から、その2次微分関数の解がジョセフソンプラズマの定在波の節の位置に□キンクを持つことが分かる。このように、計算機シミュレーションの結果が解析理論でも得られている(文献 56)。

位相□キンクの空間的な幅は、結合定数とプラズマ振幅の積に逆比例し、共鳴状態ではメサ幅の1%程度になる。共鳴状態から離れれば位相□キンクが消失し、空間的に様な状態に戻る。位相□キンクが満たす方程式の係数は誘導結合定数に比例するため、結合定数がゼロの極限に対応する単一接合では位相□キンク状態がないことも分かる。

固有ジョセフソン接合の c 軸方向に流れる直流電流に正常電流成分と、超伝導電流成分がある。超伝導電流はジョセフソンプラズマ定在波と位相□キンクの余弦関数の積の空間積分で与えられることが我々の解析で分かった。位相の□キンク構造がなければ、定在波の空間反対称性から、積分がゼロになり、直流電流はオーム則に従う正常電流のみになる。この場合、注入されたエネルギーは全部ジュール熱になり、電磁波発振は見られない。位相の□キンクがあってはじめてジョセフソンプラズマの定在波と様な直流電流が結合し、大きなエネルギー注入が可能になる。

物理的には、□キンクの回転角速度がメサの幾何学形状から決まる共振器モードの固有振動周波数と一致するときに、強いジョセフソンプラズマ共鳴が励起され、直流ジョセフソン関係の非線形効果から大きな直流エネルギーがシステムに注入され、その一部がテラヘルツ電磁波として固有ジョセフソン接合の端から発振される。

<円形メサ>

□キンク状態は矩形メサに限らず、円形メサにも現れる(図5)。固有ジョセフソン接合を用いたテラヘルツ発振の最初の実験では矩形メサが用いられた。しかし、矩形サンプルでは、Dirichlet 型

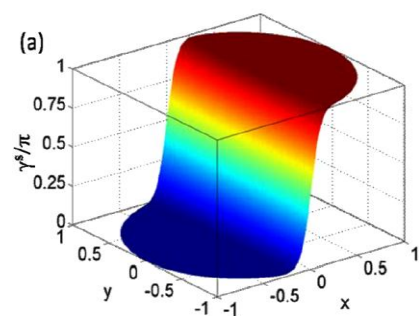


図 5: 円形メサの(11)モードでの超伝導位相の・キンク。

境界条件と Neumann 型境界条件が同じ共鳴周波数のサイズ依存性を与えるので、周波数の実験観測によるジョセフソンプラズマ波形の決定は不可能である。このため、我々は円形メサの利用を提案し、ベッセル関数の微分のゼロ点による、発振周波数の半径依存性を予言した(文献 52, 53)。このことは門脇グループの実験によって確認され(文献 22)、発振機構の解明が大きく前進した。

<発振の最適化>

固有ジョセフソン接合系からのテラヘルツ電磁波発振エネルギーは接合系内部のジョセフソンプラズマ共鳴の強さと表面透過係数で決まる。透過係数が大きければ、 Q 値が小さくなり、共鳴が弱いため大きな発振エネルギーが期待できない。しかし、透過係数が小さく、 Q 値が大きい場合、共鳴は強いが、エネルギーが取り出せない。この二つの相反する因子の最適化がカギである。一方で、実験で用いられるメサ構造の高さは $1\ \mu\text{m}$ 程度であり、電磁波放射面積が小さい。これらの課題を解決するため、我々は結晶 c 軸方向に長い BSCCO 円柱型単結晶を誘電体で囲むデバイスを考案した(図 6)。誘電体の誘電率が BSCCO のものより大きければ、共振器条件が満たされる。また、放射面積が大きいので、大きなテラヘルツエネルギーが得られる。

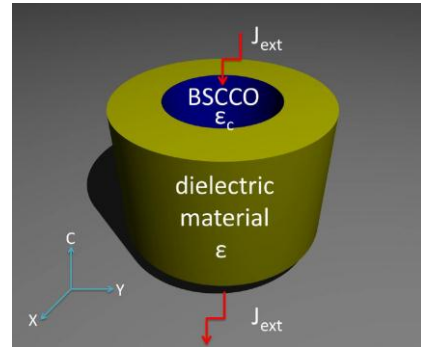


図 6: c 軸方向に長い BSCCO 単結晶と誘電体からなる発振デバイス。

このデバイスに於いても π キルク状態が安定になり、その共鳴の強度は誘電率の値に依存する。我々の解析によれば、発振エネルギーが最大になる誘電率が発振周波数と BSCCO の c 軸抵抗で決まる。この際に得られる発振エネルギーの BSCCO 超伝導のギャップ関数及び c 軸抵抗依存性も明らかになった²⁵。この結果はテラヘルツ電磁波発振の源になっている高温超伝導体の選択について示唆を与えるものであり、今までに同類の結果がない。定量的には、典型的な BSCCO 単結晶を使えば、最大で 85W/cm のテラヘルツ発振エネルギーが得られる。

(2)研究成果の今後期待される展開

固有ジョセフソン接合によるテラヘルツ電磁波発振の成功は非常に大きな意味を持つ。連続なテラヘルツ波の発振が可能になり、テラヘルツギャップの克服につながると期待される。本 CREST プロジェクトを通じて、この新しい現象の理論的理解も大きく前進した。実用に耐えうる量子デバイスまでに発展させるためには、多数のジョセフソン接合に於ける超伝導位相ダイナミクスの同期や、発振周波数の変調等が今後の重要な課題である。

§5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 91 件)

1. L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, N. Gopalsami, Q. Li, M. Tachiki, K. Kadowaki, T. Yamamoto, H. Minami, H. Yamaguchi, T. Tachiki, K. E. Gray, W. -K. Kwok, and U. Welp, "Emission of Coherent THz Radiation from Superconductors", *Science* **318** (Nov. 23rd, 2007) 1291-1293.
- 2.. K. Kadowaki, H. Yamaguchi, K. Kawamata, T. Yamamoto, H. Minami, I. Takeya, U. Welp, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, K. E. Gray and W. -K. Kwok, "Direct Observation of Terahertz Electromagnetic Waves Emitted from Intrinsic Josephson Junctions in Single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ", *Physica* **C468** (April, 1st, 2008) 634-639.
3. I. Takeya, K. Fukui, K. Kawamata, T. Yamamoto and K. Kadowaki, "Quantum Oscillation of the c -Axis Resistivity due to Entrance of Pancake Vortices into Micro-Fabricated

²⁵ F. Liu, S.-Z. Lin and X. Hu, arXiv.1206.0516; 論文投稿中

- Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} Intrinsic Josephson Junctions*", Physica **C468** (April 1st, 2008) 669-673.
4. A. Yurgens, M. Torstensson, L. X. You, T. Bauch, D. Winkler, I. Kakeya and K. Kadowaki, "Small-Number Arrays of Intrinsic Josephson Junctions", Physica **C468** (April 1st, 2008) 674-678.
 5. "Fermi arc in the superconducting state of impurity-doped high-temperature superconductors", T. Sato, K. Terashima, K. Nakayama, S. Souma, T. Takahashi, T. Yamamoto, and K. Kadowaki, Phys. Rev. **B78** (No. 10), 100502(1-4) (4 Sept., 2008).
 6. A. Kanigel, U. Chatterjee, M. Randeria, M. R. Norman, G. Koren, K. Kadowaki, and J. C. Campuzano, "Evidence for Pairing above the Transition Temperature of Cuprate Superconductors from the Electronic Dispersion in the Pseudogap Phase", Phys. Rev. Lett. **101**, 137002 (26 Sept., 2008).
 7. T. Koyama, H. Matsumoto, M. Machida and K. Kadowaki, "In-Phase Electrodynamics and Terahertz Wave Emission in Extended Intrinsic Josephson Junctions", Phys. Rev. **B79** (March 31st, 2009) 104522(1-12).
 8. H. Matsumoto, T. Koyama, M. Machida and K. Kadoaki, "THz Wave Emission from the Intrinsic Josephson Junctions of High- T_c Superconductors", "Proceedings of the 25th International Conference on Low Temperature Conference", held in Amsterdam, The Netherlands, August 6th - 13th, 2009, J. Phys. Conf. Ser. **150** (March 31st, 2009) 052156(1-4).
 9. I. Kakeya, Y. Kubo, M. Kohri, M. Iwase, T. Yamamoto and K. Kadowaki, "Scaling Behavior of the Crossover to Short-Stack Regimes of Josephson vortex lattices in *Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}*", Phys. Rev. **B79** (8 June 2009) 212503(1-4).
 10. C. Kurter, K. E. Gray, J. F. Zasadzinski, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, Q. Li, T. Yamamoto, K. Kadowaki, W. -K. Kwok, M. Tachiki and U. Welp, "Thermal Management in Large *Bi₂₂₁₂ Mesas Used for Terahertz Sources*", IEEE Trans. Appl. Superconductivity, **19** (June 2009) 428-431 ("the proceedings of the ASC (Applied Superconductivity Conference) 2008", August 17-22, 2008, held at Chicago, USA).
 11. K. E. Gray, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, K. Kadowaki, T. Yamamoto, H. Minami, H. Yamaguchi, M. Tachiki, W. -K. Kwok and U. Welp, "Emission of Terahertz Waves from Stacks of Intrinsic Josephson Junctions", IEEE Trans. Appl. Superconductivity, **19** (June 2009) 886, (this is given at the ASC (Applied Superconductivity Conference) 2008, August 17-22, 2008, held at Chicago, USA but not the proceedings).
 12. J. Mirković, Y. Kubo, T. Saitou, I. Kakeya, T. Yamamoto, A. Oral and K. Kadowaki, "Vortex States in Mesoscopic Single Crystals *Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} in High Magnetic Fields*", Physica **C469** (Aug.-Oct. 2009) 1119-1121 (the proceedings of the "21st International Symposium on Superconductivity (ISS 2008)", October 27-29 2008, Tsukuba, Japan).
 13. L. Ozyuzer, Y. Simsek, H. Koseoglu, F. Turkoglu, C. Kurter, U. Welp, A. E. Koshelev, K. E. Gray, W. K. Kwok, T. Yamamoto, K. Kadowaki, Y. Koval, H. B. Wang and P. Muller, "Terahertz Wave Emission from Intrinsic Josephson Junctions in High- T_c Superconductors", Supercond. Sci. Technol. **22** (Nov. 2009) 114009 (Special Issue for the Selected Papers from the "International Superconductive Electronics Conference (ISEC)", June 16-19 2009, Fukuoka, Japan).
 14. H. Minami, I. Kakeya, H. Yamaguchi, T. Yamamoto, K. Kadowaki, "Characteristics of Terahertz Radiation Emitted from the Intrinsic Josephson Junctions in High- T_c Superconductor *Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}*", Appl. Phys. Lett. **95** (December 7, 2009) 232511, "Selected for the December 15, 2009 issue of Virtual Journal of Applications of Superconductivity".
 15. Johannes Leiner, Sajid Saleem, J. C. Fenton, Takashi Yamamoto, Kazuo Kadowaki and P. A. Warburton, "The Radio-Frequency Impedance of Individual Intrinsic Josephson Junctions", Appl. Phys. Lett. **95** (December 23 2009) 252505(1-3).
 16. Taichiro, Nishio, Vu Hung Dao, Qinghua Chen, Liviu F. Chibotaru, Kazuo Kadowaki, and Victor V. Moshchalkov, "Scanning SQUID Microscopy of Vortex Clusters in Multiband Superconductors", Phys. Rev. **B81** (19 January 2010) 020506(R).
 17. Kazuo Kadowaki, Manabu Tsujimoto, Kazuhiro Yamaki, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Richard A. Klemm, "Evidence for a

- Dual-Source Mechanism of Terahertz Radiation from Rectangular Mesas of Single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*, J. Phys. Soc. Jpn. **79** No.2 (February 2010) 023703.
18. U. Chatterjee, M. Shi, D. Ai, J. Zhao, A. Kanigel, S. Rosenkranz, H. Raffy, Z. Z. Li, K. Kadowaki, D. G. Hinks, Z. J. Xu, J. S. Wen, G. Gu, C. T. Lin, H. Claus, M. R. Norman, M. Randeria and J. C. Campuzano, “*Observation of a d-Wave Nodal Liquid in Highly Underdoped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, Nature Physics Letters **6** (February 2010, online November 22nd, 2009) 99.
 19. M. A. Aksan, M. E. Yakinci and K. Kadowaki, “*The Effect of Ru Substitution on the Thermal, Structural and Magnetic Properties of $\text{Bi}_3\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_d$ Superconducting System*”, J. Supercond. Nov. Magn. **23** No. 3 (March 2010, online October 29 2009) 371-380, (DOI 10.1007/s10948-009-0587-1).
 20. Manabu Tsujimoto, Kazuhiro Yamaki, Kota Deguchi, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki, Kazuo Kadowaki and Richard A. Klemm, “*Geometrical Resonance Conditions for THz Radiation from the Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, Phys. Rev. Lett. **105** (July 15th, 2010) 037005, (DOI: 10.1103/PhysRevLett.105.037005).
 21. Richard A. Klemm and Kazuo Kadowaki, “*Angular Dependence of the Radiation Power of a Josephson STAR Emitter*”, J. Supercond. Nov. Magn. **23** (July 2010) 613-616, (DOI: 10.1007/s10948-010-0719-7).
 22. Richard A. Klemm and Kazuo Kadowaki, “*Output from a Josephson stimulated terahertz amplified radiation emitter*”, J. Phys. Condens. Matter **22** (22 September 2010) 375701(1-15), (DOI: 10.1088/0953-8984/22/37/375701).
 23. R. Yoshizaki, H. Ikeda, and K. Kadowaki, “*Properties of Ca-doped $\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{CuO}_{6+\delta}$* ”, Physica C: Superconductivity **470** Special Issue SI Suppl. 1 (December 2010) S193-S194, (DOI: 10.1016/j.physc.2009.10.048), “*Proceedings of the 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity*”, held at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan, Sept. 7-12, 2009.
 24. M. Tsujimoto, K. Yamaki, T. Yamamoto, H. Minami, and K. Kadowaki, “*Terahertz radiation generated from cylindrical mesas of $\text{Bi}2212$* ”, Physica C: Superconductivity **470** Special Issue SI Suppl. 1 (December 2010) S779-S781, (DOI: 10.1016/j.physc.2009.10.035), “*Proceedings of the 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity*”, held at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan, Sept. 7-12, 2009.
 25. Naoki Orita, Hidetoshi Minami, Takashi Koike, Takashi Yamamoto, and Kazuo Kadowaki, “*Synchronized operation of two serially connected $\text{Bi}2212$ emitters*”, Physica C: Superconductivity **470** Special Issue SI Suppl. 1 (December 2010) S786-S787, (DOI: 10.1016/j.physc.2010.01.051), “*Proceedings of the 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity*”, held at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan, Sept. 7-12, 2009.
 26. Jovan Mirkovic, Takashi Saito, Takanari Kashiwagi, Itsuhiro Takeya, Yuimaru Kubo, Takashi Yamamoto, Ahmet Oral, and Kazuo Kadowaki, “*Vortex phases in magnetic fields near ab-plane in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ single crystal*”, Physica C: Superconductivity **470** Special Issue SI Suppl. 1 (December 2010) S790-S792, (DOI: 10.1016/j.physc.2009.11.095), “*Proceedings of the 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity*”, held at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan, Sept. 7-12, 2009.
 27. Jovan Mirkovic, Takanari Kashiwagi, Takashi Saito, Takashi Yamamoto, and Kazuo Kadowaki, “*Crossing vortex lattice and lock-in vortex state in mesoscopic $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ crystal*”, Physica C: Superconductivity **470** Special Issue SI Suppl. 1 (December 2010) S793-S794 (DOI: 10.1016/j.physc.2010.01.009), “*Proceedings of the 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity*”, held at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan, Sept. 7-12, 2009.
 28. Kazuhiro Yamaki, Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami, and Kazuo Kadowaki, “*Magnetic field effects on THz radiation from rectangular shape*

- Bi2212 IJJ's*, Physica C: Superconductivity **470** Special Issue SI Suppl. 1 (December 2010) S804-S805, (DOI: 10.1016/j.physc.2010.01.035), “*Proceedings of the 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity*”, held at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan, Sept. 7-12, 2009.
29. Hidetoshi Minami, Naoki Orita, Takashi Koike, Takashi Yamamoto, and Kazuo Kadowaki, “*Continuous and reversible operation of Bi2212 based THz emitters just below T_c* ”, Physica C: Superconductivity **470** Special Issue SI Suppl. 1 (December 2010) S822-S823, (DOI: 10.1016/j.physc.2010.01.016), “*Proceedings of the 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity*”, held at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan, Sept. 7-12, 2009.
 30. Richard A. Klemm, Erica R. Laberge, Dustin R. Morley, Takanari Kashiwagi, Manabu Tsujimoto and K. Kadowaki, “*Cavity mode waves during terahertz radiation from rectangular $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ mesas*”, J. Phys: Condens. Matter **23** (19 January 2011) 025701(1-11), (DOI: 10.1088/0953-8984/23/2/025701).
 31. Masashi Tachiki, Krsto Ivanovic and K. Kadowaki, “*Emission of terahertz electromagnetic waves from intrinsic Josephson junction arrays embedded in resonance LCR circuits*”, Phys. Rev. B **83** (19 January 2011) 014508(1-4), (DOI: 10.1103/PhysRevB.83.014508).
 32. Kazuhiro Yamaki, Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Akio Furukawa, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, and Kazuo Kadowaki, “*High-power terahertz electromagnetic wave emission from high- T_c superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ mesa structures*”, Optics Express **19** (No. 4)(February 14, 2011) 3193-3201.
 33. Utpal Chatterjee, Dingfei Ai, Junjing Zhao, Stephan Rosenkranz, Adam Kaminski, Helene Raffy, Zhizhong Li, Kazuo Kadowaki, Mohit Randeria, Michael R. Norman and J. C. Campuzano, “*Electronic Phase Diagram of High-Temperature Copper Oxide Superconductors*”, Proc. Nat. Acad. Sci. **108** (June 7th, 2011) 9346-9349 (DOI: 10.1073/pnas.1101008108/-DCSupplemental).
 34. A. E. Koshelev, A. I. Buzdin, I. Kakeya, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Fluctuating Pancake Vortices Revealed by Dissipation of the Josephson Vortex Lattice*”, Phys. Rev. **B83** (June 27th, 2011) 224515(1-11) (DOI: 10.1103/PhysRevB.83.224515).
 35. Takanari Kashiwagi, Kazuhiro Yamaki, Manabu Tsujimoto, Kota Deguchi, Naoki Orita, Takashi Koike, Ryo Nakayama, Hidetoshi Minami, Takashi Yamamoto, Richard A. Klemm, Masashi Tachiki, and Kazuo Kadowaki, “*Geometrical full-wavelength resonance mode generating terahertz waves from a single crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ rectangular mesa*”, J. Phys. Soc. Jpn. **80** (Aug. 22nd, 2011) 094709(1-8) (DOI: 10.1143/JPSJ.80.094709).
 36. T. M. Benseman, A. E. Koshelev, K. E. Gray, W. -K. Kwok, U. Welp, K. Kadowaki, M. Tachiki and T. Yamamoto, “*Tunable terahertz emission from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ mesa devices*”, Phys. Rev. **B84** (August 24th, 2011) 064523 (DOI: 10.1103/PhysRevB.84.064523).
 37. J. Mirković, T. Kashiwagi, T. Saito, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Geometry Dependent Resistivity Behavior in Mesoscopic $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystals*”, Physica **C471** (November 2011) 787-789, (DOI: 10.1016/j.physc.2011.05.055).
 38. T. Kashiwagi, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, K. Yamaki, K. Delfanazari, K. Deguchi, N. Orita, T. Koike, R. Nakayama, T. Kitamura, M. Sawamura, S. Hagino, K. Ishida, K. Ivanovic, H. Asai, M. Tachiki, R. A. Klemm and K. Kadowaki, “*High Temperature Superconductor Terahertz OEmitters: Fundamental Physics and Its Applications*”, Jpn. J. Appl. Phys. **51** (online published December 27, 2011, January, 2012) 010113. (JJAP special issue) (DOI: 10.1143/JJAP.51.010113).
 39. H. Minami, M. Tsujimoto, T. Kashiwagi, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Terahertz Radiation Emitted from Intrinsic Josephson Junctions in High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE) Trans. **E95-C** (No. 3) (March 2012) 347-354, (DOI: 10.1587/transele.E95.C.1)
 40. Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Kaveh Delfanazari, Ryo Nakayama, Takeo

- Kitamura, Masashi Sawamura, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Kazuo Kadowaki and Richard A. Klemm, “*Broadly Tunable Subterahertz Emission from Internal Branches of the Current-Voltage Characteristics of Superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystals*”, Phys. Rev. Lett. **108** (March 9th, 2012) 107006-(1-5). (DOI:10.1103/PhysRevLett.108.107006).
41. Hidehiro Asai, Masashi Tachiki and Kazuo Kadowaki, “*Three-Dimensional Analysis of Terahertz Radiation Emitted from Intrinsic Josephson Junctions with Hot Spots*”, Phys. Rev. B **85** (February 27th, 2012) 064521, (DOI: 10.1103/PhysrevB.85.064521).
 42. H. Asai, M. Tachiki, H. Minami, T. Yamamoto and K. kadowaki, “*Numerical Simulation of THz Emission from Two Mesa-Structured Intrinsic Josephson Junctions*”, Physics Procedia **27** (2012) 88-91, (“*Proceedings of the 24th International Symposium on Superconductivity (ISS2011)*”, October 24-26, 2011, Tokyo, Japan), doi: 10.1016/j.phpro.2012.03.417.
 43. M. Tsujimoto, H. Minami, K. Delfanazari, M. Sawamura, R. Nakayama, T. Kitamura, T. Yamamoto, T. Kashiwagi, T. Hattori and K. Kadowaki, “*Terahertz Imaging System Using high-Tc Superconducting Oscillation Devices*”, J. Appl. Phys. **111** (June 15th, 2012) 123111(1-4), doi: 10.1063/1.4729799.
 44. I. Kakeya, Y. Omukai, T. Yamamoto, K. Kadowaki and M. Suzuki, “*Effect of Thermal Inhomogeneity for THz Radiation from Intrinsic Josephson Junction Stacks of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, Appl. Phys. Lett. **100** (June 11th, 2012) 242603, doi: 10.1063/1.4727899.
 45. H. Asai, M. Tachiki and K. Kadowaki, “*Proposal of Terahertz Patch Antenna Fed by Intrinsic Josephson Junctions*”, Appl. Phys. Lett. **101** (September 11th, 2012) 112602, (doi: 10.1063/1.4751846).
 46. H. Asai, M. Tachiki, T. Kashiwagi, H. Minami, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Numerical Study of Radiation Pattern from Intrinsic Josephson Junctions Attached to Finite Size Substrates*”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022002, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022002).
 47. P. Das, Y. Suzuki, M. Tachiki and K. Kadowaki, “*Pairing Symmetry and Magnetic Relaxation in Topological Superconductor $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$* ”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022013, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022013).
 48. K. Delfanazari, M. Tsujimoto, T. Kashiwagi, T. Yamamoto, R. Nakayama, S. Hagino, T. Kitamura, M. Sawamura, T. Hattori, H. Minami and K. Kadowaki, “*THz Emission from a Triangular Mesa Structure of Bi-2212 Intrinsic Josephson Junctions*”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022014, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022014).
 49. K. Kadowaki, T. Kashiwagi, H. Asai, M. Tsujimoto, M. Tachiki, K. Delfanazari and R. A. Klemm, “*Terahertz Wave Emission from Intrinsic Josephson Junctions in $\text{BiSr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022040, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022040).
 50. T. Kashiwagi, K. Deguchi, M. Tsujimoto, T. Koike, N. Orita, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, S. Hagino, M. Sawamura, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, “*Excitation Mode Characteristics in Bi2212 Rectangular Mesa Structures*”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022050, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022050).
 51. H. Minami, T. Koike, N. Orita, M. Tsujimoto, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Coupling to External Structures: Boundary Conditions for The Bi2212-Based Superconducting THz Emitter*”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022072, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022072).
 52. M. Tsujimoto, T. Yamamoto, K. Delfanazari, R. Nakayama, N. Orita, T. Koike, K.

- Deguchi, T. Kashiwagi and K. Kadowaki, “*THz-Wave Emission from Inner I-V Branches of Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 0220127, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022127).
53. K. Yamaki, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, T. Kashiwagi, H. Minami, A. Irie and K. Kadowaki, “*Magnetic Field Effects and Dynamic Control of Terahertz Electromagnetic Wave Emission from High- T_c Superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Structures*”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022137, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022137).
 54. R. Yoshizaki, T. Yamamoto, H. Ikeda and K. Kadowaki, “*A New Aspect of Single-Layered Cuprate Superconductors – 90 K Superconductors for Ca-Doped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$* ”, J. Phys.: Conf. Ser. **400** (2012) 022142, (Proceedings of the “*26th International Low Temperature Physics (LT-26)*”, Aug. 10-17, 2011, Beijing, China.), (doi:10.1088/1742-6596/400/2/022142).
 55. F. Turkoglu, H. Koseoglu, Y. Demirhan, L. Ozyuzer, S. Preu, S. Malzer, Y. Simsek, P. Muller, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*interferometer Measurements of Terahertz Waves from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesas*”, Supercond. Sci. Technol. **25** (2012) 125004, (doi:10.1088/0953-2048/25/12/125004).
 56. K. Delfanazari, H. Asai, M. Tsujimoto, T. Kashiwagi, T. Kitamura, T. Yamamoto, M. Sawamura, K. Ishida, C. Watanabe, S. Sekimoto, H. Minami, M. Tachiki, R. A. Klemm, T. Hattori and K. Kadowaki, “*Tunable Terahertz Emission from the Intrinsic Josephson Junctions in Acute Isosceles Triangular $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesas*”, OPTICS EXPRESS **21** (2013) 2171-21-84.
 57. T. M. Benseman, A. E. Koshelev, W. -K. Kwok, U. Welp, V. Vlasko-Vlasov, K. Kadowaki, H. Minami and C. Watanabe, “*Direct Imaging of Hot Spots in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Terahertz Sources*”, accepted for publication in J. Appl. Phys.
 58. F. Turkoglu, H. Koseoglu, Y. Demirhan, L. Ozyuzer, S. Preu, S. Malzer, Y. Simsek, P. Müller, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Interferometer Measurements of Terahertz Waves from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ Mesas*”, Supercond. Sci. Technol. **25** (2012) 125004.
 59. S.-Z. Lin and X. Hu: “*Possible Dynamic States in Inductively Coupled Intrinsic Josephson Junctions of Layered High- T_c Superconductors*”, Phys. Rev. Lett. **100**, 247006/1-4 (2008).
 60. S. -Z Lin, X. Hu, and M. Tachiki: “*Computer simulation on terahertz emission from intrinsic Josephson junctions of high- T_c superconductors*”, Phys. Rev. B **77**, 014507/1-5(2008).
 61. X. Hu and S.-Z. Lin: “*Three-Dimensional Phase-Kink State in a Thick Stack of Josephson Junctions and THz Radiation*”, Phys. Rev. B **78**, 134510/1-6 (2008).
 62. X. Hu and S. -Z. Lin: “*Cavity phenomena of mesas of cuprate high- T_c superconductors under voltage bias*”, Phys. Rev. B **80**, 064516/1-9 (2009)
 63. S.-Z. Lin and X. Hu: “*Phase Dynamics in Intrinsic Josephson Junctions and its Electrodynamics*”, Phys. Rev. B **79**, 104507/1-13 (2009)
 64. Y. Nonomura, Phys. Rev. B **80**, 140506(R) (2009).
 65. X. Hu and S.-Z. Lin: “*Phase dynamics in a stack of inductively coupled intrinsic Josephson junctions and terahertz electromagnetic radiation*”, Supercond. Sci. Technol. **23**, 253001 (2010) (invited review article).
 66. S.-Z. Lin and X. Hu: “*Response and amplification of terahertz electromagnetic waves in intrinsic Josephson junctions of layered high- T_c superconductor*”, Phys. Rev. B **82**, 020504(R) (2010).
 67. M.-B. Luo and X. Hu, “*Dynamics of Bragg glass in high- T_c superconductors near depinning transition*”, Physica C **470**, S890 (2010).
 68. S.-Z. Lin and X. Hu, “*Stability of the kink state in a stack of intrinsic Josephson junctions*”, Physica C **470**, S201 (2010).
 69. M.-B. Luo and X. Hu, “*Creep of driven flux lines in type-II superconductors*”, J.

- Supercond. Novel Magn. **23**, 1055 (2010).
70. S.-Z. Lin and X. Hu, “*Kink state in a stack of intrinsic Josephson junctions in layered high- T_c superconductors and terahertz radiation*”, J. Supercond. Novel Magn. **23**, 1025 (2010).
 71. Y. Hata, K. Watanabe, T. Mochiku, H. Yasuoka, “*Crystal Structure and Superconductivity of $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+y}$ superconductor*”, Physica C **470** S92 (2010).
 72. T. Mochiku, Y. Hata, T. Wuernisha, N. Igawa, A. Hoshikawa, T. Ishigaki, H. Yasuoka, K. Hirata, “*Low Temperature Structure of $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{6+\delta}$ magnetic superconductor*”, Physica C **470** S158 (2010).
 73. T. Tamegai, T. Tominaga, D. Naito, Y. Nakajima, S. Ooi, T. Mochiku, K. Hirata, “*Magneto-Optical Observations of Vortex Penetration into $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ with Periodic Pinning Potentials*”, Physica C **470** S784 (2010).
 74. S. Ooi, T. Mochiku, K. Hirata, “*Fractional Matching Effect of Vortices in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ with Square Lattice of Antidots*”, Physica C **470**, S868 (2010).
 75. T. Machida, S. Ooi, M. Tachiki, T. Mochiku, T. Kato, H. Sakata, K. Hirata, “*Microwave Responses on Locally Modified $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ by Near-Field Microwave Microscope*”, Physica C **470**, S1021 (2010).
 76. T. Machida, T. Kato, H. Nakamura, M. Fujimoto, T. Mochiku, S. Ooi, A. D. Thakur, H. Sakata, K. Hirata, “*Disappearance of Zinc Impurity Resonance in Large-Gap Regions of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Probed by Scanning Tunneling Spectroscopy*”, Phys. Rev. B **82**, 180507 (2010).
 77. S. Ooi, T. Mochiku, K. Hirata, “*Influence of Flat Milling on Vortex Matching Effect in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ with Antidot Array*”, Physica C **470**, 1115 (2010).
 78. Y. Nonomura, “*THz Wave Emission from Intrinsic Josephson Junctions Controlled by Surface Impedance*”, J. Supercond. Novel Magn. **23**, 601 (2010).
 79. Y. Nonomura, “*Numerical study on effects of surface impedance and external magnetic fields in THz wave emission from intrinsic Josephson junctions*”, Physica C **470**, S824 (2010).
 80. Z. Wang and X. Hu, “*Interference and Switching of Josephson Current Carried by Nonlocal Spin-Entangled Electrons in a SQUID-like System with Quantum Dots*”, Phys. Rev. Lett. **106**, 037002 (2011). (selected as cover picture)
 81. S. Ooi, T. Mochiku, K. Hirata: “*Antidot diameter dependence of matching effect in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ with antidot array*”, Physica C **471**, 21 (2011).
 82. T. Machida, T. Kato, H. Nakamura, M. Fujimoto, T. Mochiku, S. Ooi, A. D. Thakur, H. Sakata, K. Hirata: “*Quantum interference of impurity bound states in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_2\text{O}_{8+\delta}$ probed by scanning tunneling spectroscopy*”, Phys. Rev. B **84**, 064501 (2011).
 83. T. Machida, T. Kato, H. Nakamura, M. Fujimoto, T. Mochiku, S. Ooi, H. Sakata, K. Hirata, “*Impurity-Related Local Density-of-States Modulation in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_2\text{O}_8$ Probed by Scanning Tunneling Spectroscopy*”, J. Supercond. Novel Mag. **24**, 1 (2011).
 84. S.-Z. Lin and X. Hu: “*Radiation of Terahertz Electromagnetic Waves from Build-in Nano Josephson Junctions of Cuprate High- T_c Superconductors*”, J. of Nanosci and Nanotechno, **11**, 2916 (2011).
 85. S.-Z. Lin and X. Hu: “*Vortex States and Phase Diagram of Multi-component Superconductors with Competing Repulsive and Attractive Vortex Interactions*”, Phys. Rev. B **84**, 214505 (2011).
 86. S. -Z. Lin and X. Hu, “*Massless Leggett Mode in Multi-band Superconductors with Time-Reversal-Symmetry Breaking*”, Phys. Rev. Lett. **108**, 177005 (2012).
 87. X. Hu and Z. Wang, “*Stability and Josephson Effect of Time-Reversal Symmetry Broken Multi-Component Superconductivity induced by Frustrated Inter-Component Couplings*”, Phys. Rev B **85**, 064516 (2012).
 88. W.-P. Cao, M.-B. Luo and X. Hu, “*Scaling Behaviors and Novel Creep Motions of*

- Flux Lines under AC Driving with Point-like Pins*, New J. Phys. **14**, 013006 (2012).
89. S.-Z. Lin, X. Hu and L. Bulaevskii: “*Synchronization in a one-dimensional array of point Josephson junctions coupled to a common load*”, Phys. Rev. B **84**, 104501 (2011).
 90. S. -Z. Lin and X. Hu, “*In-plane dissipation as a possible synchronization mechanism for terahertz radiation from intrinsic Josephson junctions of layered superconductors*”, Phys. Rev. B, **86**, 054506 (2012).
 91. S. -Z. Lin and X. Hu, “*Phase solitons in multi-band superconductors with and without time-reversal symmetry*”, New J. Phys. **14**, 063021 (2012).

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 門脇和男、「高温超伝導体の固有ジョセフソン接合によるテラヘルツ波の発振」、光学(Japanese Journal of Optics) , Vol. 36, (2007, July) 368-373.
2. 門脇和男、「高温超伝導体で強力な THz 波の発振に成功」、セラミックス(Ceramics Japan, Bulletin of the Ceramic Society of Japan), **43** (2008) No.3, p225.
3. 山口勇人、川又晃平、八巻和宏、辻本学、南英俊、服部利明、掛谷一弘、立木昌、門脇和男、「Bi 系高温超伝導体単結晶固有ジョセフソン素子によるテラヘルツ波の連続発振」、FST-NEWS、4月号, No. 117, p5, 2008-4-15(未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会発行)。
4. 掛谷一弘、南英俊、門脇和男、「高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 固有ジョセフソン接合からの THz 波発振」、(社)電子情報通信学会 信学技報 vol. 108, No. 152, p27-42 (2008)、IEICE Technical Report, SCE2008-21 (2008-07).
5. 門脇和男、「談話室ー魅力ある科学をする力はどこから生まれるか?」、応用物理 第 77 巻 第 9 号 (2008), p1118.
6. 門脇和男、「高温超伝導体の固有ジョセフソン接合を用いた THz 波発振技術の進展」、超伝導 Web 21 特集:超伝導マイクロ波デバイス技術、超伝導 Web 21, 2009 年 2 月号、p7.
7. “*Scanning SQUID Microscope Study of Vortex States and Phases in Superconducting Dots, Antidots, and Other Structures*”, T. Nishio, Y. Hata, S. Okayasu, J. Suzuki, S. Nakayama, A. Nagata, A. Odawara, K. Chinone and K. Kadowaki, “*The Oxford Handbook of NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY*” (volume II, Materials, Chapter 11), page 405-437, edited by A. V. Narlikar and Y. Y. Fu, Oxford University Press, (February 2010).
8. “*Novel Superconducting States in Nanoscale Superconductors*”, A. Kanda, Y. Ootuka, K. Kadowaki and F. M. Peeters, “*The Oxford Handbook of NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY*” (volume I, Basic Aspects, Chapter 19), page 639-676, edited by A. V. Narlikar and Y. Y. Fu, Oxford University Press, (February 2010).
9. 門脇和男、近接場光のセンシング・イメージング技術への応用ー最新のバイオ・化学・デバイス分野への展開」、バイオナノテクノロジー分野、第 22 章「テラヘルツ波の検査への応用」、民谷栄一・朝日剛監修、CMC 出版(2010 年 11 月)。
10. 辻本学、門脇和男、「高温超伝導体の固有ジョセフソン接合系におけるテラヘルツ波発振現象」、日本物理学会誌第 66 巻 (Vol. 66), No.1 (1 月号), (January, 2011) 46-50.
11. 胡曉、西崎照和、小林典男:“ボルテックスマターの熱平衡状態の相図”、「超伝導ハンドブック」(朝倉書店、2009)、ページ 255~265.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 5 件、国際会議 83 件)

1. K. Kadowaki, “*Intrinsic Josephson Junctions in Bi2212 Single Crystals: A Playground for the Quantum Physics and Electronics*”, presented as an invited talk at the “*KSS 2007 (The Korean Superconductivity Society Meeting, 2007)*”, held at Yongpyong Resort, Gangwondo, Korea, August 16-18, 2007.
2. K. Kadowaki, H. Yamaguchi, H. Minami, I. Kakeya, L. Ozyuzer, U. Welp and W. -K. Kwok, “*Josephson Radiation from Intrinsic Josephson Junctions*”, given as an invited talk

- at the “APCTP Asia Pacific Center for Theoretical Physics) Workshop on Superconductivity and Mesoscopic Quantum Phenomena”, 18-20 August, 2007, Hogil Kim Memorial Hall, APCTP Headquarters, POSTEC, Pohang, Korea.
3. K. Kadowaki, “*Intrinsic Josephson junctions (IJJs) in High- T_c Superconductors: Prospects for Future Electronic Devices*”, presented as an invited talk at the “*Turkish Physical Society 24th International Congress*”, 28-31, August, 2007, Inonu University, Malatya, Turkey.
 4. U. Welp, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, H. Minami, H. Yamaguchi, T. Yamamoto, I. Kakeya, M. Tachiki, K. E. Gray, W. -K. Kwok and K. Kadowaki, “*Emission of Resonantly Enhanced Coherent THz-Radiation from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Crystals*”, presented as an invited talk at “*the Turkish Physical Society 24th International Congress*”, 28-31, August, 2007, Inonu University, Malatya, Turkey.
 5. K. Kadowaki, “*Direct Observation of Terahertz Electromagnetic Waves Emitted from Intrinsic Josephson Junctions in single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented as an invited talk at the “*5th Joint ESF-JSPS International Conference on Vortex Matter in Nanostructured Superconductors*”, Rhodes, Greece, 8-14 September, 2007.
 6. K. Kadowaki, “*Monochromatic Intense, Coherent and Continuous Emission of Electromagnetic Waves from High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*7th ESF and JSPS International AQDJJ Conference-Frontiers of Josephson Physics and Nanoscience (FJPN07), in Memory of the late Professor Bob Parmentier*”, September 23rd -28th, 2007, at King’s Residence Hotel, Palinuro, Italy.
 7. K. Kadowaki, “*THz emission from Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, November 25-December 2, 2007, Hotel Epinard Nasu, Tochigi prefecture, Japan.
 8. K. Kadowaki, “*Intense, Continuous and monochromatic THz waves generated from High Temperature Superconductors $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystals and Their Potential Applications*”, presented at the “*MANA International Symposium 2008 & ICYS Workshop 2008*”, held at National Institute for Materials Science (NIMS), Sengen, Tsukuba, Japan, 10-13 March, 2008.
 9. 門脇和男、「高温超伝導体の固有接合による THz 発振」、第 15 回渦糸国内会議、(財)日本クリスチャンアカデミー関西セミナーハウス、2007 年 12 月 12-14 日。
 10. 門脇和男、山口勇人、山本 卓、南 英俊、掛谷一弘、立木 昌、L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, N. Gopalsami, Q. A. Li, K. E. Gray, W. -K. Kwok, U. Welp, 講演題目:「高温超伝導体の固有ジョセフソン素子を用いた THz 発振現象」、応用物理学会・量子エレクトロニクス研究会・テラヘルツ電磁波技術研究会合同研究会「テラヘルツ分光・イメージングとテラヘルツデバイスの物理」、上智大学軽井沢セミナーハウス、2008 年 1 月 10-12 日。
 11. K. Kadowaki, H. Yamaguchi, K. Yamaki, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, T. Hattori, M. Tachiki, H. Matsumoto, T. Koyama, M. Machida, S. Lin, X. Hu, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, K. E. Gray, W. -K. Kwok and U. Welp, “*THz Emission from Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*International Conference on Theoretical Physics, DUBNA-NANO 2008*”, July 7-11, 2008, Dubna, Russia.
 12. K. Kadowaki, “*Summary Talk*”, in the Closing Session at the “*International Conference on Theoretical Physics, DUBNA-NANO 2008*”, July 7-11, 2008, Dubna, Russia.
 13. A. E. Koshelev, L. Bulaevskii, L. Ozyuzer, C. Kurter, U. Welp, K. E. Gray, W. K. Kwok, M. Tachiki, K. Kadowaki, T. Yamamoto, H. Minami and H. Yamaguchi, “*THz Emission from Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*International Conference on Theoretical Physics, DUBNA-NANO 2008*”, July 7-11, 2008, Dubna, Russia.
 14. K. Kadowaki, H. Minami, T. Yamamoto, K. Yamaki and M. Tsujimoto, “*Josephson LASER Operating in a Layered Superconductor*”, presented as an invited talk at the “*6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)*”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
 15. I. Kakeya, K. Fukui, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Single Flux-Quantum Penetrations and Josephson Vortex Flow in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesoscopic Junctions*”, presented as an

- invited talk at the “6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
16. R. A. Klemm and K. Kadowaki, “*Angular Dependence of the Radiation Power of a Josephson TASER*”, presented as an invited talk at the “6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
 17. L. Ozyuzer, C. Kurter, U. Welp, A. E. Koshelev, Q. Li, W. K. Kwok, D. G. Hinks, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Emission of THz Waves at Locally High Temperatures in Bi2212*”, presented as an invited talk at the “6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
 18. K. Kadowaki, “*Expanding the Materials World Network; Materials Activities in Japan*”, presented as a Japanese representative of the World Materials Research Network at the Symposium T in the Session T4-S2, IUMRS-ICEM(International Union Materials Research Society – International Conference on Electronic Materials) 2008, held at Hilton Sydney, Australia, 28th July to 1st August, 2008.
 19. K. Kadowaki, “*TASER as Collective Excitation in Layered Superconductors*”, presented as an invited talk at the “32nd International Workshop on Condensed Matter Theories, in commemoration of the birth centenary of Lev Davidovich Landau 1908-1968”, held at Loughborough University, United Kingdom, 13-18 August 2008.
 20. K. E. Gray, A. E. Koshelev, C. Kurter, W. –K. Kwok, U. Welp, L. Ozyuzer, K. Kadowaki, T. Yamamoto, H. Minami, H. Yamaguchi, “*Emission of Terahertz Waves from Stacks of Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited oral talk at the “*Applied Superconductivity Conference (ASC)*”, held at Hyatt Regency Chicago, Chicago, Illinois, U.S.A., August 17-22, 2008.
 21. K. Kadowaki, H. Yamaguchi, K. Yamaki, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, T. Hattori, M. Tachiki, H. Matsumoto, T. Koyama, M. Machida, S. Lin, X. Hu, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, K. E. Gray, W. –K. Kwok and U. Welp, “*Generation of High Power THz Electromagnetic Waves from High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM-2008)*”, 25-29 August 2008, Side-Antalya, Turkey.
 22. K. Kadowaki, K. Yamaki, H. Yamaguchi, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, M. Tachiki, S. Fukuya, H. Matsumoto, T. Koyama and R. A. Klemm, “*Josephson LASER, Future Perspective*”, presented as an invited talk at the ESF-JSPS NES program, “*International Workshop on Nanostructured Superconductors: From Fundamentals To Applications*”, Freudenstadt-Lauterbad, Germany, September 13th-17th 2008.
 23. K. Kadowaki, M. Tsujimoto, H. Yamaguchi, K. Yamaki, T. Yamamoto, H. Minami, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, N. Gopalsami, Q. Li, K. Gray, W. Kwok and U. Welp, “*Intense Continuous THz Emission from High Temperature Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystal Mesa Structures*”, presented as an invited talk at the “*Trends in Nanotechnology (TNT 2008)*”, Oviedo, Spain, September 1-5, 2008.
 24. K. Kadowaki, “*Superconducting Josephson LASER as Collective Excitations in Layered Superconductors*”, presented as an invited talk at the occasion of “*a Scientific Conference in Honor of Alexei Abrikosov’s 80th Birthday, Vortices at Fifty Years*”, Bldg. 212. Room A-157, Argonne National Laboratory, USA, November 7-8, 2008.
 25. K. Kadowaki, “*THz LASER from Various Mesas of Intrinsic Josephson Junctions*”, presented at the “*CTC-NES International Mini Workshop on THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions – The First one Year Anniversary of the Discovery*”, TKP Ginza Business Center 8th floor B, November 23rd 2008.
 26. K. Kadowaki, “*Quantum Electromagnetic Radiation as Superconducting Atoms of Intrinsic Josephson Junctions*”, presented at the “*3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor, November 24-30, 2008.

27. K. Kadowaki, H. Yamaguchi, K. Yamaki, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, T. Hattori, M. Tachiki, H. Matsumoto, T. Koyama, M. Machida, S. Lin, X. Hu, L. Ozyuzer, A. E. Loshelev, C. Kurter, K. E. Gray, W. -K. Kwok, and U. Welp, “*Generation of THz Waves from High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*Nanotechnology International Forum, Rusnanotech 08*”, at the Expo center, Moscow, Russia, December 3-5, 2008.
28. K. Kadowaki, “*THz LASER Emission from Intrinsic Josephson Systems and Vortex Dynamics of Josephson Vortices*”, given as a invited talk at the “*Brazilian School of Superconductivity and Workshop on Frontiers of Superconductivity and Magnetism - Materials, Mechanisms and Applications*”, held in December 8-12, 2008, Summerville Beach Resort, Muro Alto, Pernambuco, Brazil.
29. K. Kadowaki, “*Coherent THz Radiation Emitted from Superconducting Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity*”, held at Okura Frontier Hotel Tsukuba, March 23rd - 26th, 2009.
30. 「 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ メサ構造からのテラヘルツ波発振」、門脇和男、日本物理学会第 64 回年次大会 (立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年 (2009 年) 3 月 28 日、領域 8、領域 6 合同シンポジウム (28pTC)にて招待講演、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p616。
31. K. Kadowaki, “*Josephson LASER Working at THz Frequencies in Intrinsic Josephson Junctions*”, APS(American Physical Society) March Meeting, March 16-20, 2009, Pittsburgh, USA, given by oral presentation, Session X2-4, Symposium on Vortex Dynamics and Josephson LASERS in Superconductors, chaired by Alexander Gurevich, Program & Show Guide, p520.
32. K. Kadowaki, “*Synchronized THz Radiation Phenomena from High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystal*”, given as an invited talk at the “*ESF Nanoscience and Engineering in Superconductivity (NES) conference on Hybrid and Josephson Structures*”, held at Anacapri, Hotel San Michele, 3rd – 6th June 2009.
33. K. Kadowaki, “*THz Radiation from Cylindrical and Rectangular Mesas of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, given as an invited talk at the “*International Bogolyubov Conference, Problems of Theoretical and Mathematical Physics*”, in Aug. 21st – 27th 2009, Bogolyubov Laboratory of Theoretical Physics, Joint Institute for Nuclear Research (BLTP JINR), Dubna, Russia.
34. K. Kadowaki, “*Dream of Scientists: Room Temperature Superconductors*”, given as an invited lecture talk at the “*Montenegro Student Summer School*”, in August 28th 2009, Istrazivacki Kamp, Inanova Korita, Montenegro.
35. K. Kadowaki, “*Anisotropic THz Radiation and Josephson Plasma Excitation Modes in a Mesa of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, given as an invited talk at the “*International Conference on Quantum Phenomena at Nanoscale*”, held in August 30th - September 4th 2009, at Hotel Maestral Casino & Resort, Sveti Stefan, Crna Gora, Montenegro.
36. K. Kadowaki, “*Management and Structure of Japanese University*”, given as an invited lecture at the “*International Workshop on Science and Society*”, on September 3rd 2009, at Hotel Maestral Casino & Resort, Sveti Stefan, Crna Gora, Montenegro.
37. K. Kadowaki, “*Understanding of the Mechanism of THz Electromagnetic Radiation in a Mesa of Intrinsic Josephson Junction System $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented as an invited talk at the “*ESF Research Networking Program, Nanoscience and Engineering in Superconductivity (NES), the 6th International Conference I School format on the Vortex Matter in Nanostructured Superconductors (VORTEX VX)*”, held at 17th - 24th September 2009 in Rhodes Islands, Greece.
38. K. Kadowaki, “*Terahertz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions: Recent Development and Future Perspectives*”, presented as an invited talk at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
39. K. Kadowaki, “*Anisotropic THz Radiation and Josephson Plasma Excitation Modes in a Single Crystalline Rectangular and Cylindrical Mesas of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, given as an invited talk at the “*5th East Asia Symposium on Superconductive Electronics (EASSE*

- 2009)', held at Nanjing University, Nanjing, China, October 12-14 2009.
40. K. Kadowaki, "*Continuous and Coherent THz Radiation Generated from High Temperature Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ", presented as an invited at the "*3rd AEARU (The Association of East Asian Research Universities) Advanced Materials Science Workshop*", held at 11th – 13th November 2009, Pohang International Center, POSTEC, Korea.
 41. K. Kadowaki, "*Continuous THz Radiation Generated from High Temperature Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ", given as an invited talk at the "*14th International AQDJJ (Arrays of Quantum Dots and Josephson Junctions) Conference in School Format, TeraHertz Radiation and Metamaterials (TeraMat 09)*" held at Benasque, Spain, 15th – 22nd December 2009.
 42. K. Kadowaki, "*Beyond Common Sense: THz Radiation from Single Crystal $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*", given as an invited talk at the "*First JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics*", 21-24 February 2010, Tsukuba Mountain, Japan.
 43. K. Kadowaki, "*A Road to Generation of High Power THz Waves from HTS Intrinsic Junctions*", given as an invited talk at the "*MANA International Symposium 2010 jointly with ICYS*", March 3-5, 2010, Epochal Tsukuba, Tsukuba, Japan.
 44. 門脇和男、八巻和宏、辻本学、出口幸太、折田尚樹、小池隆、山本卓、Crsto Ivanovic、福屋翔太、南英俊、柏木隆成、服部利明、立木昌、Shi-Seng Lin、胡 曉、野々村禎彦、茂筑高士、Richard A. Klemm、応用物理学会 THz 電磁波技術研究会シンポジウム、企画「テラヘルツ光科学の新展開」にて、「高温超伝導の新規テラヘルツ科学」、と題して招待講演。第 57 回応用物理関係連合講演会講演予稿集(2010 春、東海大学湘南キャンパス)18p-M-4, 平成 22 年 3 月 18 日。
 45. Kazuo Kadowaki, "*Terahertz Radiation from High Temperature Superconductor Intrinsic Josephson Junctions and Its Applications*", presented at the "*3rd Tsukuba-Hsinchu Workshop on Nano and Bio-Related Materials and Technologies*", April 1-4, 2010, NTHU (National Tsing Hua University), Shinchu, Taiwan.
 46. Kazuo Kadowaki, "*Multi-Stacked Intrinsic Josephson Junctions (IJJs) as a Coherent Phase Locked (CPL) Quantum Device*", presented as an invited talk at the "*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*", April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
 47. Kazuo Kadowaki, "*Continuous, Coherent and Intense Terahertz Radiation Using Intrinsic Josephson Junctions of High Temperature Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystal Mesas*", presented as an invited talk at the "*International symposium on "High temperature Superconductors in High Frequency Fields (HTSHHF)"*", held in May 17-19, 2010, San Diego, California, USA.
 48. Kazuo Kadowaki, "*Angular Dependence of a Powerful THz Emission from Intrinsic Josephson Junctions of High T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{2212}$* ", presented as an invited talk at the "*6th Nanoscience and Nanotechnology Conference*", held at Golden Dolphin Hotel, Cesme, Izmir, Turkey, 15-18, June 2010.
 49. Kazuo Kadowaki, "*Coherent and Continuous THz Waves Generated from High T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ", presented at the "*Symposium 6th International Conference, Science and Engineering of Novel Superconductors*", in the "*5th Forum on New Materials*" held at Montecatini, Terme, Pistoia, Italy, June 13-18, 2010.
 50. Kazuo Kadowaki, "*Coherent THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions*", presented as an invited talk at the international conference on "*Low-Energy Electrodynamics in Solids (LEES 2010)*", held at Eurotel Victoria, Les Diablerets, Switzerland, July 5th - 10th, 2010.
 51. Kazuo Kadowaki, "*Coherent THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions (I)*", presented as an invited lecture at the Institute of Radio-Engineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, on July 19th, 2010.
 52. Kazuo Kadowaki, "*Coherent THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions (II)*", presented as an invited lecture at the Levedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, on July 20th, 2010.
 53. Kazuo Kadowaki, "*Coherent THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions (III)*",

presented as an invited lecture at the Institute of Solid State Physics, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russia, on July 21th, 2010.

54. Kazuo Kadowaki, “*Coherent terahertz emission from high T_c superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ and superconductivity in topological insulators*”, presented as an invited talk at the “*2011 APCTP (Asia Pacific Center for Theoretical Physics) Winter Workshop on Frontiers in Electronic Quantum Matter*”, held at Hogil Kim Memorial Bldg. 5th floor, POSTECH, Pohang, Korea, during 16th and 19th February, 2011.
55. Kazuo Kadowaki, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Hidehiro Asai, Krsto Ivanovic, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Richard A. Klemm, “*Dynamical Coherence Phenomena in High Temperature Superconductors: Terahertz Radiation and Its Application*”, presented at the “*International Workshop on Mesoscopic Superconductivity & Vortex Imaging*”, held in May 3-7, 2011, at Bath Spa Hotel, Bath, UK.
56. Kazuo Kadowaki, “*High- T_c Superconductor Terahertz Emitting Devices: from Fundamentals to Applications*”, presented as an invited talk at the “*7th Nanoscience and Nanotechnology Conference (NANOTR-VII)*”, held at Sabanci University, Istanbul, Turkey, June 27th - July 1st, 2011.
57. Kazuo Kadowaki, Takashi Yamamoto, Hidehiro Asai, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Krsto Ivanovic, Hidetoshi Minami, Takanari Kashiwagi, Masashi Tachiki and Richard A. Klemm, “*Towards 1 mW Coherent and Continuous Terahertz Wave Generation and Its Applications*”, presented as an invited talk at the “*13th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors*”, held in July 31st – August 5th, 2011, at the Millennium Knickerbocker Hotel, Chicago, Illinois, USA.
58. Kazuo Kadowaki, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Hidehiro Asai, Krsto Ivanovic, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Richard A. Klemm, “*Coherent Terahertz Radiation Phenomena from High Temperature Superconductor Mesa Structures*”, presented as an invited talk at the “*7th International Conference on Vortex Matter in Nanostructured Superconductors*”, held at 10-17 September, 2011, Rhodes, Greece.
59. K. Kadowaki, H. Asai, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, M. Sawamura, K. Ishida, Ch. Watanabe, S. Sekimoto, H. Minami, T. Kashiwagi, M. Tachiki and R. A. Klemm, “*THz Laser Using High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Structures*”, presented as an invited talk at the “*56th DAE-Solid State Physics Symposium*” held in December 19-23, 2011, SRM University, Kattakulathur Campus, Tamilnadu, India.
60. Kazuo Kadowaki, H. Asai, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, M. Sawamura, K. Ishida, Ch. Watanabe, S. Sekimoto, H. Minami, T. Kashiwagi, M. Tachiki and R. A. Klemm, “*Coherent and Continuous Emission of Intense Terahertz Electromagnetic Radiation from High-Temperature Superconducting Intrinsic Josephson Junctions: Basic Notions and Applications*”, presented at the “*International Workshop on Pathbreaking Phase Sciences in Superconductivity 2012 (PPSS-2012)*”, held at January 13-15, 2012, at the Lecture Hall, Osaka Museum of History, Osaka city, Japan.
61. K. Kadowaki, “*High Power Coherent Terahertz Emission from High Temperature Superconductor Intrinsic Josephson Arrays*”, presented as an invited talk at the “*3rd International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM-2012)*”, held in April 29th – May 4th, 2012, Istanbul, Turkey.
62. K. Kadowaki, “*Quantum Terahertz Electronics (QTE): Generation of Coherent Radiation from Mesa Structures of High Temperature Superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*International Conference on Theoretical Physics (DUBNA-NANO 2012)*”, held in July 9th – 14th, Dubna, Moscow region, Russia.
63. K. Kadowaki, T. Kashiwagi, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, T. Kitamura, M. Sawamura, K. Ishida, S. Sekimoto, C. Watanabe, R. A. Klemm and M. Tachiki, “*THz Emission from High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an invited talk at the “*19th International Conference on Magnetism (ICM 2012)*” held in July 8th – 13th, 2012, Bexco, Busan, Korea.

64. 門脇和男、「高温超伝導による連続 THz 波発振のイメージング応用」、と題して光電相互変換第 125 委員会、本委員会第 217 回研究会(光エレクトロニクス第 130 委員会、テラヘルツ波科学技術と産業科委託 182 委員会との合同開催)、「主題、光と電波の境界領域における最近の話題」において招待講演。明治大学駿河台キャンパス、アカデミーコモン 2FA4/A5 会議室にて、平成 24 年(2012 年)7 月 20 日(金)開催。
65. X. Hu: "*Depinning of Vortex Matter in Presence of Point-like Pinning Centers*", invited talk at "Workshop of Nano Virtual Lab for Superconductivity 2007, "Critical Current (NVLS2007-CC)", Dec. 17-18, Kitakyuusu, Japan.
66. X. Hu: "*Strong THz Radiation from Cuprate High-Tc Superconductor*", invited talk at "2007 Fudan Conference on Quantum Manipulation", Dec. 7-8, Shanghai, China.
67. X. Hu: "*Lecture I: Study on interlayer Josephson vortices: Effects of periodic layer pinning; Lecture II: Simulating Emission of Terahertz EM Waves from Intrinsic Josephson Junctions*", invited talk at "The 2nd International Autumn Seminars on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", Nov. 26-Dec. 2, 2007, Nasu, Japan.
68. X. Hu: "*Depin Transition and Creep Motion of Current-Driven Vortices*", invited talk at the "3rd Cross-Strait Conference on Statistical Physics", Nov. 12-16, Hangzhou & Qinhua, China.
69. X. Hu: "*Simulational Materials Science*", invited talk at "The 4th International Workshop Hangzhou 2007 on Simulational Physics", Nov. 10-11, 2007, Hangzhou, China.
70. X. Hu: "*New Dynamic States of Multi Josephson Junctions and THz Radiation*", invited talk at Plasma 2008, July 17-19, 2008, POSTEC, Pohang, Korea.
71. X. Hu: "*Theory on the π Kink State in Intrinsic Josephson Junctions and THz Electromagnetic Radiation*", invited talk at "The XII-th International Workshop of Vortex Matters in Superconductors", Sept. 13-18, 2009, Yamanaka Lake, Yamanashi, Japan.
72. X. Hu, "*Intrinsic Josephson junctions used for terahertz amplification and detection*", invited talk at "The 7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillation in High-Tc Superconductors", April 30 – May 2, 2010, Hirosaki University, Hirosaki, Japan.
73. X. Hu, "*Theory on THz radiation of intrinsic Josephson junctions of cuprate superconductors*", invited talk at "The 6th International Conference on Science and Engineering of Novel Superconductors", June 13-18, 2010, Montecatini Terme, Tuscany, Italy.
74. X. Hu, "*Theory on phase dynamics in intrinsic Josephson junctions and THz electronics*", invited talk at "1st JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics", Feb. 21 – 24, Tsukuba, 2010, Japan.
75. X. Hu, "*Theoretical design of half-metallic antiferromagnet based on perovskite cuprate*", invited talk at Pacificchem 2010, Dec. 15~20, 2010, Hawaii, USA.
76. X. Hu, "*Multi-Component Superconductor with Frustrated Couplings*", invited talk at the "First International Workshop on Superconducting Vortex Matter", May 27~31, 2011, Jinhua, China.
77. X. Hu, "*Nonlocal Quantum Entanglement of Electron Pairs in a SQUID-like Structure*", invited talk at "The 10th International Conference on Condensed Matter Theory and Computational Materials Science", July 13~17, 2011, Jinhua, China.
78. X. Hu, "*Phase Dynamics in Intrinsic Josephson Junctions and THz Radiation*", invited talk at "the 13th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors", Aug. 1~5, 2011, Chicago, USA.
79. X. Hu, "*Phase Dynamics in Intrinsic Josephson Junctions of Cuprate High-Tc Superconductors and THz Radiation*", invited talk at "the 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics", Oct. 16~19, 2011, Blauberger, Germany.
80. X. Hu, "*Exploring Novel Functional Materials for Spintronics based on First*

- Principles Calculations*”, invited talk at “*the International Conference on Advanced Materials and Nanotechnology*”, Oct. 21~23, 2011, Kathmandu, Nepal.
81. X. Hu, “*Nonlocal Quantum Entanglement in Electron Systems*”, invited talk at “*The 2011 Hong Kong Forum of Physics: Novel Quantum Phenomena (HKFP-2011)*”, Dec. 14-16, 2011, University of Hong Kong, Hong Kong.
 82. X. Hu, “*Majorana Fermions in Vortex State of Topological Superconductor*”, invited talk at “*the International Workshop on Path-breaking Phase Science in Superconductivity*”, Jan. 13~15, 2012, Osaka.
 83. X. Hu, “*Non-Abelian Majorana Fermions in Vortex State of Topological Superconductor*”, invited talk at “*East Asia Joint Seminars on Statistical Physics 2012*”, March 18-20, Suzhou, China.
 84. X. Hu, “*Theory for Josephson Plasma and THz Radiation of Intrinsic Josephson Junctions*”, invited talk at “*The 8th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors (PLASMA 2012)*”, June 10-13, Izmir, Turkey.
 85. X. Hu, “*Majorana fermions in heterostructure of spin-orbit coupled semiconductor and s-wave superconductor*”, invited talk at “*Dubna NANO-2012*”, July 9-14, Dubna, Russia.
 86. X. Hu, “*Majorana States in Spin-Orbit Coupling Topological Superconductor and their Novel Applications*”, invited talk at “*Worldwide Universities Network 4th International Conference on Spintronics*”, July 23-25, The University of Sydney, Australia.
 87. X. Hu, “*Majorana Fermion in Topological Superconductor*”, plenary talk at “*The 11th International Conference on Condensed Matter Theory and Computational Materials Science*”, Aug 12~15, 2012, Shandong University, Jinan, China.
 88. X. Hu, “*Time-Reversal-Symmetry Broken Superconductivity in Multi-Band Superconductors*”, invited talk at the “*Ninth International Conference on New Theories, Discoveries, and Applications of Superconductors and Related Materials (New³SC-9)*”, Sept. 16~20, 2012, Rome, Italy.

② 口頭発表

(国内会議 136 件、国際会議 50 件)

1. K. Kadowaki, “*Anisotropic Superconducting Properties of Graphite Intercalated Compounds CaC_6* ”, presented as an oral talk at the “*Sixth International Conference on New Theories, Discoveries and Applications of Superconductors and Related Materials (New³SC-6)*”, January 9-11, 2007, held at the Crowne Plaza Darling Harbour Hotel, Sydney, Australia.
2. K. Kadowaki, “*21st Century COE Program “Future-Oriented Interdisciplinary Materials Science”, Past, Present and Future*”, presented as an oral talk at the “*4th International Symposium on Future-Oriented Interdisciplinary Materials Science*”, held at the EPOCHAL Tsukuba International Congress Center, 12-13 March, 2007.
3. K. Kadowaki, “*Vortices in Superconductors: Jugglers in a Perfect Superconductor*”, presented as an oral talk at the “*4th International Symposium on Future-Oriented Interdisciplinary Materials Science*”, held at the EPOCHAL Tsukuba International Congress Center, 12-13 March, 2007.
4. H. Yamaguchi, L. Ozyuzer, H. Minami, A. E. Koshelev, C. Kurter, T. Yamamoto, I. Kakeya, U. Welp, K. E. Gray, W. -K. Kwok and K. Kadowaki, “*Resonant Coherent Emission of Electromagnetic Waves at THz Frequencies Generated from Intrinsic Josephson Junction System $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented at the “*20th International Symposium on Superconductivity (ISS’07)*”, Tsukuba, Japan, November 5-7, 2007.
5. 門脇和男、「初めに」、「超伝導ナノサイエンスと応用」(CTC-NES)研究会、平成 19 年 3 月 22-23 日、鹿児島県霧島市牧園町高千穂 3948, 霧島ホテル。
6. 門脇和男、「超伝導レーザーを」と題して講演、「伊達先生の喜寿を祝う会」、平成 19 年 10 月 20 日

(土)、化学会館。

7. 門脇和男、「高温超電導体の固有ジョセフソン接合を用いた THz 電磁波の発振現象」、東北大学大学院理学研究科物理教室講演会にて講演、平成 19 年 10 月 22 日、東北大学理学研究科にて。
8. 西村武徳、掛谷一弘、管 健一、金道浩一、門脇和男、「NbSe₃ における輸送特性とサイズ効果 II」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 6、21pXQ-12)、北海道大学。
9. 八巻和宏、茂筑高士、掛谷一弘、門脇和男、「デラフォサイト型磁性半導体 CuAl_{1-x}MxO₂ 合成の試み(M=3d 遷移金属)」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 4、22aTG-6)、北海道大学。
10. 寺島健成、佐藤宇史、中山耕輔、相馬清吾、高橋 隆、山本 卓、門脇和男、「キセノンプラズマ発光による不純物置換 Bi₂212 のバルク敏感超高分解能光電子分光」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 8、21pWG-3)、北海道大学。
11. 佐藤宇史、寺島健成、中山耕輔、相馬清吾、高橋 隆、駆動一貴、佐々木孝彦、小林典男、山本 卓、門脇和男、「キセノンプラズマ発光による Bi 系高温超伝導体のバルク敏感超高分解能光電子分光」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 5、22aTQ-7)、北海道大学。
12. 安永紳也、山本 卓、掛谷一弘、門脇和男、「高温超伝導体 Bi₂Sr₂CaCu₃O_{10+δ}単結晶の育成と超伝導特性」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 8、22pWG-13)、北海道大学。
13. 佐藤 峻、掛谷一弘、門脇和男、「ヨウ素をインターカレーとした Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}単結晶の超伝導評価」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 8、22pWG-14)、北海道大学。
14. 福井一樹、掛谷一弘、山本 卓、門脇和男、「高温超伝導体 Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}微小固有ジョセフソン接合におけるパンケーキ磁束の進入による接合抵抗の振動現象」日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 8、23pWF-9)、北海道大学。
15. 川又晃平、掛谷一弘、山本 卓、門脇和男、「Bi₂212 系の長い固有ジョセフソン接合におけるジョセフソン磁束状態(III)」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 8、23pWF-10)、北海道大学。
16. 掛谷一弘、安永紳也、福井一樹、山本 卓、門脇和男、「Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+δ}微小接合に於ける固有ジョセフソントンネリング」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 8、23WF-11)、北海道大学。
17. 鍋本岳史、生井瑞穂、掛谷一弘、門脇和男、「Ca 系グラファイト層間化合物の超伝導特性評価」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 7、24pRA-2)、北海道大学。
18. 生井瑞穂、鍋本岳史、掛谷一弘、門脇和男、「グラファイト層間化合物 SrC₆ の合成と物性測定」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日-24 日)において口頭発表(領域 7、24pRA-3)、北海道大学。
19. 西村武徳、掛谷一弘、管 健一、金道浩一、門脇和男、「微細加工した NbSe₃ 単結晶に於ける強磁場輸送特性」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日-26 日)に於いて口頭発表(領域 6、23aWA-1)、近畿大学。
20. 生井志穂、鍋本岳史、掛谷一弘、門脇和男、「アルカリ金属、およびアルカリ土類金属グラファイト層間化合物の合成と物性測定」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日-26 日)において口頭発表(領域 7、24aWB-11)、近畿大学。
21. 佐藤 峻、安永紳也、掛谷一弘、門脇和男、「ヨウ素をインターカレーションした Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}単結晶の超伝導特性評価 II」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日-26 日)において口頭発表(領域 8、25apYB-9)、近畿大学。
22. 山口勇人、掛谷一弘、南 英俊、U. Welp, L. Ozyuzer, C. Kurter, W. -K. Kwok, 川又晃平、山本 卓、門脇和男、「高温超伝導体 Bi₂212 によるテラヘルツ波発振と分光」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日-26 日)において口頭発表(領域 8、24aWQ-3)、近畿大学。
23. 齊藤隆志、西村武徳、川又晃平、掛谷一弘、山本 卓、門脇和男、「Bi₂212 固有ジョセフソン接合系における高磁場でのジョセフソン磁束状態(II)」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月

- 22 日－26 日)において口頭発表(領域 8、26aWQ-4)、近畿大学。
24. 掛谷一弘、福井一樹、川又晃平、山本 卓、門脇和男、「Bi2212 固有接合における単一磁束量子の進入」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日－26 日)において口頭発表(領域 8、26aWQ-6)、近畿大学。
 25. 寺島健成、中山耕輔、荒金俊行、関場陽一、佐藤宇史、高橋 隆、山本 卓、門脇和男、「不純物置換 Bi2212 における擬ギャップ:高分解能 ARPES」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日－26 日)において口頭発表(領域 8、24pWQ-5)、近畿大学。
 26. 佐藤宇史、寺島健成、中山耕輔、相馬清吾、高橋 隆、山本 卓、門脇和男、「キセノンプラズマ発光 ARPES による不純物置換 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の超伝導ギャップ」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日－26 日)において口頭発表(領域 8、24pWQ-6)、近畿大学。
 27. C. Kurter, K. E. Gray, Q. Li, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, T. Yamamoto, K. Kadowaki and U. Welp, “*Thermal Management in Large Bi2212 Mesas use for Terahertz Sources*”, presented at the 2008 APS March Meeting, New Orleans Morial Convention Center, New Orleans, US-LA, USA, 10-14 March, 2008.
 28. K. Kadowaki, T. Sato, K. Kawamata and J. Mirkovic, “*Collective Excitation Modes in Mesoscopic Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an oral contribution at the ESF-NES Workshop on “*Probing Superconductivity at the Nanoscale*”, Alicante, Spain, June 4-7, 2008.
 29. K. Kadowaki, H. Yamaguchi, K. Yamaki, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, M. Tachiki, H. Matsumoto and T. Koyama, “*Ac Josephson Laser Working at THz Frequencies in Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an oral talk at the “*International Conference on Low Temperature Physics (LT 25)*”, Amsterdam, The Netherlands, 6-13 August, 2008.
 30. A. E. Koshelev, L. Bulaevslui, U. Welp, L. Ozyuzer, C. Cueter, K. E. Gray, W. -K. Kwok, M. Tachiki, K. Kadowaki, T. Yamamoto, H. Minami and H. Yamaguchi, “*Mechanism of Synchronization and Terahertz Josephson Radiation from Layered Superconductors*”, presented as an oral talk at the “*International Conference on Low Temperature Physics (LT 25)*”, Amsterdam, The Netherlands, 6-13 August, 2008.
 31. K. Kadowaki, K. Yamaki, H. Yamaguchi, S. Hashimoto, H. Minami, I. Takeya, T. Yamamoto, M. Tachiki, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, K. E. Gray, W. -K. Kwok, U. Welp and C. Kurter, “*Anisotropic Emission of THz Electromagnetic Waves from Intrinsic Josephson Junction $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ Single Crystals*”, presented as an oral talk at the “*Applied Superconductivity Conference (ASC)*”, held at Hyatt Regency Chicago, Chicago, Illinois, U.S.A., August 17-22, 2008.
 32. C. Kurter, K. E. Gray, J. F. Zasadzinski, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, Q. Li, T. Yamamoto, K. Kadowaki, W. -K. Kwok, M. Tachiki and U. Welp, “*Thermal Management in Large Bi2212 Mesas used for Terahertz Sources*”, presented as an oral talk at the “*Applied Superconductivity Conference (ASC)*”, held at Hyatt Regency Chicago, Chicago, Illinois, U.S.A., August 17-22, 2008.
 33. K. Kadowaki, K. Yamaki, H. Yamaguchi, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, I. Takeya, M. Tachiki, H. Matsumoto, T. Koyama, M. Machida, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, K. E. Gray, W. -K. Kwok and U. Welp, “*Superconducting THz LASER*”, presented as an oral talk at the “*European Optical Society (EOS) Annual Meeting 2008*”, held in 29 September – 2 October 2008, at the Paris-Nord Villepinte, parc d'expositions et Centre de Conventions – Paris, France.
 34. K. Kadowaki, “*Present Experimental Status of THz LASER*”, presented at the Informal Meeting on THz Radiation in Intrinsic Josephson Junctions, held at Advanced Research Laboratory B, Univ. of Tsukuba, June 24, 2008.
 35. 門脇和男、ATI 第一回スピントロニクス研究会にて「高温超伝導体の固有ジョセフソン素子を用いた THz レーザー」と題して講演を行う。平成 20 年 11 月 1 日、長野県ホテルメトロポリタン長野にて。
 36. 門脇和男、「高く、もっと高く、常温超伝導体の探求」、応用理工学一日体験教室、2008 年 7 月 28 日、筑波大学
 37. 門脇和男、「科学者の夢、常温超伝導」、日本物理学会主催市民講演会、盛岡市民文化ホール(マリオス)小ホール、平成 20 年 9 月 21 日(13:00～16:30)
 38. 門脇和男、「高く、もっと高く、常温超伝導の探求」、SSH(Super Science High School)研究発表会

記念講演会、平成 20 年 10 月 21 日、岩手県立水沢高等学校にて

39. “THz Wave Generation from High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions”, K. Kadowaki, K. Yamaki, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Yamaguchi, H. Minami, T. Hattori, M. Tachiki, H. Matsumoto, T. Koyama, M. Machida, S. Lin, X. Hu, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, K. E. Gray, W. -K. Kwok and U. Welp, presented at the “NIMS MANA Seminar”, NIMS, December 19th, 2008.
40. 門脇和男、「科学技術と教育」、平成 21 年 2 月 3 日、水戸第二高等学校にて出前講義。
41. 持地貴紘、Shem V. Chong、門脇和男、「 $\text{CeO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ の作成と特性評価」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 20 日、領域 8(20aYA-11)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p447。
42. Shen V. Chong, T. Mochiji and K. kadowaki, “Varying the T_c in superconducting Gadorinium Oxy-Pnictide systems”, 日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 20 日、領域 8(20aYA-12)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p447。
43. 八巻和宏、辻本学、山口勇人、山本卓、南英俊、掛谷一弘、門脇和男、「矩形型 $\text{Bi}2212$ 単結晶メサを用いたテラヘルツ波発振の角度依存性」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 20 日、領域 8(23aQE-3)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p570。
44. 生井瑞穂、門脇和男、「グラファイト層間化合物 CaC_6 の置換効果」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 21 日、領域 7(21aWF-3)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 4 分冊、p746。
45. 山口勇人、掛谷一弘、南英俊、辻本学、八巻和宏、山本卓、門脇和男、「高温超伝導体 $\text{Bi}2212$ による THz 波発振とその高調波」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 23 日、領域 8(23aQE-4)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p570。
46. 辻本学、八巻和宏、山口勇人、山本卓、南英俊、掛谷一弘、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 単結晶メサによるテラヘルツ波発振の形状効果」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 23 日、領域 8(23aQE-5)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p571。
47. 門脇和男、Richard Klemm、八巻和宏、辻本学、南英俊、「多層固有ジョセフソン接合系における THz 電磁波の放射強度と放射率について」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 23 日、領域 8(23aQE-6)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p571。
48. 齊藤隆志、山本卓、門脇和男、「十分長い $\text{Bi}2212$ 固有ジョセフソン接合に於ける高磁場でのジョセフソン磁束状態(III)」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 23 日、領域 8(23aQE-7)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p571。
49. 山本卓、門脇和男、掛谷一弘、「 $\text{Bi}2212$ 微小固有ジョセフソン接合の作成と接合特性評価」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 23 日、領域 8(23aQE-8)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p571。
50. 橋本慎也、門脇和男、「Bi 系ウイスカーの作製と物性測定 II」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 23 日、領域 8(23pQE-10)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p580。
51. 佐藤峻、齊藤隆志、門脇和男、「ヨウ素インターカレーとした $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 単結晶の超伝導特性評価(II)」、日本物理学会 2008 年秋季大会(岩手大学上田キャンパス)、平成 20 年(2008 年)9 月 23 日、領域 8(23pQE-11)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 63 巻第 2 号第 3 分冊、p580。
52. 持地貴紘、Shen V. Chong, 茂筑高士、門脇和男、「 $\text{CeFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ の合成と特性評価 II」、日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年(2009 年)3 月 27 日、領域 8(27pTC-5)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p556。
53. 吉崎亮造、池田 博、門脇和男、「 $\text{Bi}2201$ 相における Ca ドーピング効果の研究」、日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年(2009 年)3 月 30 日、領域 8(30aVL-6)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p657。

54. 南 英俊、折田尚樹、小池 隆、門脇和男、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系のテラヘルツ発振特性」、日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年(2009 年)3 月 30 日、領域 8(30pTA-1)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p659。
55. 八巻和宏、辻本 学、山口勇人、山本 卓、南 英俊、門脇和男、「メサ型に加工した Bi2212 固有接合系による電磁波発振現象と発機構の解明」、日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年(2009 年)3 月 30 日、領域 8(30pTA-3)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p659。
56. 「Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x}単結晶メサによるテラヘルツ波発振の形状効果 II」、辻本 学、八巻和宏、山口勇人、山本 卓、南 英俊、南 英俊、門脇和男、日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年(2009 年)3 月 30 日、領域 8(30pTA-4)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p659。
57. 山本卓、門脇和男、「銅酸化物高温超伝導体 Bi2212 単結晶における微小固有ジョセフソン接合の作製と電流電圧特性」、日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年(2009 年)3 月 30 日、領域 8(30pTA-5)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p659。
58. 橋本真也、門脇和男、「Rare-Earth 123 系ウイスカーの作製と物性測定」、日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年(2009 年)3 月 30 日、領域 8(30pTA-8)にて口頭発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p660。
59. 柏木隆成、「Bi2212 単結晶を用いたテラヘルツ波発振素子の磁場効果とその発振特性」、第 17 回磁束線物理国内会議、平成 21 年 12 月 1~3 日、大阪府立大学中之島サテライト(2 階会議室)
60. 辻本 学、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系の多重ブランチ構造とテラヘルツ発振」、第 17 回磁束線物理国内会議、平成 21 年 12 月 1~3 日、大阪府立大学中之島サテライト(2 階会議室)
61. 門脇和男、平成 21 年度スーパーサイエンススクール長野県諏訪清陵高等学校 2 学年進路講演会にて講演、講演題目:「超伝導の研究:高温超伝導を目指して」、平成 21 年 11 月 28 日。
62. Shen V. Chong and K. Kadowaki, "Superconductivity in Sr-122 Iron Arsenide System by Yttrium Doping", APS(American Physical Society) March Meeting, held at Pittsburgh, USA, March 16-20, 2009, given by oral presentation, Session A35-12, Program & Show Guide, p93.
63. Ulrich Welp, Alexei Koshelev, Lutfy Ozyuzer, Cihan Kurter, Masashi Tachiki, Kazuo Kadowaki, Takashi Yamamoto and Wai -K. Kwok, "Temperature and Field Dependence of the Emission of Terahertz Waves from Intrinsic Josephson Junctions", APS(American Physical Society) March Meeting, held at Pittsburgh, USA, March 16-20, 2009, given by oral presentation, Session D34-1, Program & Show Guide, p183.
64. Richard Klemm and K. Kadowaki, "Angular Dependence of the Radiation Power of a Josephson STAR-emitter", APS(American Physical Society) March Meeting, held in Pittsburgh, USA, March 16-20, 2009, given by oral presentation, Session D34-3, Program & Show Guide, p183.
65. M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, K. Kadowaki, M. Tachiki, U. Welp and W. -K. Kwok, "Direct Observation of THz Radiation from Cylindrical Structure of Intrinsic Josephson Junction System of Bi2212", APS(American Physical Society) March Meeting, held at Pittsburgh, USA, March 16-20, 2009, given by oral presentation, Session D34-6, Program & Show Guide, p183.
66. 橋本慎也、門脇和男、「Rare-Earth 123 系ウイスカーの作成と物性測定(2)」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 26 日、領域 8(高温超伝導(光電子分光、トンネル分光、光学応答など))にて口頭発表(26-RK-12)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p517。
67. 吉崎亮造、池田 博、門脇和男、「Bi2201 相における Caドーピング効果の研究(II)」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 26 日、領域 8(高温超伝導(光電子分光、トンネル分光、光学応答など))にて口頭発表(16pRK-11)。
68. 持地貴紘、Shen V. Chen, 呉屋朝樹、山口尚人、茂筑高士、門脇和男、「BaFe₂As₂ 系における良質な単結晶作成法の探索」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(鉄系超伝導体 5(試料合成・薄膜など))にて口頭発表(27aRH-2)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p530。
69. 山口尚人、Shen V. chong, 門脇和男、「Sr_{1-x}Nd_xFeAsF 系(Nd-doping)の試料作成と物性評

- 価」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(鉄系超伝導体 5(試料合成・薄膜など))にて口頭発表(27aRH-2)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p530.
70. 呉屋朝樹、Shen V. Chong, 門脇和男、「 $\text{Sr}_{1-x}\text{Y}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の単結晶作成」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(鉄系超伝導体 5(試料合成・薄膜など))にて口頭発表(27aRH-3)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p530.
 71. 門脇和男、八巻和宏、辻本学、出口幸太、小池隆、折田尚樹、柏木隆成、南英俊、福屋翔太、Krsto Ivanovic, 立木昌、「多重固有ジョセフソン接合系における THz 波発振機構と電磁波モード」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(磁束量子系 2(THz 発振他))にて口頭発表(27pRG-1)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p542.
 72. 八巻和宏、辻本学、山本卓、南英俊、門脇和男、「Bi2212 を用いたテラヘルツ波発振の磁場応答とそのスイッチング特性」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(磁束量子系 2(THz 発振他))にて口頭発表(27pRG-2)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p542.
 73. 折田尚樹、小池隆、南英俊、山本卓、門脇和男、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系のテラヘルツ発振特性 II」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(磁束量子系 2(THz 発振他))にて口頭発表(27pRG-3)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p542.
 74. 辻本学、八巻和宏、出口幸太、山本卓、南英俊、柏木隆成、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 単結晶メサによるテラヘルツ波発振の形状効果 III」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(磁束量子系 2(THz 発振他))にて口頭発表(27pRG-7)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p543.
 75. 柏木隆成、八巻和宏、辻本学、出口幸太、折田尚樹、小池隆、山本卓、南英俊、門脇和男、「固有ジョセフソン接合系 Bi2212 単結晶を用いたテラヘルツ発振の高出力化」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(磁束量子系 2(THz 発振他))にて口頭発表(27pRG-8)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p543.
 76. 出口幸太、辻本学、折田尚樹、小池隆、八巻和宏、山本卓、南英俊、柏木隆成、門脇和男、「固有ジョセフソン接合系における THz 発振のメサ構造厚さ依存性」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(磁束量子系 2(THz 発振他))にて口頭発表(27pRG-9)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p543.
 77. 小池隆、折田尚樹、南英俊、山本卓、門脇和男、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系のテラヘルツ発振特性」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 27 日、領域 8(磁束量子系 2(THz 発振他))にて口頭発表(27pRG-10)、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 2 号第 3 分冊、p544.
 78. 山口尚人、呉屋朝樹、門脇和男、「122 系 FeAs 超伝導体の単結晶育成」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 20 日、領域 8、FeAs 系超伝導(輸送現象など)セッションにて口頭発表(20aGH-7)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p536.
 79. 呉屋朝樹、山口尚人、門脇和男、「 $\text{Ba}_{1-x}\text{Y}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ 単結晶育成と超伝導特性の研究」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 20 日、領域 8、FeAs 系超伝導(輸送現象など)セッションにて口頭発表(20aGH-9)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p536.
 80. 吉崎亮造、池田博、門脇和男、「Bi-2201 相における Caドーピング効果」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 20 日、領域 8、銅酸化物 I(高温超伝導、擬ギャップなど)セッションにて口頭発表(20pGA-14)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p551.
 81. 折田尚樹、小池隆、南英俊、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「Bi2212 単結晶を用いたテラヘルツ波発振素子の協調動作」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 23 日、領域 8、磁束系 I(THz 発振ほか)セッションにて口頭発表(23aGD-2)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p666.

82. 小池隆、折田尚樹、南英俊、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「Bi2212 固有ジョセフソン接合矩形メサのテラヘルツ発振特性—メサ長さ依存性と変調特性」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 23 日、領域 8、磁束系 I (THz 発振ほか) セッションにて口頭発表(23aGD-3)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p666.
83. 出口幸太、辻本学、折田尚樹、小池隆、八巻和宏、山本卓、南英俊、柏木隆成、門脇和男、「Bi2212 単結晶を用いた THz 波発振におけるメサ構造の形状効果」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 23 日、領域 8、磁束系 I (THz 発振ほか) セッションにて口頭発表(23aGD-4)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p666.
84. 辻本学、折田尚樹、小池隆、出口幸太、八巻和宏、山本卓、南英俊、柏木高成、門脇和男、「Bi-2212 固有ジョセフソン接合系の多重ブランチ構造とテラヘルツ波発振の周波数同調」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 23 日、領域 8、磁束系 I (THz 発振ほか) セッションにて口頭発表(23aGD-5)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p666.
85. 柏木隆成、八巻和宏、辻本学、出口幸太、折田尚樹、小池隆、中山諒、南英俊、山本卓、門脇和男、「固有ジョセフソン接合系 Bi2212 単結晶メサ構造からの 1 波長発振モードの観測」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 23 日、領域 8、磁束系 I (THz 発振ほか) セッションにて口頭発表(23aGD-6)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p667.
86. 門脇和男、辻本学、八巻和宏、橋本慎也、福屋翔太、Krsto Ivanovic、出口幸太、折田尚樹、小池隆、山本卓、南英俊、柏木隆成、立木昌、Richard Klemm、「高温超伝導体固有ジョセフソン接合による THz 波発振機構解明とその応用」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 23 日、領域 8、磁束系 I (THz 発振ほか) セッションにて口頭発表(23aGD-7)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p667.
87. 福屋翔太、門脇和男、立木昌、「固有ジョセフソン接合系における発熱効果と電磁波発振」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 23 日、領域 8、磁束系 I (THz 発振ほか) セッションにて口頭発表(23aGD-8)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p667.
88. 南英俊、折田尚樹、小池隆、山本卓、八巻和宏、辻本学、出口幸太、柏木隆成、門脇和男、「高温超伝導テラヘルツ発振素子の発振特性」、第 57 回応用物理関係連合講演会(4. 量子エレクトロニクス分科)で口頭発表、講演予稿集(2010 春、東海大学湘南キャンパス)18a-M-7, 平成 22 年 3 月 18 日.
89. 八巻和宏、辻本学、出口幸太、山本卓、柏木隆成、南英俊、門脇和男、「高温超伝導体単結晶 Bi2212 矩形型メサ構造からのテラヘルツ波高強度発振現象」、第 57 回応用物理関係連合講演会(11 超伝導分科)で口頭発表、講演予稿集(2010 春、東海大学湘南キャンパス)18a-V-10, 平成 22 年 3 月 18 日.
90. Richard A. Klemm, Kazuo Kadowaki, “Output of a Josephson stimulated terahertz amplified radiation emitter”, A41-6, Scientific Program p.108, presented in the Session A41: Superconductivity: Multilayers and Josephson Effects, at the American Physical Society 2010 March Meeting, held at Oregon convention center, Portland, Oregon, USA, March 15-19, 2010.
91. Manabu Tsujimoto, Kazuhiro Yamaki, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami, Takanari Kashiwagi, Kazuo Kadowaki and Masashi Tachiki, “Coherent THz radiation from multiple I-V branching structures in intrinsic Josephson junctions of Bi2212”, A41-10, Scientific Program p.108, presented in the Session A41: Superconductivity: Multilayers and Josephson Effects, at the American Physical Society 2010 March Meeting, held at Oregon convention center, Portland, Oregon, USA, March 15-19, 2010.
92. Kazuo Kadowaki, M. Tsujimoto, T. Koike, N. Orita, K. Deguchi, K. Yamaki, T. Yamamoto, K. Ivanovic, T. Kashiwagi, H. Minami, M. Tachiki, S. Fukuya and R. A. Klemm, “Coherent THz radiation and its manipulation in intrinsic Josephson junctions of Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}”, A41-11, Scientific Program p.108, presented in the Session A41: Superconductivity: Multilayers and Josephson Effects, at the American Physical Society 2010 March Meeting, held at Oregon convention center, Portland, Oregon, USA, March 15-19, 2010.

93. T. Kashiwagi, K. Yamaki, M. Tsujimoto, K. Deguchi, T. Koike, N. Orita, R. Nakayama, H. Minami, T. Yamamoto and K. Kadowaki, Richard A. Klemm, Kazuo Kadowaki, "Coherent THz radiation with geometrical full wave length resonance in single crystalline Bi2212", A41-12, Scientific Program p.108, presented in the Session A41: Superconductivity: Multilayers and Josephson Effects, at the American Physical Society 2010 March Meeting, held at Oregon convention center, Portland, Oregon, USA, March 15-19, 2010.
94. M. Tachiki, "Terahertz Electromagnetic Wave Emission from Intrinsic Josephson Arrays Embedded in Resonant LRC Circuits", presented as an oral talk at the "7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors", April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
95. Hidetoshi Minami, "Structure Effect on the THz Radiation from the Bi2212 Intrinsic Josephson Junctions", presented as an oral talk at the "7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors", April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
96. Kazuo Kadowaki, "A Road to High Power Terahertz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions", presented as an oral talk at the "Applied Superconductivity Conference (ASC) 2010", August 1st – 6th, 2010, held in Omni Shoreham Hotel, Washington D.C., USA.
97. Kazuo Kadowaki, "Nanoscience and Engineering in Superconductivity: Emerging New Concept in Solid State Physics from Artificially Engineered Novel Materials", presented as a talk at the Japan – EU Workshop "Superconductivity", August 1st, 2010, at Omni Shoreham Hotel, Washington D.C., USA.
98. Kazuo Kadowaki, "Superconducting THz Emitter: Coherent, Continuous and Intense Terahertz Electromagnetic Wave Generation from a Mesa of High Temperature Superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions", presented as an Oral presentation at the "International Conference on Superconductivity and Magnetism: Hybrid Proximity Nanostructures and Intrinsic Phenomena", held at Savoy Beach Hotel, Paestum, Italy, 5-11 September, 2010.
99. Kazuo kadowaki, "Terahertz radiation from high temperature superconductors: present status and future perspective", presented at the "3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)" held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
100. 柏木隆成、「固有ジョセフソン接合系 Bi2212 単結晶メサ構造とその発振モード特性」、第 18 回渦糸系物理国 44 内会議 (VPWJ-2010) にて口頭発表、2010 年 12 月 1 日～3 日、(独) 日本原子力研究開発機構システム計算科学センター 7F 大会議室にて開催。
101. 山本卓、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系におけるテラヘルツ波放射－単独メサ構造の作製と高出力化への試み」、第 18 回渦糸系物理国内会議 (VPWJ-2010) にて口頭発表、2010 年 12 月 1 日～3 日、(独) 日本原子力研究開発機構システム計算科学センター 7F 大会議室にて開催。
102. 辻本学、「Bi-2212 固有ジョセフソン接合系の多重ブランチ I - V 構造とテラヘルツ波放射の周波数チューニング」、第 18 回渦糸系物理国内会議 (VPWJ-2010) にて口頭発表、2010 年 12 月 1 日～3 日、(独) 日本原子力研究開発機構システム計算科学センター 7F 大会議室にて開催。
103. 門脇和男、「超伝導ナノテクノロジー: 科学技術の最先端」、平成 22 年 11 月 17 日、埼玉県立蕨高等学校にて講演。
104. Pradip Das, S. Hashimoto, T. Goya, Y. Suzuki, T. Yamamoto, K. Kadowaki, "Topological Insulator $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ and $\text{CaBi}_{2-x}\text{Se}_3$ ", 日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 23 日、領域 8 鉄ヒ素系超伝導にて口頭発表 (23pWH-8)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp502.
105. 吉崎亮造、山本卓、池田博、門脇和男、「Bi2201 相における Ca ドーピング効果の研究(IV)」、日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 23 日、領域 8 高温超伝導 I (トンネル分光・輸送特性など) にて口頭発表 (23pXP-9)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp509.
106. 橋本慎也、門脇和男、「Rare-Earth 123 系ウイスカーの作成と物性測定(IV)」、日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 23 日、領域 8 高温超伝導 I (トンネル分光・輸送特性など) にて口頭発表 (23pXP-15)、日本物理学会講演概要集第

65 巻第 2 号第 3 分冊 pp511.

107. 福屋翔太、門脇和男、立木昌、「固有ジョセフソン接合系における表面電荷相互作用による位相同期現象」、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-1)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp624.
108. 出口幸太、辻本学、折田尚樹、小池隆、中山諒、山本卓、南英俊、柏木隆成、門脇和男、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-4)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp624.
109. 小池隆、折田尚樹、南英俊、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系における THz 発振形状効果と発振モード」、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-5)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp625.
110. 中山諒、八巻和宏、柏木隆成、辻本学、出口幸太、山本卓、小池隆、折田尚樹、南英俊、門脇和男、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-6)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp625.
111. 柏木隆成、辻本学、Kaveh Delfanazari、出口幸太、折田尚樹、小池隆、中山諒、南英俊、山本卓、門脇和男、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-7)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp625.
112. Kaveh Delfanazari, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Toshiaki Hattori, Kazuo Kadowaki, “Study of the Limitation of Width for THz Radiation from Bi2212 Mesa Structures”, 日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-8)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp625.
113. 山本卓、柏木隆成、南英俊、門脇和男、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-9)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp626.
114. 門脇和男、中山諒、折田尚樹、小池隆、出口幸太、Kaveh Delfanazari、辻本学、Krsto Ivanovic、福屋翔太、浅井栄大、山本卓、柏木隆成、立木昌、Richard Klemm、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-10)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp626.
115. 辻本学、出口幸太、折田尚樹、小池隆、中山諒、山本卓、南英俊、柏木隆成、門脇和男、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系の多重ブランチ構造とテラヘルツ波発振の周波数同調 II」、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-11)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp626.
116. 折田尚樹、小池隆、南英俊、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「高温超伝導体 Bi2212 テラヘルツ波発振素子のアレイ化」、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 磁束量子系 I(固有ジョセフソン・THz 発振)にて口頭発表(26aXP-12)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp626.
117. 呉屋朝樹、山口尚人、城野洋平、門脇和男、「Ba_{1-x}YxFe₂As₂ 単結晶育成と超伝導特性の研究 II」、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 鉄ヒ素系超伝導(置換効果)にて口頭発表(26pWH-2)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp627.
118. 城野洋平、呉屋朝樹、山口尚人、門脇和男、「BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ 純良単結晶の育成と物性評価」、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 26 日、領域 8 鉄ヒ素系超伝導(置換効果)にて口頭発表(26pWH-3)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp627.

119. 門脇和男、辻本学、浅井栄大、小池隆、折田尚樹、柏木隆成、南英俊、Krsto Ivanovic、立木昌、Richard Klemm、「超伝導素子による THz 波源」、2010 年電子情報通信学会ソサイエティ大会(秋の全国大会)、エレクトロニクスソサイエティ特別企画シンポジウム、「テラヘルツ波源デバイスと展望」にて講演(CI-2-6)大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて。平成 22 年 9 月 14 日(工学部 A5 棟 205)。
120. Timothy Benseman, Ulrich Welp, Wai-Kwong Kwok, Alexei Koshelev, Cihan Kurter, Lutfi Ozyuzer, Kazuo Kadowaki and Takashi Yamamoto, “*Tunable terahertz emission from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ mesa devices*”, Scientific Program & Show, p354, P2-1, presented as a oral presentation at the 2011 APS meeting, held at Dallas Convention Center, Dallas, Texas, USA, 21-25, March 2011.
121. T. Kashiwagi, K. Deguchi, M. Tsujimoto, N. Orita, T. Koike, R. Nakayama, K. Delfanazari, H. Minami, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*The relationship between oscillation modes and single crystalline $\text{Bi}2212$ mesa structures*”, Scientific Program & Show, p354, P23-2, presented as a oral presentation at the 2011 APS meeting, held at Dallas Convention Center, Dallas, Texas, USA, 21-25, March 2011.
122. Manabu Tsujimoto, Ryo Nakayama, Naoki Orita, Takashi Koike, Kota Deguchi, Kaveh Delfanazari, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Kazuo Kadowaki, “*Coherent THz-wave emission from voltage- and number controlled intrinsic Josephson junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, APS Scientific Program & Show p354, P23-3, presented as a oral presentation at the 2011 APS meeting, held at Dallas Convention Center, Dallas, Texas, USA, 21-25, March 2011.
123. Kazuo Kadowaki, Takanari Kashiwagi, Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Hidehiro Asai, Hidetoshi Minami and Richard A. Klemm, “*Angular distribution and Josephson plasma modes of THz radiation emitted from $\text{Bi}2212$ mesas with various shapes*”, APS Program & Show p354, P23-4, presented as a oral presentation at the 2011 APS meeting, held at Dallas Convention Center, Dallas, Texas, USA, 21-25, March 2011.
124. Richard Klemm, Erica Laberage, Dustin Morley, Takanari Kashiwagi, Manabu Tsujimoto and Kazuo Kadowaki, “*Cavity mode waves during terahertz radiation from rectangular $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ mesas*”, APS Program and Show p355, P23-13, presented as a oral presentation at the 2011 APS meeting, held at Dallas Convention Center, Dallas, Texas, USA, 21-25, March 2011.
125. Kazuo Kadowaki, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Hidehiro Asai, Krsto Ivanovic, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Richard A. Klemm, “*Dynamical Coherence Phenomena in High Temperature Superconductors: Terahertz Radiation and Its Application*”, presented at the “*International Workshop on Mesoscopic Superconductivity & Vortex Imaging*”, held in May 3-7, 2011, at Bath Spa Hotel, Bath, UK.
126. Kazuo Kadowaki, “*High- T_c Superconductor Terahertz Emitting Devices: from Fundamentals to Applications*”, presented as an invited talk at the “*7th Nanoscience and Nanotechnology Conference (NANOTR-VII)*”, held at Sabanci University, Istanbul, Turkey, June 27th - July 1st, 2011.
127. Kazuo Kadowaki, Takashi Yamamoto, Hidehiro Asai, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Krsto Ivanovic, Hidetoshi Minami, Takanari Kashiwagi, Masashi Tachiki and Richard A. Klemm, “*Towards 1 mW Coherent and Continuous Terahertz Wave Generation and Its Applications*”, presented as an invited talk at the “*13th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors*”, held in July 31st – August 5th, 2011, at the Millennium Knickerbocker Hotel, Chicago, Illinois, USA.
128. Kazuo Kadowaki, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Hidehiro Asai, Krsto Ivanovic, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Richard A. Klemm, “*Coherent Terahertz Radiation Phenomena from High Temperature Superconductor Mesa Structures*”, presented as an invited talk at the “*7th International Conference on Vortex Matter in Nanostructured Superconductors*”, held at 10-17 September, 2011, Rhodes, Greece.
129. K. Kadowaki, H Asai, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, M. Sawamura, K. Ishida, Ch. Watanabe, S. Sekimoto, H. Minami, T. Kashiwagi, M. Tachiki

- and R. A. Klemm, “*THz Laser Using High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Structures*”, presented as an invited talk at the “*56th DAE-Solid State Physics Symposium*” held in December 19-23, 2011, SRM University, Kattakulathur Campus, Tamilnadu, India.
130. Kazuo Kadowaki, H. Asai, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, M. Sawamura, K. Ishida, Ch. Watanabe, S. Sekimoto, H. Minami, T. Kashiwagi, M. Tachiki and R. A. Klemm, “*Coherent and Continuous Emission of Intense Terahertz Electromagnetic Radiation from High-Temperature Superconducting Intrinsic Josephson Junctions: Basic Notions and Applications*”, presented at the “*International Workshop on Pathbreaking Phase Sciences in Superconductivity 2012 (PPSS-2012)*”, held at January 13-15, 2012, at the Lecture Hall, Osaka Museum of History, Osaka city, Japan.
 131. Manabu Tsujimoto, Hidetoshi Minami, Kaveh Delfanazari, Masashi Sawamura, Takeo Kitamura, Ryo Nakayama, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi and Kazuo Kadowaki, “*Terahertz Imaging System Using High Temperature Superconducting Emission Devices*”, presented as an oral talk at the “*6th East Asia Symposium on Superconductor Electronics (EASSE 22011)*”, held in 27-29 October 2011, at the Department of Engineering, Yamagata University, Yonezawa, Yamagata 992-8510, Japan.
 132. Takanari Kashiwagi, “*Radiation Frequency Characteristics from Mesa Structures of Single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented as an oral talk at the “*2nd JST-DFG Workshop on THz Superconductor Electronics, Scope: THz Emission from Intrinsic Josephson Junctions and Related Topics*”, held at Blaubeuren, Germany, October 16-19, 2011.
 133. M. Tsujimoto, T. Yamamoto, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, M. Sawamura, T. Kashiwagi, H. Minami and K. Kadowaki, presented as an oral presentation at the “*International Workshop on Pathbreaking Phase Sciences in Superconductivity 2012 (PPSS-2012)*”, held at January 13-15, 2012, at the Lecture Hall, Osaka Museum of History, Osaka city, Japan.
 134. 門脇和男、辻本学、Kaveh Delfanazari, Krsto Ivanovic, 中山諒、北村健郎、澤村真史、石田和也、渡辺千春、関本俊佑、柏木隆成、南英俊、浅井栄大、立木昌、R. A. Klemm,「高温超伝導体固有ジョセフソン接合を用いた THz 発振の物理と応用」、テラヘルツテクノロジーフォーラム (TeraTech)・平成 23 年度第 2 回技術検討会にて招待講演。平成 24 年 3 月 21 日、東京大学本郷キャンパス工学部 2 号館 3 階第 2 会議室にて開催。
 135. 北村健郎、「固有ジョセフソン接合系 $\text{Bi}2212$ 単結晶メサ構造の磁場下における特性」、第 19 回渦糸物理国内会議、平成 23 年 12 月 7 日～9 日、独立行政法人物質・材料研究機構(並木地区)共同研究棟(4F 大ゼミナール室)。
 136. 柏木隆成、「高温超伝導体 $\text{Bi}2212$ メサ構造からの電磁波発振とその発振線幅」、第 19 回渦糸物理国内会議、平成 23 年 12 月 7 日～9 日、独立行政法人物質・材料研究機構(並木地区)共同研究棟(4F 大ゼミナール室)。
 137. Kaveh Delfanazari, “*THz Wave Generation from the Triangular Mesas in Layered High Temperature Superconductor Bi-2212 IJJs* ”, 第 19 回渦糸物理国内会議、平成 23 年 12 月 7 日～9 日、独立行政法人物質・材料研究機構(並木地区)共同研究棟(4F 大ゼミナール室)。
 138. 浅井栄大、「固有ジョセフソン接合におけるテラヘルツ波放射特性の 3 次元数値解析」、第 19 回渦糸物理国内会議、平成 23 年 12 月 7 日～9 日、独立行政法人物質・材料研究機構(並木地区)共同研究棟(4F 大ゼミナール室)。
 139. K. Kadowaki, “*Terahertz LASER Emission Using High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Structures*”, given at the “TATA Institute of Fundamental Research”, at December 16th, 2011.
 140. 門脇和男、「高温超伝導体の固有ジョセフソン THz レーザー発振とその応用」、FIRST 外村プロジェクト合同研究会にて講演、平成 23 年 12 月 9 日、日立基礎研究所コンファレンスルームにて。
 141. 門脇和男、「高温超伝導の研究: 常温超伝導体を目指して」、被災地に位置する高校の「若い世代のための出張講義」、平成 23 年 12 月 14 日、岩手県立宮古高等学校にて。
 142. 吉崎亮造、山本卓、池田博、門脇和男、佐々木聡、「Ca をドーピングした Bi-2201 相単結晶の超伝導物性の研究」、日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年

- 9月22日、領域8銅酸化物(超伝導・ストライプ・磁性)セッションで口頭発表(221GB-2)、日本物理学会講演概要集第66巻第2号第3分冊 pp489。
143. 南英俊、澤村真史、渡辺千春、関本俊祐、辻本学、小池隆、折田尚樹、柏木隆成、山本卓、門脇和男、「高温超伝導テラヘルツ波発振素子の境界条件と高出力化の試み」、日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 固有ジョセフソン接合・渦糸理論のセッションで口頭発表(24aGH-1)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp640。
144. 中山諒、柏木隆成、辻本学、北村健郎、澤村真史、Kaveh Delfanazari, 浅井栄大、山本卓、南英俊、門脇和男、「高温超伝導体 Bi2212 の非対称矩形メサ構造におけるテラヘルツ波発振2」、日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 固有ジョセフソン接合・渦糸理論のセッションで口頭発表(24aGH-2)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp640。
145. Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Masashi Sawamura, Takashi Yamamoto, Ryo Nakayama, Takeo Kitamura, Toshiaki Hattori, Hidetoshi Minami, and Kazuo Kadowaki, “*Study of the Triangular Geometry in Mesa Structures of Bi-2212 Intrinsic Josephson Junctions for THz Electromagnetic Wave Emission*”, 日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 固有ジョセフソン接合・渦糸理論のセッションで口頭発表(24aGH-3)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp640。
146. 北村健郎、柏木隆成、辻本学、Kaveh Delfanazari, 中山諒、澤村真史、浅井栄大、南英俊、山本卓、門脇和男、「Bi2212 単結晶メサ構造の磁場下における特性」、日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 固有ジョセフソン接合・渦糸理論のセッションで口頭発表(24aGH-4)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp640。
147. 辻本学、南英俊、Kaveh Delfanazari, 澤村真史、北村健郎、中山諒、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「固有ジョセフソン接合素子を用いた走査型 THz イメージングシステムの開発 II」、日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 固有ジョセフソン接合・渦糸理論のセッションで口頭発表(24aGH-5)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp641。
148. 柏木隆成、辻本学、kaveh Delfanazari, 中山諒、北村健郎、澤村真史、石田和也、浅井栄大、南英俊、山本卓、門脇和男、「固有ジョセフソン接合系 Bi2212 単結晶メサ構造からの発振周波数特性」、日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 固有ジョセフソン接合・渦糸理論のセッションで口頭発表(24aGH-6)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp641。
149. 浅井栄大、立木昌、柏木隆成、南英俊、山本卓、辻本学、門脇和男、「固有ジョセフソン接合におけるテラヘルツ波発振の3次元シミュレーション」日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 固有ジョセフソン接合・渦糸理論のセッションで口頭発表(24aGH-8)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp641。
150. 石川拓也、城野洋平、田島香澄、門脇和男、「鉄ヒ素系超伝導体 $\text{EuFe}_2\text{As}_{2-x}\text{Pd}_x$ の磁性と超伝導の共存」日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 24 日、領域 8 鉄ヒ素系(122 系結晶成長・結晶構造・圧力効果)のセッションで口頭発表(24aGH-7)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp658。
151. 野沢顕彦、柏木隆成、門脇和男、「鉄系超伝導体 LiFeP の As 置換効果」、日本物理学会第 67 回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成 24 年 3 月 24 日、領域 8 鉄砒素系1(置換効果・圧力効果・111 系・その他)セッションで発表(24aYA-14)、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 1 号第 3 分冊 pp544。
152. 吉崎亮造、池田博、門脇和男、「Caをドーブした Bi2201 相単結晶の超伝導物性研究 II」、日本物理学会第 67 回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成 24 年 3 月 24 日、領域 8 高温超伝導1(磁性・輸送特性・結晶合成)セッションで口頭発表(24aYH-10)、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 1 号第 3 分冊 pp554。
153. 石川拓也、城野洋平、田島香澄、門脇和男、「鉄ヒ素系超伝導体 $\text{EuFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ の磁性と超伝導」、日本物理学会第 67 回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成 24 年

- 3月24日、領域8鉄砒素系2(122系)セッションで口頭発表(24pYA-7)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第3分冊 pp556。
154. 田中祐輔、中山耕輔、相馬清吾、佐藤宇史、N. Xu, P. Zhang, H. Ding, 鈴木悠介、P. Das, 門脇和男、高橋隆、「 $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ の高分解能ARPES: Cu濃度依存性」、日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月26日、トポロジカル絶縁体(超伝導体・相関効果・不純物効果)で口頭発表(26pBD-4)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第4分冊 pp740。
 155. 鈴木悠介、茂筑高士、Pradis Das, 柏木隆成、門脇和男、「 $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ の超伝導特性と結晶構造」、日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月26日、トポロジカル絶縁体(超伝導体・相関効果・不純物効果)セッションで口頭発表(26pBD-9)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第4分冊 pp742。
 156. 柏木隆成、山本卓、南英俊、石田和也、辻本学、Kaveh Delfanazari, 中山諒、北村健郎、澤村真史、浅井栄大、立木昌、門脇和男、「固有ジョセフソン接合系 Bi_{2212} 単結晶メサ構造からの電磁波発振と発振線幅」、日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月27日、領域8磁束量子系2(トンネル効果)セッションで口頭発表(27pYD-1)、第67巻第1号第3分冊 pp702。
 157. 門脇和男、辻本学、Krsto Ivanovic, Kaveh Delfanazari, 中山諒、北村健郎、澤村真史、石田和也、渡辺千春、関本俊祐、浅井栄大、柏木隆成、南英俊、立木昌、Richard A. Klemm、「高温超伝導体固有ジョセフソン接合におけるコヒーレントなテラヘルツ波発振の機構と発振強度」、日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月27日、領域8磁束量子系2(トンネル効果)セッションで口頭発表(27pYD-2)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第3分冊 pp702。
 158. 辻本学、澤村真史、Kaveh Delfanazari, 中山諒、北村健郎、山本卓、柏木隆成、南英俊、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 固有ジョセフソン接合から野 THz 波放射の集光系による空洞共振モードの解析と評価」、日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月27日、領域8磁束量子系2(トンネル効果)セッションで口頭発表(27pYD-3)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第3分冊 pp702。
 159. 北村健郎、柏木隆成、辻本学、Kaveh Delfanazari, 中山諒、澤村真史、山本卓、浅井栄大、南英俊、立木昌、門脇和男、「固有ジョセフソン接合系 Bi_{2212} 単結晶メサ構造の磁場下における電磁波発振特性」、日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月27日、領域8磁束量子系2(トンネル効果)セッションで口頭発表(27pYD-4)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第3分冊 pp702。
 160. Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Hidehiro Asai, Takashi Yamamoto, Masashi Sawamura, Takeo Kitamura, Ryo Nakayama, Kazuya Ishida, Hidetoshi Minami, Toshiaki Hattori and Kazuo Kadowaki, “*THz Wave Radiation in Rectangular Mesa Structures of Cuprate Superconductor Bi-2212 Intrinsic Josephson Junctions*”, 日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月27日、領域8磁束量子系2(トンネル効果)セッションで口頭発表(27pYD-5)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第3分冊 pp703。
 161. 浅井栄大、立木昌、柏木隆成、南英俊、山本卓、辻本学、門脇和男、「二つの固有ジョセフソン接合からのテラヘルツ波放射の数値解析」、日本物理学会第67回年次大会(関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスにて開催)、平成24年3月27日、領域8磁束量子系2(トンネル効果)セッションで口頭発表(27pYD-7)、日本物理学会講演概要集第67巻第1号第3分冊 pp703。
 162. 澤村 真史、南 英俊、辻本 学、 Kaveh Delfanazari, 山本 卓、柏木 隆成、門脇 和男、「固有ジョセフソン接合系を用いたテラヘルツ波発振素子によるイメージング装置の開発」(31p-W-3)、平成23年8月31日、山形大学・小白川キャンパスにて口頭発表、応用物理学会予稿集 p71。
 163. 南英俊、辻本学、澤村真史、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「高温超伝導 THz 波発振素子による水の吸収係数測定」(16p-E8-1)、平成24年3月16日、早稲田大学・早稲田キャンパスにて口頭発表、応用物理学会予稿集 p50。
 164. Itsuhiro Kakeya, Alexey Koshelev, Alexander Buzdin, Takashi Yamamoto and Kazuo Kadowaki, “*Fluctuating Pancake Vortices Revealed by Dissipation of Josephson Vortex Lattice*”, presented at the Session L21-14 as an oral presentation at the 2012 APS

- meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p381.
165. Timothy Benseman, Ken Gray, Alexei Koshelev, Wai-Kwong Kwok, Ulrich Welp, Hidetoshi Minami, Kazuo Kadowaki and Takashi Yamamoto, “*Powerful Coherent Terahertz Emission from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Array*”, presented at the Session Q54-2 as an oral presentation at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p500.
 166. Yusuke Suzuki, Pradip Das, Takashi Mochiku, Takanari Kashiwagi, Masashi Tachiki and K. Kadowaki, “*Crystal Structure and Superconducting Properties in $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$* ”, presented at the Session T31-12 as an oral presentation at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p549.
 167. Takanari Kashiwagi, Takashi Yamamoto, Kazuya Ishida, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Ryo Nakayama, Takeo Kitamura, Masashi Sawamura, Hidehiro Asai, Hidetoshi Minami and Kazuo Kadowaki, “*Study of the Radiation Line Width and Shape from the Bi_{2212} Mesa Structure*”, presented at the Session V21-14 as an oral presentation at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p582.
 168. Richard Klemm, Erica Laberge, Candy Reid, Dustin Morley, Kaveh Delfanazari and Kazuo Kadowaki, “*Coherent THz Emission from Isosceles-Triangular Mesas of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$* ”, presented at the Session Y21-10 as an oral presentation at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p715.
 169. Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Kaveh Delfanazari, Ryo Nakayama, Takeo Kitamura, Masashi Sawamura, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki, Richard Klemm and Kazuo Kadowaki, “*Tunable Sub-Terahertz Emission from Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Enhanced by the Internal Cavity Resonance*”, presented at the Session Y21-11 as an oral presentation at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p715.
 170. Takeo Kitamura, Takanari Kashiwagi, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Ryo Nakayama, Masashi Sawamura, Takashi Yamamoto, Hidehiro Asai, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki and Kazuo Kadowaki, “*Effect of Magnetic Field on the Coherent THz Emission from Mesas of Single Crystal $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented at the Session Y21-12 as an oral presentation at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p715.
 171. Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Hidehiro Asai, Takashi Yamamoto, Masashi Sawamura, Takeo Kitamura, Ryo Nakayama, Kazuya Ishida, Hidetoshi Minami, Toshiaki Hattori and Kazuo Kadowaki, “*THz Wave Radiation from the Triangular Mesas in Layered High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented at the Session Y21-14 as an oral presentation at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p716.
 172. Takuya Ishikawa, Yohei Jono, Kasumi Tashima, Kazuo Kadowaki and Takanari Kashiwagi, “*Superconductivity and Magnetism in Isovalent Substituted Europium Iron Arsenide Superconductor $\text{EuFe}_2\text{As}_{2-x}\text{P}_x$* ”, presented at the Poster Session S-198 at the 2012 APS meeting, held at the Boston Convention Center, Boston, Massachusetts, USA, February 27 – March 2, 2012, Scientific Program & Show, p513.
 173. K. Kadowaki, “*High Temperature Superconducting Terahertz Laser and Its Applications*”, presented as an oral talk at the “*2nd German-Japanese Workshop: Nanomaterials for Energy Applications*”, held at July 9th, 2012, at the University of Duisburg-Essen, Germany.
 174. K. Kadowaki, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, T. Kitamura, M. Sawamura, T. Kashiwagi,

H. Minami, M. Tachiki and R. A. Klemm, “*High Power THz Radiation from High-Tc Superconducting Intrinsic Josephson Devices*”, presented as an oral talk at the “*37th International Conference on Infrared, Terahertz and Millimeter Waves (IRMMW-THz 2012)*”, held in September 23rd-28th, 2012, at the University of Wollongong, Wollongong, Australia.

175. 石川拓也、田島香澄、柏木隆成、門脇和男、「鉄砒素系超伝導体 $\text{EuFe}(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ の磁性と超伝導 II」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 8、19aGA-11)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 3 分冊 p477。
176. 浅井栄大、川畑史郎、門脇和男、立木昌、「固有ジョセフソン接合アンテナの THz 波放射特性」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 8、20aFE-4)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 3 分冊 p495。
177. 渡邊千春、南英俊、佐藤耕太、室井光裕、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「Bi2212 メサ型テラヘルツデバイスにおける温度分布」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 8、20aFE-7)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 3 分冊 p495。
178. 辻本学、Kaveh Delfanazari, 澤村真史、北村健郎、石田和也、関本俊祐、渡邊千春、山本卓、柏木隆成、南英俊、門脇和男、「Bi2212 固有ジョセフソン接合系における THz 波発振広帯域可変周波数特性」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 8、20aFE-8)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 3 分冊 p496。
179. 柏木隆成、辻本学、Kaveh Delfanazari, 北村健郎、澤村真史、石田和也、関本俊祐、渡邊千春、山本卓、南英俊、門脇和男、「固有ジョセフソン接合 Bi2212 単結晶からの電磁波発振の制御に向けて」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 8、20aFE-9)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 3 分冊 p496。
180. 北村健郎、柏木隆成、辻本学、Kaveh Delfanazari, 澤村真史、石田和也、渡邊千春、山本卓、南英俊、立木昌、門脇和男、「固有ジョセフソン接合系 Bi2212 単結晶メサ構造の磁場下における電磁波発振特性 II」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 8、20aFE-10)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 3 分冊 p496。
181. 吉崎亮造、池田博、門脇和男、「Ca をドーブした Bi2201 相単結晶の超伝導物性研究 III」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 8、20aGB-5)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 3 分冊 p496。
182. 鈴木悠介、Pradis Das, 茂筑高士、柏木隆成、門脇和男、「ビスマストポロジカル絶縁体の物性評価」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 4、21aEA-1)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 4 分冊 p648。
183. 田中祐輔、中山耕輔、相馬清吾、佐藤宇史、N. Xu, P. Zhang, P. Richard, H. Ding, 鈴木悠介、P. Das, 門脇和男、高橋隆、「 $\text{Cu}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Te}_3$ における多体相互作用: 高分解能 ARPES」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)において口頭発表(領域 4、21aEA-4)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 4 分冊 p649。
184. 南英俊、渡邊千春、佐藤耕太、室井光裕、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「Bi2212 メサ型テラヘルツ発信デバイスにおける温度分布の顕微観察」、第 73 回応用物理学会学術講演会(2012 年 9 月 11 日～14 日)において口頭発表(13a-A1-7)、愛媛大学常北地区・松山大学文教キャンパスにて開催。
185. 渡邊千春、関本俊祐、澤村真史、南英俊、山本卓、柏木隆成、門脇和男、「高温超伝導体テラヘルツ波発振素子のアレイ化」、第 73 回応用物理学会学術講演会(2012 年 9 月 11 日～14 日)において口頭発表(13a-A1-8)、愛媛大学常北地区・松山大学文教キャンパスにて開催。

186. Kaveh Delfanazari, Hidehiro Asai, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Takeo Kitamura, Masashi Sawamura, Kazuya Ishida, Hidetoshi Minami, Takashi Yamamoto, Richard A. Klemm, Masashi Tachiki, Toshiaki Hattori, Kazuo Kadowaki, “*Tunable THz Waves Radiation from Various Shapes of Mesas in High Temperature Superconductor Bi2212 Intrinsic Josephson Junctions; Designing of Mesa Arrays for Powerful THz Radiation*”, 第 73 回応用物理学会学術講演会(2012 年 9 月 11 日～14 日)において口頭発表(12p-B1-4)、愛媛大学常北地区・松山大学文教キャンパスにて開催。

③ ポスター発表 (国内会議 21 件、国際会議 123 件)

1. Y. Kubo, I. Kakeya, J. Mirkovic, A. Oral and K. Kadowaki, “*Josephson Vortex Dynamics in Mesoscopic Layered High- T_c Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ under High Magnetic Fields*”, presented as an oral talk at the “*4th International Symposium on Future-Oriented Interdisciplinary Materials Science*”, held at the EPOCHAL Tsukuba International Congress Center, 12-13 March, 2007.
2. T. Yamamoto, I. Kakeya and K. Kadowaki, “*3d Impurity Effects on Superconducting Fluctuations and Electronic States in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{O}_{8+\delta}$ ($\text{M}=\text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}$) Single Crystals*”, presented as an oral talk at the “*4th International Symposium on Future-Oriented Interdisciplinary Materials Science*”, held at the EPOCHAL Tsukuba International Congress Center, 12-13 March, 2007.
3. T. Mochiku, K. Yamaki, N. Shimizu, A. Hoshikawa, H. Fujii, K. Yamada, S. Itoh, I. Kakeya, K. Kadowaki and K. Hirata, “*Synthesis and Structure of Ferromagnetic Ritle*”, presented at the “*8th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA-07 Taipei) – In Celebration of 20th Anniversary of AsCA*”, November 4-7, 2007, held at the Howard International House Taipei, Taiwan R.O.C.
4. K. Fueki, I. Kakeya, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Oscillation in c -Axis Resistance of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesoscopic Single Crystals*”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinard Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
5. K. Kawamata, I. Kakeya, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Josephson Vortex State in a Long Intrinsic Josephson Junction of Single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinard Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
6. J. Mirkovic, Y. Kubo, I. Kakeya, T. Yamamoto, A. Oral, H. Ikeda, T. Koyano and K. Kadowaki, “*Relationship of Crossing Vortex Lattice and Lock-in Vortex State in Mesoscopic $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Crystal*”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinard Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
7. M. Namai, T. Nabemoto, I. Kakeya and K. Kadowaki, “*Symthesis and Formation of Phases in SrC_6* ”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinard Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
8. S. Sato, I. Kakeya and K. Kadowaki, “*Superconducting Properties of Iodine Intercalated $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (I-Bi2212) Single Crystals*”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinard Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
9. H. Yamaguchi, I. Kakeya, H. Minami, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, K. Kawamata, T. Yamamoto, U. Welp, K. E. Gray, W. -K. Kwok and K. Kadowaki, “*Generation of THz Radiation Using Intrinsic Josephson Junctions of High- T_c Superconductor Bi2212* ”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel

- Epinaud Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
10. K. Yamaki, T. Mochiku and K. Kadowaki, “*Inducing the Paramagnetic Component of YBCO Particles by Mechanical Alloying*”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinaud Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
 11. T. Yamamoto, S. Yasunaga, I. Takeya and K. Kadowaki, “*3d Impurity Substitution Effects in Superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinaud Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
 12. S. Yasunaga, T. Yamamoto, T. Nabemoto, I. Takeya and K. Kadowaki, “*Single Crystal Growth and Magnetic Relaxation of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$* ”, presented at the “*2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists*”, held at Hotel Epinaud Nasu, Nasu, Tochigi prefecture, Japan, November 25 – December 2, 2007.
 13. 山本 卓、掛谷一弘、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{212}$ 系単結晶育成と物性評価」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日–24 日)においてポスター発表(領域 8、21aPS-36)、北海道大学。
 14. 山口勇人、南 英俊、U. Welp, L. Ozyuzer, C. Kurter, W. -K. Kwok, 川又晃平、山本 卓、掛谷一弘、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{212}$ のテラヘルツ応答」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日–24 日)においてポスター発表(領域 8、21aPS-49)、北海道大学。
 15. 斉藤隆志、掛谷一弘、久保結丸、川又晃平、山本 卓、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{212}$ 固有ジョセフソン接合に於ける高磁場でのジョセフソン磁束状態」、日本物理学会第 62 回年次大会(2007 年 9 月 21 日–24 日)においてポスター発表(領域 8、21aPS-51)、北海道大学。
 16. 八巻和宏、茂筑高士、掛谷一弘、門脇和男、「デラフォサイト型磁性半導体 $\text{CuAl}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ 合成の試み($\text{M}=3d$ 遷移金属)II」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日–26 日)においてポスター発表(領域 4、23pPSB-53)、近畿大学。
 17. 橋本慎也、持地貴紘、八巻和宏、掛谷一弘、門脇和男、「Bi 系ウイスキーの作製と物性測定」、日本物理学会第 63 回年次大会(2008 年 3 月 22 日–26 日)においてポスター発表(領域 8、24aPS-114)、近畿大学。
 18. 八巻和宏、茂筑高士、掛谷一弘、門脇和男、第 12 回半導体スピン工学の基礎と応用研究会(The 12th Symposium on the Physics and Application of Spin-Related Phenomena in Semiconductors (PASPS-12))、平成 19 年 12 月 20–21 日、大阪大学医学部銀杏会館。
 19. T. Yamamoto, I. Takeya and K. Kadowaki, “*Fabrication and Characterization of Small Intrinsic Josephson Junctions from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystals*”, presented at the “*6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)*”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
 20. M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Yamaguchi, K. Yamaki, I. Takeya, H. Minami and K. Kadowaki, “*Fabrication of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Structures for Terahertz Radiation*”, presented at the “*6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)*”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
 21. H. Yamaguchi, I. Takeya, H. Minami, M. Tsujimoto, K. Yamaki, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Emission of Electromagnetic Waves at THz Frequencies Generating Higher Harmonics of THz Emission from Intrinsic Josephson Junctions of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented at the “*6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)*”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
 22. K. Yamaki, M. Tsujimoto, H. Yamaguchi, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, “*Directivity Measurement of THz Emission from Rectangular Mesa of Intrinsic Josephson Junctions*”, presented at the “*6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)*”, July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
 23. B. Markovic, K. Yamaki, H. Yamaguchi, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami, T.

- Hattori and K. Kadowaki, "Experimental Study for THz Electromagnetic Waves Emitted from Intrinsic Josephson Junctions in Single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ", presented as a poster presentation at the "6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors (PLASMA 2008)", July 17-19, 2008, POSTECH, Pohang, Korea.
24. K. Kadowaki, A. Goya, T. Mochiji and S. V. Chong, "Superconductivity and Magnetism in $\text{REFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ ", presented as a poster presentation at the "International Conference on Low Temperature Physics (LT 25)", Amsterdam, The Netherlands, 6-13 August, 2008.
 25. S. V. Chong and K. Kadowaki, "Superconductivity in Quaternary Yttrium-Oxygen-Iron-Arsenic Compounds", presented as a poster presentation at the "International Conference on Low Temperature Physics (LT 25)", Amsterdam, The Netherlands, 6-13 August, 2008.
 26. U. Welp, L. Ozyuzer, A. E. Koshelev, C. Kurter, M. Tachiki, K. Kadowaki, T. Yamamoto, H. Minami, H. Yamaguchi, K. E. Gray and W. -K. Kwok, "Emission of Coherent THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ ", presented as a poster presentation at the "International Conference on Low Temperature Physics (LT 25)", Amsterdam, The Netherlands, 6-13 August, 2008.
 27. H. Matsumoto, T. Koyama, M. Machida and K. Kadowaki, "THz Wave Emission from the Intrinsic Josephson Junctions of High- T_c Superconductors", presented as a poster presentation at the "International Conference on Low Temperature Physics (LT 25)", Amsterdam, The Netherlands, 6-13 August, 2008.
 28. K. Yamaki, M. Tsujimoto, H. Yamaguchi, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, "Angular Distribution of THz Emission from Rectangular Mesa of Single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ", presented as a poster presentation at the ESF-JSPS NES program, "International Workshop on Nanostructured Superconductors: From Fundamentals To Applications", Freudenstadt-Lauterbad, Germany, September 13th-17th 2008.
 29. T. Saitou, S. Sato, T. Yamamoto and K. Kadowaki, "Anomalous Josephson Vortex States in Bi_{2212} Intrinsic Josephson Junctions under High Magnetic Fields", presented as a poster presentation at the "3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", held in November 24th - 30th, 2008, Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor.
 30. S. Sato, T. Saito and K. Kadowaki, "Superconducting Properties of Iodine Intercalated $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (I- Bi_{2212})", presented as a poster presentation at the "3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", held in November 24th - 30th, 2008, Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor.
 31. M. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, "THz Radiation from Bi_{2212} Mesa Structure Fabricated by Focused Iron Beam Milling", presented as a poster presentation at the "3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", held in November 24th - 30th, 2008, Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor.
 32. M. Namai and K. Kadowaki, "Synthesis and Formation of Phases in Alkaline Earth Metal Graphite Intercalation Compounds", presented as a poster presentation at the "3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", held in November 24th - 30th, 2008, Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor.
 33. S. Hashimoto and K. Kadowaki, "Fabrication and Physical Properties of High- T_c Superconducting Whiskers", presented as a poster presentation at the "3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", held in November 24th - 30th, 2008, Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor.
 34. T. Mochiji, Shen V. Chong, T. Mochiku and K. Kadowaki, "Synthesis and Characterization $\text{CeFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ ", presented as a poster presentation at the "3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", held in November 24th - 30th, 2008, Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor.
 35. H. Yamaguchi, I. Kakeya, H. Minami, T. Yamamoto, M. Tsujimoto, K. Yamaki and K. Kadowaki, "THz Electromagnetic Waves from Higher-Temperature Superconductor

- Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} Intrinsic Josephson Junctions*", presented as a poster presentation at the "3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists", held in November 24th - 30th, 2008, Tokyo New Hankyu Hotel Tsukiji, 32nd floor.
36. Shen V. Chong, "Superconductivity and Magnetic Ordering Induced by Yttrium-doping in *AFe₂As₂* (*A*=Sr, Ca)", presented as a poster presentation at "MANA International Symposium 2009 Jointly with ICYS", Feb. 25th-27th, 2009, Tsukuba International Congress Center (EPOCAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 37. Kazuhiro Yamaki, "Several Microwatt Level of Emission from Rectangular Shape Bi2212 Mesa - Improvement in Radiation Power and Towards the Realization of THz Generator", presented as a poster presentation at "MANA International Symposium 2009 Jointly with ICYS", Feb. 25th-27th, 2009, Tsukuba International Congress Center (EPOCAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 38. Manabu Tsujimoto, "Terahertz Radiation from Cylindrical Structure of Intrinsic Josephson Junction System of *Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}*", presented as a poster presentation at "MANA International Symposium 2009 Jointly with ICYS", Feb. 25th-27th, 2009, Tsukuba International Congress Center (EPOCAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 39. K. Yamaki, M. Tsujimoto, H. Yamaguchi, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, "Strong Emission from Rectangular Mesas of Intrinsic Josephson Junctions (IJJs)", presented as a poster presentation at "the 2nd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science, ISIMS-2009", March 9-10, Tsukuba International Congress Center (EPOCAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 40. Mizuho Namai and K. Kadowaki, "Synthesis and Superconducting Properties of Superconducting Graphite Intercalated Compounds", presented as a poster presentation at "the 2nd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science, ISIMS-2009", March 9-10, Tsukuba International Congress Center (EPOCAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 41. S. Sato and K. Kadowaki, "Properties of Intrinsic Josephson Junctions of Iodine Intercalated *Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}* (*I*-Bi2212) Single Crystal", presented as a poster presentation at "the 2nd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science, ISIMS-2009", March 9-10, Tsukuba International Congress Center (EPOCAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 42. S. Hashimoto and K. Kadowaki, "Fabrication and Physical Properties of Rare-Earth 123 based Whiskers", presented as a poster presentation at "the 2nd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science, ISIMS-2009", March 9-10, Tsukuba International Congress Center (EPOCAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 43. K. Kadowaki, M. Tsujimoto, K. Yamaki, H. Yamaguchi, H. Minami, R. Klemm, U. Welp, K. Gray and W. -K. Kwok, "THz LASER Emission from Various Types of Mesas", presented as a poster presentation at the "International Workshop on Optical Terahertz Science and Technology 2009, OTST-09", March 7-11, 2009, Santa Barbara, CA, USA.
 44. S. V Chong, T. Goya, S. Sato and K. Kadowaki, "Superconductivity and Magnetic Ordering Induced by Yttrium-doping in *AFe₂As₂* (*A*=Sr, Ca)", presented at the "Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity", held in March 23rd – 26th, 2009, at Okura Frontier Hotel Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 45. S. V. Chong, N. Yamaguchi, T. Goya and K. Kadowaki, "Appearance of Superconductivity upon Neodymium-doping in *SrFeAsF*", presented at the "Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity", held in March 23rd – 26th, 2009, at Okura Frontier Hotel Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 46. S. Hashimoto and K. Kadowaki, "Fabrication and Physical Properties of High-*T_c* Superconducting Whiskers", presented at the "Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity", held in March 23rd – 26th, 2009, at Okura Frontier Hotel Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 47. T. Mochiji, Shen V. Chong, T. Mochiku and K. Kadowaki, "Synthesis and Characterization of *CeFeAsO_{1-x}F_x*", presented at the "Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity", held in March 23rd – 26th, 2009, at Okura Frontier Hotel Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 48. M. Tsujimoto, H. Yamaguchi, K. Yamaki, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki,

- “Terahertz Radiation from Cylindrical Mesas of Intrinsic Josephson Junction System of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ”, presented at the “Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity”, held in March 23rd – 26th, 2009, at Okura Frontier Hotel Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
49. K. Yamaki, M. Tsujimoto, H. Yamaguchi, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, “*The Relation between Bath Temperature and Emission Power from Rectangular Mesa of Bi2212 Intrinsic Josephson Junctions (IJJs)*”, presented at the “Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity”, held in March 23rd – 26th, 2009, at Okura Frontier Hotel Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
 50. S. V. Chong, and K. Kadowaki, “*Exploring the Single Crystal Growth of Iron-Arsenide Compounds via the Bridgman Method*”, 日本物理学会第 64 回年次大会 (立教大学、立教池袋中学・高校)、平成 21 年 (2009 年) 3 月 28 日、領域 8(28aPS-25)にてポスター発表、日本物理学会講演概要集第 64 巻第 1 号第 3 分冊、p601.
 51. J. Mirkovic, T. Saito, S. Deguchi, T. Yamamoto, K. Kadowaki, “*Anomalous Resistivity Behavior in Mesoscopic Single Crystals of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ in High Magnetic Fields*”, presented as a poster presentation (VPP-18) at the “*International Symposium on Superconductivity (ISS’09)*”, November 02-04, 2009, Epochal, Tsukuba, Japan.
 52. Kazuhiro Yamaki, “*Dynamical Control of THz Emission from Rectangular Mesa of Single Crystalline Bi-2212*”, presented as a poster presentation at the “*ESF Research Networking Program, Nanoscience and Engineering in Superconductivity (NES), the 6th International Conference I School format on the Vortex Matter in Nanostructured Superconductors (VORTEX VX)*”, held at 17th - 24th September 2009 in Rhodes Islands, Greece.
 53. Manabu Tsujimoto, “*Geometrical Resonance Effect on Terahertz Radiation Generated from Intrinsic Josephson Junction Systems*”, presented as a poster presentation at the “*ESF Research Networking Program, Nanoscience and Engineering in Superconductivity (NES), the 6th International Conference I School format on the Vortex Matter in Nanostructured Superconductors (VORTEX VX)*”, held at 17th - 24th September 2009 in Rhodes Islands, Greece.
 54. Tomoki Goya, Shen V. Chong and K. Kadowaki, “*Possible Strain and Charge-Induced Superconductivity in Yttrium Doped Sr-122 FeAs System*”, presented as a poster presentation at the “*12th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors*”, Yamanakako Naito Seminar House, September 12th-16th, 2009.
 55. Ryoza Yoshizaki, Hiroshi Ikeda and Kazuo Kadowaki, “*Properties of Ca-Doped $\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{CuO}_{6+\delta}$* ”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
 56. Shinya Hashimoto and Kazuo Kadowaki, “*Fabrication and Physical Properties of Rare-Earth 123 Based Whiskers*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
 57. Shen V. Chong, T. Goya, N. Yamaguchi and K. Kadowaki, “*Superconductivity at High T_c in Neodymium-Doped 1111-SrFeAsF Iron Pnictide System*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
 58. Kazuhiro Yamaki, Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami and Kazuo Kadowaki, “*Magnetic Field Effect on THz Radiation from Rectangular Shape Bi2212 IJJs*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
 59. Manabu Tsujimoto, Kazuhiro Yamaki, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami and Kazuo Kadowaki, “*Terahertz Radiation Generated from Cylindrical Mesas of Bi2212*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and*

Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX), held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.

60. Naoki Orita, Hidetoshi Minami, Takashi Koike, Takashi Yamamoto and Kazuo Kadowaki, “*Synchronized Operation between Two Serially Connected Bi2212 Based THz Emitters*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
61. Hidetoshi Minami, Naoki Orita, Takashi Koike, Takashi Yamamoto and Kazuo Kadowaki, “*Continuous and Reversible Operation of Bi2212 Based THz Emitters just below T_c*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
62. Jovan Mirkovic, Takashi Saito, Yuimaru Kubo, Itsuhiro Kakeya, Ahmed Oral, Takashi Yamamoto and Kazuo Kadowaki, “*Crossing Vortex Lattice and Lock-in Vortex State in Mesoscopic Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} Single Crystals*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
63. Jovan Mirkovic, Atsushi Nakano, Itsuhiro Kakeya, Takashi Yamamoto and Kazuo Kadowaki, “*Vortex Phases in Magnetic Fields near ab-Plane in Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} Single Crystals*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
64. T. Nishio, R. B. G. Kramer, V. H. Dao, L. F. Chibotaru, N. D. Zhigadlo, J. Karpinski, K. Kadowaki, V. V. Moshchalkov, “*Inhomogeneity of Initial Flux Penetration in MgB₂ Single Crystals*”, presented as a poster presentation at the “*9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M²S-IX)*”, held at September 7th – 12th 2009 at Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.
65. Tomoki Goya, “*Transport and Magnetic Measurements in Superconductor Ba_{1-x}Y_xFe₂As₂*”, presented at the “*MANA International Symposium 2010*”, held at Tsukuba International Congress center EPOCHAL Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 3-5 March 2010.
66. Shinya Hashimoto, “*Fabrication and Physical Properties of Rare-Earth 123 Based Whiskers*”, presented at the “*MANA International Symposium 2010*”, held at Tsukuba International Congress center EPOCHAL Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 3-5 March 2010.
67. T. Kashiwagi, “*Emission Characteristics from Intrinsic Josephson Junction Bi2212 Mesa Structures*”, presented at the “*MANA International Symposium 2010*”, held at Tsukuba International Congress center EPOCHAL Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 3-5 March 2010.
68. Manabu Tsujimoto, “*Study on Shape Effects of THz Radiation from Bi-2212*”, presented at the “*MANA International Symposium 2010*”, held at Tsukuba International Congress center EPOCHAL Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 3-5 March 2010.
69. 橋本慎也、「Rare-Earth 123 系ウイスカーの作成と物性測定」、第 17 回磁束線物理国内会議、平成 21 年 12 月 1～3 日、大阪府立大学中之島サテライト(2 階会議室)
70. 門脇和男、八巻和宏、辻本学、出口幸太、折田尚樹、小池隆、中山諒、山本卓、柏木隆成、茂筑高士、R. A. Klemm、南英俊、「高温超伝導体 Bi2212 単結晶を用いたテラヘルツ波発振の現状」、2009 年 JST CREST 第 2 回シンポジウム、新機能創世に向けた光・光量子科学技術にてポスター発表。平成 21 年 11 月 27 日、日本科学未来館にて。
71. Krsto Ivanovic, M. Tachiki and K. Kadowaki, “*The Effect of Charging on THz Emission in Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} Single Crystals*”, 日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 26 日、領域 8(ポスターセッション)にて発表(16aPS-80)。
72. 福屋翔太、門脇和男、立木昌、「固有ジョセフソン接合系におけるテラヘルツ電磁波発振の関する理論的研究」、日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 21 年(2009 年)9 月 28 日、領域 11 にてポスター発表(28aPS-30)。

74. 山本卓、柏木隆成、辻本学、八巻和宏、出口幸太、折田尚樹、小池隆、南英俊、門脇和男、
「 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 固有ジョセフソン系におけるテラヘルツ波発振」、日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 20 日、領域 8、ポスターセッション(低温 II(Cu, Ru, Mn, Co 酸化物など、磁束量子系))にて発表(20pPSA-24)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p570.
75. M. Tachiki, T. Koyama, K. Ivanovic and K. Kadowaki, “Theoretical Model for the Effect of Electrodes on Terahertz Wave Emission from Intrinsic Josephson Junctions”, 日本物理学会第 65 回年次大会(岡山大学津島キャンパス)、平成 22 年 3 月 20 日、領域 8、ポスターセッション(低温 II(Cu, Ru, Mn, Co 酸化物など、磁束量子系))にて発表(20pPSA-26)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 3 分冊、p571.
76. Kohta Degichi, “*Sharp Effect of the THz Wave Oscillation Frequency on the Bi2212 Single Crystal Mesa Structure*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
77. Takanari Kashiwagi, “*Geometrical Full One Wave Length Resonance in Single Crystalline Bi2212 Mesa Structures*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
78. Takashi Koike, “*Power Enhancement of the THz Emission from Bi2212 Intrinsic Josephson Junctions by Modulated Bias*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
79. Takashi Yamamoto, “*Terahertz Radiation from Stand-alone Rectangular Mesa of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
80. Manabu Tsujimoto, “*Frequency Jump Phenomena in THz Radiation from Bi2212*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
81. Krsto Ivanovic, “*Terahertz Electromagnetic Wave Emission from IJJ Array Embedded in the Resonant LCR Circuit*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
82. Hirohide Asai, “*Switching Behavior of Superconducting Current Manipulated by Magnetic Field in Mesoscopic Samples*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
83. Shinya Hashimoto, “*Fabrication and Physical Properties of Rare-Earth 123 Based Single Crystalline Whiskers*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
84. Tomoki Goya, “*Transport and Magnetic Measurements in $\text{Ba}_{1-x}\text{Y}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$* ”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
85. Hisato Yamaguchi, “*Single Crystal Growth of Sr-122 System*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
86. Kazuhiro Yamaki, “*Intense THz Wave Emission from Rectangular Mesa of Bi2212*”, presented as an poster presentation at the “*7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors*”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
87. Pradip Das, “*Anisotropy Study by Torque Measurements and the Magnetic Relaxation*

- Measurements in a Single Crystal of the Superconductor $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$* ”, presented as an poster presentation at the “7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
88. Yohei Jono, “*Crystal Grpwth of $\text{Ba}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$* ”, presented as an poster presentation at the “7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
 89. Ryo Nakayama, “*THz Radiation from Asymmetric Rectangular Mesa Structure of High Temperature Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented as an poster presentation at the “7th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors”, April 29th – May 2nd, Hirosaki University, Aomori, Japan.
 90. T. Kashiwagi, T. Kitamura, K. Yamaki, S. Hashimoto, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, K. Deguchi, N. Orita, T. Koike, R. Nakayama, S. Hagino, H. Minami, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Electrical Transport Properties of Large Size Mesa Structure of Single Crystalline Bi2212 in Magnetic Fields*”, presented s a poster presentation at the “4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
 91. T. Kitamura, T. Kashiwagi, K. Yamaki, T. Yamamoto, M. Tsujimoto, K. Deguchi, R. Nakayama, H. Minami and K. Kadowaki, “*Effect of Magnetic Field on THz Emission from Bi2212 Mesa Structures*”, presented s a poster presentation at the “4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
 92. S. Hagino, T. Yamamoto, T. Kashiwagi, R. Nakayama, M. Tsujimoto, K. Deguchi, N. Orita, T. Koike, S. Sawamura, T. Kitamura, H. Minami and K. Kadowaki, “*Fabrication of Stand-Alone $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa for THz Radiation*”, presented s a poster presentation at the “4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
 93. A. Nozawa, T. Goya, H. Yamaguchi, Y. Jono, Y. Suzuki, P. Das, S. Hashimoto, T. Yamamoto, T. Kashiwagi and K. Kadowaki, “*Synthesis and Study of FeP Single Crystals*”, presented s a poster presentation at the “4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
 94. Y. Suzuki, P. Das, S. Hashimoto, T. Goya, Y. Jono, T. Yamamoto, H. Yamaguchi, A. Nozawa, T. Kashiwagi and K. kadowaki, “*Single Crystal Growth of Topological Insulator $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$* ”, presented s a poster presentation at the “4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
 95. Y. Jono, S. V. Chong, T. Goya, H. Yamaguchi, P. das, T. Yamamoto, S. Hashimoto, Y. Suzuki, A. Nozawa, T. Kashiwagi, R. Yoshizaki and K. Kadowaki, “*Synthesis and Physical Properties of $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ Single Crystals*”, presented s a poster presentation at the “4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
 96. R. Nakayama, K. Yamaki, T. Kashiwagi, M. Tsujimoto, K. Deguchi, T. Yamamoto, T. Koike, N. Orita, S. Hagino, T. Kitamura, H. Minami and K. Kadowaki, “*THz Radiation from Asymmetric Rectangular Mesa Structures of High Temperature Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented s a poster presentation at the “4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.

97. H. Yamaguchi, T. Goya, Y. Jono, P. Das and K. Kadowaki, “*Single Crystal Growth of Iron Based Superconductors by Vertical Bridgeman Method*”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
98. T. Goya, H. Yamaguchi, Y. Joho and K. Kadowaki, “*Crystal Growth of P-Doped EuFe_2As_2* ”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
99. M. Tsujimoto, K. Deguchi, N. Orita, T. Koike, R. Nakayama, T. Yamamoto, H. Minami, T. Kashiwagi and K. Kadowaki, “*Geometrical Resonance in a Nearly Square Mesa and the Frequency Spectrum from the Inner Branches of Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
100. K. Delfanazari, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, T. Kashiwagi, H. Minami, T. Hattori and K. Kadowaki, “*The Examination of THz Wave Radiation from Triangular Mesa of Single Crystalline Bi-2212 Intrinsic Josephson Junctions*”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
101. K. Ivanovic, M. Tachiki and K. Kadowaki, “*Theoretical Study of the Mechanism of Terahertz Wave Emission from the $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystals*”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
102. S. Hashimoto and K. Kadowaki, “*Fabrication and Physical Properties of Rare-Earth 123 Based Single Crystalline Whiskers*”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
103. P. Das, Y. Suzuki, S. Hashimoto, T. Goya, T. Yamamoto and K. kadowaki, “*Topological Insulator $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ and $\text{Ca}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$* ”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
104. H. Asai and K. Kadowaki, “*Numerical Analysis of Terahertz Radiation Pattern from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Sample*”, presented s a poster presentation at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held in August 29th - September 3rd, 2010, in University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
105. Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Toshiaki Hattori and Kazuo Kadowaki, “*THz Wave Generation from Triangular Mesas of a High Temperature Superconductor Bi2212 Single Crystal*”, presented as a poster presentation at the “*International Symposium on Frontier of THz Spectroscopy IV: Innovations in THz Spectroscopy and THz-Wave Wireless Communications*”, held at Matsumoto campus of Shinshu University, Matsumoto, Nagano prefecture, Japan, 20th – 22nd, October 2010.
106. Hisato Yamaguchi, Tomoki Goya, Yohei Jono, Akihiko Nozawa and Kazuo Kadowaki, “*Synthesis and Physical Properties in Single Crystalline Iron Based Superconductor 122-Systems*”, Abstract book p71, presented as a poster presentation (PS-10) at the

- “MANA (Materials Nanoarchitectonics) International Symposium 2011 Jointly with ICYS”, held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), March 2-4, 2011.
107. Takanari Kashiwagi, M. Tsujimoto, K. Deguchi, T. Koike, N. Orita, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, S. Hagino, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, “Radiation mode characteristics in single crystalline Bi2212 rectangular mesa structures”, Abstract book p72, presented as a poster presentation (PS-11) at the “MANA (Materials Nanoarchitectonics) International Symposium 2011 Jointly with ICYS”, held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), March 2-4, 2011.
 108. Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Ryo Nakayama, Takashi Yamamoto, Toshiaki Hattori, Hidetoshi Minami and Kazuo Kadowaki, “THz emission from a triangular mesa structure of Bi-2212 IJJs”, Abstract book p73, presented as a poster presentation (PS-12) at the “MANA (Materials Nanoarchitectonics) International Symposium 2011 Jointly with ICYS”, held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), March 2-4, 2011.
 109. Manabu Tsujimoto, Hidetoshi Minami, Masashi Sawamura, Kaveh Delfanazari, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi and Kazuo Kadowaki, “THz Imaging System by Using the Intrinsic Josephson Junction Emitter”, Abstract book p74, presented as a poster presentation (PS-13) at the “MANA (Materials Nanoarchitectonics) International Symposium 2011 Jointly with ICYS”, held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), March 2-4, 2011.
 110. Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Ryo Nakamura, Takashi Yamamoto, Toshiaki Hattori, Hidetoshi Minami and K. Kadowaki, “Study of triangular mesas for THz electromagnetic wave emission from the intrinsic Josephson junctions in Bi-2212”, presented at the “3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 111. Ryo Nakayama, Takanari Kashiwagi, Manabu Tsujimoto, Kota Deguchi, Takashi Yamamoto, Takashi Koike, Naoki Orita, Hidetoshi Minami and Kazuo Kadowaki, “THz radiation from asymmetric rectangular mesa structure of high temperature superconductor Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}”, presented at the “3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 112. Takanari Kashiwagi, Kota Deguchi, Manabu Tsujimoto, Takashi Koike, Naoki Orita, Delfanazari Kaveh, Ryo Nakayama, Takeo Kitamura, Shota Hagino, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami and Kazuo Kadowaki, “Radiation mode characteristics in single crystalline Bi2212 rectangular mesa structures”, presented at the “3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 113. Krsto Ivanovic, Masashi Tachiki and Kazuo Kadowaki, “Emission of Terahertz Electromagnetic Waves from Intrinsic Josephson Junction Arrays Embedded in Resonance LCR Circuits”, presented at the “3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 114. H. Asai, K. Kadowaki, R. A. Klemm, T. Kashiwagi, H. Minami, T. Yamamoto and M. Tsujimoto, “Numerical Simulation of Terahertz Radiation Emitted from Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} Sample”, presented at the “3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 115. S. Hagino, T. Kashiwagi, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, R. Nakayama, K. Delfanazari, K. Deguchi, N. Orita, T. Koike, T. Kitamura, H. Minami and K. Kadowaki, “Generation of THz Waves from Mesa Structure in Single Crystalline Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} toward Higher Frequencies”, presented at the “3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 116. Touhei Jono, Tomoki Goya, Hisato Yamaguchi, Pradip Das, Shinya Hashimoto, Yusuke

- Suzuki, Akihiko Nozawa and Kazuo Kadowaki, “*Synthesis and Physical Properties of 122 System of Iron-Based Superconductors*”, presented at the “*3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)*” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
117. Akihiko Nozawa, Tomoki Goya, HHisato Yamaguchi, Yohei Jono, Yusuke Suzuki, Pradis Das, Shinya Hashimoto, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Ryoza Yoshizaki and Kazuo Kadowaki, “*Synthesis and Characterization of Prototype iron Based Superconductors*”, presented at the “*3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)*” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 118. Y. Suzuki, P. Das, H. Yamaguchi, T. Goya, Y. Jono, A. Nozawa, S. Hashimoto, T. Yamamoto, R. Yoshizaki, T. Kashiwagi and K. Kadowaki, “*Single Crystal Growth and Physical Properties of Topological Insulator Bi_2Se_3* ”, presented at the “*3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)*” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 119. Pradip Das, Y. Suzuki, M. Tachiki and K. Kadowaki, “*Magnetization Studies in a Topological Insulator $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ Single Crystal*”, presented at the “*3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)*” held at Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL), Tsukuba, Ibaraki, Japan, March 9-11, 2011.
 120. Kazuo Kadowaki, Manabu Tsujimoto, Kaveh Delfanazari, Kota Deguchi, Takashi Koike, Naoki Orita, Ryo Nakayama, Takeo Kitamura, Hidehiro Asai, Krsto Ivanovic, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi, Hidetoshi Minami, Masashi Tachiki, Ryoza Yoshizaki and Richard A. Klemm, “*Terahertz Radiation from High Temperature Superconductors: Present Status and Future Perspective*”, presented at the “*International Workshop on Optical Terahertz Science and Technology (OTST-2011)*”, held at Fess Parker’s Doubletree Resort, Santa Barbara, California, USA, March 13-17, 2011.
 121. 浅井栄大、立木昌、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 試料におけるテラヘルツ波発振の LCR 共振モデルによる数値解析」、日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 23 日、領域 8 ポスターセッション、低温I(鉄系超伝導・銅酸化物など)で発表(23aPS-93)、日本物理学会講演概要集第 65 巻第 2 号第 3 分冊 pp481.
 122. Krsto Ivanovic, Masashi Tachiki, Kazuo Kadowaki, “*The Effect of the Weak External magnetic Field on the Terahertz Wave Emission from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystal*”, 日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催)、平成 22 年 9 月 23 日、領域 8 ポスターセッション、低温I(鉄系超伝導・銅酸化物など)で発表(23aPS-94)、アブストラクトなし。
 123. 浅井栄大、門脇和男、「 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 試料におけるテラヘルツ波放射特性の数値解析」、応用物理学会第 71 回学術講演会(長崎大学にて開催)、平成 22 年 9 月 14 日、超伝導(基礎物性)ポスターセッションにて発表(14a-P3-10)。
 124. Manabu Tsujimoto, Hidetoshi Minami, Masashi Sawamura, Kaveh Delfanazari, Takashi Yamamoto, Takanari Kashiwagi and Kazuo Kadowaki, “*THz imaging system with the IJJ emitter*”, Scientific Program and Show, p296, K1-230, presented as a poster presentation at the 2011 APS meeting, held at Dallas Convention Center, Dallas, Texas, USA, 21-25, March 2011.
 125. T.Kashiwagi, M. Tsujimoto, K. Deguchi, T. koike, N. Orita, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, S. Hagino, K. Ishida, K. Ivanovic, H. Asai, K. Yamaki, T. Yamamoto, H. Minami, M. Tachiki and K. Kadowaki, “*Radiation Frequency and Mode Characteristics of Terahertz Waves in Single Crystalline $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}_2$ Mesa Structures*”, presented as a poster presentation at the “*13th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors*”, held in July 31st – August 5th, 2011, at the Millennium Knickerbocker Hotel, Chicago, Illinois, USA.
 126. M. Tsujimoto, H. Minami, M. Sawamura, K. Delfanazari, T. Yamamoto, T. Kashiwagi and K. Kadowaki, “*Terahertz Imaging System Using an Intrinsic Josephson Junction Emitter*”, presented as a poster presentation at the “*13th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors*”, held in July 31st – August 5th, 2011, at the Millennium Knickerbocker Hotel, Chicago, Illinois, USA.

127. T. M. Benseman, A. E. Koshelev, K. E. Gray, W. -K. Kwok, U. Welp, K. Kadowaki, T. Yamamoto and M. Tachiki, “*Tunable Terahertz Emission from $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Devices*”, presented as a poster presentation at the “*13th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors*”, held in July 31st – August 5th, 2011, at the Millennium Knickerbocker Hotel, Chicago, Illinois, USA.
128. R. Yoshizaki, T. Yamamoto, H. Ikeda and K. Kadowaki, “*A New Aspect of Single Layered Cuprate Superconductors for Ca-Doped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$ Single Crystals*”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
129. K. Kadowaki, T. Kashiwagi, H. Asai, M. Tsujimoto, M. Tachiki, K. Delfanazari and R. Klemm, “*Terahertz Wave Emission from Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
130. M. Tsujimoto, T. Yamamoto, K. Delfanazari, R. Nakayama, N. Orita, T. Koike, K. Deguchi, T. Kashiwagi, H. Minami and K. Kadowaki, “*THz-Wave Emission from Inner I-V Branches of Intrinsic Josephson Junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
131. K. Yamaki, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, T. Kashiwagi, H. Minami, A. Irie, K. Kadowaki, “*Magnetic Field Effects and Dynamical Control of Terahertz Electromagnetic Wave Emission from High- T_c Superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Mesa Structures*”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
132. K. Delfanazari, M. Tsujimoto, T. Kashiwagi, R. Nakayama, T. Kitamura, S. Hagino, M. Sawamura, T. Hattori, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, “*THz Emission from a Triangular Mesa Structure of Bi-2212 IJJs*”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
133. H. Minami, T. Koike, N. Orita, T. Kashiwagi, M. Tsujimoto, T. Yamamoto, K. Kadowaki, “*Coupling to External Structures: Boundary Conditions for the Bi2212-Based Superconducting THz Emitter*”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
134. H. Asai, M. Tachiki, T. Kashiwagi, H. Minami, T. Yamamoto and K. Kadowaki, “*Numerical Study of Radiation Pattern from Intrinsic Josephson Junctions Attached to Finite Size Substrates*”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
135. T. Kashiwagi, K. Deguchi, M. Tsujimoto, T. Koike, N. Orita, K. Delfanazari, R. Nakayama, T. Kitamura, S. Hagino, M. Sawamura, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, “*Excitation Mode Characteristics in Bi2212 Rectangular Mesa Structures*”, presented as an poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
136. Pradip Das, Yusuke Suzuki, Masashi Tachiki and Kazuo Kadowaki, “*Pairing Symmetry and Magnetic Relaxation in Topological Superconductor $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$* ”, presented as a poster presentation at the “*26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26)*”, held in August 10-17, 2011, at the Beijing International Convention Center, Beijing, China.
137. Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Hidehiro Asai, Takashi Yamamoto, Masashi Sawamura, Takeo Kitamura, Ryo Nakayama, Hidetoshi Minami,

- Toshiaki Hattori and Kazuo Kadowaki, “*Terahertz Wave Emission from the Triangular Mesas in Layered HTS $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as a poster presentation at the “*6th East Asia Symposium on Superconductor Electronics (EASSE 22011)*”, held in 27-29 October 2011, at the Department of Engineering, Yamagata University, Yonezawa, Yamagata 992-8510, Japan.
138. P. Das, Y. Suzuki, M. Tachiki and K. Kadowaki, “*Pairing Symmetry in Topological Superconductor $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$* ”, presented as a poster presentation (P-02) at the “*International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries*”, held in Nov. 1st – 5th, 2011, La Foret Biwako, Shiga, Japan.
139. Y. Suzuki, P. Das and K. Kadowaki, “*Superconducting properties in the Cu-intercalated Topological Insulator Bi_2Se_3* ”, presented as a poster presentation (P-28) at the “*International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries*”, held in Nov. 1st – 5th, 2011, La Foret Biwako, Shiga, Japan.
140. 野沢顕彦、Pradis Das, 柏木隆成、門脇和男、「鉄系超伝導体 LiFeP の単結晶育成と物性評価」、日本物理学会 2011 年秋季大会(富山大学五福キャンパスにて開催)、平成 23 年 9 月 22 日、領域 8 ポスターセッション(低温 II(鉄ヒ素系))で発表(22pSA)、日本物理学会講演概要集第 66 巻第 2 号第 3 分冊 pp558。
141. K. Kadowaki, P. Das and Y. Suzuki, “*Transport and Superconducting Properties of $\text{Cu}_x\text{Bi}_2(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_3$* ”, presented as a poster presentation at the “*International Conference on Topological Quantum Phenomena*”, in May 16th -18th, 2012, at Nagoya University, Nagoya, Japan.
142. T. Kashiwagi, T. Ishikawa, T. Goya, Y. jono, A. Nozawa, K. Tashima and K. Kadowaki, “*Concentration Dependence of Magnetic and Transport Characteristics in $\text{EuFe}_2\text{As}_2\text{-xPx}$ Single Crystals*”, presented at the “*19th International Conference on Magnetism (ICM 2012)*” held in July 8th – 13th, 2012, Bexco, Busan, Korea.
143. K. Kadowaki, M. Tsujimoto, K. Delfanazari, T. Kitamura, M. Sawamura, H. Asai, T. Kashiwagi, H. Minami, M. Tachiki and R. A. Klemm, “*Enhancement of Terahertz radiation from Intrinsic Josephson Junctions*”, presented as a poster presentation at the “*International Conference on Materials & Mechanisms of Superconductivity*”, held in July 29th – August 3rd, 2012 at Omni Shoreham Hotel, Washington, DC.
144. 大村彩子、松澤理子、榮長茉莉、石川文洋、中山敦子、山田裕、鈴木悠介、小松雅、柏木隆成、門脇和男、「 $\text{Cu}_{0.25}\text{Bi}_2(\text{Te}_x\text{Se}_{1-x})_3$ における超伝導転移の圧力効果」、日本物理学会 2012 年秋季大会(2012 年 9 月 18 日～9 月 21 日)においてポスター発表(領域 4、20pPSA-19)、横浜国立大学常盤台キャンパスにて開催、日本物理学会講演概要集第 67 巻第 2 号第 4 分冊 p648。

(4)知財出願

①国内出願 (5 件)

1. 出願人:国立大学法人筑波大学
出願番号:特願 2007-204489
出願日:平成 19 年 8 月 6 日
発明者:門脇和男、掛谷一弘、南英俊、
発明の名称:テラヘルツ帯電磁波発信装置およびその製造方法
2. 出願人:国立大学法人筑波大学
出願番号:特願 2008-066110
出願日:平成 20 年 3 月 14 日
発明者:門脇和男、掛谷一弘、南英俊、山本卓、山口勇人
発明の名称:指向性を有するテラヘルツ帯電磁波発振装置
3. 出願人:国立大学法人筑波大学
出願番号:特願 2008-066111

出願日:平成 20 年 3 月 14 日
発明者:門脇和男、掛谷一弘、南英俊、山本卓、山口勇人
発明の名称:高次高調波を利用するテラヘルツ帯域電磁波発信装置

4. 出願人:株式会社東京インスツルメンツ

出願番号:特願 2008-186590
出願日:平成 20 年 7 月 17 日
発明者:門脇和男、リチャード アンドレー クレム
発明の名称:ジョセフソンスターエミッタ

5. 出願人:筑波大学

出願番号:特願 2012-031205
出願日:平成 24 年 2 月 16 日
発明者:南英俊、辻本学、門脇和男
発明の名称:テラヘルツ帯域光による試料透過光の取得処理法およびその装置

②海外出願 (0 件)

(5)受賞・報道等

①受賞

国際会議ポスター賞

- [1]. Poster Award: M. Tsujimoto, H. Yamaguchi, K. Yamaki, T. Yamamoto, H. Minami and K. Kadowaki, “*Terahertz Radiation from Cylindrical Mesas of Intrinsic Josephson Junction System of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, presented at the “*Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity*”, held in March 23rd – 26th, 2009, at Okura Frontier Hotel Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
- [2]. Poster Award: Manabu Tsujimoto was awarded the 2nd Prize poster award at the conference at the “*ESF Research Networking Program, Nanoscience and Engineering in Superconductivity (NES), the 6th International Conference I School format on the Vortex Matter in Nanostructured Superconductors (VORTEX VX)*”, held at 17th - 24th September 2009 in Rhodes Islands, Greece.
- [3]. Manabu Tsujimoto has received his Poster Award in collaboration with Naoki Orita, Takashi Koike, Kota Deguchi, Kazuhiro Yamaki, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami, Takanari Kashiwagi and Kazuo Kadowaki, “*Frequency Jump Phenomena in THz Radiation from $\text{Bi}2212$* ”, at the “*7th International symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors, PLASMA-2010*”, April 29th – May 2nd, 2010, held at Hirosaki University, Hirosaki, Aomori, Japan.
- [4]. Takashi Koike has received his Poster Award in collaboration with Naoki Orita, Hidetoshi Minami, Takashi Yamamoto and Kazuo Kadowaki, “*Power Enhancement of the THz Emission from the $\text{Bi}2212$ Intrinsic Josephson Junctions by Modulated Bias*”, at the “*7th International symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High- T_c Superconductors, PLASMA-2010*”, April 29th – May 2nd, 2010, held at Hirosaki University, Hirosaki, Aomori, Japan.
- [5]. Tomoki Goya has received his poster Gold Award, in collaboration with Hisato Yamaguchi, Yohei Jono and Kazuo Kadowaki, “*Crystal growth of P-doped EuFe_2As_2* ”, at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the Sustainable World*”, held at University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, August 29th – September 3rd, 2010.
- [6]. Manabu Tsujimoto has received his poster Silver Award, in collaboration with Kota Deguchi, Naoki Orita, Takashi Koike, Ryo Nakayama, Takashi Yamamoto, Hidetoshi Minami, Takanari Kashiwagi and Kazuo Kadowaki, “*Geometrical resonance in a nearly square mesa and the frequency spectrum from the inner branches of intrinsic Josephson junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$* ”, at the “*4th AEARU Advanced Materials Workshop on Artificial and Self-Organized Nanostructure Sciences and Nano-Technologies for the*

Sustainable World, held at University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, August 29th – September 3rd, 2010.

- [7]. Kaveh Delfanazari received his best poster award at the “6th East Asia Symposium on Superconductor Electronics (EASSE 22011)”, held in 27-29 October 2011, at the Department of Engineering, Yamagata University, Yonezawa, Yamagata 992-8510, Japan. The contribution is Kaveh Delfanazari, Manabu Tsujimoto, Takanari Kashiwagi, Hidehiro Asai, Takashi Yamamoto, Masashi Sawamura, Takeo Kitamura, Ryo Nakayama, Hidetoshi Minami, Toshiaki Hattori and Kazuo Kadowaki, “TERAHERTZ WAVE EMISSION FROM THE TRIANGULAR MESAS IN LAYERED HTS $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ INTRINSIC JOSEPHSON JUNCTIONS”.

②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 門脇和男、「高温超伝導体で強力なテラヘルツ波の連続発振に成功—テラヘルツ波帯域の新しい光源として応用開発に期待—」、電子情報通信学会会誌「ニュース解説」記事、2008 年 5 月号, vol. 91(2008) No. 5, p432-433.
2. 「生活を変える光の科学④⑤—未来プロジェクト動く—」、日本経済新聞、2008 年 4 月 8 日、朝刊 011 面。

§6 研究期間中の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2007 年 10 月 26 日	The 1 st Informal Meeting on THz Radiation in Intrinsic Josephson Junctions	筑波大学総合研究棟 B0108 室	45 人	CREST 関係者および筑波周辺の研究者、企業への情報発信
2007 年 11 月 8 日	The 2 nd Informal Meeting on THz Radiation in Intrinsic Josephson Junctions	筑波大学総合研究棟 B0108 室	40 人	CREST 関係者および筑波周辺の研究者、企業への情報発信
2008 年 3 月 4 日	The 3 rd Informal Meeting on THz Radiation in Intrinsic Josephson Junctions	筑波大学総合研究棟 B0110 室	60 人	CREST 関係者および筑波周辺の研究者、企業への情報発信
2010 年 4 月 29 日 – 5 月 2 日	The 7 th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors (PLASMA-2010)	弘前大学	約 150 人	この分野の聞く際会議を我が国で開催し、CREST の成果発表を行う。
2012 年 6 月 10 日 – 13 日	The 8 th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors (PLASMA-2012)	トルコ、Izmir, Cesme, Izmir Institute of Technology	約 180 人	この分野の世界的な研究者が集まり情報交換を行う。

結び

この CREST 研究課題は、「高温超伝導体の固有ジョセフソン接合を用いた THz 帯域の電磁波の発振現象の解明とその応用」に関するものであり、2007 年 6 月に、発見された大型メサによる THz 波発振現象の発見に始まる。この現象の発見の意義は、超伝導という量子現象を基礎にした超伝導レーザーの発見にある。このレーザー光を超伝導から発振させる方法は、1960 初頭、ジョセフソンによる交流ジョセフソン効果の予言以来、ロシアを中心として強力なチームを作り、研究が行われたのであるが、1980 年代後半になってロシア経済が衰退し消滅してしまった経緯がある。現在でも、ロシアには至る所に超伝導接合による電磁波発振の研究の名残がある。ジョセフソン接合はサイズと電子の数からしても巨視的であるが、量子状態にあり、あたかも原子のように振る舞って発光することを意味しているからである。このように、超伝導接合からコヒーレントな電磁波を発生させることの意義は極めて高い。しかも、我々が明らかにしたことは、多重接合で多くの接合が存在するとき、全体としてシンクロナイズして量子力学的にコヒーレントな状態が実現し、接合数の 2 乗倍に比例する強力な電磁波を取り出すことができることを示したことにある。また、この発振が起こるための条件を明らかにしたことにある。現在も発振出力向上の研究が途上であり、現在のところメサ 1 個当たり、 $\sim 30 \mu\text{W}$ 程度(アレイ化をすることで数 $100 \mu\text{W}$ はすでに実現している)であるが、 $\sim \text{mW}$ を超える出力の発振が得られる道筋はつけられており、後一步のところである。これを用いたイメージングの応用や極めて強いスペクトル強度(輝線スペクトル)を持つ事から特定波長領域の分光などへの応用がすぐそこまで現実になっている。本 CREST ではこれらの応用の可能性をプロトタイプイメージング装置を開発して実証した。

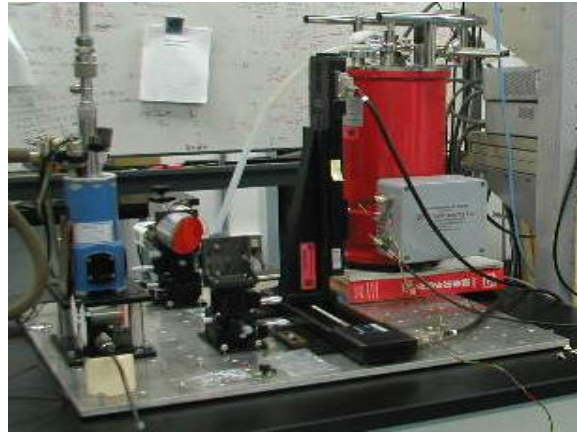


図 17. 開発したプロトタイプのイメージング装置

さらに協調したいことは、このような研究が成功した背景には高温超伝導体の良質の単結晶を育成する技術開発が 20 年以上にわたって我々は実施してきたことにある。このような高度な技術無しには高品質の単結晶を得ることはできなく、このような成果は得られなかった。ロシアが現在でも成功していないのは単結晶が作れないからである。このように、材料開発、特に高温超伝導体のような極めて複雑な物質の単結晶を育成する技術開発は一朝一夕には決してできない。このような研究に、もっと長期的な研究支援が必要不可欠である。

高温超伝導体はその基本構造は CuO_2 面を積層した構造であり、その CuO_2 面間に様々な種類の原子層が挿入されて多くの異なったバリエティのある超伝導体が形成されている。したがって、このような固有ジョセフソン接合が実現されている系は $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ が唯一無二では無く、むしろ高温超伝導体のほとんどすべてが固有ジョセフソン接合を結晶自体に持っているのである。したがって、他の高温超伝導体物質でも同様の電磁波発振現象が観測されてしかるべきであるが、現在のところ実験的には確認されていない。その一つの理由は発振条件を満たす条件で実験が



図 18. 2012 年度(春)研究室の集合写真

成されていないことが主な理由であろうが、他の高温超伝導体では $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ と同等程度、あるいはそれ以上の高品質の単結晶が得られていないことも重大な理由であろう。いずれにしろ、他の高温超伝導体でも確認実験をする必要がある。

このように、他の高温超伝導体でも THz 波の発振が可能となればさらに周波数帯域が拡大するだろうし、強度の問題もよりたやすく解決するかもしれない。それが実現すれば高温超伝導体の応用分野が発振素子という形で開拓できるということになる。強調しておくが、現状でも**高温超伝導体の応用として実用されているものは無い**²⁶のであるから、この THz 帯域の電磁波発振素子 (THz レーザー) は高温超伝導体の初めての実用例となると考えられる。ぜひ、実用化を目指したい。

²⁶ 線材などは G3 として実用レベルに達しつつあるので弱電応用に限る。