

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：13401
 研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）
 研究期間：2017～2020
 課題番号：16KK0098
 研究課題名（和文）量子計算への応用を目指した希薄ドーブ半導体の超低温・高磁場での二重磁気共鳴測定（国際共同研究強化）
 研究課題名（英文）Double Magnetic Resonance Measurements of Lightly-Doped Semiconductor at Ultra-Low Temperatures and under High Magnetic Fields with the Aim of Application to Quantum Computing(Fostering Joint International Research)
 研究代表者
 藤井 裕（FUJII, Yutaka）
 福井大学・遠赤外領域開発研究センター・准教授
 研究者番号：40334809
 交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,800,000円
 渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：スピンの量子性を用いた磁気共鳴型量子計算機の候補デバイスである、純良なシリコン結晶へ希薄にリンをドーブした試料を舞台として、量子計算に必要とされる超低温・強磁場における電子と原子核のスピンの動的性質を調べる研究を、フィンランド、韓国との国際共同研究として行った。電子スピン共鳴（ESR）および核磁気共鳴（NMR）およびそれらを組み合わせた二重磁気共鳴測定により、電子スピンとリンおよびシリコン原子核スピンの関係が明らかになるとともに、希薄なリン核スピンの直接観測に（純粋な磁気共鳴では世界で初めて）成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

主にフィンランドで行った電子スピン共鳴（ESR）測定では電子から見た核スピンダイナミクスを詳細に明らかにした。主に日本で行った核磁気共鳴（NMR）測定では量子ビットとなる核スピンを直接観測することに成功した。これらは今後の磁気共鳴型量子計算機の実現のために必要とされる、電子スピンおよび原子核スピンを支配する物理現象の基礎的理解を進めたことに加え、NMR信号直接観測により詳しい知見が得られる可能性をひらくものである。技術的には、高磁場・超低温域でESRとNMRの両方の測定が高感度に行える装置の開発に成功したという意義がある。

研究成果の概要（英文）：As an international collaboration with Finland and Korea, we have investigated the spin dynamics of electrons and nuclei at ultra-low temperatures and high magnetic fields, which are required for quantum computation, using a pure silicon crystal diluted with phosphorus as a candidate device for a magnetic resonance quantum computer based on the quantum nature of spin. By means of electron spin resonance (ESR), nuclear magnetic resonance (NMR), and their combined double magnetic resonance measurements, we have investigated the electron-phosphorus nucleus-silicon nucleus-related phenomena, and succeeded in directly observing NMR signal of phosphorus.

研究分野：磁気共鳴，磁性

キーワード：電子スピン共鳴 核磁気共鳴 二重磁気共鳴 希薄ドーブ半導体 希釈冷凍機 量子計算 動的核偏極
量子コンピュータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近年、磁気共鳴によってスピンの量子的性質を利用した様々なモデルの量子コンピュータが提案されている。その一つである Kane の量子コンピュータモデルは、コヒーレンス時間の長さやスケラビリティの観点から最も実現性の高いものとして注目されている。このモデルでは、シリコン結晶のなかに希薄にドーブされたリン原子核を量子ビットとして用い、0.3 K 以下の超低温・3 テスラ以上の高磁場の条件下での測定が必要とされている。その実現のためには、核スピンの希薄な系における核スピン状態を観測し、その振る舞いをよく知る必要がある。しかし、その希薄さのためにリンの核磁気共鳴(NMR)信号の直接観測に成功した例はなく、スピンの緩和現象等のダイナミクスについての知見は限られている。

これまで我々は、超低温ミリ波電子スピン共鳴(ESR)測定装置を開発し、動的核偏極(DNP)効果によって核スピンの偏極が熱平衡状態の数百倍にもなることを明らかにした。これは、通常の数百分の一の濃度の核スピンから NMR 信号を得られることを意味する。

2. 研究の目的

本研究は、希薄にリンをドーブしたシリコン結晶(Si:P)中の孤立ドナー電子と核スピンについて、0.3 K 以下の超低温かつ 3 テスラ以上の高磁場中で測定可能な、海外共同研究先に構築されている世界最高レベルの高分解能・高感度電子スピン共鳴(ESR)測定装置と、日本の核磁気共鳴(NMR)測定装置を融合することにより、世界に先駆けて超低温・強磁場条件を満たす条件下での磁気共鳴測定を行い、Si:P におけるスピンドイナミクスを明らかにすることを目的とする。希釈冷凍機を用いた超低温・強磁場での電子スピン共鳴(ESR)と核磁気共鳴(NMR)の二重磁気共鳴システムを用いて、動的核偏極(DNP)による核スピン超偏極状態をつくりだし、Si:P からの ^{31}P -NMR 信号を直接測定し、核磁気緩和測定によりダイナミクスを明らかにする。さらに ESR と NMR の両方を同時に行うことによる電子-核スピン状態の操作の実証を目指す。これらの知見は Kane らの提唱した Si:P の核スピンを量子ビットとする磁気共鳴型量子計算機実現のための基礎研究として必須のものである。

3. 研究の方法

上記の目的達成のために必要な高感度・高分解能 ESR 測定システムが、フィンランド・トゥルク大学(以下、滞在先1)に構築されている。このような環境は他に無く、研究代表者らのもつ NMR 技術を滞在先1に組み合わせて、二重磁気共鳴測定を行う。滞在先1の研究者は、本研究に必要な希釈冷凍機ミリ波 ESR 測定システムとその運転を担当する。

また、従来より Si:P 試料を提供している韓国・KAIST(韓国科学技術院)の Soonchil Lee 教授のグループ(以下、滞在先2)と協力し、測定に使用する共振器のために最適な Si:P 試料の形状を検討し、試料を作製する。また、韓国に設置されている W-band(94 GHz)までのパルス ESR 測定装置(最低温度約 3 K)を用いた測定も行うことで相補的なデータを得る。本共同研究に対し、滞在先2の研究者は、試料提供をするとともに量子情報計算に関する情報交換、W-band ESR 測定装置に係る寒剤等を提供する。

なお、当初計画は上記の通りであったが、滞在先1の希釈冷凍機に不具合が生じたことから、特に NMR 部分については日本側で構築した希釈冷凍機 ESR 装置を改良して取り組むことにした。ESR 測定の感度、分解能は滞在先1のものよりは劣るものの、滞在先1の研究者の助言のもと感度改善にとりくみ、NMR 測定に関して下記の成果を得た。ただし、その後、日本側の希釈冷凍機にも不具合が生じたことから、計画は大幅に遅れたため、研究期間を延長した。

4. 研究成果

(1) 二重磁気共鳴測定装置開発

本研究の基課題となった基盤研究(C)(No. 26400331)の成果として、ESR(GHz)と NMR(MHz)の周波数における表皮深さ(Skin depth)の違いを利用した、金薄膜を用いた二重磁気共鳴用共振器の作製を行った。ヘルムホルツコイルを RF コイルとして用い、ミリ波のファブリペロー共振器(FPR)の平面ミラーを薄膜としたタイプ(図1)を滞在先1の共振器にも適用した。

しかし、ヘルムホルツコイルでは充てん率が上げられず NMR 感度に限界があることがわかったため、以下の2つのタイプの共振器を新たに開発した。

① 円筒型共振器

FPR の共振モードでは回折限界のために試料位置においてミリ波の強度分布を絞ることが難しい。そこで、低周波数でよく用いられる円筒型共振器を横向きにして、その円筒型の周りにコイルを巻くタイプを考案し、試作し

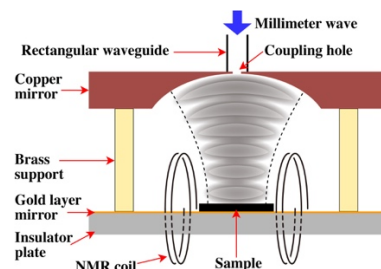


図1 FPRとヘルムホルツコイルを組み合わせた ESR/NMR 二重磁気共鳴用共振器

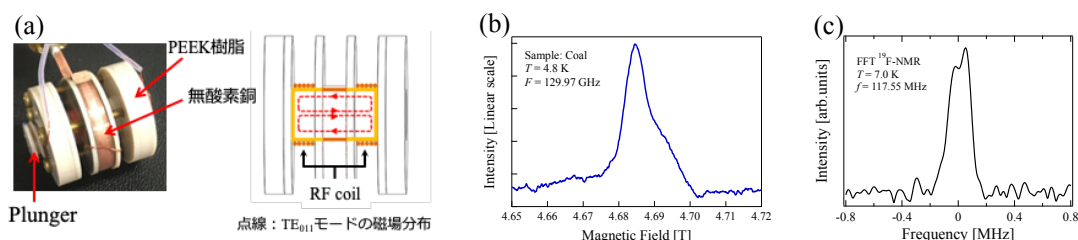


図2 (a) 円筒型二重磁気共鳴測定共振器、および、共振器断面と磁場モード。(b) 円筒型共振器で測定した coal の ESR スペクトル。(c) coal 試料ホルダーとして用いたテフロンでの ^{19}F NMR スペクトル。

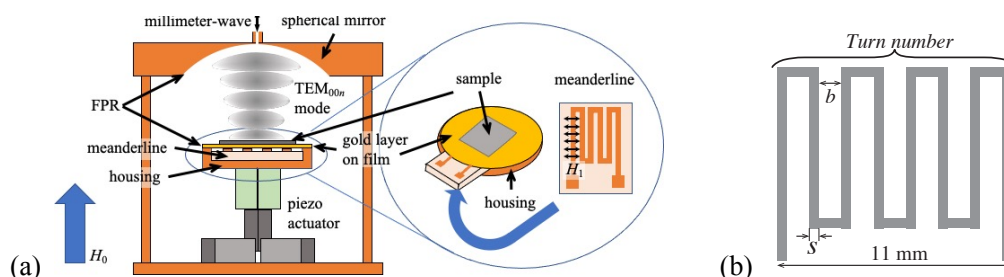


図3 (a) ミリ波 ESR 測定用の球面-平面 Fabry-Perot 共振器の平面ミラーに平面型コイルを組み込んだ二重磁気共鳴測定共振器。(b) 平面型 meanderline NMR コイルの形状。s は導体幅、b はクリアランス。

た。TE モードでは電流が底面と側面の間を流れなくて良いため、底面を可動として共振周波数の調整を可能にすることができる。この共振器内壁をすべて金薄膜で作り、外側 NMR 用コイルを巻くことでラジオ波 (RF) が透過できるようにした (図 2(a))。ESR 測定の標準試料として coal (石炭) を用いて ESR 測定に成功し、試料ホルダーとして用いたテフロンに含まれる ^{19}F の NMR 信号観測にも成功した (図 2(b, c))。金薄膜が厚いときには ESR 測定には有利であるが NMR 測定は難しくなり、金薄膜を薄くするとその逆になる。厚さを最適化することができれば、Si:P 等の ESR/NMR 二重磁気共鳴測定に利用できると考えられる。

② meanderline 平面コイル

シリコンウエハーのような平板状試料には、平面型コイルを用いると充てん率の点から有利と考えられる。そこで、meanderline と呼ばれる蛇状の回路を NMR コイルとして FPR に組み込んだ (図 3)。Meanderline の形状パラメータの最適化をはかるため、導線の幅やクリアランスの異なる meanderline を数十種類、エッチング等により作製し、NMR 測定感度を評価した。その結果、試料厚み 0.2 mm においては、導体幅 s が 0.3 から 0.8 mm 程度するとき、クリアランス b は 0.6 mm 前後が良いことがわかった。また、ヘルムホルツコイルに比べて格段に NMR 測定感度が良いことがわかった (図 4)。

(2) フィンランドにおける ESR 測定

フィンランドの滞在先 1 には研究期間で合計 6 ヶ月以上滞在した。当初の目的通り、現地に NMR 測定装置を構築した。また二重磁気共鳴測定用の共振器を作製した (図 5)。しかし NMR 信号検出には至らず、さらに希釈冷凍機の不具合が発生して研究の遅れが生じたことを鑑みて、現地では ESR 測定から核スピンの情報を得ることに注力した。最低 0.75 K、4.6 テスラという、冒頭で述べた Kane モデルの超低温・高磁場条件を満たす条件下での ESR 測定および電子-核二重共鳴 (ENDOR) 測定を行った成果の概要を以下に挙げる (Phys. Chem. Chem. Phys. (2020) 等)。

・Overhauser 効果 (OE) による DNP により 98% を超える ^{31}P 核偏極を上項の条件で達成した。このときに、Si の自然存在比 4% の同位体で核スピン ($I=1/2$) をもつ ^{29}Si がドナー電子の Bohr 半径

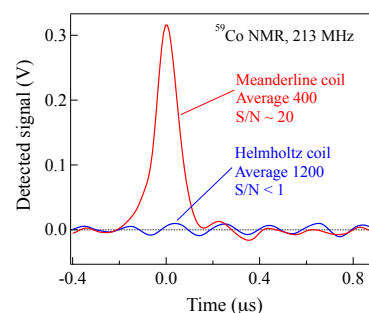


図4 コバルト多結晶体の板 (厚さ 0.26 mm) を試料として、meanderline コイルおよび Helmholtz コイルを用いて得られた ^{59}Co -NMR スピンエコー信号の比較。ゼロ磁場、室温で、測定周波数 213 MHz での測定。

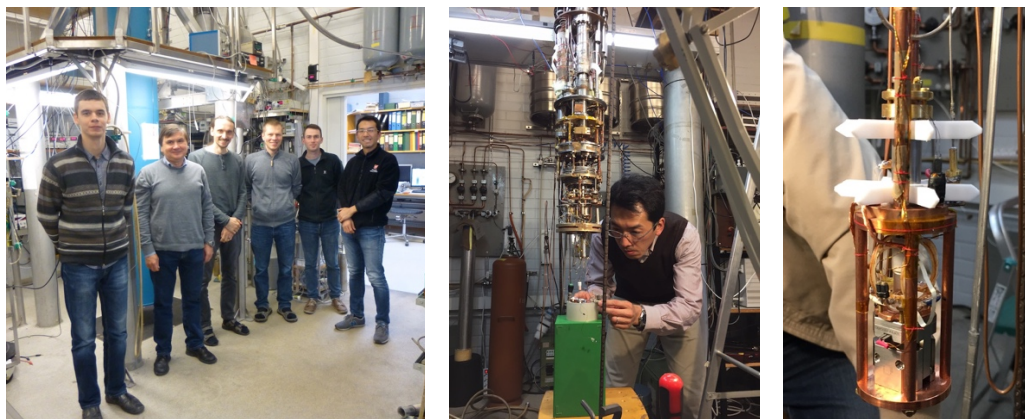


図5 滞在先1における写真。(左) 研究室メンバー。(中) 希釈冷凍機システムのRFラインを代表者が工作中。(右) ヘルムホルツ型コイルを付加した二重磁気共鳴測定用共振器を設置したところ。

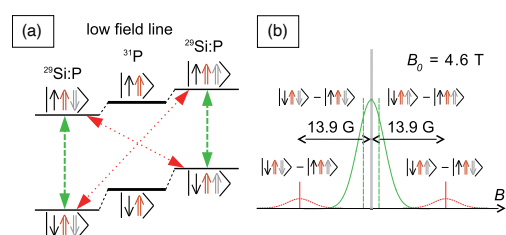


図6 (a) Si:Pにおける ^{31}P 核がスピンup状態でのエネルギー準位は、電子スピンのゼーマンエネルギーによって電子スピンのup/downの2準位に分裂する。さらに ^{29}Si との超微細相互作用によってそれぞれが2つの準位に分裂する。緑色のESR遷移と赤色のSE DNP遷移は準位間エネルギーが異なる。(b) 130 GHz帯では測定されるESR共鳴線と一致するOE DNPの磁場(緑色)とSE DNP遷移の磁場(赤色)が分離される。

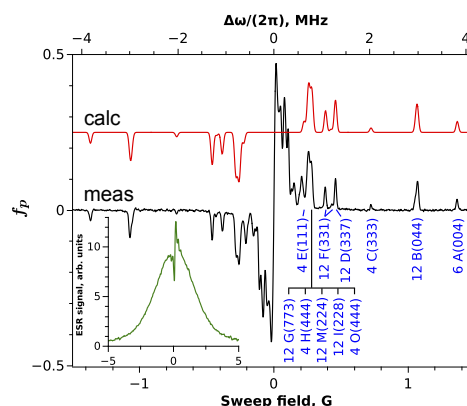


図7 一本のESR線(左下挿図)から得られるSE DNPパターン。それぞれのピークやホールが特定のSiサイトに対応する。これはSi:Asを用いた測定であるが一つの共鳴線内での状態はSi:Pと本質的に同じである。

(約 30 Å) 内にあるために、この核スピンも同時に偏極させており、周波数変調を用いることで効率的にこれらの核スピン状態を「初期化」することができた。さらに、ドナー核スピンの緩和現象が周囲にある ^{29}Si の状態に依存していることを明らかにした。

・ ^{29}Si のENDOR測定に成功した。さらに本研究のような高周波測定ではOE DNPと固体効果(SE)による ^{29}Si のDNP遷移の共鳴磁場が分離されること(図6)を生かして、 ^{29}Si のSE DNPによってサイト分離したスペクトルを得た(図7)。このSEの観測によって結晶内の特定の位置にある核スピンの状態を観測できることを示した。この技術とNMRを組み合わせれば ^{29}Si を用いた量子計算のためのストレージとして用いることが可能になると考えられる。

(3) 韓国におけるESR測定

韓国の滞在先2ではSi:Pの電場印加効果や量子情報への応用の現状と見通しについて議論した。また、SangGap Lee博士の協力によりW-bandパルスESR装置を用いて極低温域までのSi:Pの電子スピン緩和測定を行った(図8)。これまでX-bandなどの低周波域で調べられたデータからの外挿で議論されていたが、本測定で得られた値を用いると定性的には低周波域の議論が成り立っており、Raman過程等の寄与分の微修正が必要であった。これにより、精度の高いスピンドイナミクスの議論ができるようになり、今後さらにほかの磁場での測定を議論する際に有用であろう。あわせて、韓国において行ったミニセミナーの記録を製本し、共有した。

(4) 日本における希釈冷凍機ミリ波ESR/NMR測定装置の開発と測定

① 日本では(1)の取り組みと並行して希釈冷凍機ミリ波ESR測定の感度向上に取り組んだ。テーパー導波管の交換やつなぎ目の地道な改善等を通じて、これまでよりも減衰を最大5 dB低減するとともに、InSb検出器の温度制御や磁場掃引コイルの付加などにより測定精度と分解能の

向上が図られた。これらの改良には滞在先 1 の協力が大変有益であった。

② (1)②で開発した共振器を用いて Si:P の二重磁気共鳴測定を最低 0.2 K まで行った。ESR 励起による DNP については、十分な核偏極を良い再現性で得ることができた。さらに電子-核二重共鳴 (ENDOR) により ^{31}P の ENDOR 信号を得て共鳴周波数を確定し、核偏極の緩和が NMR 周波数の印加により促進されることを用いて、核スピン偏極を 10 分単位で制御することができた (図 9(a))。今後 ESR もパルス化できれば自在に、かつ、短時間でスピン状態を反転させることができると考えられる。さらに、DNP により熱平衡の数百倍の核偏極を得たあとに、パルス NMR によって ^{31}P のスピネコー信号の観測に成功した。研究期間内に二回測定に成功し、二回目には DNP と NMR 測定の繰り返しによる積算も達成した。光励起 DNP による NMR 信号直接観測は例があるが、純粋に磁気共鳴だけでの ^{31}P の DNP-NMR 観測は世界初である。しかし、同軸ケーブル内の絶縁体に含まれるフッ素の NMR 信号がバックグラウンドとなってしまうことが判明したため、これを用いて緩和測定を行うにはシステムをさらに改造する必要がわかった。

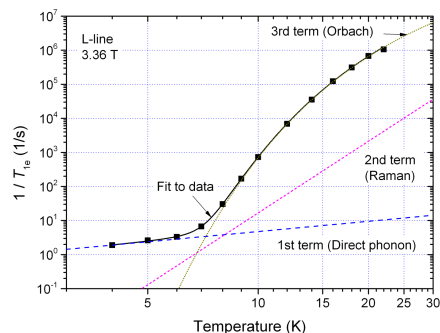


図 8 W-band パルス ESR 装置を用いた電子スピンのスピン-格子緩和率 $1/T_{1e}$ の温度依存性

同軸ケーブル内の絶縁体に含まれるフッ素の NMR 信号がバックグラウンドとなってしまうことが判明したため、これを用いて緩和測定を行うにはシステムをさらに改造する必要がわかった。

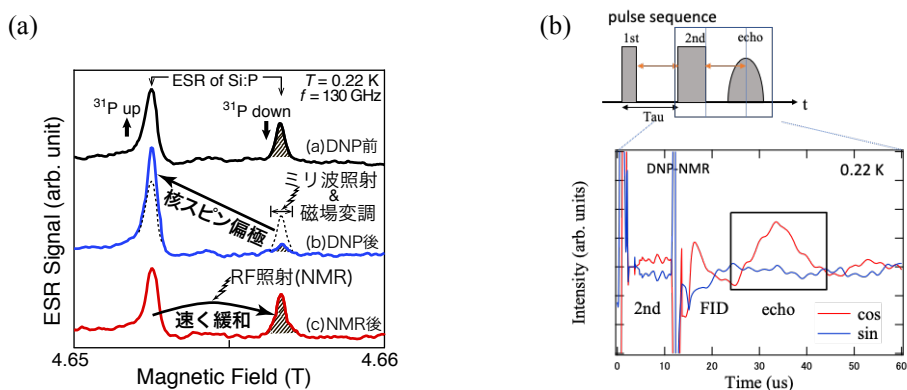


図 9 (a) 超低温高磁場条件下における Si:P の ESR スペクトル。右の共鳴線を励起すると、DNP による 90%を超える偏極により左の共鳴線に強度が偏った。核磁気緩和は通常数時間から数日のオーダーであるが、meaderline コイルを用いて NMR 周波数 139.3 MHz を印加すると回復が促進された。(b) DNP により熱平衡の数百倍の核偏極を得たあと、NMR パルスにより得られた NMR 信号。

以上、本研究は、量子計算機の候補デバイスである希薄ドープ半導体について、要件とされる超低温かつ高磁場の条件下での ESR/NMR 測定を国際共同研究によって行い、量子計算機の実現に必要とされるスピンドYNAMIKSの背景にある物理を明らかにした。これらは本研究の海外滞在先の持つ強みを生かした成果であり、例えば図 7 のような測定は滞在先 1 にある世界最高レベルの高分解能性能をもつ超低温ミリ波 ESR 測定装置によって初めて実現されるものである。また、希薄な ^{31}P の DNP-NMR 信号を磁気共鳴技術だけで世界で初めて観測することに成功した。今後、このような高分解能性を生かして、電場印加効果 (Stark 効果) や少数スピン測定といった、量子計算機の実現に必要とされる技術要素が実証されると期待されるとともに、ESR/NMR 二重磁気共鳴測定が可能な他のスピン系への応用も期待できる。

最後になりましたが、本研究課題において、海外に長期間滞在させていただきにあたりご協力いただいた国内外の関係者各位に感謝申し上げます。長期間の滞在により人的ネットワークだけで無く、この紙面には書き尽くせない多くの実験技術や今後の展開に結びつくアイデアを得ました。今後には生かすべく努力を続けていく所存です。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 J. Jarvinen, D. Zvezdov, J. Ahokas, S. Sheludyakov, L. Lehtonen, S. Vasiliev, L. Vlasenko, Y. Ishikawa, Y. Fujii	4. 巻 22
2. 論文標題 Dynamic nuclear polarization and ESR hole burning in As doped silicon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 10227 ~ 10237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP06859G	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii, Akira Fukuda, Yuta Koizumi, Tsunehiro Omija, Tomoki Oida, Hidetomo Yamamori, Akira Matsubara, Seitaro Mitsudo, Soonchil Lee, Jarno Jarvinen, Sergey Vasiliev	4. 巻 52
2. 論文標題 Development of an ESR/NMR Double-Magnetic-Resonance System for Use at Ultra-low Temperatures and in High Magnetic Fields and Its Use for Measurements of a Si Wafer Lightly Doped with 31P	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 305 ~ 315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00723-021-01309-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Fujii Y., Ishikawa Y., Ohya K., Miura S., Koizumi Y., Fukuda A., Omija T., Mitsudo S., Mizusaki T., Matsubara A., Yamamori H., Komori T., Morimoto K., Kikuchi H.	4. 巻 49
2. 論文標題 Development of Very-Low-Temperature Millimeter-Wave Electron-Spin-Resonance Measurement System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 783 ~ 801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00723-018-1027-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ishikawa Y., Ohya K., Miura S., Fujii Y., Mitsudo S., Mizusaki T., Fukuda A., Matsubara A., Kikuchi H., Asano T., Yamamori H., Lee S., Vasiliev S.	4. 巻 969
2. 論文標題 High-frequency electron-spin-resonance measurements on $Mn_x Mg_{1-x} O$ ($x = 1.0 \times 10^{-4}$) and DPPH at very low temperatures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012111-1 ~ -6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/969/1/012111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 石川裕也, 大矢健太, 藤井裕, 光藤誠太郎, 小泉優太, 三浦俊亮, 水崎隆雄, 菊池彦光, 福田昭, 松原明, 山森英智, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev	4. 巻 27
2. 論文標題 動的核偏極NMR測定のためのミリ波帯超低温磁気共鳴装置の開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本赤外線学会誌	6. 最初と最後の頁 65 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Y. Ishikawa, K. Ohya, Y. Fujii, Y. Koizumi, S. Miura, S. Mitsudo, A. Fukuda, T. Asano, T. Mizusaki, A. Matsubara, H. Kikuchi, H. Yamamori	4. 巻 39
2. 論文標題 Development of a Millimeter-Wave Electron-Spin-Resonance Measurement System for Ultralow Temperatures and Its Application to Measurements of Copper Pyrazine Dinitrate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves	6. 最初と最後の頁 288 ~ 301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10762-017-0460-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Ishikawa, K. Ohya, Y. Fujii, A. Fukuda, S. Miura, S. Mitsudo, H. Yamamori, H. Kikuchi	4. 巻 39
2. 論文標題 Development of Millimeter Wave Fabry-Pe'rot Resonator for Simultaneous Electron-Spin and Nuclear Magnetic Resonance Measurement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves	6. 最初と最後の頁 387 ~ 398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10762-018-0464-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 笈田智輝, 藤井裕, 石川裕也, 光藤誠太郎, 泉小波, 小林英一, 菊池彦光	4. 巻 31
2. 論文標題 遠赤外ESR/NMR二重磁気共鳴測定のための平面型NMRコイルの作製と評価及びその展開	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本赤外線学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishikawa Yuya, Koizumi Yuta, Fujii Yutaka, Oida Tomoki, Fukuda Akira, Lee Soonchil, Kobayashi Eiichi, Kikuchi Hikomitsu, Järvinen Jarno, Vasiliev Sergey, Mitsudo Seitaro	4. 巻 52
2. 論文標題 Millimeter-Wave Band Resonator with Surface Coil for DNP-NMR Measurements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 317 ~ 335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00723-021-01328-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計87件(うち招待講演 3件/うち国際学会 26件)

1. 発表者名 笈田智輝, 藤井裕, 石川裕也, 光藤誠太郎, 泉小波, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 ミリ波二重磁気共鳴測定に向けた平面型NMRコイルの最適化II
3. 学会等名 第七回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井 裕, 石川 裕也, 笈田 智輝, 浅野 貴行, 古谷 峻介
2. 発表標題 S=1/2擬一次元反強磁性体Cu(C4H4N2)(NO3)2のESRスペクトルの極低温域における温度変化
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井 裕, 笈田 智輝, 石川 裕也, 福田 昭, 光藤 誠太郎
2. 発表標題 超低温ミリ波ESR測定装置の感度改善
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笈田智輝, 藤井裕, 石川裕也, 光藤誠太郎, 泉小波, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 ミリ波二重磁気共鳴測定に向けた平面型NMRコイルの最適化II
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川裕也, 林哉汰, 堂野孝暉, 藤井裕
2. 発表標題 DNP-NMR測定に向けた円筒型共振器によるESR測定II
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井 裕, 石川 裕也, 笈田 智輝, 浅野 貴行, 古谷 峻介
2. 発表標題 S=1/2反強磁性鎖モデルcopper pyrazine dinitratelにおける極低温域でのESRスペクトルの温度変化
3. 学会等名 電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笈田智輝, 藤井裕, 石川裕也, 光藤誠太郎, 泉小波, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 ミリ波二重磁気共鳴測定に向けた平面型NMRコイルの最適化II
3. 学会等名 電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoki Oida, Yutaka Fujii, Yuya Ishikawa, Seitaro Mitsudo, Konami Izumi, Eiichi Kobayashi, Shigeo Hara, Hikomitsu Kikuchi
2. 発表標題 Optimization of flat NMR coil for millimeter-wave double magnetic resonance measurements
3. 学会等名 2020 XUT Annual Graduate Conference and International Academic Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笈田智輝, 藤井裕, 石川裕也, 光藤誠太郎, 泉小波, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 遠赤外ESR/NMR二重磁気共鳴測定のための平面型NMRコイルの製作と評価及びその展開
3. 学会等名 日本赤外線学会第29回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笈田智輝, 高橋佑輔, 藤井裕, 石川裕也, 光藤誠太郎, 泉小波, 小林英一, 原茂生, 菊池彦光
2. 発表標題 ESR/NMR二重磁気共鳴のための平面型コイルの最適化II
3. 学会等名 2020年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋佑輔, 笈田智輝, 藤井裕, 石川裕也, 原茂生, 光藤誠太郎
2. 発表標題 シミュレーションによるNMR用平面型meander lineコイルの形状最適化の試み
3. 学会等名 2020年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Seitaro Mitsudo, Yutaka Fujii, Yuya Ishikawa, Kanata Hayashi, Tomoki Oida, Tomonori Sano, Yusuke Takahashi, Akira Fukuda, Jarno Jarvinen, Sergey Vasiliev, Hikomitsu Kikuchi
2. 発表標題 Recent developments in magnetic resonance applications in the far-infrared region in FIR-UF
3. 学会等名 The 8th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yutaka Fujii, Yuya Ishikawa, Tomoki Oida, Yusuke Takahashi, Akira Fukuda, Seitaro Mitsudo, Jarno Jarvinen, Sergey Vasiliev, Soonchil Lee and Hikomitsu Kikuchi
2. 発表標題 Development of a Millimeter-Wave ESR/NMR Double-Magnetic-Resonance Measurement System on 3He-4He Dilution Refrigerator and Its Use for Measurements of Shallow P-Doped Si
3. 学会等名 The 8th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akira Fukuda, Yutaka Fujii, Yuya Ishikawa, Seitaro Mitsudo, Yoshiro Hirayama, Michael B. Santos
2. 発表標題 Development of mmwave resistively-detected electron spin resonance system of two-dimensional electron gas in InSb quantum-well structure
3. 学会等名 The 8th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Ishikawa, Kanata Hayashi, Yutaka Fujii, Takenori Sato, Kazuki Dono, Kenta Ohya, Akira Fukuda, Seitaro Mitsudo, Jarno Jarvinen, Sergey Vasiliev
2. 発表標題 Development of a cylindrical resonator for millimeter-wave band ESR/NMR double magnetic resonance
3. 学会等名 The 8th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jarno Jarvinen, Janne Ahokas, Sergey Vasiliev, Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii
2. 発表標題 Pulsed electron spin resonance spectrometer operating at 130 GHz with application to As doped silicon below 1 K temperatures
3. 学会等名 The 8th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Oida, Yutaka Fujii, Yuya Ishikawa, Seitaro Mitsudo, Konami Izumi, Eiichi Kobayashi, Hikomitsu Kikuchi
2. 発表標題 Optimization and Development of Flat NMR Coil for Millimeter-Wave Double Magnetic Resonance Measurements
3. 学会等名 The 8th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Fujii, T. Oida, T. Omija, T. Oura, Y. Ishikawa, K. Izumi, N. Sakai, K. Taguma
2. 発表標題 Nuclear Magnetic Resonance Study of Single Crystal of Spin-1/2 One-Dimensional Antiferromagnet D-F5PNN under Critical Magnetic Fields
3. 学会等名 The 1st Asian Conference on Molecular Magnetism (ACMM) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii, Takayuki Asano, Tsunehiro Omija, Akira Fukuda, Mizue Asada, Toshikazu Nakamura, Kazuaki Iwasa, Seitaro Mitsudo, Hikomitsu Kikuchi
2. 発表標題 Millimeter-wave ESR measurements of spin-1/2 antiferromagnetic chain $\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2)(\text{NO}_3)_2$
3. 学会等名 The 1st Asian Conference on Molecular Magnetism (ACMM) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井裕, 笈田智輝, 高橋佑輔, 石川裕也, 光藤誠太郎, 福田昭, 泉小波, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 平面型RFコイル開発とそれを用いた超低温ESR/NMR二重磁気共鳴測定
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会 (2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川裕也, 林哉汰, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 原茂生, 藤井裕
2. 発表標題 S=1/2 二次元直方格子反強磁性体Ca ₂ Cu(OH) ₄ [B(OH) ₄] ₂ のX-band ESR測定II
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会 (2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii, Yuta Koizumi, Tsunehiro Omija, Akira Fukuda, Akira Matsubara, Takao Mizusaki, Soonchil Lee, Eiichi Kobayashi, Hikomitsu Kikuchi, Seitaro Mitsudo
2. 発表標題 Development of Meanderline Coils for Millimeter-Wave ESR/NMR Double Magnetic Resonance Measurements of Thin Samples
3. 学会等名 2019ISMAR EUROMAR Joint Conference GDCh FGMR Discussion Meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsunehiro Omija, Yuta Koizumi, Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii, Akira Fukuda, Eiichi Kobayashi, Soonchil Lee, Hikomitsu Kikuchi, Seitaro Mitsudo
2. 発表標題 Development of resonators for low-temperature mm-wave ESR/NMR double magnetic resonance measurements
3. 学会等名 Japan-China Bilateral Symposium on Technology, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Dono, K. Kono, K. Hayashi, Y. Ishikawa, Y. Fujii and S. Mitsudo
2. 発表標題 FID measurements of BDPA radical by using a 154 GHz Gyrotron
3. 学会等名 Japan-China Bilateral Symposium on Technology, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本樹, 笈田智輝, 大見謝恒宙, 大浦拓実, 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 ESR/NMR二重磁気共鳴測定のための平面型コイルの最適化
3. 学会等名 2019年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤文賀, 林哉汰, 堂野壱暉, 石川裕也, 藤井裕, 古屋岳, 光藤誠太郎
2. 発表標題 DNP-NMR測定に向けた円筒型共振器によるESR
3. 学会等名 2019年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大見謝恒宙, 笈田智輝, 石川裕也, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎
2. 発表標題 抵抗検出型の極低温・遠赤外電子スピン共鳴装置の開発
3. 学会等名 日本赤外線学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笈田智輝, 大見謝恒宙, 大浦拓実, 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 遠赤外ESR/NMR二重磁気共鳴測定のための平面型NMRコイルの開発
3. 学会等名 日本赤外線学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大見謝恒宙, 笈田智輝, 石川裕也, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎
2. 発表標題 極低温・ミリ波帯の電気検出型磁気共鳴測定装置の開発
3. 学会等名 第58回電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笈田智輝, 大見謝恒宙, 大浦拓実, 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 ミリ波二重磁気共鳴測定のための平面型NMRコイルの最適化
3. 学会等名 第58回電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 大矢健太, 三浦俊亮, 福田昭, 浅野貴行, 小泉優太, 光藤誠太郎, 水崎隆雄, 松原明, 菊池彦光, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev, 山森英智
2. 発表標題 3He-4He希釈冷凍機を用いたミリ波帯超低温ESR/NMR測定装置の開発
3. 学会等名 日本赤外線学会第83回定例研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎, 浅野貴行, 大見謝恒宙, 堂野孝暉, 福田昭, 水崎隆雄, 松原明, 山森英智, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev, 菊池彦光
2. 発表標題 福井大学におけるミリ波帯磁気共鳴装置開発の取り組みII
3. 学会等名 第六回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 小泉優太, 大見謝恒宙, 笈田智輝, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 超低温における希薄リンドープシリコンの31P動的核偏極核磁気共鳴信号の観測II
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大見謝恒宙, 石川裕也, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎
2. 発表標題 超低温・ミリ波帯の電気検出型磁気共鳴測定装置の開発II
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 小泉優太, 大見謝恒宙, 笈田智輝, 福田昭, 小林英一, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 超低温・高周波領域におけるmeander lineコイルを用いたSi:Pの31P-DNP-NMR測定
3. 学会等名 物性研短期研究会 強磁場コラボラトリーによる強磁場科学の新展開～光科学との融合も視野にいれて～
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笈田智輝, 大見謝恒宙, 橋本樹, 藤井裕, 石川裕也, 光藤誠太郎, 小林英一, 菊池彦光
2. 発表標題 ミリ波二重磁気共鳴測定に向けた平面型NMRコイルの最適化
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会(2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井裕, 大見謝恒宙, 笈田智輝, 石川裕也, 福田昭, 光藤誠太郎
2. 発表標題 抵抗検出型の極低温・高周波磁気共鳴測定装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会(2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川裕也, 堂野亮暉, 林哉汰, 佐藤文賀, 藤井裕
2. 発表標題 DNP-NMR測定に向けた円筒型共振器によるESR測定
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会(2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 光藤 誠太郎, 河野 海志, 堂野 亮暉, 林 哉汰, 石川 裕也, 藤井 裕
2. 発表標題 高出力光源ジャイロトロンを用いたミリ波帯パルスESRシステムの開発
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会(2019年)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井裕, 小泉優太, 石川裕也, 大見謝恒宙, 笈田智輝, 福田昭, 水崎隆雄, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 超低温における希薄リンドーブシリコンの31P動的核偏極核磁気共鳴信号の観測
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会(2019年)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大見謝恒宙, 石川裕也, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 山森英智
2. 発表標題 極低温・ミリ波帯の電気検出型磁気共鳴測定装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会(2019年)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 河野海志, 堂野壱暉, 林哉汰, 藤井裕, 光藤誠太郎
2. 発表標題 希釈BDPAラジカルを用いた154GHzジャイロトロン光源によるパルスESR装置の直交検波システムの開発
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会(2019年)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 光藤 誠太郎, 河野 海志, 堂野 壱暉, 林 哉汰, 石川 裕也, 藤井 裕
2. 発表標題 Application of gyrotron for millimeter wave pulsed ESR measurements
3. 学会等名 The 7th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuru Toda, Yutaka Fujii
2. 発表標題 Discussion of Overhauser effect in terms of the second order non-linear dynamical magnetic susceptibilities
3. 学会等名 The 7th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 La Agusu, 光藤 誠太郎, 石川 裕也, 藤井 裕, Fitriani Ahmar
2. 発表標題 Millimeter Wave Characteristic of Glass with Graphene Impurity
3. 学会等名 The 7th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 小泉優太, 藤井裕, 福田昭, 水崎隆雄, 小林英一, 菊池彦光, 光藤誠太郎
2. 発表標題 Development of a meanderline on Fabry-Pe'rot resonator for ESR/NMR double magnetic resonance measurements
3. 学会等名 The 7th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井裕, 石川裕也, 小泉優太, 大見謝恒宙, 福田昭, 水崎隆雄, 松原明, 浅野貴行, 菊池彦光, 山森英智, 光藤誠太郎
2. 発表標題 Development of a Millimeter-Wave ESR Measurement System for Ultra-Low Temperatures and Its Application to Copper Pyrazine Dinitrate: Possible Temperature Sensor from ESR Spectrum
3. 学会等名 The 7th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Jarno Jarvinen, Denis Zvezdov, Janne Ahokas, Sergey Vasiliev, Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii, Leonid Vlasenko
2. 発表標題	Dynamic nuclear polarization of doped silicon at high fields and low temperatures
3. 学会等名	The 7th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	堂野壱暉, 河野海志, 林哉太, 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎
2. 発表標題	FT-ESR measurements by using a 154 GHz gyrotron as a radiation source
3. 学会等名	The 7th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	藤井裕
2. 発表標題	福井大学におけるミリ波ESR測定装置の開発と測定
3. 学会等名	第13回量子スピン系研究会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	林哉汰, 富永隼人, 堂野壱暉, 大見謝恒宙, 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎, 本田知己, 川崎孝俊, 山森英智
2. 発表標題	極低温ESR測定用周波数可変共振器へ応用を目指したピエゾアクチュエータの調整パラメータの定量化の試み
3. 学会等名	2018年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 河野海志, 堂野孝暉, 石川裕也, 林哉汰, 藤井裕, 光藤誠太郎
2. 発表標題 154GHzジャイロトロン光源を用いた直行検波法パルスESRによるFID測定
3. 学会等名 2018年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 松原明, 水崎隆雄, Soonchil Lee, 小林英一, 菊池彦光, 光藤誠太郎
2. 発表標題 平面コイルを用いた希薄リンドープシリコンの超低温ESR/NMR二重磁気共鳴測定
3. 学会等名 2018年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 大矢健太, 三浦俊亮, 福田昭, 浅野貴行, 小泉優太, 光藤誠太郎, 水崎隆雄, 松原明, 菊池彦光, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev, 山森英智
2. 発表標題 3He-4He希釈冷凍機を用いたミリ波帯超低温ESR/NMR測定装置の開発
3. 学会等名 第57回電子スピンスイェンス学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 松原明, 水崎隆雄, Soonchil Lee, 小林英一, 菊池彦光, 光藤誠太郎
2. 発表標題 平面型コイルを用いたSi:Pのミリ波帯ESR/NMR二重磁気共鳴測定
3. 学会等名 第57回電子スピンスイェンス学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井裕, 石川裕也, 浅野貴行, 小泉優太, 三浦俊亮, 浅田瑞枝, 中村敏和, 光藤誠太郎, 菊池彦光, 岩佐和晃
2. 発表標題 擬一次元反強磁性量子スピン系Cu(C4H4N2)(NO3)2のミリ波ESR測定
3. 学会等名 第57回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野海志, 堂野峯暉, 石川裕也, 林哉太, 藤井裕, 光藤誠太郎
2. 発表標題 直交検波法を用いた154 GHzジャイロトロン光源によるFID測定
3. 学会等名 第57回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Koizumi, Yuya Ishikawa, Kenta Ohya, Shunsuke Miura, Yutaka Fujii, Akira Fukuda, Akira Matsubara, Takao Mizusaki, Soonchil Lee, Eiichi Kobayashi, Hikomitsu Kikuchi, Seitaro Mitsudo
2. 発表標題 Development of Resonators for Millimeter-wave Band ESR/NMR Double Magnetic Resonance Measurements of Thin Samples
3. 学会等名 The third joint conference of the Asia-Pacific EPR/ESR Society and The International EPR (ESR) Society (IES) Symposium (APES-IES2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seitaro Mitsudo, Kenshi Hiiragi, Kaishi Kono, Kazuki Dono, Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii
2. 発表標題 Observation of FID on BDPA by Pulsed ESR Using a Gyrotron as High-Power Millimeter Wave Source
3. 学会等名 2018 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名	Y. Fujii, Y. Ishikawa, Y. Koizumi, T. Omija, K. Ohya, S. Miura, A. Fukuda, S. Mitsudo, H. Yamamori, H. Kikuchi
2. 発表標題	Development of Millimeter-Wave Fabry-Perot Resonator for Simultaneous Electron-Spin and Nuclear-Magnetic Resonance Measurement at Low Temperatures
3. 学会等名	2018 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii, Kenta Ohya, Yuta Koizumi, Shunsuke Miura, Seitaro Mitsudo, Akira Fukuda, Takayuki Asano, Takao Mizusaki, Akira Matsubara, Hikomitsu Kikuchi, Hidetomo Yamamori
2. 発表標題	Development Of Millimeter-Wave Electron-Spin Resonance Measurement Apparatus For Ultralow Temperatures And Its Application To Measurement Of CuPzN
3. 学会等名	2018 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	菊池彦光, 藤井裕, 松尾晶, 金道浩一
2. 発表標題	八二カム格子反強磁性体KNiAsO ₄ の磁氣的性質
3. 学会等名	日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 松原明, 水崎隆雄, S. Lee, 小林英一, 菊池彦光, 光藤誠太郎
2. 発表標題	ENDOR測定に向けた平面型コイルを用いたミリ波帯共振器の開発II
3. 学会等名	日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 石川裕也, 浅野貴行, 浅田瑞枝, 中村敏和, 三浦俊亮, 藤井裕, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 S=1/2擬一次元反強磁性鎖Cu(C4H4N2)(NO3)2の高周波ESR
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎, 浅野貴行, 小泉優太, 河野海志, 大見謝恒宙, 堂野壱暉, 福田昭, 水崎隆雄, 松原明, 山森英智, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev, 菊池彦光
2. 発表標題 福井大学におけるミリ波帯磁気共鳴装置開発の取り組み
3. 学会等名 第五回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 二重磁気共鳴測定のための平面型コイルを用いたミリ波帯共振器の開発
3. 学会等名 第五回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 光藤誠太郎, 山本悠太, 縄手知樹, 西脇拓生, 河野海志, 堂野壱暉, 柊木健志, 石川裕也, 藤井裕
2. 発表標題 Solid State Physics and Material Development Applications By Using Gyrotron Oscillators
3. 学会等名 The 1st Siliwangi International Conference on Innovation in research (SICIR 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Ishikawa, Y. Fujii, K. Ohya, S. Miura, Y. Koizumi, S. Mitsudo, A. Fukuda, T. Mizusaki, H. Kikuchi, T. Asano, A. Matsubara, H. Yamamori, S. Lee, S. Vasiliev
2. 発表標題 Development of mm-wave ESR/NMR Double Magnetic Resonance Measurement System at Very Low Temperatures
3. 学会等名 ISMAR2017 Jointed with Rocky Mountain Conference on Magnetic Resonance on EPR (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Fujii, Y. Ishikawa, T. Asano, S. Miura, K. Ohya, Y. Koizumi, S. Mitsudo, H. Kikuchi, A. Fukuda, A. Matsubara
2. 発表標題 Low temperature ESR measurements of copper pyrazine dinitrate: a possible temperature sensor from ESR spectrum
3. 学会等名 28th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuya Ishikawa, Kenta Ohya, Shunsuke Miura, Yutaka Fujii, Seitaro Mitsudo, Takao Mizusaki, Akira Fukuda, Akira Matsubara, Hikomitsu Kikuchi, Takayuki Asano, Hidetomo Yamamori, Soonciil Lee, Sergey Vasiliev
2. 発表標題 Development of mm-wave ESR/NMR double magnetic resonance system for measurements at very low temperatures
3. 学会等名 28th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 三浦俊亮, 大矢健太, 浅野貴行, 小泉優太, 光藤誠太郎, 福田昭, 水崎隆雄, 菊池彦光, 松原明, 山森英智
2. 発表標題 超低温領域におけるS=1/2擬一次元反強磁性体Cu(C ₄ H ₄ N ₂)(NO ₃) ₂ の高周波ESR
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大矢健太, 三浦俊亮, 石川裕也, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 ミリ波帯ESR/NMR二重磁気共鳴用共振器の開発II
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 NMR用平面型コイルの開発
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三浦俊亮, 大矢健太, 石川裕也, 藤井裕, 菊池彦光, 福田昭, 光藤誠太郎, 戸田充
2. 発表標題 極低温ミリ波帯ESRのためのピエゾアクチュエータの開発
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 三浦俊亮, 大矢健太, 浅野貴行, 小泉優太, 光藤誠太郎, 福田昭, 水崎隆雄, 菊池彦光, 松原明, 山森英智
2. 発表標題 S=1/2 擬一次元鎖反強磁性体 $\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2)(\text{NO}_3)_2$ の超低温高周波ESR
3. 学会等名 第四回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大矢健太, 三浦俊亮, 小泉優太, 石川裕也, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 ESR/NMR二重磁気共鳴に向けたミリ波帯円筒型共振器の開発
3. 学会等名 第四回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三浦俊亮, 大矢健太, 石川裕也, 藤井裕, 菊池彦光, 福田昭, 光藤誠太郎, 戸田充
2. 発表標題 ピエゾアクチュエータを用いた極低温ミリ波帯 ESR 装置の開発
3. 学会等名 第四回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 DNP-NMR 測定に向けた平面型コイルの開発
3. 学会等名 第四回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大矢健太, 三浦俊亮, 小泉優太, 石川裕也, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 DNP-NMRに向けた高周波円筒型共振器の開発
3. 学会等名 第56回電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川裕也, 光藤誠太郎, 藤井裕, 三浦俊亮, 大矢健太, 浅野貴行, 小泉優太, 福田昭, 水崎隆雄, 菊池彦光, 松原明, 山森英智
2. 発表標題 S=1/2擬一次元鎖反強磁性体Cu(C4H4N2)(NO3)2の超低温高周波ESR
3. 学会等名 第56回電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三浦俊亮, 大矢健太, 石川裕也, 藤井裕, 菊池彦光, 福田昭, 光藤誠太郎, 戸田充
2. 発表標題 ピエゾアクチュエータを用いた極低温ミリ波ESR用周波数可変共振器の開発
3. 学会等名 第56回電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 平面型NMRコイルを用いた高周波ESR/NMR二重磁気共鳴用共振器の開発
3. 学会等名 第56回電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大見謝恒宙, 石川裕也, 三浦俊亮, 大矢健太, 光藤誠太郎, 藤井裕
2. 発表標題 希釈冷凍機ミリ波帯ESR測定用Fabry-Perot型共振器の開発
3. 学会等名 2017年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井裕, 光藤誠太郎, 石川裕也
2. 発表標題 福井大学におけるミリ波帯電子スピン共鳴装置の開発と測定
3. 学会等名 第15回赤外放射応用関連学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井裕, 大矢健太, 小泉優太, 石川裕也, 三浦俊亮, 福田昭, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 ミリ波帯ESR/NMR二重磁気共鳴用円筒型共振器の開発
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小泉優太, 石川裕也, 大矢健太, 三浦俊亮, 藤井裕, 福田昭, 松原明, 水崎隆雄, S. Lee, 小林英一, 菊池彦光, 光藤誠太郎
2. 発表標題 ENDOR測定に向けた平面型コイルを用いたミリ波帯共振器の開発
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 三浦俊亮, 大矢健太, 浅野貴行, 小泉優太, 大見謝恒宙, 光藤誠太郎, 福田昭, 水崎隆雄, 松原明, 菊池彦光
2. 発表標題 希釈冷凍機温度におけるS=1/2反強磁性鎖Cu(C4H4N2)(NO3)2の高周波ESR
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

福井大学研究者総覧
<https://r-info.ad.u-fukui.ac.jp/Profiles/30/0002989/profile.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	バシリエフ セルゲイ (VASILIEV Sergey)	フィンランド・トウルク大学・Department of Physics and Astronomy, Wihuri Physical Laboratory・Research Fellow (group head)	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	リー ソンチル (LEE Soonchi I)	韓国・KAIST・Department of Physics・教授	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
その他の研究協力者	石川 裕也 (ISHIKAWA Yuya)		
その他の研究協力者	福田 昭 (FUKUDA Akira)		
その他の研究協力者	笈田 智輝 (OIDA Tomoki)		
その他の研究協力者	大見謝 恒宙 (OMIJA Tsunehiro)		
その他の研究協力者	小泉 優太 (KOIZUMI Yuta)		
その他の研究協力者	大矢 健太 (OHYA Kenta)		
その他の研究協力者	三浦 俊亮 (MIURA Shunsuke)		
その他の研究協力者	光藤 誠太郎 (MITSUDO Seitaro)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
その他の研究協力者	ヤルピネン ヤルノ (Jarvinen Jarno)		
その他の研究協力者	リー サンギャブ (Lee SangGap)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
フィンランド	トゥルク大学			
韓国	KAIST(韓国科学技術院)			