

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05514

研究課題名(和文)量子計算モデルとなる希薄ドープ半導体の超低温・高磁場での磁気共鳴法による研究

研究課題名(英文)Magnetic resonance study of lightly-doped semiconductors as a model for quantum computation at ultra-low temperatures and under high magnetic fields

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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、純良なシリコン結晶へ希薄に不純物原子をドープした半導体中の電子スピンと原子核スピンを用いた量子計算モデル実現の基礎研究として、電子スピン共鳴(ESR)と核磁気共鳴(NMR)によるスピン状態の制御や観測を、量子計算に必要とされる絶対零度にごく近い超低温域かつ数テスラ以上の強磁場において目指すものである。

本研究では、これまでより高感度なESRおよびNMR測定が可能となり、電子・核スピン双方のスピン状態制御操作を可能とした。また、より少数のスピン状態観測のため、半導体特有の光励起を用いた電気検出型磁気共鳴装置も開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

量子計算モデルで必要とされる超低温で使用可能なミリ波帯共振器にNMR用の平面型コイルを組み込むことにより、電子の大きな偏極を原子核に移すことによって量子ビットとなる原子核からのNMR信号を直接観測することに成功した。これによりスピンを支配する物理法則をより詳細に解明することが可能になった。また、ミラー型共振器を用いて従来型のESR測定に加えて抵抗検出型ESR測定も同時に可能になり、さらに少数のスピンの状態を観測するための基本装置ができた。

研究成果の概要(英文)：This research is a fundamental study to realize a quantum computation model using electron and nuclear spins in lightly doped semiconductors. We aim to control and observe the spin states by electron spin resonance (ESR) and nuclear magnetic resonance (NMR) at ultra-low temperatures close to absolute zero and high magnetic fields of several tesla or higher, which are required for quantum calculations.

In this study, we have improved sensitivity of ESR and NMR measurements, and spin-state control manipulation of both electronic and nuclear spins has been made possible. In order to observe a smaller number of spin states, we have also developed an electrically-detected magnetic resonance system using optical excitation, which is unique to semiconductors.

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 平面型NMRコイル 抵抗検出型ESR 希薄ドープ半導体  
シリコン 量子計算機

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 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。しかし、これまでに作製した ESR/NMR 二重磁気共鳴用共振器では NMR 測定のための感度が不足していた。

また、近年では、シリコンのバンドギャップを超えるような波長の光を照射することにより伝導電子(キャリア)を誘起すると、電子とホールとの再結合確率がスピンの向きに依存することを利用して、電気抵抗の変化を ESR スペクトルとして得ることができる電氣的検出磁気共鳴(EDMR)測定により少数スピンの測定が可能になりつつあり、注目されている。二重磁気共鳴測定用共振器開発において NMR 測定感度を優先すると ESR 測定感度が悪化すると予想されること、また、光励起による DNP 効果も報告されており、ESR 励起による DNP よりも簡単かつ短時間で核スピン偏極を起こすことができるとされている。そこで、EDMR 測定技術を利用すれば、ESR と NMR の高感度な測定を両立させるだけでなく、これまでよりも短時間で DNP による核スピン偏極を繰り返し作り出すことも可能になると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究は、シリコン半導体中に希薄にリンをドーブした試料(Si:P)中の孤立ドナー電子と核スピンについて、そのスピンドイナミクスを明らかにすることを目的とする。

(1) DNP-NMR 測定に適した共振器を開発し、希釈冷凍機を用いた超低温においてミリ波 ESR と NMR の高感度な測定を両立させる。

(2) DNP 効果を利用して核スピン超偏極状態(熱平衡状態の数百倍の核磁化)をつくりだし、<sup>31</sup>P の核磁気共鳴を直接測定する。緩和測定等によってスピンドイナミクスを明らかにする。

(3) 電場印加による超微細相互作用の制御(Stark 効果)をめざし、電場印加によるスピンドイナミクスへの影響を明らかにする。

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(1)-(3)に対応して、下記の方法・計画で研究を進めた。

(1) (a)DNP-NMR 測定に適した共振器を開発する。(b) EDMR 測定装置を開発する。

(2) DNP を観測し、DNP-NMR 測定を行う。特にスピン拡散については量子ビット間の情報拡散を意味し、デバイス設計に有用であることから重点的に考察する。

(3) EDMR のための試料作成、試料評価を行い、EDMR 測定を行う。なお、予想以上に試料作成のハードルが高く、研究期間を延長して取り組んだが、さらにコロナ禍において外部の共同利用施設の利用が難しくなったことから、試料作成の指針を得るところまでにとどめた。かわりに、前項の DNP-NMR 測定に注力した。

### 4. 研究成果

#### (1-a) DNP-NMR 用共振器開発

① 円筒型共振器を金属薄膜で形成したタイプ：円筒側面にスリットを入れることで利用したい TE モードのみで共振するように工夫した。共振特性を評価し十分に鋭い共振(高い Q 値)を持つことがわかった。また、母材である樹脂の熱収縮ともなる共振周波数の温度依存性を室温から 2 K まで測定した。最終的に、実際に ESR および NMR それぞれの信号検出に成功した。今後バルク試料に対する二重磁気共鳴測定に利用可能と考えられる。(図 1)

② ファブリペロー型共振器に平面型 NMR コイルを付加したタイプ：シリコンウエハーのような薄い試料に対しては、meanderline と呼ばれる平面型 NMR コイル(図 2)が適していると考え、新たに開発した。その形状を最適化するため、線の太さやクリアランスといったパラメータを変化させて NMR 信号検出感度および最適パルス条件に必要な RF 電力を見積もった。1 年度めには NMR コイルを入れた共振器を用いて、量子計算モデルとなる希薄ドーブ半導体 Si:P を用いて希釈冷凍機において ESR および NMR の両方の信号検出に成功し DNP による核スピン超偏極

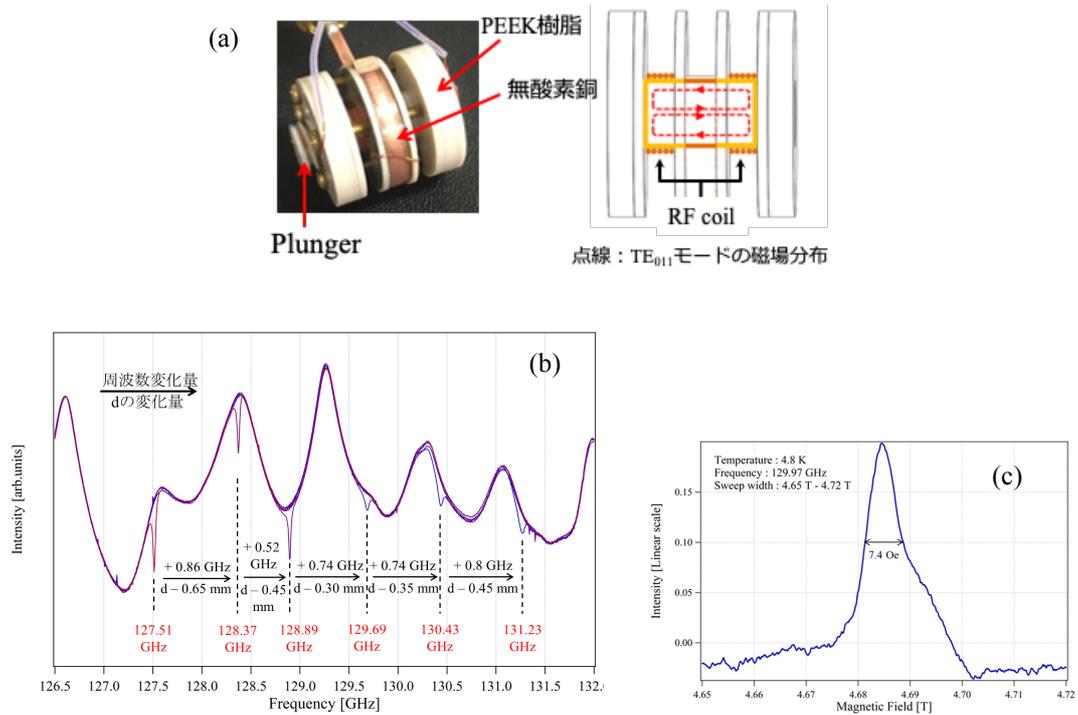


図 1 (a) 円筒型二重磁気共鳴測定共振器、および、共振器断面と磁場モード。(b)Plunder 間距離  $d$  の変化に対する共振周波数の変化。(c) 円筒型共振器で測定した coal の ESR スペクトル。

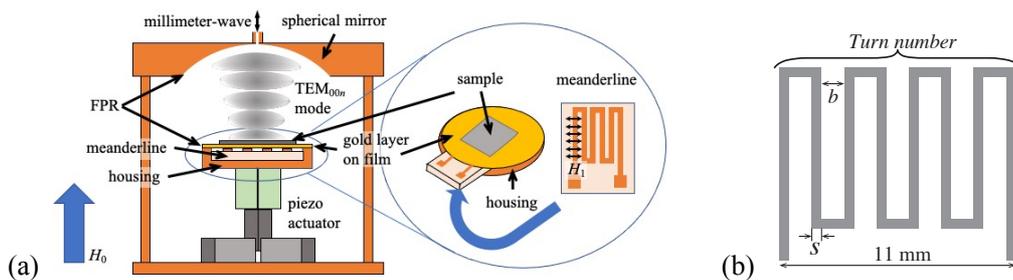


図 2 (a) ミリ波 ESR 測定用の球面-平面 Fabry-Perot 共振器の平面ミラーに平面型コイルを組み込んだ二重磁気共鳴測定共振器。(b) 平面型 meanderline NMR コイルの形状。

状態の実現を確認した。その後、希釈冷凍機のコールドリークが判明し、その修復に時間を要した。並行して、超伝導磁石を磁場均一度の高いものに交換し、さらに内側に常伝導コイルを付加することにより超伝導磁石は永久電流のまま、磁場値をミリガウスの精度で調整できるようにした。また、導波管の接続部の見直しなどの地道な改善により 1~2 桁の感度向上に成功した。

#### (1-b) 電氣的検出磁気共鳴(EDMR)装置開発

本研究は極低温領域で Si:P 試料に対して光による DNP と EDMR 測定が可能な条件を探索するため、極低温 ESR と同時に抵抗測定と光照射を実現する装置を開発した。その概要を説明する。今回開発したのは、希釈冷凍機に入れる前に実証実験を行うために、200~1.5 K での温度調節が可能な  $^4\text{He}$  クライオスタット(Oxford instruments 製 Variable Temperature Insert(VTI))の使用を想定している。その概要図を図 3 に示す。本装置は VTI 外部に位置する「測定・制御機器系」と VTI 内に挿入する「極低温プローブ」により構成される。「測定・制御機器系」はミリ波や光、電気信号、超伝導マグネット等の制御を行う機器類で構成される。「極低温プローブ」(以降プローブと表記する)は真空・極低温環境及び超伝導マグネットの磁場中心に試料と光共振器を設置する役割があり、外の「測定・制御機器系」から試料部までミリ波・光・電気信号を伝達する役割も持つ。

本システムでは光励起用の光源に白色 LED(CREE 社製 XLamp XB-D)を用いた。白色光はプローブに実装した光ファイバー(三菱ケミカル, エスカ CK60)を通して試料部まで伝送、Si:P 試料に照射される。ミリ波光源は AB millimeter 社製の Millimeter-wave Vector Network Analyzer (以降 MVNA と表記する)を使用した。MVNA は光共振器から返ってくる電磁波を検出し、通常の ESR

スペクトルを観測することも可能である。EDMR 測定においては ESR 遷移を飽和させるほどの強度のミリ波を用いるのが一般的であるが、MVNA の出力は数  $\mu\text{W}$  程度の強度しかなく ESR の飽和は難しい。将来的には Gunn 発振器や Active multiplier chain を利用することも考えられるが、極低温での測定を行うには出力がワット級の光源を使うことはできない。そこで効率よくミリ波を Si:P 試料に照射できるように、球面ミラーと平面ミラーを向かい合わせたファブリペロー型共振器を用いた。ファブリペロー型共振器のミラー間距離は piezo アクチュエータにより低温環境下でも調節でき、共振周波数や導波管とのカップリングをチューニング可能である。共振器上部に温度計を設置しており試料部の温度をモニターできる。初期段階では抵抗測定方法として 4 端子抵抗測定を採用した。試料との電気的接触の改善に伴い、抵抗測定法を Van der Pauw 法に変更した。交流電流を用いてロックインディテクタで電流、電圧測定を行う。また、試料の電流・電圧の測定端子を切り替えるために PC で制御可能なリレースイッチユニットを組み込んだ。

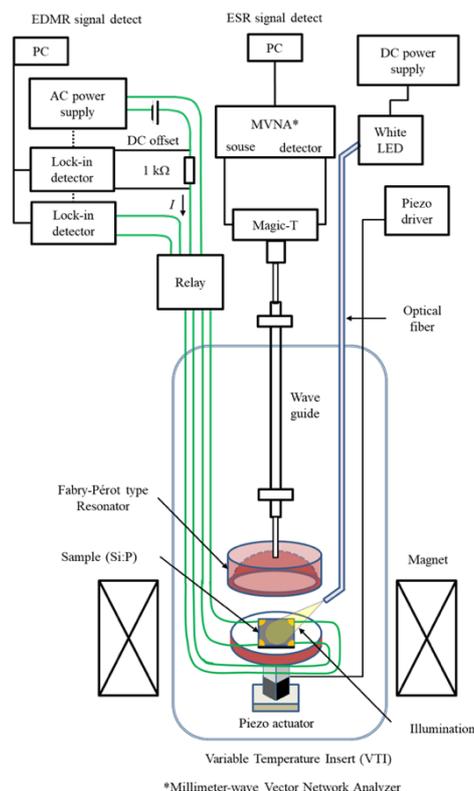


図 3 極低温・ミリ波帯の電気検出磁気共鳴装置の概略図。Van der Pauw 法により Si:P の抵抗を測定する。

(2) 上述(1-a)②の作業の後、2 年目の最後に約 0.3 K において DNP-NMR 信号の直接観測に成功した。さらに、平面型 NMR コイルの高感度化を図るために様々な形状を検討し最適化を図った。あわせて信号積算を可能として、最終年度にもう一度 DNP-NMR 信号観測の再確認に成功した (図 4)。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の DNP-NMR 観測は初である。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。スピンドダイナミクスについては、フィンランドとの国際共同研究により研究を深めることができた (下述)。

(3) (1-b)で製作した EDMR 装置を用いて、MVNA を送受信器とした通常の cw-ESR 測定を確認した (図 5)。さらに光照射による DNP を示唆する結果も得た。この白色 LED 光では通常の ESR 励起による DNP とは逆向きに右側のスペクトルに対応する down スピンが偏極する。

次に Si:P に電極をつけた抵抗測定を行った。電極として金を Si:P 表面にスパッタしただけではショットキー障壁のためにオーミック接触は得られなかったため、金にアンチモンを数%ドーピングした材料(Au:Sb)を用いて電極部分を過剰ドーピングする電極作成を試みた。このとき、Si:P の

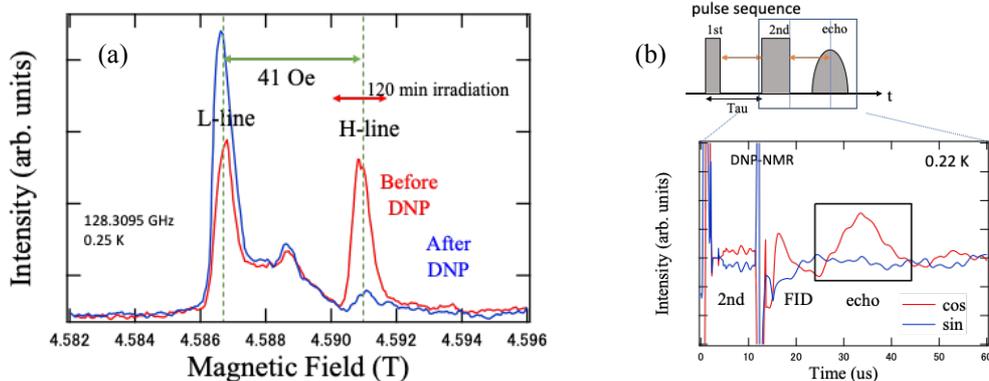


図 4 (a) Si:P の ESR スペクトル。DNP により 90%以上の核偏極を得た。 (b) DNP による偏極のあと、NMR 測定により得られた NMR 信号。

ドーパ量 (今回はおよそ  $10^{17}/\text{cc}$ ) によって事前の表面処理の最適な溶液混合比や時間が異なることから、適切な条件の探索に試行錯誤を要した。結果的に濃硝酸、フッ酸、酢酸の体積比を 3:2:7 で 1~2 分間洗浄したものは良好な結果が得られた。Au:Sb を  $0.1 \mu\text{m}$  蒸着した後、 $400^\circ\text{C}$  で 15 分間、アルゴン(90%)と水素(10%)の混合気体雰囲気中で熱処理した(図 6)。これとは別に、電極としてアルミニウムを用いたものも作製した。これはフェルミ面がシリコンとアルミニウムで近いことからショットキー障壁の影響を低減できると考えたからである。これら 2 種類の電極を用いた電圧-電流特性(VI 特性)測定結果を図 7 に示す。十分にオーミック接触到近い結果が得られた。

これらの試料を用いて、電気抵抗やキャリア密度の測定等を光照射の有無等の各条件下で行った。電気抵抗率の温度変化(図 8)から、約 25 K 以下で正常に測定できていないことがわかった。これは試料抵抗が  $1 \text{ M}\Omega$  を超え、ロックインディテクタ等の検出器の入力インピーダンスに近づいたためと考えられる。測定を目指す数 K 領域

ではさらに抵抗が大きくなることから、電極間距離を狭めて抵抗値を小さくする必要があることがわかった。そのためには電極を共振器のモード内に入れる必要がある。共振器内部に細い電極を入れられるか検討したところ、共振器内部ではミリ波に直線偏光があり、振動磁場方向に電極を合わせることで電極を試料中央近くにも設置可能であることがわかった。紙面の制限から詳細は省くが、このほかに光照射によるキャリア形成の評価、光による温度上昇の影響の評価、ならびに温度上昇を低減するための赤外線フィルタの設置などを行った。今後、微細加工技術を用いて抵抗値を減少させることで EDMR 測定が可能になると考えている。以上、本研究により極低温高磁場 EDMR 測定の準備が整い、今後量子計算機実現のための基礎研究に資するものと期待される。

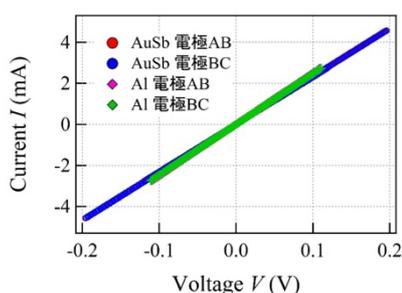


図 7 Au+Sb 及び Al 電極 Si:P 試料の VI 特性。ABCD の記号は試料の電極位置を表し、各電極がオーミックであることを示している。

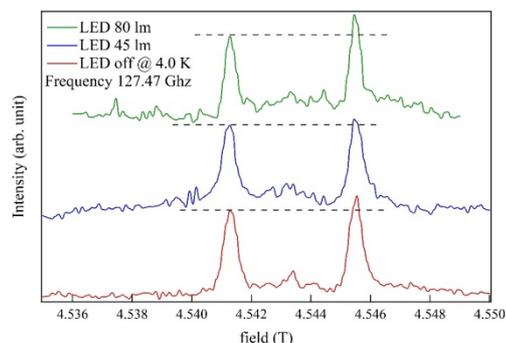


図 5 温度 4.0 K、周波数 127.47 GHz における Si:P の ESR スペクトル。80 lm の照射において右側のピーク強度が増加することから DNP の可能性が示唆される。

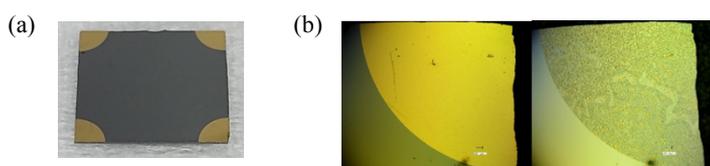


図 6 (a) 金属膜形成後 EDMR 用の寸法に切り出した Si 試料。試料は 12 mm 四方、試料厚み 0.2 mm。電極半径 2.4 mm。(b) Au:Sb を蒸着した直後(左)および熱処理後(右)の電極部のマイクロコップ写真。

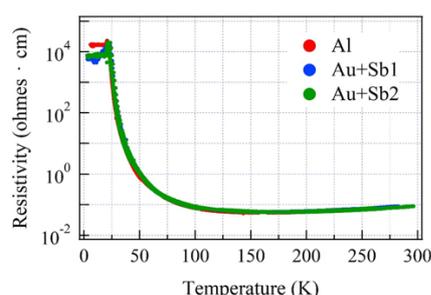


図 8 抵抗率の温度変化。約 25 K 以下で試料抵抗を正確に測定できなくなった。

#### (4) そのほか

本研究では、韓国・KAIST およびフィンランド・トゥルク大学との国際共同研究でもあった。前者はおもに試料提供を通して実験データに関する議論を行った。後者との共同研究として行った超低温ミリ波 ESR 測定から、ドーパント (P または As) に与えられたスピン偏極はドナー電子のボーア半径約  $30 \text{ \AA}$  の中にある数十個の  $^{29}\text{Si}$  (核スピン  $I=1/2$ ) に拡散し、これら全体のスピン状態制御が重要であることを明らかにした。国際共同研究の成果を数編の学術原著論文にまとめた (Phys. Chem. Chem. Phys. (2020), Applied Magn. Reson. (2021) など)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Ishikawa Yuya, Fujii Yutaka, Fukuda Akira, Koizumi Yuta, Omija Tsunehiro, Oida Tomoki, Yamamori Hidetomo, Matsubara Akira, Mitsudo Seitaro, Lee Soonchil, Järvinen Jarno, Vasiliev Sergey	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, J?rvinen Jarno, Vasiliev Sergey, Mitsudo Seitara	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 -

〔学会発表〕 計73件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 19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, 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, 堂野壱暉, 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 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meanderline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 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 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 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 (国際学会)
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 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, 堂野孝暉, 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 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 <sup>31</sup> P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 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 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-Perot 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 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, 堂野耆暉, 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, 堂野耆暉, 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回電子スピンスイェンス学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野海志, 堂野耆暉, 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 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-SpinResonance 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 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(C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> )(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 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, 堂野孝暉, 柁木健志, 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 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

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 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 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 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 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
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
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
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 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 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 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 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 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 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 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 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(C4H4N2)(NO3)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 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, Seitara Mitsudo, Takao Mizusaki, Akira Fukuda, Akira Matsubara, Hikomitsu Kikuchi, Takayuki Asano, Hidetomo Yamamori, Soongiil 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 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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

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

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	福田 昭  (FUKUDA Akira)  (70360633)	兵庫医科大学・医学部・教授    (34519)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	石川 裕也  (ISHIKAWA Yuya)		
研究協力者	大見謝 恒宙  (OMIJA Tsunehiro)		

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
研究協力者	笈田 智輝  (OIDA Tomoki)		
研究協力者	小林 英一  (KOBAYASHI Eiichi)		

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			