

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02809

研究課題名(和文)高温超伝導薄膜を用いたテラヘルツ光センサーアレイの開発

研究課題名(英文) Development of terahertz-wave sensor array with high-temperature superconductor film

研究代表者

有吉 誠一郎 (Ariyoshi, Seiichiro)

豊橋技術科学大学・エレクトロニクス先端融合研究所・准教授

研究者番号：20391849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：電波と光波の境界領域に位置するテラヘルツ波は、高分子材料に対する透過性と高次構造に起因する吸収スペクトルが出現する非電離性の最短波長域である。本研究ではソフトマテリアルの基礎物性研究分野に新たな分析手法を提案し確立すべく、高感度・広帯域・大規模アレイ性能を兼ね備えた検出器を開発した。具体的には、従来の金属系超伝導体に比べて約1桁高い転移温度をもつ銅酸化物系高温超伝導体(YBCO)を導入することで、新たな力学インダクタンス検出器(MKID)アレイを開発し、同時読出し回路を構築して冷却から計測制御に至る自動化を達成した。今後の大規模アレイ化によりイメージング性能の向上や新たな応用展開が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、高温超伝導体を用いた光検出デバイスの新たな可能性を示したものである。本研究成果に基づく大規模なアレイ型デバイスが実現すれば、簡便な液体窒素冷却(77 K)の下、計測時間の飛躍的な短縮や分厚いサンプルへの対応、スペクトル情報とイメージ情報の融合、といった産業界や研究現場からの多種多様な計測対象や目的に応えることが可能になると期待される。

研究成果の概要(英文)：Terahertz waves, located in the gap between radio waves and light waves, is the shortest non-ionizing wavelength region with high transparency and specific absorption spectra for various polymers. In this research, we developed a detector with high sensitivity, broadband and large array capability in order to serve a new analytical tool of soft materials. Specifically, a microwave kinetic inductance detector (MKID) array based on not conventional metal superconductors but a high-temperature superconductor (YBCO) was developed. We also automated the data acquisition system from the cooling through the measurement. The larger format array offers the further improvement of the imaging capability and new application search of various functional polymers.

研究分野：超伝導デバイス、テラヘルツ工学

キーワード：テラヘルツ/赤外材料・素子 超伝導材料・素子 超精密計測 高分子構造・物性

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

## 1. 研究開始当初の背景

電波と光波の境界領域に位置するテラヘルツ波を含む遠赤外～中間赤外領域（周波数 1～30 THz、波長 300～10  $\mu\text{m}$ ）は、物性研究分野において、高分子材料に対する透過性とその高次構造に起因する吸収スペクトルが出現する非電離性の最短波長域であり、適度な空間分解能でX線のような被曝の危険性のないテラヘルツ光透視イメージングは新たな非破壊・非侵襲分析技術として期待されている。しかし、現在の検出器技術は分光とイメージングの同時計測を行うには不十分であり、より高感度かつアレイ化した高性能検出技術の開拓が不可欠である。実際、世界で開発が進められている熱型検出器（ボロメータ）は多層膜の素子構造や複雑な読み出し回路を必要とするため、可視光 CCD カメラのような大規模アレイの実現が困難であるのが実情である。これに対し、量子型検出器である力学インダクタンス検出器 [1]（Microwave Kinetic Inductance Detector、以下 MKID と称す。）は、単層膜で素子作製が可能なことや（時間分割ではなく）周波数分割による多ピクセルの同時読み出しができることから、将来的な大規模アレイ化が容易という利点があり、リアルタイムで多種多様な測定サンプルのテラヘルツ分光イメージングを実現可能なポテンシャルを秘めている。

## 2. 研究の目的

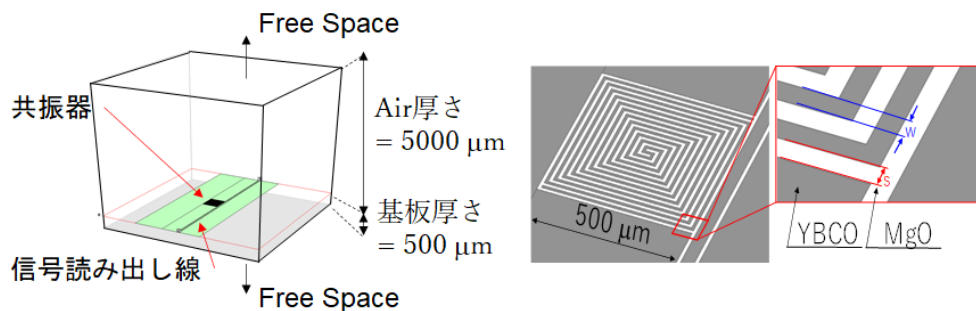
本研究の目的は、高分子材料などのソフトマテリアルの基礎物性研究分野に新たな分析手法を提案し確立すべく、高感度・広帯域・大規模アレイ性能を兼ね備えたテラヘルツ光検出器を創製することにある。具体的には、従来の金属系超伝導体に比べて約 1 桁高い転移温度をもつ銅酸化物系超伝導体  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ （YBCO）を導入することで、液体窒素（77 K）あるいは小型の  $^4\text{He}$  冷凍機で簡便動作が可能な新たな MKID アレイを開発し、同時読み出し回路を構築して冷却から計測制御に至る全自動化を目指した。

## 3. 研究の方法

以下に、検出器の設計、作製、性能評価に分けて述べ、今後の展望で締めくくる。

### (1) 設計の方法

まず、電磁界シミュレータ Sonnet Lite を用い、**図 1** に示す Rewound 型共振器 [2, 3] の解析を行った。MKID モデルは、コプレーナ導波路（YBCO/MgO）の線幅 40  $\mu\text{m}$  の読み出し線と全長 12.24 mm のマイクロ波帯で共振する半波長共振器から構成されている。MKID の線路長を変えることで共振周波数がシフトするため、アレイ化の際には周波数分割多重化読み出しが可能となる。解析条件は、周波数範囲 1～10 GHz、MgO 基板の比誘電率 9.7、基板厚 500  $\mu\text{m}$ 、解析空間サイズ 5000 × 5000  $\mu\text{m}^2$ 、YBCO 薄膜のシートインダクタンス  $L_s = 1.0 \text{ pH/sq}$ 、シート抵抗  $R_s = 4.9 \times 10^{-29} \Omega\text{Hz}^{-2}/\text{sq}$  [4] とした。また、実験環境に即して基板上面は空気、解析空間外との境界面は Free space に設定した。MKID 1 画素の共振器サイズは、線間隔  $s = 10 \mu\text{m}$  固定のもと、500 × 500  $\mu\text{m}^2$ （線幅  $w = 10 \mu\text{m}$ ）、650 × 650  $\mu\text{m}^2$ （ $w = 20 \mu\text{m}$ ）、800 × 800  $\mu\text{m}^2$ （ $w = 40 \mu\text{m}$ ）となった。



**図 1** Rewound 型共振器の解析モデル（左）と 1 画素の拡大（右）

### (2) 作製の方法

次に、YBCO 薄膜を反応性 RF マグネトロンスパッタリング法（**図 2**）により成膜した。基板材料には格子定数と結晶構造が YBCO と比較的近い MgO(100) を用い、全圧 0.1 Torr、Ar+O<sub>2</sub> ガス流量 10 sccm（混合比 1:1）、RF 出力 90 W の条件下、10 mm 角基板上に均一膜を成膜した。また、得られた YBCO 薄膜は、超伝導転移温度 ( $T_c$ ) の測定に加え、X 線回折装置 (XRD) および走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて薄膜表面形状を分析することで多角的に膜質を評価した。その後、フォトリソグラフィ法を用い、フォトレジスト（メルク社製 AZ1500）を塗布した YBCO 薄膜上に MKID パターンを描画した後、Ar イオンミリングにより MKID へと加工した。

### (3) 性能評価の方法

作製した MKID を  $^4\text{He}$  冷凍機に搭載して冷却し、ネットワークアナライザによって共振特性を評価した（**図 3**）。また、共振周波数の温度依存性から力学インダクタンス成分の評価を行った。さらに、MKID に白色可視光を照射し、作製した MKID が電磁波検出器として動作するかを評価した。

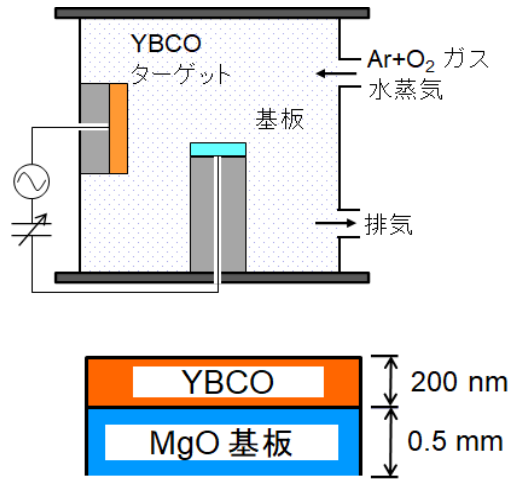


図2 反応性 RF スパッタ装置の概要

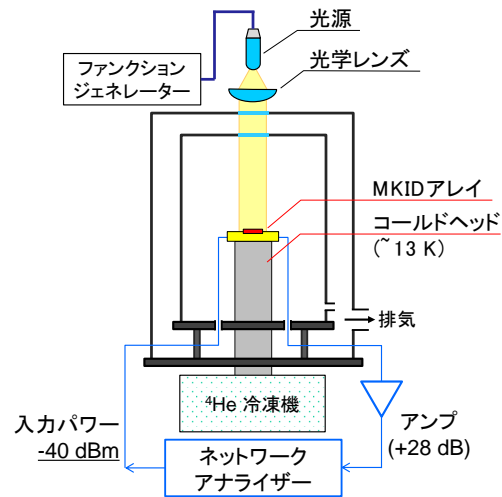


図3 共振特性・光応答特性の測定系

#### 4. 研究成果

##### (1) 設計の結果

上述の解析条件のもと、MKID の線幅  $w$  と線間隔  $s$  をそれぞれ 10、20、40  $\mu\text{m}$  と変化させたときのマイクロ波共振特性を解析した。一例として、図4に共振周波数の  $w$  依存性 ( $s$  固定) を示す。また、図5に共振器の  $w$  に対する負荷  $Q$  値 ( $Q_L$ ) と透過強度 ( $S_{21}$ 、ディップの深さ) を示す。まず、基準とした MKID 形状 ( $w = 10 \mu\text{m}$ 、 $s = 10 \mu\text{m}$ ) の共振周波数は 4.84 GHz、 $Q_L$  は 3780、 $S_{21}$  は -38.3 dB を示した。次に、線間隔を固定 ( $s = 10 \mu\text{m}$ ) のもとで線幅を変化 ( $w = 10 \rightarrow 40 \mu\text{m}$ ) した時の共振周波数は約 10% 高周波側へシフトし (4.84  $\rightarrow$  5.33 GHz)、 $Q_L$  は 0.21 倍、 $S_{21}$  は 1.36 倍となった。一方、線幅を固定 ( $w = 10 \mu\text{m}$ ) のもとで線間隔を変化 ( $s = 10 \rightarrow 40 \mu\text{m}$ ) した時の共振周波数は約 4% 高周波側へシフトし (4.84  $\rightarrow$  5.04 GHz)、 $Q_L$  は 0.16 倍、 $S_{21}$  は 1.42 倍となることがわかった。この周波数のブルーシフトは線幅が増加したことでインダクタンスが減少し、共振周波数 ( $f = 1/(2\pi(LC)^{1/2})$ ) が高くなったことが主要因と考えられる。また、線幅・線間隔が広いほどディップが深く、線幅・線間隔が狭いほど  $Q$  値が大きくなることを定量的に明らかにした。

以上の結果より、MKID の高感度化 (高  $Q$  値) のためにはできるだけ線幅・線間隔を狭くすることが有効であるが、その一方で、実デバイス作製上の制約から描画・加工精度には限界があるため、次項では共振器の線幅・線間隔は 10  $\mu\text{m}$  を主軸として素子作製を進めた。

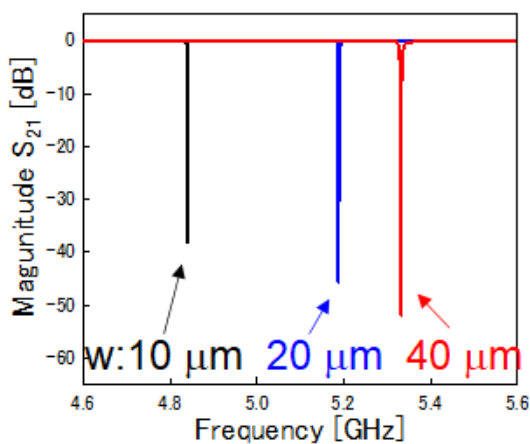


図4 共振周波数の線幅  $w$  依存性 (線間隔  $s = 10 \mu\text{m}$  固定)

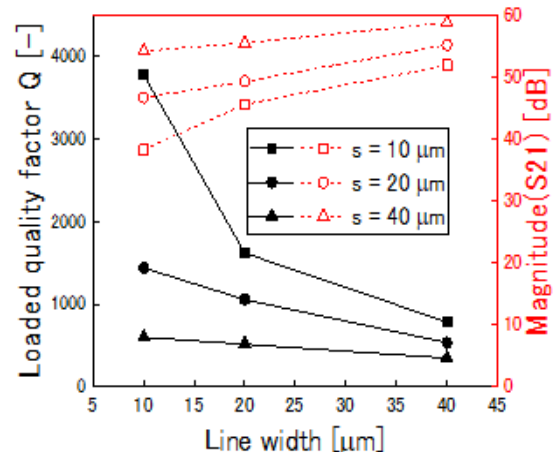


図5 線幅  $w$  に対する負荷  $Q$  値 ( $Q_L$ ) と透過強度 ( $S_{21}$ ) の関係

##### (2) 作製の結果

まず、各種基板上に成膜した 200 nm 厚の YBCO 薄膜を、四端子法を用いて抵抗-温度曲線を取得した結果、特に MgO 基板上での  $T_c$  は 84 K という比較的良好な値を示し (図6)、また、XRD 測定により YBCO 薄膜が強く  $c$  軸配向をしていることがわかった (図7)。一般に、高い  $T_c$  をもつ YBCO 薄膜は  $c$  軸配向することが知られているため、本測定により、良質な YBCO 成膜を形成することができたと考えられる。

図8に作製した MKID アレイおよび各画素の拡大図を示す。アレイは1本のフィードラインと25個の Rewound 型スパイラル共振器で構成される。フィードラインは線幅  $40\ \mu\text{m}$  のコプレーナ導波路で構成され(特性インピーダンス  $50\ \Omega$ )、全共振器の励起と読出しを可能としている。Rewound 型スパイラル共振器は線幅が  $10\ \mu\text{m}$ 、線長が約  $12\ \text{mm}$  であり、MgO 基板上での共振周波数は約  $5\ \text{GHz}$  となる。25個の共振器の線長はそれぞれ  $30\ \mu\text{m}$  ずつ変化させており、共振周波数は約  $14\ \text{MHz}$  ずつ異なる。そのため、異なる周波数の信号として全ての画素から同時に読み出すことができる。フィードラインと各共振器は  $10\ \mu\text{m}$  の間隙を挟んで配置され、容量結合している。共振器の周囲はグラウンドであり、間隙は  $10\ \mu\text{m}$  である。この共振器は広帯域アンテナとして動作するが、YBCO のもつ超伝導エネルギーギャップによって約  $7\ \text{THz}$  以上の周波数の電磁波の検出が期待される。

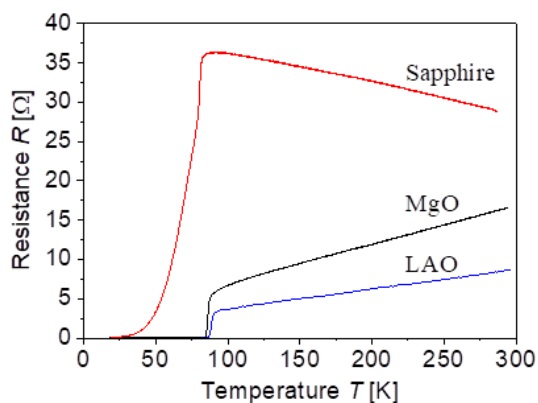


図6 各種基板上に成膜した YBCO 薄膜の抵抗-温度特性

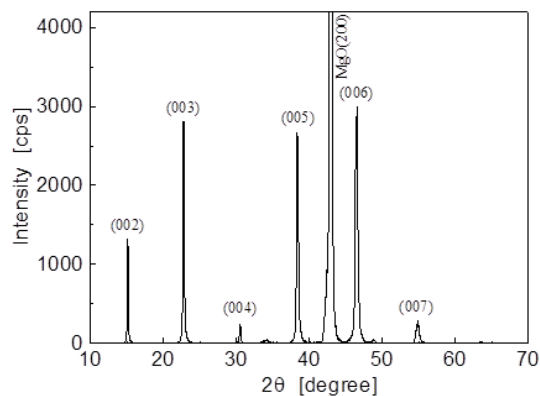


図7 MgO 基板上に成膜した YBCO 薄膜の X 線回折パターン

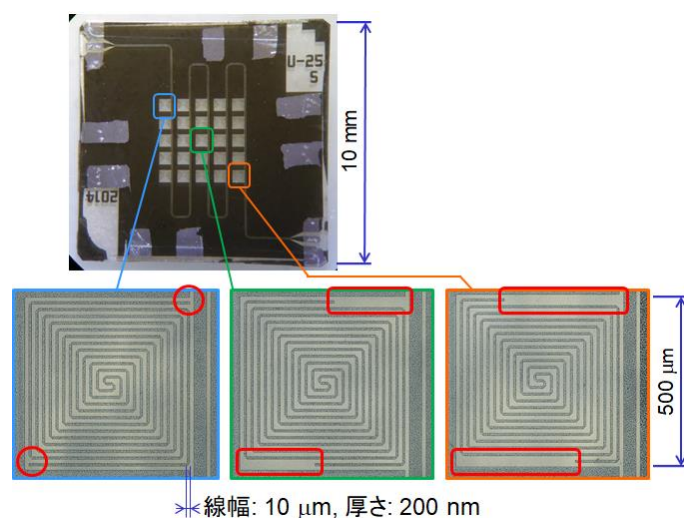


図8 YBCO 製 MKID アレイ (上)、および拡大した各画素の Rewound 型スパイラル共振器 (下)。暗部が YBCO 薄膜、明部は MgO 基板

### (3) 性能評価の結果

#### a) 共振特性評価

作製した MKID アレイをクライオスタット内に設置し  $^4\text{He}$  冷凍機によって  $11\ \text{K}$  まで冷却した。ベクトルネットワークアナライザ (VNA) を用いて、フィードラインの透過係数である  $S_{21}$  を測定することでマイクロ波共振特性を評価した。図9に  $11\ \text{K}$  と  $50\ \text{K}$  での半波長共振特性、図10に負荷  $Q$  値とディップ深さの温度依存性を示す。 $11\ \text{K}$  においては、 $4.8\sim 5.2\ \text{GHz}$  の範囲内に25本の明瞭な共振ディップを確認した。各共振の平均間隔は  $13\ \text{MHz}$ 、標準偏差は  $5.0\ \text{MHz}$  となった。また、平均ディップ深さは約  $10\ \text{dB}$ 、 $Q_L$  は約  $1,200$ 、無負荷  $Q$  値は約  $3,000$  が得られた。その後、動作温度を上昇させると  $50\ \text{K}$  では23本のディップが確認され、 $Q_L$  は約  $700$  となった。 $70\ \text{K}$  では  $Q$  値は低いが13本のディップが識別でき、それ以上の温度ではディップは消失した。 $80\ \text{K}$  を超えるとフィードラインを通過する電力  $|S_{21}|^2$  は半減し、常伝導状態となった。

共振周波数は  $11\sim 50\ \text{K}$  の範囲で低周波数側に約  $170\ \text{MHz}$  シフトした。また、この温度シフトは超伝導体の磁場侵入長との関係式からフィッティングした結果、共振器の力学インダクタンス成分に起因することが確かめられた。

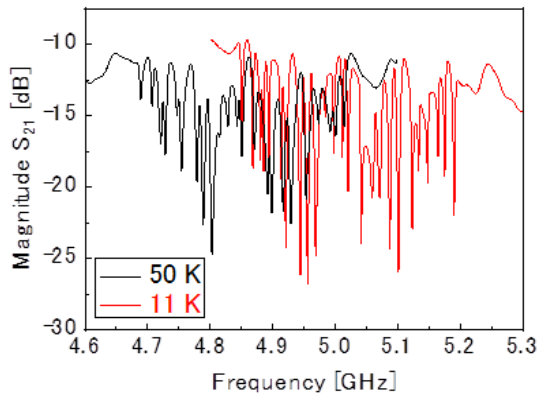


図9 11 K と 50 K での半波長共振特性

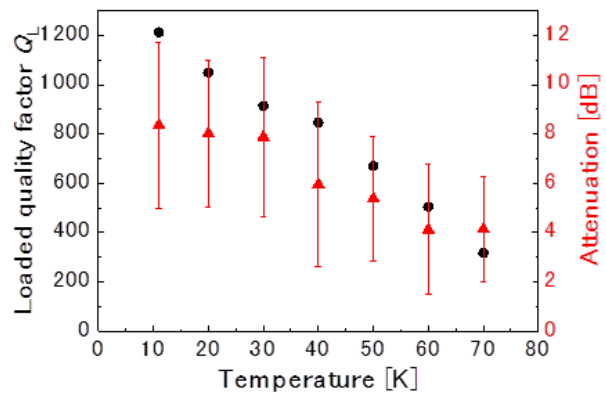


図10 負荷 Q 値とディップ深さの温度依存性

b) 光学応答特性評価

MKID アレイの光学応答特性評価の第一歩として、可視光に対する応答性を評価した。MKID はクライオスタット内に設置して 13 K まで冷却し、数  $\mu\text{W}$  のパワーの白色可視光を照射した。そして、VNA を用いて入射光量に対する応答 ( $d|S_{21}|^2/dP$ ) を測定した。図 11 に光入射に対する応答測定の結果を示す。作製した MKID が可視光に対して応答することを確認し、MKID の  $d|S_{21}|^2/dP$  は  $1.1 \mu\text{W/W}$  となった。また、雑音等価電力 (NEP) は  $10^{-9} \text{W/Hz}^{1/2}$  程度、応答時間は約 30 ms 以下となった。これらの結果は、超伝導材料による限界ではなく、共振器設計や測定系の最適化によって検出性能を向上できると考えられる。

さらに、より高温での動作を目指し、共振が識別できた 13 ~ 70 K までの範囲で光学応答を評価した (図 12)。動作温度が高いほど感度は高くなり、 $d|S_{21}|^2/dP$  は 70 K で  $6.1 \mu\text{W/W}$  と、13 K よりも約 6 倍高い感度が得られた。また、光入射による共振周波数シフトについても、動作温度が高いほどシフト量が大きくなった。これらの結果は、高温域では入射パワーに対する力学インダクタンスの変化が大きくなるためであると推測される。MKID の感度は共振器の Q 値と周波数シフトに依存する。高温域では Q 値は低いが生じたシフト量が大きいため、感度が高くなると推測される。77 K において明瞭な共振を得ることができれば、より高い感度が期待される。

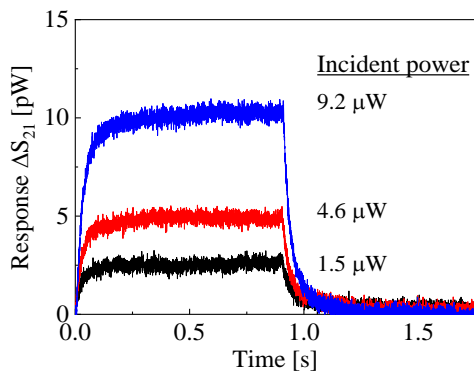


図11 13 K での MKID の光学応答波形

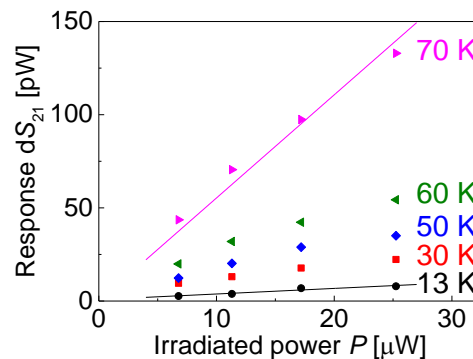


図12 光検出感度の温度依存性

また、MKID アレイの今後の応用展開を視野に入れ、広帯域のテラヘルツ帯フーリエ変換分光器 (JASCO 社製 FARIS-S) を用いて様々な機能性高分子材料の分光研究を推進した。例えば、シアノアクリレート系接着剤やセルロースナノファイバー配合ポリプロピレン、ポリ乳酸には物質固有の吸収スペクトルが多数存在することが判り、新たな劣化分析手法を提案・実証した[5]。

以上のように、液体窒素や小型  $^4\text{He}$  冷凍機による簡便な利用が可能となる高温超伝導 YBCO を用いた MKID アレイを提案し、作製・評価した。電気的特性は 11 K において 25 本の共振ディップを確認し、さらに光学応答特性の評価によって可視光に対する応答を得た。70 K での検出器感度は 13 K よりも約 6 倍高く、77 K ではより高い感度を実現できると期待される。今後、共振器形状や YBCO 薄膜の最適化によってさらなる NEP および動作温度の向上が期待される。

<引用文献>

- [1] P. K. Day et al, *Nature*, **425**, pp.817-821 (2003).
- [2] S. Ariyoshi et al, *Appl. Phys. Exp.* **6** 064103 (2013).
- [3] K. Hayashi et al, *J. Low Temp. Phys.* **507** 042015 (2014).
- [4] J. R. Delayen, et al. *IEEE Transactions on Magnetics* **27**, 1532-1535 (1991).
- [5] S. Ariyoshi et al, *RSC Advances* **10**, 8800-8804 (2020).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 S. Ariyoshi, B. Setyawan, S. Hashimoto, S. Negishi, H. Mikami, N. Hiroshiba	4. 巻 10
2. 論文標題 Non-destructive broadband terahertz spectroscopy for investigating degradation of poly(2-ethylcyanoacrylic) adhesive	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 8800 ~ 8804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9RA08969A	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 S. Negishi, H. Mikami, S. Hashimoto, K. Nakajima, H. Terai, S. Tanaka, S. Ariyoshi	4. 巻 1293
2. 論文標題 Linewidth dependence of NbN-based microwave kinetic inductance detectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012048_1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1293/1/012048	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 K. Hayashi, T. Ueda, R. Ohtani, S. Ariyoshi, S. Tanaka	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study of the HTS Josephson Junction Formed by a Ga Focused Ion Beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 K. Sato, S. Ariyoshi, S. Negishi, S. Hashimoto, H. Mikami, K. Nakajima and S. Tanaka	4. 巻 1054
2. 論文標題 Evaluation of YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> -based microwave kinetic inductance detectors with rewound spiral resonators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conf. Series	6. 最初と最後の頁 012053_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1054/1/012053	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 K. Kobayashi , Y. Sanada , S. Ariyoshi and S. Tanaka	4. 巻 871
2. 論文標題 2D-MPI System using HTS-SQUID	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012077_1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/871/1/012077	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 K. Demachi, S. Kawagoe, S. Ariyoshi and S. Tanaka	4. 巻 871
2. 論文標題 Ultra-Low Field SQUID-NMR using LN2 Cooled Cu Polarizing Field coil	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012076_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/ 871/1/012076	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 S. Tanaka, Y. Narita, T. Ohtani, S. Ariyoshi, and S. Suzuki	4. 巻 27
2. 論文標題 Development of Metallic Contaminant Detection System Using RF High-Tc SQUID With Cu Pickup Coil	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1600304_1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2016.2631424	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 S. Ariyoshi, S. Negishi, H. Mikami, S. Hashimoto, K. Nakajima, H. Terai, S. Tanaka
2. 発表標題 Characterisation of Kinetic Inductance Detectors with NbN Spiral Resonators
3. 学会等名 14th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ueda, K. Hayashi, R. Ohtani, S. Ariyoshi, S. Tanaka
2. 発表標題 Property of HTS Josephson Junction irradiated by Ga Focused Ion Beam
3. 学会等名 10th East Asia Symposium on Superconductor Electronics (EASSE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Hayashi, T. Ueda, R. Ohtani, S. Ariyoshi, S. Tanaka
2. 発表標題 A Study of the HTS Josephson Junction Formed by a Ga Focused Ion Beam
3. 学会等名 32nd International Symposium on Superconductivity (ISS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上 光瑠、林 幹二、飛沢 健、中島 健介、田中 三郎、有吉 誠一郎
2. 発表標題 YBa2Cu3O7- <sub>x</sub> 製MKIDsの線幅・線間隔依存性に関する検討
3. 学会等名 2020年 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Negishi, S. Ariyoshi, S. Hashimoto, H. Mikami, K. Nakajima, H. Terai and S. Tanaka
2. 発表標題 Line width dependence of NbN-based microwave kinetic inductance detectors
3. 学会等名 31th International Superconductivity Symposium (ISS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 根岸 駿、有吉 誠一郎、三上 光瑠、橋本 智、中島 健介、寺井 弘高、田中 三郎
2. 発表標題 NbN製MKIDアレイの線幅依存性に関する検討
3. 学会等名 2018年第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本 智、芝 拓真、田中 三郎、有吉 誠一郎
2. 発表標題 セルロースナノファイバー配合ポリプロピレンの分光特性評価
3. 学会等名 2018年第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 哲平、林 幹二、有吉 誠一郎、田中 三郎
2. 発表標題 高温超伝導膜へのGa-FIB照射によるナノブリッジ作製の検討
3. 学会等名 2018年第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上 光瑠、有吉 誠一郎、田中 三郎
2. 発表標題 Fabrication and Evaluation of YBCO-based Microwave Kinetic Inductance Detectors with S-type Spiral Resonator
3. 学会等名 IEEE AP/MTT-S Nagoya Chapters主催 平成 30年度 学生発表会 “Midland Student Express ”
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Sato, Seiichiro Ariyoshi
2. 発表標題 Evaluation of YBa2Cu3O7-based microwave kinetic inductance detectors with rewound spiral resonators
3. 学会等名 30th International Symposium on Superconductivity (ISS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Seiichiro Ariyoshi
2. 発表標題 Development of Microwave Kinetic Inductance Detectors with YBCO Spiral Resonators
3. 学会等名 13th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 有吉 誠一郎
2. 発表標題 低温・高温超伝導薄膜を用いたテラヘルツ帯MKIDアレイの開発
3. 学会等名 日本学術振興会 超伝導エレクトロニクス第146委員会 第96回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋本 智、有吉 誠一郎
2. 発表標題 Development of Microwave Kinetic Inductance Detectors using NbTiN thin films
3. 学会等名 IEEE AP/MTT-S Nagoya Chapters主催 平成29年度 学生発表会 “Midland Student Express”
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 根岸 駿、有吉 誠一郎
2. 発表標題 Design and Analysis of NbN-based Microwave Kinetic Inductance Detectors
3. 学会等名 IEEE AP/MTT-S Nagoya Chapters主催 平成29年度 学生発表会 “Midland Student Express ”
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端融合研究所 (EIRIS) 光センシング応用研究室  <a href="https://chem.tut.ac.jp/terahertz/">https://chem.tut.ac.jp/terahertz/</a>  M2根岸駿、ISS2018 Best Poster Presentation Award を受賞  <a href="https://www.tut.ac.jp/news/190110-11525.html">https://www.tut.ac.jp/news/190110-11525.html</a>  豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 光センシング応用研究室  <a href="http://ens.tut.ac.jp/terahertz/">http://ens.tut.ac.jp/terahertz/</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	田中 三郎  (Tanaka Saburo)  (10271602)	豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授    (13904)	
研究協力者	中島 健介  (Nakajima Kensuke)  (70198084)	山形大学・理工学研究科・教授    (11501)	
研究協力者	廣芝 伸哉  (Hiroshiba Nobuya)  (40635190)	舞鶴工業高等専門学校・電気情報工学科・准教授    (54301)	