

補助事業番号 2024M-416
補助事業名 2024年度 マイクロ波方式無線電力伝送のための低損失・高耐電力-
超伝導マイクロ波デバイスの開発 補助事業
補助事業者名 山梨大学 作間 啓太

1 研究の概要

持続可能な社会実現における課題「再生可能エネルギーの利用」「災害による死者・被災者の大幅な削減」の解決策の1つとして、宇宙太陽光発電や災害時電力伝送システムが期待されている。これらのシステムで使用されるマイクロ波方式無線電力伝送(MW-WPT)は、電力伝送効率が非常に低いため伝送効率向上が望まれている。高効率MW-WPTにはMWデバイス(フィルタ・アンテナ)の低損失化と高耐電力化が必要であるが、銅では困難を極めている。そこで、飛躍的な低損失化と高耐電力化が可能な超伝導MWデバイスの開発が必須である。

2 研究の目的と背景

超伝導体は低損失で、大電力を投入できるため、従来技術(銅)では実現出来ない飛躍的に低損失で高耐電力なMWデバイスの実現が可能であり、世界的に困難を極めているMW-WPTの効率改善が期待できる。本事業では、超伝導材料・MWデバイス構造の両面から低損失化および高耐電力化を試み、MW-WPTの高効率化に向けて低損失・高耐電力-超伝導MWデバイスの開発に挑む。

3 研究内容

本研究の課題はフィルタの低損失化および高耐電力化である。そのため、以下の3点を行った。<https://sakuma-lab.yamanashi.ac.jp/jka/>

① 1. A: REBCO薄膜の改善

表面抵抗値は表面が荒い(凸凹、析出物など)と増加することが知られている。そこで、析出物の少ないREBCO薄膜の作製を行った。析出物の少ないREBCO薄膜は多いREBCO薄膜と比べて表面抵抗値が低いことがわかった。加えて、Ceraco社製市販REBCO薄膜よりも表面抵抗値は低く、77 Kで4.1 m(21 GHz)を示した。

② 1. B: 共振器構造の改善

従来構造の半端長共振器ではなく、共振器が引き伸ばされたような構造である一波長共振器とすることにより、端部に集中する電流が低減することがわかった。これは、共振器が引き伸ばされ電流集中部分が大きくなったためだと考えられる。一波長共振器構造では、耐電力が1.3倍程度の向上が期待できることがわかった。

③ 2: 高耐電力フィルタの開発

フィルタへの加工時に超伝導特性が劣化することが分かり、この原因は、REBCO薄膜から酸素が欠損しているためだと考えられる。そこで、フィルタへの加工後に酸素アニールを行い、酸素を導入することとした。

従来の酸素アニール条件よりも、長時間・高酸素雰囲気とすることにより、酸素欠損が修復されることがわかった。しかし、1. Aで得られたREBCO薄膜よりも特性が低いため、高耐電力フィルタには、さらなる酸素アニール条件の最適化が重要であることが明らかになった。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業により、マイクロ波帯において低損失なREBCO薄膜の作製が可能であることがわかり、超伝導マイクロ波デバイスへの応用が期待できる。加えて、アキシオン検出器に使用される空洞共振器への応用も可能であり、基礎物理への貢献も期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本事業者は、10年以上にわたり超伝導薄膜(金属系、銅酸化物系)の研究を行ってきた。特に、銅酸化物高温超伝導薄膜の超伝導特性の向上では、歪制御技術を用いた超伝導転移温度の向上やアニール技術を用いた臨界電流密度の向上に成功し、超伝導特性の向上についての様々な技術を確立してきた。また、近年、高周波デバイスの研究を開始し、低損失、つまり、低表面抵抗の超伝導薄膜が作製できれば、超伝導高周波デバイスに応用できると考え、本事業に挑戦した。

本事業成果は、宇宙太陽光発電だけではなく、アキシオン検出器やNMR用ピックアップコイルなど広範な分野に貢献できると考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

K. Sakuma, R. Yamashita, A. Saito, and N. Sekiya “Enhancement of the in-field critical current density and surface resistance of trifluoroacetate metal organic deposition derived large-size REBa₂Cu₃O_y thin film by doping BaMO₃ nano particles.” ASC 2025

R. Yamashita, N. Sekiya, and K. Sakuma, “Preparation of Trifluoroacetate Metal Organic Deposition Derived Double-sided REBa₂Cu₃O_y Thin Film With High-Superconducting Properties For High-Frequency Devices.” ASC 2025

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの
なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学工学部（ヤマナシダイガクコウガクブ）

住 所： 〒400-8511

山梨県甲府市武田4-3-11

担 当 者： 役職名 助教 作間 啓太（サクマケイタ）

担 当 部 署： 電気電子工学科（デンキデンシコウガッカ）

E - m a i l： 山梨県甲府市武田4-3-11

U R L： <https://sakuma-lab.yamanashi.ac.jp>

<https://sakuma-lab.yamanashi.ac.jp/jka/>