補助事業番号　2022M-211
補 助 事 業 名　2022年度 電波天文のための広帯域超伝導マルチバンドフィルタの開発 補助事業
補助事業者名　山梨大学 大学院総合研究部 工学域 鬮谷研究室 鬮谷尚人

1 研究の概要

本研究では超伝導ペンタバンド帯域通過フィルタ(PB-BPF)の開発に取り組んだ. PB-BPFは設計自由度を高めるためにシングルバンド帯域通過フィルタ(SBPF)を5つ並列に接続することで実現した. 特に設計パラメータである外部結合は給電線に複数の突起をつけることで, 電流分布の周期を短くすることで各SBPFの間隔を小さく配置できるようにし, それによって, PB-BPFの大幅な小型化に成功した. また, 提案した給電線構造は電界結合のみならず磁界結合に対しても結合を強める働きをすることを明らかにした. 作製した超伝導PB-BPFは設計結果とよく一致しており, 提案した設計方法の有用性を明らかにした.

2 研究の目的と背景

電波天文では宇宙からの微弱な電波を広帯域で受信する必要があるが, 携帯電話や衛星通信に使用する帯域が多くあるため, 連続した広帯域を一括して受信することが困難である. これに対して, 空いている帯域を束ねて使用することで広帯域化を図る方法が提案され, それを実現するためには複数の帯域を持ち, なおかつ低損失で急峻な遮断特性を実現できる超伝導マルチバンド帯域通過フィルタの開発が求められている.

そこで, 国立天文台の電波環境に合わせた5つの帯域を持つ超伝導ペンタバンド帯域通過フィルタ(PB-BPF)を開発し, 電波天文への応用の可能性を探る.

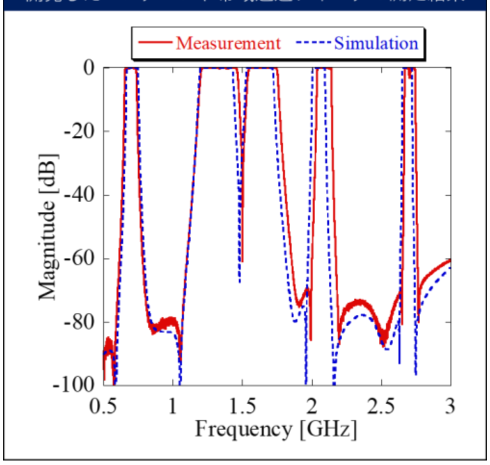
3 研究内容

(1)超伝導ペンタバンド帯域通過フィルタ(PB-BPF)の開発
(https://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~nsekiya/research.html)

本研究の課題は設計自由度の高い5つのシングルバンド帯域通過フィルタ(SBPF)を並列に並べた超伝導PB-BPFを限られた基板内に収められるように給電線の電流分布の周期を調整する方法を開発することである.

給電線の電流分布の周期は給電線に複数の突起を付加し, その突起の長さと間隔を変えることで調整できることを見出し, 電流分布の周期を短くすることで, 各SBPFの間隔も狭く配置できるようになり, 所望の基板内に収めることに成功した. また, 電流分布の周期が短くなると電流集中が強まり, 外部結合(給電線と共振器との結合)が大きくなることも見出した. これにより, 設計できる比帯域幅の範囲が増加し, 設計自由度の改善につながった. この設計方法をもとに作製したPB-BPFの測定結果はシミュレーション結果とよく一

開発したペンタバンド帯域通過フィルタの測定結果



致しており，提案設計手法の有用性を明らかにするとともに，超伝導PB-BPFの開発に成功した．

4　本研究が実社会にどう活かされるか―展望

本研究は宇宙磁場を観測する受信機に使用することを目指して超伝導フィルタを開発しており，超伝導フィルタが受信機に採用されて宇宙磁場が観測できれば宇宙磁場の起源と進化の解明のブレイクスルーとなりうる．

また，携帯電話などの移動体通信の高速・大容量化には複数の帯域を束ねて通信を行うキャリアアグリゲーション技術が用いられており，本研究で開発した超伝導フィルタは移動体通信基地局用途への利用も期待される．

5　教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本補助事業者は15年以上にわたり超伝導フィルタの研究に従事してきた．超伝導フィルタの実用化には設計仕様を確実に満たすために，フィルタの設計技術は当然のことながら，超伝導体をフィルタ形状に精度よく加工する技術も非常に重要となる．本補助事業者は近年，JAXA深宇宙探査用新アンテナの受信機用超伝導フィルタの実用化に成功し，超伝導フィルタの設計，作製技術を確立してきた．一方，電波天文分野では近年，超伝導フィルタが適用しやすいマイクロ波帯を利用する観測が注目されるようになり，電波天文用超伝導フィルタの必要性が高まっていた．したがって，本補助事業者が持つ超伝導フィルタの設計，作製技術を用いて電波天文用超伝導フィルタが開発できれば，電波天文分野に大きく貢献できると考え本事業に挑戦した．

6　本研究にかかわる知財・発表論文等

①良知颯太，作間啓太，**<u>關谷尚人</u>**，赤堀卓也"広帯域電波天文受信機のための超伝導ペンタバンド帯域通過フィルタの開発，" 日本天文学会春季年会, V103a, 2023年3月13日 (ハイブリッド発表会)

②良知颯太，作間啓太，赤堀卓也，**<u>關谷尚人</u>**，"UHF帯における電波天文受信機のための広帯域超伝導ペンタバンド帯域通過フィルタ，"電子情報通信学会マイクロ波研究会，2022年12月15日（ハイブリッド発表会），信学技報, vol. 122, no. 313, MW2022-131, pp. 1-6, 2022年12月15日　**<u>マイクロ波研究会学生研究優秀発表賞</u>**

③S. Rachi, K. Sakuma, T. Akahori, **<u>N. Sekiya</u>**, "Development of HTS quint-band bandpass filter for wideband radio astronomy receiver," Applied Superconductivity Conference 2022(ASC 2022), 4EPo1C-10, Oct. 23-28, 2022

7　補助事業に係る成果物

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（半角）

　　　　　　　　山梨県甲府市武田4-3-11

担　当　者：　准教授　關谷　尚人（セキヤ　ナオト）

担 当 部 署：　電気電子工学科（デンキデンシコウガッカ）

Ｅ－ｍａｉｌ：　nsekiya@yamanashi.ac.jp

Ｕ　Ｒ　Ｌ：　https://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~nsekiya/