

次世代移動体通信基地局用超伝導デュアルバンド帯域通過フィルタの研究開発 (135103104)

Development of superconducting dual-band filter for next generation cellular base station

研究代表者

關谷 尚人 山梨大学

Naoto Sekiya University of Yamanashi

研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

概要

高速・大容量通信と周波数資源の有効利用を同時に実現するために、最高性能（小型、低損失、急峻な遮断特性を有する）8段超伝導デュアルバンド帯域通過フィルタ（DBPF）の開発と複数のチャンネルに対応することができる低損失と急峻な遮断特性を有するチューナブル超伝導 DBPF の開発を行った。どちらも、設計目標を満たす良好な特性を実現し、実用化の可能性を示した。

1. まえがき

近年、ネットワーク容量の逼迫と周波数資源の逼迫が大きな問題となっており、高速・大容量通信と周波数の効率的利用を同時に実現可能な高性能（低損失、高度な周波数選択性を有する）移動体通信基地局用フィルタの開発が求められている。

高速・大容量通信は図 1 に示すようにキャリアアグリゲーションによって実現できることから、二つの帯域の信号を同時に通過させることができるデュアルバンド帯域通過フィルタ（DBPF）の開発が求められている。しかし、銅などの常伝導体ではこれ以上損失を低減することができないため、高性能 DBPF の実現が困難であった。これを一変する方法として、超伝導体の利用が期待される。超伝導体は常伝導金属と比較して 2～3 桁以上表面抵抗が低いため、従来では実現できない低損失と急峻なスカート特性の両立が可能となる。したがって、図 1 に示すように隣接帯域信号の電波干渉を軽減しガードバンドを最小限にすることで周波数の効率的利用が可能となる。

そこで、フェーズ I では周波数の共同利用と周波数の効率的利用を同時に実現する超伝導 DBPF の研究開発を行う。

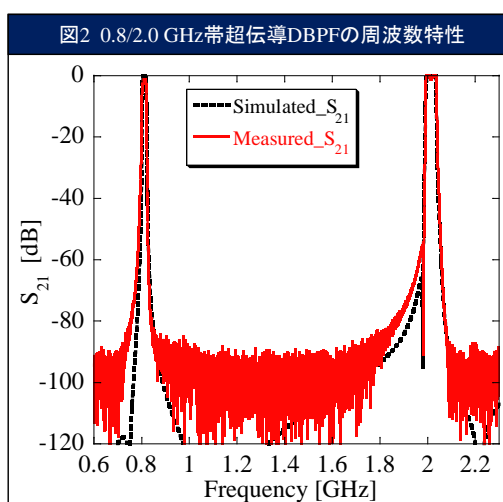
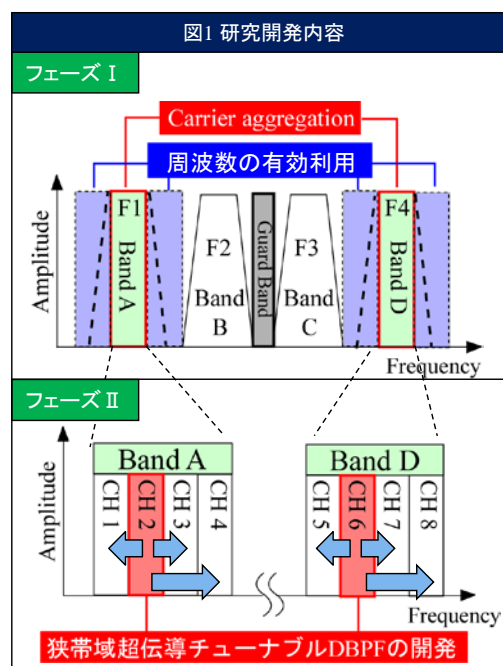
フェーズ II（図 1）では例えば二つのバンド（Band A, Band D）帯域内の各チャンネルで周波数の共同利用を想定して狭帯域超伝導 DBPF を開発する。また、地域によって違う周波数チャンネルを使用する場合、フィルタ設計・作製の観点から同一のフィルタレイアウトで二つのバンド帯域内のすべてのチャンネルに対応できることが望ましい。

そこで、二つの帯域で中心周波数を完全に独立調整可能な超伝導チューナブル DBPF の開発を目指す。

2. 研究開発内容及び成果

フェーズ I 目的：最高性能（小型、低損失、急峻な遮断特性を有する）0.8/2.0 GHz 帯超伝導 8 段 DBPF の開発

DBPF の特徴は二つの帯域の共振器を一つのデュアルバンド共振器を用いて実現することであり、それによって、フィルタ全体のサイズを小型に構成できるメリットを有する。しかし、デュアルバンド共振器は二つの帯域で共振器を共用しているため、設計パラメータを個別に調整する必要があり、特に多段化設計では多段化すればするほど調整する設計パラメータが増加し、そのすべての設計パラメータが設計値を満たさなければ良好な周波数特性を実現できない問題があった。これに対して我々は多段化設計が容易に行える共振器構造及び設計パラメータの個別調



整法を新しく提案し、予備実験として 4 段 DBPF で提案手法の有効性を確認した。その後、同手法を 8 段 DBPF の設計に適用し、図 2 に示す良好な周波数特性を実現した。低周波側の挿入損失が構造上、従来の超伝導フィルタより多少大きくなってしまったが、これまで報告されている DBPF で最も小型で急峻な遮断特性を有する DBPF を実

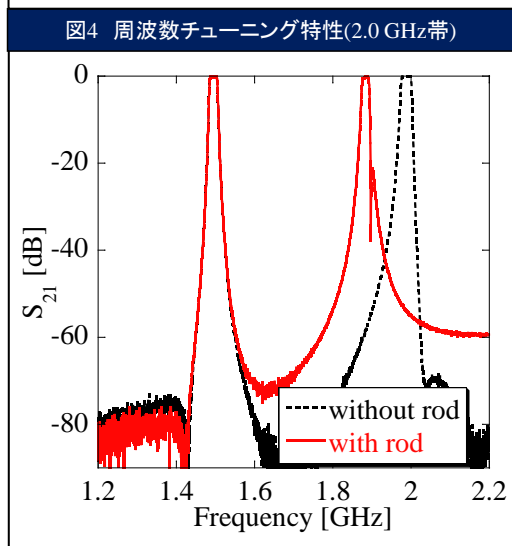
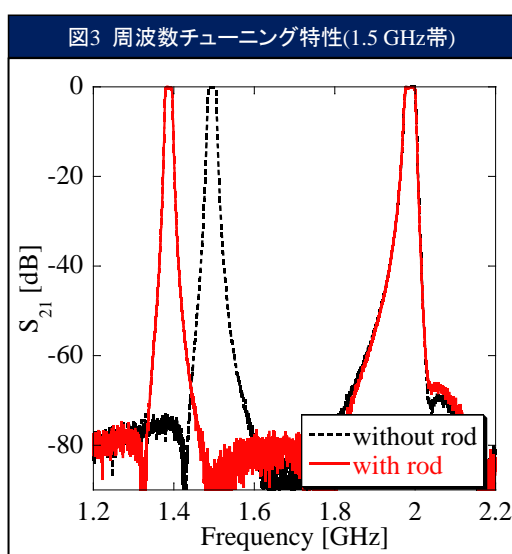
現した。

フェーズ II 目的：二つの帯域で中心周波数を完全に独立調整可能な超伝導チューナブル DBPF の開発

超伝導チューナブル DBPF を実現するためには多段化が容易であると同時に二つの帯域で独立して共振周波数を可変できる共振器構造と可変方法の開発が不可欠である。しかしながら、二つの帯域を一つのデュアルバンド共振器で構成する DBPF の設計では二つの課題を同時に実現することは困難を極める。

これに対して、我々は多段化が容易な新しいデュアルバンド共振器と誘電体ロッドを組み合わせて二つの帯域で独立して共振周波数をチューニングできる画期的な方法を開発した。

図 3、4 に誘電体ロッドの有無による DBPF の周波数特性を示す。誘電体の有無によって二つの帯域で独立して周波数チューニングを実現できることを明らかにした。



3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

高速・大容量通信を実現する技術とし 2015 年からキャリアアグリゲーション (CA) が大手携帯電話会社から実用化され、順次各携帯会社でも導入されている。しかし、これら CA に用いられているフィルタは既存のフィルタであり、周波数資源の逼迫は変わっていない。また、周波数

によって使用する周波数幅が通信速度等のサービス品質に顕著に表れる状況であるため、さらに周波数の有効利用が求められている。アメリカではすでに 1 万基の超伝導フィルタシステムが稼働しており、中国でも 2018 年までに広州で 400 基を超える超伝導フィルタシステムの設置が計画である。したがって、周波数資源の有効利用と高速大容量通信を同時に実現できる本研究は移動体通信基地局用フィルタとして導入される可能性を秘めている。我々はこのような各国の状況を踏まえながら、企業と共同で本技術を用いたシステムのプロトタイプ機を開発中であり、ベンダー企業の開拓を行っている。

4. むすび

高速・大容量通信と周波数資源の有効利用を同時に実現することができる小型、低損失、急峻な遮断特性を有する 8 段超伝導 DBPF の開発と複数のチャンネルに対応することができる低損失と急峻な遮断特性を併せ持ち、なおかつ二つの帯域で独立して中心周波数をチューニングできる超伝導チューナブル DBPF の開発を行い、どちらも、設計目標を満たす良好な特性を実現した。

【誌上発表リスト】

- [1]海野雄文、關谷尚人 “超伝導チューナブルデュアルバンド帯域通過フィルタの開発 (I)”、電子情報通信学会ソサエティ大会 C-2-32 (2016 年 9 月 21 日)
- [2]N. Sekiya, “Design of high-order HTS dual-band bandpass filters with receiver subsystem for future mobile communication system”, Physica C Vol.527 pp91-97 (2016 年 6 月)
- [3]N. Sekiyya, “ Design of high-order HTS dual-bandpass filter for future mobile communication system ”, 12th European Conference on applied Superconductivity 2A-E-P-04. 04 (2015 年 9 月)

【申請特許リスト】

- [1]關谷尚人、寺尾勝廣、岸田和人、佐藤庸夫、北田典敬、 “Improved-type tunable dual-band band-pass filter”、アメリカ、2015 年 7 月 24 日
- [2]關谷尚人、岸田和人、佐藤庸夫、寺尾勝廣 “チューナブルデュアルバンド帯域通過フィルタ”、日本、2014 年 1 月 29 日
- [3]關谷尚人、岸田和人、佐藤庸夫、寺尾勝廣 “共振器装荷型デュアルバンド共振器及びそれを用いたデュアルバンドフィルタ”、日本、2013 年 7 月 4 日

【受賞リスト】

- [1]杉山俊介、關谷尚人、電子情報通信学会エレクトロニクスソサエティ学生奨励賞、“共振器装荷型 $\lambda/4$ ステップインピーダンス共振器を用いた 0.8/2.0 GHz 帯超伝導デュアルバンド帯域通過フィルタ”、(2015 年 3 月)
- [2]杉山俊介、關谷尚人、マイクロ波研究会学生研究会優秀発表賞、“中心周波数と結合係数の個別調整が可能な超伝導デュアルバンド帯域通過フィルタ”、(2014 年 12 月)