

深宇宙探査用新型アンテナに向けた X 帯超伝導フィルタの開発

Development of X-band Superconducting Filter for Deep Space Exploration New Antenna

山梨大工¹, 日本通信機² ○(M1)林 拓磨¹, 関谷 尚人¹, 大野 剛志²

Yamanashi Univ.¹, Nitsuki² ○Takuma Hayashi¹, Naoto Sekiya¹, Takeshi Ohno²

E-mail: nsekiya@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

現在, 宇宙航空研究開発機構(JAXA)では深宇宙探査機との通信設備である臼田 64 m 口径パラボアンテナの老朽化に伴い, 口径 54 m の新型アンテナの開発を行っている. 新型アンテナの受信機には周囲からの外来波除去のため, 小型かつ低損失で急峻な遮断特性を有するフィルタが要求されている.

そこで, 我々はこれら要求を満たし, なおかつ確実に仕様を満たす超伝導フィルタを開発したのでその詳細について報告する.

2. 超伝導フィルタの設計

r-Al₂O₃ 基板は超伝導フィルタの基板として, 機械的強度が高く, 低コストであり, 化学的に安定であることから長期的な利用にも適している反面, x, y, z 方向で誘電率に異方性があるため, 全ての方位の誘電率を考慮した設計が現状では困難であり, シミュレーションと測定結果を一致させることが難しいことから^[1], r-Al₂O₃ 基板を使った超伝導フィルタの報告例はほとんどない. これに対して, 本研究では r-Al₂O₃ 基板のメリットを活かすために誘電率異方性を考慮した設計方法を提案した.

次に, 実際に作製に使用する基板は, 設計時に使用した基板厚や誘電率とはわずかに異なることが予想され, その場合, 作製したフィルタの周波数特性が設計仕様を満たせなくなる恐れがある. そこで, 誘電体ロッドを用いて作製後に周波数特性の調整を行う. しかし, X 帯(8-12 GHz)では管内波長が 14 mm 程度になるため, 半波長共振器サイズは約 7 mm 程度と非常に小さくなる. そのため誘電体ロッドを小型にすることに加えて, ロッドを配置した際にロッド同士が干渉しないロッド間距離が必要であり, それに合わせたフィルタの設計が要求される.

具体的な超伝導フィルタの設計方法と誘電体ロッドによる調整機構の詳細は当日の発表で報告する.

3. 超伝導フィルタの作製と評価

図 1(a)にシミュレーションと測定の周波数特性(広帯域)を示す. 図 1(b)に図 1(a)の通過帯域を拡大したものを示す. 図 1より測定結果はシミュレーション結果と非常によく一致した良好な周波数特性が得られた. また, 周波数調整機構を用いることで, 帯域内の反射特性の低減も実現した.

4. まとめ

誘電率の異方性を持った r-Al₂O₃ 基板を用いてもそれを考慮した設計を行うことで設計と実験結果がよく一致した超伝導フィルタを実現することに成功した. 今後, 本超伝導フィルタは深宇宙探査地上局の受信機の一部として JAXA の深宇宙探査ミッションを支えていく予定である.

謝辞

本開発は国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が進めている深宇宙探査用地上局向けの X 帯低雑音受信増幅装置の開発整備において行われました. JAXA 深宇宙探査用地上局プロジェクトチームのご協力に感謝いたします.

文献

- [1] F. Aiga et al, "HTS Hairpin Microstrip Filter on r-Cut Sapphire Substrate," IEEE Trans. Appl. Supercond, vol. 13, no. 2, pp. 287-290, June 2003.

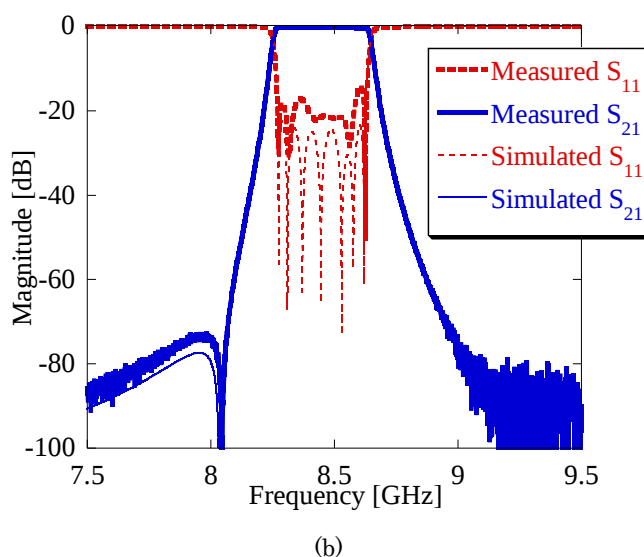
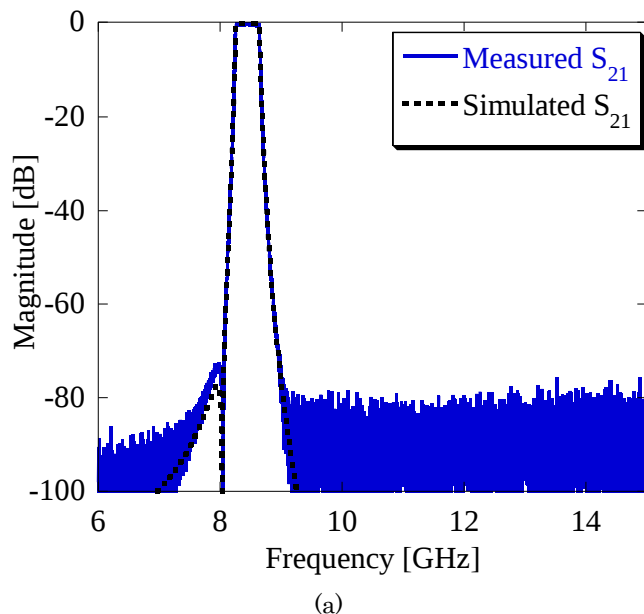


図 1 シミュレーション及び測定結果の周波数特性
(a)広帯域, (b)通過帯域拡大