

2019 年マイクロ波研究会 に参加して

坪内 啓 浩

Akihiro TSUBOUCHI

電子情報学専攻修士課程 2 年

1. はじめに

2019 年 9 月 19 日, 20 日に, 宇宙航空研究開発機構 (通称: JAXA) 相模原キャンパスで開催された電子情報通信学会マイクロ波研究会において, 「基地局用 4 重モード共振器フィルタの周波数特性の再現性」という題目で発表を行った。

2. 研究内容

2.1 研究背景

近年, 携帯電話システムの小セル化に伴い, 基地局フィルタの小型化が要求されている。その手法の 1 つにマルチモード共振器が挙げられる。これは 1 つの構造体を複数の共振器として用いてフィルタ全体を小型化する技術である。これまで, 多段化を考慮した角柱型 4 重モード共振器フィルタを検討したが, 更なる高性能化のため, 2 つの 4 重モード共振器から構成される 8 段フィルタの実現のために 4 重モード共振器の周波数特性の再現性について検討した内容を報告する。

2.2 本研究で用いる 4 重モード共振器の原理

4 重モード共振器の構造とその原理について説明する。外部導体は 2 分の 1 波長の縮退する TE モード共振器として動作し, 上下の導体は各々が 4 分の 1 波長の TEM モード共振器として動作する。TEM モード共振器間は強く結合し, TEM-even モードと TEM-odd モードとなる。中央のリード線は, これらの結合を弱める働きをしている。また, ドーナツ型の金属板は, TE モードの共振周波数を下げ, 外形寸法を小型化している。この金属板を電磁界に影響を与えずに中空に維持する目的からテフロン棒を

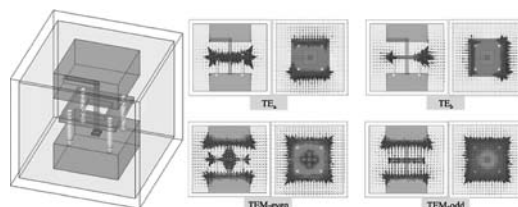


図 1 角柱型 4 重モード共振器 左は構造図, 右は共振モードの電界分布図。

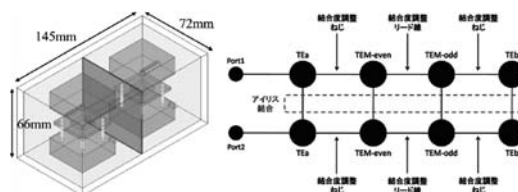


図 2 2 つの 4 重モード共振器を用いた 8 段楕円関数フィルタの構成図 (左は図 1 を多段化した構造, 右は回路トポロジー)

用いて支持している。(図 1) 今回は, 8 段フィルタを構成するため, 2 つの 4 重モード共振器の周波数特性の再現性について外導体や内部構造における位置精度等による影響について検討を行い, 最終的に実測により再現性の向上に成功した。(図 2)

2.3 各構造物の精度における特性変化

8 段フィルタ構造において便宜上左側を共振器 1, 右側を共振器 2 とする。(図 2) ここでは特に特性への影響が大きかった部分について説明する。詳しいことは技報^[1]を参考されたい。まず, ドーナツ型金属板の特性比較を行った。ドーナツ型金属板の周波数特性を比較する際, この構造は単体では空中に存在しているため, 今回は TEM モード共振器とそれを支持するテフロン棒込みの 4 重モード共振器として実測した。測定した結果, 2 つの 4 重モード共振器の特性が大きく異なっていることが確認できた。この原因の 1 つにドーナツ型金属板の位置精度による影響を考えたためその検討を以下に説明する。

この金属板の水平位置及び垂直位置に対する周波数特性の依存性について調べた。a 方向に $\pm 0.5 \text{ mm}$

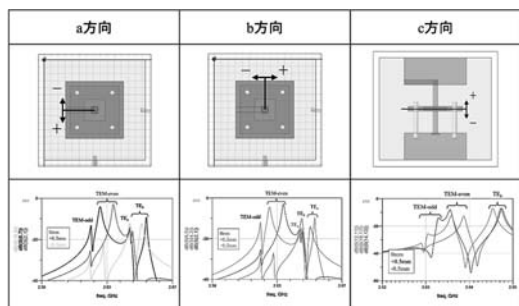


図3 各方向の位置変化における特性変動

位置変化させた時は TEM-even モードと TE_b モードが、また、b 方向に ± 0.5 mm 位置変化させた時は TEM-even モードと TE_a モードの周波数が大きく変化することが理解できる。c 方向に ± 0.5 mm 位置変化させた時は $+0.5$ mm の場合 TEM-even モードと TEM-odd モードの間の結合が減少している一方で -0.5 mm の場合これらのモード間の結合が増加するといった非対称な変動が見られた。(図3) この共振器の電磁界分布は垂直対称性のため、変動も対称でなければならないため、電磁界分布が垂直方向に対称でないといえる。この原因の1つとして、下部の空間のみに存在するテフロン棒の可能性が考えられた。この検証として、対称構造において c 方向に ± 0.5 mm 位置変化させた時のシミュレーションを行った。それにより TEM モード間の結合がほぼ変わらないことを確認し、対称構造のテフロン棒を採用することで電磁界分布が対称になりドーナツ型金属板の変動に対して周波数特性が安定した。

2.4 4重モードフィルタによる実験的実証

前項の結果から4重モードフィルタの特性改善を行った。特に金属板の位置変化による特性誤差への影響が大きかったため柔らかいテフロン棒から強度

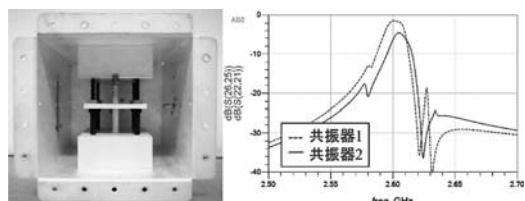
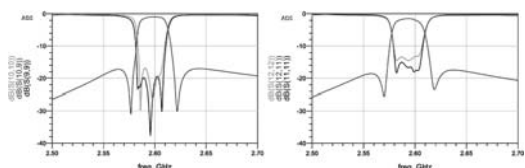


図4 材料を変更後の内観図と共振器特性



(a) 共振器1

(b) 共振器2

図5 調整後の2つの4段フィルタ特性

の高いポリカーボネイト棒に変更した。測定結果より、2つの共振器の特性を一致させることができた。(図4)これを基に、4段フィルタにするため、ねじを用いてそれぞれ調整を行った。これら2つのフィルタ特性は極めて良好でよく一致しており、周波数特性の再現性を向上させることに成功した。今後は、8段楕円関数フィルタを実現していく。

3. おわりに

本学会では、他大学の先生や技術者の方々の前で発表し、建設的な意見を頂いて議論することができました。また、JAXAの方々による招待講演を聴講することができ、貴重な経験となりました。

最後にご指導頂きました石崎俊雄教授、松室亮之助教、研究室の皆様に厚く御礼申し上げます。

発表論文

- [1] 坪内啓浩, 石崎俊雄, “基地局用4重モード共振器フィルタの周波数特性の再現性”, 信学技報 MW 2019, 2019年9月。