

論文の内容の要旨

氏名：河村 尚志

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：ミリ波帯チューナブルフィルタの高機能化に関する研究

近年、ユビキタスネットワーク社会を迎え、電波利用ニーズがますます高まっている。特にスマートフォン利用者数の増加や動画などの大容量コンテンツの利用者数の増加により、移動体通信のトラフィックが増大している。総務省より発表された移動通信トラフィックの推移では1年間に移動通信のトラフィックは2倍程度増加していることが分かる。移動通信のトラフィックは、2020年までに2007年に対して200倍以上となると予想されている。

このような、通信トラフィックの増加に対応するためには、現状の通信をより高度化することが必要であるが、限られた周波数資源の有効利用の観点から、ミリ波帯・テラヘルツ帯を利用する技術が重要となっている。実際にミリ波帯においては、家庭内のワイヤレスブロードバンド化を実現するWPAN（ワイヤレスパーソナルエリアネットワーク）や安全・安心な運転をサポートするミリ波レーダー等のミリ波帯無線システムが利用され始めている。また、100 GHz 超無線システム実現への取組も積極的に行われてきている。

これらの無線設備の開発評価のためには、ミリ波帯・テラヘルツ帯で高感度かつ高ダイナミックレンジなスペクトラムアナライザが必要となり、特にスペクトラムアナライザ実現のキーとなる、プリセクタとして用いるチューナブルフィルタの開発が急務となっている。

プリセクタとして求められる性能は、周波数チューニング幅が大きくかつ、スペクトラムアナライザに取り付けられる程度の小さなサイズである。しかしながら、従来のチューナブルフィルタでは、これらの要求を満たすものは報告されていない。

そこで、本研究では「ミリ波帯チューナブルフィルタの高機能化に関する研究」と題し、上記に述べた問題点を解決するために、①導波管内にファブリペロー共振器を構成することで広帯域な周波数チューニングを実現するFPW（Fabry-Perot resonator inside Waveguide）フィルタの提案とシリコンミラーによる実現法の研究、②FPWフィルタの低損失化技術の研究、③FPWフィルタの広帯域化技術の研究、④FPWフィルタの高周波化技術の研究を研究課題とした。

尚、本研究で得られる成果は、ミリ波帯に置いてプリセクタを用いる高感度・高ダイナミックレンジなスペクトラムアナライザの実現に留まらず、信号発生器やパワーメータなどの各種測定器に応用されるものである。また、これらの測定器が実現されることで、各種無線設備の開発が促進されると同時に、他無線システムへの干渉等を厳密に評価することが可能となり、より一層電波資源を有効に利用することが可能となる。さらに、チューナブルフィルタ単体としても、無線設備開発の初期段階や実験において有用なコンポーネントであり、その利用が期待される。このように、本研究は今後ますます増大する通信トラフィックに対応し、さらなる無線設備の発展に寄与するという意義を持つ。

以下に、本研究の各章における概要について述べる。

第1章では、まず、近年の移動通信の発展に伴うモバイルトラフィック増大に対する要求と、無線システムの高機能化からミリ波帯・テラヘルツ帯の利用が重要になっていることを示した。さらにミリ波帯の無線システムの開発のためには、高機能なスペクトラムアナライザが必要であり、その鍵がプリセクタとして用いるチューナブルフィルタの実現にあることを示した。さらに、チューナブルフィルタについて概要と、現状の課題を示すとともに、本研究の目的と意義、波及効果について明らかにした。最後に、本論文の構成について説明した。

第2章では、従来の課題を解決できるFPWフィルタを提案し、その動作原理をファブリペロー共振器の理論とシミュレーションにより明らかにした。さらに、半導体製造技術を応用したシリコン部分透過鏡を用いた試作機を設計・製造し、その評価結果より広帯域な周波数チューニングが可能であることを実証した。

第3章では、FPWフィルタの挿入損失増加の原因をシミュレーションにより解析した。さらに固定フィルタの実機評価より、ミリ波帯に置ける金属材料のシミュレーションに適用すべき定数を明らかにした。これらの検討結果を反映した試作を行い、挿入損失の低減の効果を実証した。

第4章では、FPWフィルタの可動導波管にリッジ導波管構造を用いることで、周波数可変幅を導波管フルバンドに広げることができる可能性を示した。また、実機による検証により本技術の効果を示した。さらに、実測とシミュレーションの比較による検討により、製造上での留意点についても示した。

第5章では、300 GHz帯のFPWフィルタの設計を行った。機構設計上必要な寸法に留意しながらシミュレータにより設計結果の検証を行い、300 GHz帯に置いてもFPWフィルタを実現できる見通しを示した。

第6章として、結論を示した。