

氏名	中嶋信生
授与学位	工学博士
学位授与年月日	昭和57年7月14日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最終学歴	昭和47年3月 東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻 修士課程修了
学位論文題目	短ミリ波低損失分波器に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 虫明 康人 東北大学教授 西田 茂穂 東北大学教授 安達 三郎 東北大学教授 小野 昭一

論文内容要旨

第1章 序 論

本研究は短ミリ波帯(100~300 GHz)を対象とした各種受動回路の理論的実験的検討に関するものである。高周波化に伴う受動回路の最大の問題は挿入損の増加である。このため新たに伝送損失の少ない4種の伝送路を用い、更に回路の構成法も工夫することにより、低損失な分波器の実現を目差した。ここでは各伝送路別の最適な分波器の構成法と設計法、ならびに実験の結果について述べる。

第2章 分波器の低損失化についての基礎検討

低損失化の基礎検討として、各伝送路の短ミリ波帯における損失の評価と、これまでの分波器の構成法の短ミリ波帯への適用性の検討を行った。

また、ビームガイド形やオーバーサイズ導波管形に適した構成で、かつカットオフ特性の鋭いフィルタ形式を新たに提案し、その回路合成法を明

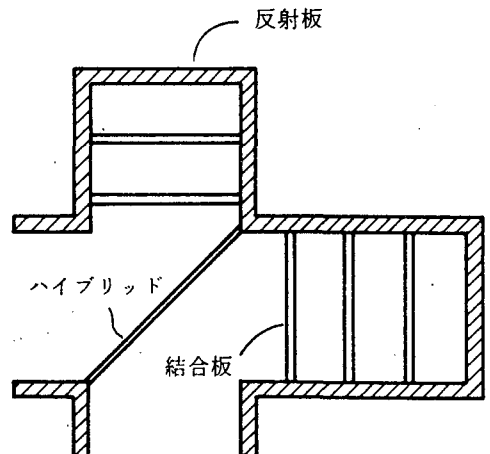


図1 新形フィルタの構造

らかにした。本フィルタの基本構造は図1に示す通りで、ハイブリッドを用いているのが1つの特徴である。周波数応答は楕円関数形で、従来ビームガイド形等の回路で用いられている誘電体多層板形フィルタに比べ、共振器段数にして2倍以上に相当するカットオフ特性の鋭さを有している。しかも通過帯域幅と反射帯域幅が等しい場合、共振器数は更に半分になるという性質も持っている。

第3章 多重モード導波管形分波器

多数の周波数帯を分波する場合、分波器の通過損を小さくすれば総合の損失改善に有効であることに着目し、リング形分波器の通過ポートに低損失な半円形 TE_{01} モード導波管を用いた分波器を提案してその検討を行った。図2はその構造である。ミリ波通信方式に適用できる電気特性と低損失化を達成するためには、大口径スリット結合の設計法確立と加工の工夫が必要であった。これらの問題を解決した結果、通過損失は従来の方角導波管を用いたリング分波器に比べ $1/2$ の 0.15 dBになった。この差を7チャンネル縦続接続実験で比較した結果、総合の損失では 1.7 dBの低損失化が可能となった。

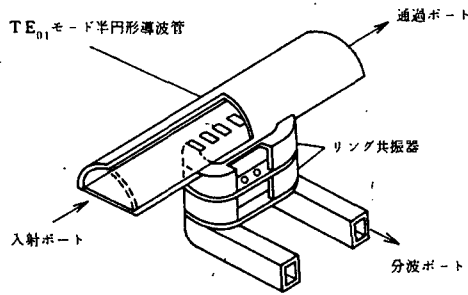


図2 半円形導波管を用いたリング分波器

第4章 ビームガイド形分波器

分波器を実現するための準備として、誘電体ホーンによるビームモード励振器の開発とリング共振器の共振モード解析および鏡面の収差が損失に与える影響について理論的に検討した。

分波器については、チャンネル分波器として図3に示す2段リング形を、群分波器として図4に示すマイケルソン形を提案し検討した。試作実験の結果、共に分波損失が 0.5 dB以下という低損失な

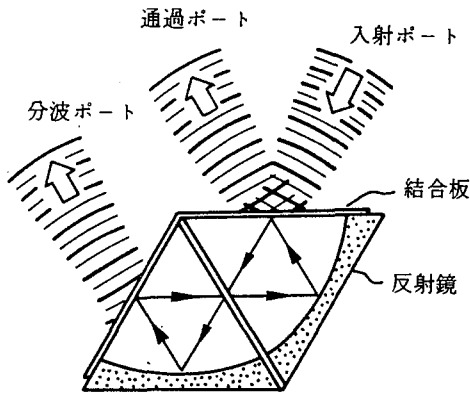


図3 ビームガイド形リング分波器

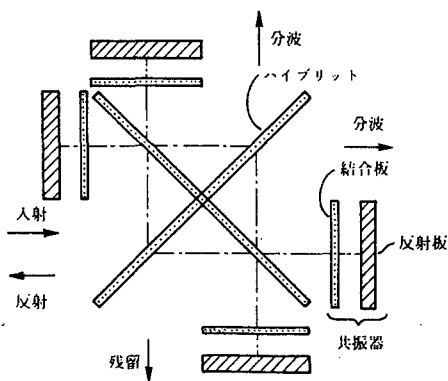


図4 ビームガイド形マイケルソン分波器の構成

特性が得られた。比帯域も10~80%と十分広帯域である。これらの分波器を組合せた縦続接続時の伝送特性も実験により明らかにした。

第5章 オーバーサイズ導波管形分波器

円形TE₁₁, TE₀₁, および方形TE₁₀の3つの低損失モードについて、テーパ導波管と方向性結合器の特性解析と実験を行い、方形TE₁₀モードが最も適していることを明らかにした。チャンネル分波器としてはリング形、マイケルソン形および周期形を、群分波器としてはマイケルソン形を提案し試作実験を行った。これらの分波器は全て4種類の基本素子の組合せで容易に構成できるという特徴を有する。リング形は無負荷Qが低いため低損失化がやや困難であったが、他の形式は0.5~0.8 dB程度の分波損失特性を得た。

第6章 グループガイド形分波器

グループガイドが方形単一モード導波管よりも低損失で加工も容易なことに着目し、新たに方向性結合器と図5に示すリング共振器の検討を行った。方向性結合器は単一モード近似による解析と実験結果がよく一致した。リング共振器は曲り半径を0.5波長程度とかなり小さくしても放射損失が無視でき、無負荷Q値も約1600でリング形分波器を実現できる可能性が明らかとなった。また方形単一モード導波管との変換損失も0.1 dBと小さな値が得られている。

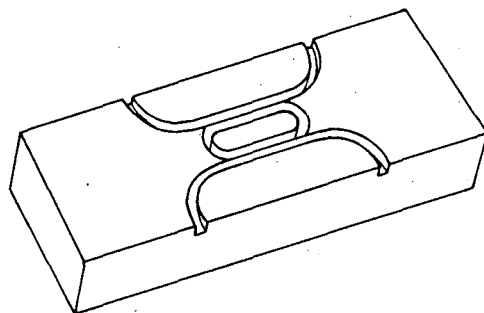


図5 グループガイド形リング共振器の基本構成(片側のみ図示)

第7章 各分波方式の適用域に対する考察

開発した各種分波器の損失、高周波化時の特性、大きさおよび広帯域性等を明らかにし、各種利用分野に対してどの分波器が適しているかを考察した。結果を表1に示す。

表1 短ミリ波帯における各分波方式の損失と適用分野

		多重モード導波管形	ビームガイド系	オーバーサイズ導波管形	グループガイド形	方形導波管形
分波器の性能	低損失性	○	◎	○	△	△
	小型化	○	◎	○	△	◎
	製作の容易性	△	○	○	◎	×
	調整の容易性	△	○	○	○	△
	広帯域性	△	○	○	△	○
	高周波化(~300GHz) VSWR特性	△	◎	○	○	△
適用分野	多チャンネル分波	○	○	○		
	狭帯域分波		○	○		
	大形分波システム		○	○		
	基本モードシステム	○	△	○	○	○
	アンテナ給電系 アンテナ系局発混合 小形分波システム		○	○	○	

第 8 章 結 言

短ミリ波帯用分波器の低損失化を目的に 4 つの伝送路形式についての理論的実験的検討を行った。多重モード導波管形では、半円形導波管の採用によりリング分波器の通過損失を従来の約半分に改善した。

ビームガイド形ではリング形とマイケルソン形の分波器で共に 0.5 dB 以下の低損失な特性を得た。また誘電体ホーン形ビームモード励振器も開発した。

オーバーサイズ導波管形ではリング形、マイケルソン形および周期形の実験を行い、リングおよびマイケルソン形で 0.5～0.8 dB の分波損失特性を得た。

グループガイド形では方向性結合器の解析を行った。更にリング共振器の実験により無負荷 Q 値で 1600 の特性を得た。

最後にこれら各種分波方式別の特徴を明らかにし、各種応用面への適用性についての検討を行った。

審査結果の要旨

情報伝送媒体として従来から実用されていた電波の周波数帯と、最近開発された光波の間には、未開発のまま取り残されている周波数帯がある。本研究は、その一部に相当する短ミリ波帯（1～3 mm）の通信その他への応用を目指した低損失分波器の開発を目的としたものである。著者は分波器を構成する伝送路として低損失なものを選択し、光波の技術を導入した新しい構成法の種々の分波器を提案して研究を続け、低損失の分波器を開発した。本論文はその研究成果をまとめたもので、全文8章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、まず、従来の各種分波器の短ミリ波帯における諸特性の評価を行い、分波器の低損失化の必要性を指摘している。次いで、ビームガイドやオーバーサイズ導波管に適する新しい形式のフィルタを提案し、その設計法を導くと共に、それが低損失分波器の構成要素として優れていることを示している。

第3章では、多重モード導波管形分波器として、半円形TE₀₁モード導波管にリング共振器を結合させた形の新しい分波器の設計法を示すと共に、実測によりその損失が従来のものに比べて半減していることを示している。

第4章では、光波の技術を大幅に導入したビームガイド形分波器について述べている。著者は、チャネル分波器として2段リング形のを、また群分波器としてマイケルソン形のを考案して試作研究を行い、損失0.5 dB以下で優れた性能を持つ分波器を開発した。これらの成果はこの分野で高く評価されている。

第5章では、オーバーサイズ方形導波管形分波器として、リング形、マイケルソン形、および周期形のを提案し、各種の低損失分波器を開発した結果を述べている。

第6章では、単一モード方形導波管系に適し、しかも低損失で加工の容易なグループガイドを使用したリング形分波器を提案し、その基礎的資料と新しい知見を与えている。

第7章では、著者の開発した各種分波器の性能について詳細な比較検討を行い、種々の用途に対する適応性の度合を表にまとめて示している。これはきわめて有用な資料である。

第8章は結言である。

以上要するに、本論文は短ミリ波帯用の低損失分波器の開発を目的とし、光波の技術を導入して構成した種々の新しい分波器を提案してその設計法と諸特性を明らかにすると共に、各分波器の種々の用途に対する適応性の度合を比較して明示したもので、通信工学の進歩に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。