

氏 名	長 谷 川 浩 文
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 174 号
学位授与の日付	平成 10 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科・専 攻	工学科学研究科 情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	フェライトを用いたミリ波回路系に関する研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 堤 誠 教 授 中 山 純 一 教 授 松 浦 基 浩

論 文 内 容 の 要 旨

第一章は序論であり、フェライトを用いたミリ波回路・デバイスの有用性について概説すると共に、本研究に関連する従来の研究の概要ならびに問題点を示し、著者が行った研究の目的と意義を述べて、本論文がこの分野において占める位置を明らかにしている。

第二章は YIG 薄膜を用いたミリ波導波管形帯域阻止フィルタについての研究である。従来、イットリウム・鉄・ガーネット (YIG) 薄膜の応用は静磁波デバイスに限られていたが、本論文ではこの YIG 薄膜をミリ波帯の帯域阻止フィルタに応用している。まず、薄膜を導波管の H 面に垂直に装荷した場合の伝送特性をモードマッチング法と呼ばれる数値計算法を駆使して明らかにし、特に YIG 薄膜の基板となるガドリニウム・ガリウム・ガーネット (GGG) の厚さと帯域阻止特性との関係について詳しく論じている。

次に厚さ 40 μ m の YIG 薄膜を用いて帯域阻止フィルタの実験を 33GHz から 50GHz のミリ波帯で行い、中心周波数 44GHz、帯域幅 80MHz で 400MHz の電子同調性を得ている。しかしながら、GGG の影響でスプリアスレベルが 5 dB と大きく、これを抑圧する新しい方法として 2 枚の YIG 薄膜を縦続接続する方法を提案している。この場合もモードマッチング法によるフィルタ特性の数値計算例を示し、これに基づいて帯域阻止フィルタが 2 枚の YIG 薄膜の間隔を 400 μ m 離して設計し試作している。結果として得られた特性は理論値にほぼ近いスプリアスレベル 30dB、挿入損 2.5dB と良好なミリ波帯域導波管フィルタを実現している。

第三章は YIG 多結晶を用いたミリ波導波管形帯域通過フィルタの研究である。

初期の段階においては YIG 薄膜を用いて帯域通過フィルタを構成することを試みたが、薄膜特有に現れる静磁波モードのリップルが加わってスプリアスレベルが大きくなり、十分なフィルタ特性を得ることができなかった。ここでは薄膜に代って YIG 多結晶を用いてフィルタを構成している。

まず、ミリ波が遮断される不連続部を矩形導波管内の中央部に配置し、そこに YIG 多結晶チップを装荷した場合のフィルタ特性をモードマッチング法により数値的に評価し、YIG チップによるミリ波の反射および伝送特性を散乱パラメータの形で検討している。なおこの場合、多数の不連続部が伝送路中にあるが、ここではマトリクスを多段接続する方法でこの問題を解決している。

次に、 $1.42 \times 2.75 \times 0.6\text{mm}^3$ の YIG 多結晶を遮断導波管内に装荷し、33GHz から 50GHz の周波数帯で実験を行い、中心周波数 44GHz、Q 値 240、スプリアスレベル 20dB、挿入損 1.0dB、そして電子同調性として 2.7GHz / 0.1T の特性を得ている。結果としてこれらの特性は理論値と極めて良く一致し、電子同調形ミリ波帯域通過フィルタとして十分実用に耐える特性であることを明らかにしている。

なお 2 個 YIG 多結晶を使う方法、更に単結晶を使う方法も本章では検討している。

第四章は周期構造を装荷したフェライトHガイドからのミリ波の漏洩現象とその電子走査ミリ波アンテナへの応用に関する研究である。

ミリ波誘電体線路にコルゲーションまたはグレーティングを施すと、ミリ波が空気中へ漏洩する特性は良く知られている現象で、これはアンテナなどに応用されている。しかしながら。これらの誘電体アンテナではビームの方向を電子走査できない。本論文ではコルゲーションを装荷したフェライトスラブを用いた電子走査ミリ波Hガイドアンテナを新しく提案している。

まず、フェライトスラブによって構成されたHガイドアンテナの分散特性を理論的に明らかにし、この分散特性を基礎とし、アンテナから放射するミリ波のビーム角や周波数帯域などを検討している。

次に、長さ180mm、コルゲーションのピッチ2mm、周波数帯を33GHzから50GHzでHガイドアンテナを試作し、実験を行い、ビーム半値幅 5.5° 、バイアス磁界による電子走査の感度 $2^\circ/0.1\text{T}$ の値を得ている。

このアンテナ特性は2枚のコルゲーションを装荷したフェライトスラブを用い、漏洩波間の干渉を利用してさらに最適化し、ビーム半値幅 4.0° 、電子走査の感度 $2.5^\circ/0.1\text{T}$ の実験値を得ている。また理論値との比較から、ビーム半値幅が広がる現象はフェライトの磁気的な損失によるものとして説明している。

終わりにバイアス用磁石の小形化が永久磁石の使用により図られ、結果として重量8.0kg、寸法 $240 \times 103 \times 110\text{mm}^3$ の小形ミリ波電子走査アンテナが実現されたことを述べている。

第五章は、総論であり本論文の各章で得られた成果を総括すると共に今後に残された課題について論じている。

論文審査の結果の要旨

本論文はフェライトを用いたミリ波回路系、特にその中でもミリ波フィルタならびにアンテナに関する研究をまとめたもので5章からなっている。

一つは低損失のフェライトであるイットリウム・鉄・ガーネット(YIG)薄膜を用いたミリ波導波管形帯域阻止フィルタの研究である。モードマッチング法と呼ばれる計算機数値解析手法を駆使して、このフィルタの散乱行列を明らかにするとともに、この設計値を基にミリ波帯でフィルタを試作し、その特性を検証している。結果として従来に見られない周波数特性の良好な電子同調可能なミリ波帯域阻止フィルタを実現している。

次は、YIG多結晶を用いたミリ波導波管形帯域通過フィルタの研究である。この場合もモードマッチング法によりフィルタの最適設計を行い、得られたパラメータを基にこのフィルタを試作し実験を行っている。その結果、広帯域に電子同調が可能で良好な通過特性を有するフィルタを実現している。またこのフィルタを実用面から検討し、小形、軽量化を図っている。

終わりに、YIG多結晶スラブ上に周期構造を装荷し、これを導波路としてミリ波Hガイドを構成し、このフェライトHガイドに現れるミリ波の漏洩現象を応用した新しいタイプの電子同調形ミリ波アンテナを提案している。摂動法による理論的な検討を加え、アンテナを試作し、実験を行っている。これらの理論的、実験的な結果から本アンテナはミリ波レーダ用小形アンテナとして有用であることを明らかにしている。

いずれもこれらの研究は従来試みられなかったフェライトのミリ波回路・デバイスへの応用を取り扱ったものであり独創性のある研究である。またこれらの成果は情報通信分野の超高周波化に関連して極めて意義深い。

申請者は電子情報通信学会誌に1件、英国電気電子学会誌(IEE)に2件の論文。(その内2件が筆頭論文)があり13件の口頭発表論文がある。

結果として申請者の論文は学位論文の授与に値する。