

氏 名	ビシュヌ VISHNU	プリエ PRIYE
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)	
学 位 記 番 号	博 甲 第 123 号	
学位授与の日付	平成 8 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	工芸科学研究科情報・生産科学専攻	
学 位 論 文 題 目	STUDIES ON YIG FILMS FOR OPTICAL AND NON-LINEAR MICROWAVE APPLICATIONS	
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、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、筆者が行った研究の目的と意義を述べて本研究がこの分野において占める位置を明らかにしている。

第二章はイットリウム鉄ガーネット (YIG) 薄膜の光回路ならびに磁気光学センサへの応用に関する研究をまとめたものである。従来、光回路におけるアイソレータ、およびサーキュレータなどの非可逆性回路素子は、YIG に見られるファラデ回転に基づいていたが、本研究では YIG 薄膜における光の洩れ現象に基づいた新しいタイプの非可逆性回路素子を提案している。即ち、YIG 薄膜を一つの光集積回路の導波路として捉え、これに他の導波路を近づける、あるいは曲がりをもたらす事により光を漏洩させる原理にもとづいている。マトリクス法を採用して、この問題を極めて明解な形で理論的に取り扱い、20 dB 以上の非可逆特性が求まる事を明らかにしている。

次は YIG 薄膜を用いた磁気光学センサに関する研究である。従来のバルク状 YIG に代わってここでは薄膜を用い、高感度で高速に応答する特性を見いだしている。この様な特性を検証するためには、まず結合モード理論を駆使して、薄膜中の光のモード結合特性をファラデ回転角度の立場から解明し、ついで厚さ 100 μm 、長さ 15 mm の YIG 薄膜を用い、センサを試作し、実験的にもこれらの特性を明らかにしている。また、これらの実験を通して見出された YIG の磁壁の移動に着目したマイクロ波磁界センサの試作も行っている。

第三章は YIG 薄膜におけるマイクロ波の非線形効果で現れる静磁波ソリトンに関する理論的ならびに実験的な研究を取り扱っている。ソリトンそのものは長距離光通信システムにおいて脚光を浴びているパルス圧縮技術であるが、ここでは YIG 薄膜におけるマイクロ波のパルス圧縮とその応用に重きを置いている。特に第三章では暗いソリトンと名付けられているソリトンに注目し、いくつかの静磁波モードのうち表面静磁波 (MSSW) モードのソリトンを取り扱っている。まず、分散特性がマイクロ波電力によって変化する様子を摂動法を用いて明らかにし、このモードには暗いソリトンが現れ、パルスが広がる現象が生じる事を分散特性から詳しく検証している。

次に、厚さ 20 μm 、長さ 15 mm の YIG 薄膜に 0.1 μsec のパルス幅で変調された、4 GHz で数 100 mW のマイクロ波パルスを加え、パルスの広がりを実験的にも確かめている。更にスプリット ステップ フーリエ ソリューション法と呼ばれる数値解析法を採用し、非線形のシュレディンガー方程式を数値的に解き、マイクロ波入力パルスが時間、および場所と共に広がって行く様子を計算機シミュレーションにより明らかにし、パルスの振幅およびパルス幅とマイクロ波電力との関係を求め、実験値と比較検討して

いる。

終わりに、シグナル対ノイズエンハンサなど、このソリトンのマイクロ波機器への応用について言及している。

第四章は、第三章に関連して同じく YIG 薄膜におけるマイクロ波の非線形現象である静磁波ソリトンに関する研究をまとめたものである。しかしながらこの章では静磁波モードの中で、体積静磁波 (MSFVW) モードを取り扱い、マイクロ波のパルス圧縮現象が生じる明るいソリトンを取り扱っている。

まず表面波と同じく摂動法を用いて分散特性がマイクロ波入力電力によって変化する様子を理論的に検討し、明るいソリトンは体積静磁波のシャ断域で生じることを薄膜の厚みとの関係から詳しく論じている。

次に厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ 15 mm の YIG 薄膜に $0.1\text{ }\mu\text{sec}$ 幅で 4 GHz のマイクロ波パルスを印加して、入力電力とソリトンの振幅およびパルス幅などの関係を実験的に求め、数 100 mW のマイクロ波入力でソリトンによりパルス幅は6分の1 ($0.017\text{ }\mu\text{sec}$) まで圧縮できる事を明らかにしている。

また、スプリット ステップ フーリエ ソリューションの手法を用いて非線形シュレディンガー方程式を数値的に評価し、計算機シミュレーションの形で入力パルス幅および振幅と、ソリトン形成の関係を明らかにした後、これらを実験値と比較し検討している。

終わりに、このソリトンの応用の一つとして、マイクロ波パルス圧縮デバイスを試作し、YIG 薄膜ソリトン導波路を2段カスケード接続して、10分の1 ($0.01\text{ }\mu\text{sec}$) までマイクロ波がパルス圧縮出来る事を示している。

第五章は新しいタイプのマイクロ波遅延線の、実験的ならびに理論的な研究を取り扱っている。この遅延線は従来、線状のトランスジューサを使って入出力部を構成していたものに代わって、ここではマイクロストリップ線路でこれを構成している。その結果、電磁波から静磁波への変換損失、ならびに単位時間当たりの遅延線の損失を大幅に軽減する事が出来る。

まずここでは遅延線の分散特性ならびに遅延特性をマクスウェルの方程式を厳密に境界条件を合わせた形で求めた後、実験によりこれらの諸特性を確かめている。その結果、 4 GHz のマイクロ波で最大遅延量 $0.8\text{ }\mu\text{sec}$ 、そして単位時間当たりの遅延線の損失は $34\text{ dB}/\mu\text{sec}$ である。また加える直流磁界の磁極を円錐状に削り、YIG 薄膜を不均一に磁化し、長時間遅延線を実現している。さらに円形状マイクロストリップ線路の遅延線を提案し、短い遅れを有するマイクロ波ダブルパルス発生器の応用も提案している。

第六章は結論であり、本研究で得られた成果の総括、ならびに今後の問題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文はイットリウム鉄ガーネット (YIG) 薄膜の光ならびに非線形マイクロ波デバイスへの応用に関する理論的ならびに実験的な研究をまとめたもので、その内容は大きく分けて3つの分野から成る。

- 1) 1つは YIG 薄膜の光集積回路ならびに磁気光学センサへの応用に関する研究で、YIG 多層薄膜導波路を使った新しいタイプの光非可逆性回路素子の提案、そして薄膜の厚み等、構造を最適化した形でのマイクロ波磁界まで応答可能な高速磁気光学センサの研究である。
- 2) YIG 薄膜に見られるマイクロ波の非線形現象の一つである静磁波ソリトンの研究であり、この場合、明るいソリトンと暗いソリトンの両者にたいして非線形シュレディンガー方程式を数値的に評価し、計算機シミュレーション技法により、静磁波ソリトンの生成過程を明らかにして。その後 YIG 薄膜を用いた実験結果と比較し、ソリトンの特性を確かめている。さらにこのソリトンの応用としてマイクロ波パルス圧縮デバイスを提案し、その試作結果について言及している。
- 3) 新しいタイプのマイクロ波遅延線の研究で、マイクロストリップ線路形遅延線を提案し、長時間で低損失の遅延特性を実験的に明らかにしている。また、これらの諸特性を生かしてマイクロ波ダブルパルス発生器を設計し、その試作結果についても述べている。

以上これらの研究はいずれも独創性に富んでおり、学術ならびに工学的にも高く評価されるものと判断する。また、申請者は既にレフェリーシステムの確立した学術雑誌に5件の論文を公表しており、さらに11件（内3件は国際会議）の口頭発表論文がある。学位授与に関する内規第10条のレフェリーシステムの確立した学術雑誌複数、内一編は筆頭著者の条件を十分に満足している。

結論として、本論文は博士論文として価値あるものと認める。また学位の種類は内容がマイクロ波という工学の基礎の分野を取り扱っているので工学とする。一方、論文内容とそれに関連した内容について試問を行い合格と判定した。