

氏 名	ソヴェン ク マ ル ダ ナ SOVEN KUMAR DANA
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 249 号
学位授与の日付	平成 13 年 3 月 26 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	Optical Interactions with Microwave in Magneto-optic and Semiconductor Media
審 査 委 員	(主査) 教 授 中 山 純 一 教 授 松 浦 基 浩 教 授 尾 江 邦 重 助教授 島 崎 仁 司

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、磁気光学材料および半導体材料における光とマイクロ波との相互作用についての基礎と応用に関する研究成果をまとめたものである。磁気光学材料における相互作用としては、マイクロ波帯の静磁波が励振されたイットリウム・鉄・ガーネット (YIG) 単結晶中を伝搬する光 (赤外線) ビームが、マイクロ波による変調を受け、また、光の偏波面が回転する現象を主として実験的に研究している。また、半導体における相互作用としては、シリコンまたはガリウム砒素基板に光を照射するとマイクロ波の伝搬特性が変化する現象を取り上げ、理論と実験の両面から研究している。

本論文は、第 6 章から成り立っている。第 1 章は序論であり、磁気光学材料および半導体材料中における光とマイクロ波との相互作用についての研究の現状、YIG 中を伝搬する静磁波に関する基礎的概念、磁気光学効果の現象論的表現としての誘導率テンソルについて整理し、また、本論文の構成について述べている。

第 2 章は、磁性材料である YIG 単結晶中において、マイクロ波の TEM モードと光との相互作用に関する研究を実験的に行っている。ここでは、直流磁界を印加しない YIG 中では、磁区および磁壁の共鳴による光・マイクロ波相互作用により、600MHz から 2GHz の広帯域にわたって 15% の高い光変調率が得られることを初めて示した。次に、YIG 導波路に沿って伝播するエッジガイドモードと光との相互作用について実験的に調べている。このとき、マイクロ波信号の非可逆特性を光により検出している。さらには、静磁波と光との相互作用について実験的に調べている。特に、YIG 単結晶中に置ける静磁表面波の伝搬特性に見られる非可逆性を光により検出できることを初めて見いだしている。

第 3 章は、YIG 単結晶からなる多層導波路構造に沿って伝搬する静磁表面波の電磁界分布を光により調べることを可能にしている。さらに、YIG 薄膜における光と静磁波の相互作用についても調べている。この場合、静磁波の伝送電力が大きくなると、静磁波の伝搬特性に非線形特性が現れ、特に基本周波数成分のみならずその 2 分の 1 の周波数にも応答することを光信号により観測している。

第 4 章は、また、静磁体積後退波と光との相互作用を用いた工学的応用として、YIG 単結晶板によるマイクロストリップ線路を用いた光アイソレータ機能を持つ光変調器を新規に提案し、その可能性を検討している。実験では、20dB のアイソレーション比と数% の光変調特性が 1.5GHz から 4.5GHz の周波数領域にわたって得られている。この実験結果は、磁気光学材料の誘電率テンソルを用いて計算される数値計算結果と比較し、検討を行っている。ここでは、誘電率テンソルの各成分は、YIG に沿って伝搬する静磁体積後退波に対する磁化の分布により現象論的に表されている。次に、誘電体であるガドリニウム・ガリウ

ム・ガーネット (GGG) 基板上に液相成長されたYIG薄膜からなる導波路に対して、伝搬する光の非可逆性をモード結合理論により検討している。静磁体積後退波による光振幅変調の数値的評価を磁気光学効果による光のTEモードとTMモードとの間の結合係数を計算することによって行っている。数値計算結果より、YIGを薄くすれば結合係数は大きくなり、変調率も大きくなるという結果を得ている。

第5章は、半導体を用いた光とミリ波との相互作用に関する研究を行っている。半導体に光照射によって注入された電子-正孔プラズマによる、ミリ波スロット線路の光制御特性について理論的ならびに実験的に評価している。まず半導体基板スロット路線におけるミリ波の位相ならびに減衰特性を光プラズマ密度の関数としてスペクトル領域法を用いて理論的・数値的に評価した。次に厚さ600 μm のシリコンまたはガリウム砒素基板を用いたスロット路線に赤外発光ダイオードまたはレーザダイオードにより波長870nmの光を照射し、ミリ波の光制御特性の実験を30GHzから50GHzの帯域で行っている。その結果、100mWの光電力により25dB以上の高感度でミリ波の振幅制御が可能であることを示している。最後にこれらの高効率光制御特性はミリ波の短パルス光変調器としての応用に有効であることを述べている。

第6章は、結論であり、本研究の成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

通信分野における大容量・高速信号処理の要求により、光とマイクロ波・ミリ波の両方を扱う機能デバイスは重要な要素となっている。本論文は、光とマイクロ波との相互作用の基礎と応用について研究を行ったものである。

まず単結晶YIGにおける光とマイクロ波との相互作用について実験を行い、磁区および磁壁の共鳴を介した相互作用、エッジガイドモードと光、および静磁表面波モードあるいは静磁体積後退波モードと光との相互作用特性を明らかにしている。これらの実験から得られた知見はYIGを用いた光信号・マイクロ波機能デバイスの設計に指針を与えるものである。次に、YIGにおける光波とマイクロ波との相互作用の応用として、光アイソレータ機能をもつ光変調器を新規に提案して、その可能性を実験的に検討している。さらに、シリコンならびにガリウム砒素を用いたミリ波の光制御について実験・理論の両面から特性を明らかにしている。ミリ波導波路として半導体基板上のスロット線路を用いれば、光照射によるミリ波の透過特性の制御感度が大幅に向上することを示している。

これらの研究は、以下の学術論文として公表されている。

- [1]. M. Tsutsumi, T. Ueda, and S. K. Dana, "Microwave Response of Magneto-optic Effect in the Yttrium Iron Garnet Single-Crystal", IEICE Trans, Vol. J81-C-1, No.12, pp.676-677, Dec.1998.
- [2]. M. Tsutsumi, T. Ueda, and S. K. Dana, "Optical Interaction with Microwave in the Single Crystal of Yttrium Iron Garnet", IEEE Trans. Magn., Vol.35, No.5, pp.3172-3174, Sept. 1999.
- [3]. S. K. Dana, T. Ueda, and M. Tsutsumi, "Optical Isolator-Modulator in a Microstrip Line on Yttrium Iron Garnet Single Crystal", IEICE Trans. Electron, Vol. E84-C, No.3, pp.325-330, Mar. 2001.
- [4]. S. K. Dana, H. Shimasaki, and M. Tsutsumi, "Efficient Optical Control of Millimeter-Waves in a Slot Line on Semiconductor Plasma Substrate", IEEE Trans. Microwave Theory Tech, (in press).