

氏 名	栗 井 郁 雄 <small>あわ い いく お</small>
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1044 号
学位授与の日付	昭 和 53 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	強磁性体中の磁気波に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 池上淳一 教授 木村磐根 教授 池上文夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は強磁性体中の磁気波について、その励振、伝搬、相互作用を研究したもので、2部よりなっている。第1部は3章よりなり、円柱状試料中の体積静磁波および磁気弾性波について、また、第2部は5章よりなり、板状および薄膜試料中の表面静磁波について理論的、実験的に研究した成果を記述したものである。以下各章毎にその内容の要旨を述べると次のとおりである。

序論では、磁気波研究の歴史について概説し、その中で著者の研究の位置づけを行うと共に本論文の内容梗概を述べている。

第1章では、円柱状試料中に体積静磁波を励振するための高効率、広帯域な励振マウントを研究、開発した結果を述べ、励振アンテナを工夫することにより最低次および第2高次モードを分離して励振できることを示している。

第2章では、上記マウントにより励振された体積静磁波が試料中で磁気弾性波に変換される過程を解説し、磁気弾性波励振の最適条件を探求している。また、試料軸と印加磁場方向のなす角度が伝搬損失に与える影響について検討している。磁気弾性波が伝搬する試料を遅延素子として使用する場合2ポート化すると使用上便利であるので、これについても研究し、円柱軸を結晶の〔110〕方向にとった試料で、適当な周波数範囲または磁場の範囲で2ポート動作をさせうことを確認している。

第3章では、磁気弾性共鳴吸収を用いて円柱状試料の内部磁場分布を測定する新しい方法を提案し、その測定結果を示している。測定結果は、低印加磁場時には分布はなだらかな凸型、高磁場時には角ばった凸型となり、Josephらの理論と合致することが示されている。

第4章からは表面静磁波の研究結果を述べている。第4章では、無限に広い板状試料での厚み方向への電磁界分布を求めている。また、印加磁場と波動ベクトルの方向とが試料平面内で任意の角をなす場合について検討している。さらに、実験においてよく用いられる片面金属膜貼付の構造についても解析し、次章以下の研究に利用している。

第5章では、著者の試作したプローブにより、金属基板上にのせられた薄板試料表面に生ずる定在波の電磁界を実測し、内部直流磁場の非一様性により生ずる波長の試料表面上の2次元的变化、カット・オフ領域の存在などを明らかにしている。さらに、FA, FM モード相互の非可逆性、共鳴吸収と定在波の関係なども含めて、前章の無限平板における解析結果が有限幅試料の場合どのように修正されるべきかを実験的に明らかにしている。

第6章では、非一様媒質における電磁波伝搬の解析手段としてよく使用される幾何光学近似を用いて表面静磁波ビームの軌跡を検討している。この方法は平面波に対してのみ用いるものなので、まず表面波にも使えるよう拡張し、試料端面の種々の位置から出発したビームの軌跡を求め、かなりの収束、発散があることを明らかにし、発散による損失および収束にともなう飽和効果を減少させるため、試料の形状、大きさに充分注意する必要があることを指摘している。

第7章では、金属基板上におかれた薄板試料を線電流源で励振する問題を解析している。解析は、フーリエ変換を用いて電磁界を積分表示し、鞍部点法によって積分を実行するという広く使用されている方法によっている。励振される系は開放系であるから離散的な固有値に対応する固有モードの他に連続的な固有モード、すなわち、放射解が存在するが、この両者とも非可逆性をもつことを明らかにしている。また、アンテナの入力抵抗のみならずリアクタンスの計算も実行している。

第8章では、磁性体上におかれた板状半導体内のドリフト・キャリアと表面静磁波の相互作用を理論的に検討している。表面静磁波の位相速度よりキャリアのドリフト速度が大きいときに増幅作用があることを指摘し、半導体の厚さ、キャリアの移動度、印加電界、磁性体の厚さ、磁性体と半導体との間隙が増幅率に与える影響をしらべている。

最後に、結論において本研究で得られた結果をとりまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

磁氣的損失の小さい磁性体、たとえば、YIG の中では波長の極めて短い静磁波あるいはスピン波と呼ばれている磁気波が伝搬可能である。これらの波動は、異方性、非可逆性、分散性など興味深い特性をもっている上に、表面波として伝搬可能であるからストリップ線路と適合性がよく、また、伝搬速度が小さいので弾性波あるいは半導体中のキャリアと相互作用させるのに適しているため将来各種のマイクロ波機能素子としての応用が期待できる。本論文は、特に静磁波について、その励振、伝搬、相互作用などの基本的な特性を多面的に研究したもので、その主な成果を要約すると次のようである。

1. 静磁波研究の基礎となるストリップ線路型の高効率、広帯域な励振マウントを考案、試作し、そのアンテナを適当な形状にすることにより最低次および第2高次モードを分離して励振できることを実証している。また、磁気弾性波励振の最適条件を探求し、効率のよい励振に成功した後、伝搬損失が小さくなる条件を求め、さらに、2ポート素子として動作させるための条件を明らかにしている。
2. 試料中の直流磁界分布を磁気弾性共鳴吸収を利用して測定する新しい方法を考案し、実測に成功している。
3. 無限に広い板状試料を伝搬する表面静磁波の厚み方向への電磁界分布を、印加直流磁場と波動ベ

クトルの方向が試料面内で任意の角をなす場合について解析しているが、電界分布までも考慮に入れた解析は他になく、高く評価される。つぎに、著者が考案、試作したプローブにより、試料表面に生ずる電界、磁界の定在波を測定し、内部磁場の非一様性により生ずる波長の試料表面上の2次元的变化、カット・オフ領域の存在などを明らかにしている。また、FA, FM モード相互の非可逆性、共鳴吸収と定在波の関係などを含めて、有限幅試料における静磁波の伝搬特性を実験的に明らかにし、無限幅試料に関する解析結果とのちがいを検討している。

4. 有限寸法の試料では反磁場のために試料内の直流磁場が一樣でないので、幾何光学近似を用いて表面静磁波ビームの伝搬軌跡を数値計算し、実用上貴重な知見を得ている。

5. 横方向に磁化された無限に広いフェライト薄板を金属板上にのせ、線条アンテナで励振した場合、静磁波のみならず放射波を考慮に入れて解析し、アンテナの入力インピーダンスを求めている。この結果は表面静磁波励振回路の設計に有用な資料を与えたものと言える。

6. 磁性体上に置かれた板状半導体内のドリフト・キャリアが表面静磁波の伝搬特性に与える影響を詳細に検討した結果、キャリアのドリフト速度が静磁波の位相速度より大きい領域では静磁波の減衰定数が負になり、進行波増幅が可能なることを理論的に示している。

以上を要するに、本論文は、直流磁場を印加した強磁性体中を伝搬する静磁波の励振、伝搬および相互作用に関する諸現象の特性を理論的、実験的に解明し、新しい機能をもつマイクロ波素子の開発に必要な基本的性質を明らかにして、この分野の研究に多くの新しい知見を加えたもので、学術上ならびに實際上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価値あるものと認める。