

氏 名	湯 川 敏 信 ゆ かわ とし のぶ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 621 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 電 子 工 学 専 攻
学位論文題目	磁気波の伝搬特性並びに半導体キャリアとの相互作用に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 池 上 淳 一 教 授 木 村 磐 根 教 授 佐々木昭夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、体積静磁波の共鳴吸収、静磁波伝搬特性に対する金属の影響および静磁波と半導体内キャリアとの相互作用などについて研究したもので、序章、結論のほか6章よりなっている。

序章では、内外における磁気波研究の歩み、本論文の目的と構成について述べている。

第1章では、面に垂直に磁化した YIG 円板のマイクロ波吸収特性を体積静磁波の定在波モードと関連づけるために、内部磁場分布を考慮に入れて解析を行ない、実験とよく合致する結果を得ている。また、従来磁気弾性波の伝搬領域と考えられていた低磁場領域に静磁波の新しい吸収線を発見し、この吸収線は円板の外周部分のみに存在する定在波によって生ずることを理論的に解明している。

第2章では、体積静磁波の伝搬特性に対する金属の影響を検討している。すなわち、面に垂直に磁化した平板状強磁性体の両面に完全導体を近づけた系を伝搬する体積静磁波の分散関係式を導出し、これを用いて、最低次モードの伝搬帯域の下限が導体の接近とともに高周波数側に移動し、伝搬帯域が狭くなること、高次モードの伝搬帯域は導体接近の影響を受けないことなどを明らかにしている。つぎに、円形および矩形平板状試料を用い、金属壁接近による共鳴スペクトルの変化を測定し、上述の理論とよい一致を得ている。

第3章では、表面静磁波の分散特性におよぼす金属の影響を検討している。すなわち、厚さ S の無限平板状試料の両面からそれぞれ距離 $A \cdot S$ および $B \cdot S$ 離れた位置に完全導体面をおき、試料面に平行に磁場を加えた系を、磁場と任意の角をなす方向に伝搬する表面静磁波を (A, B) モードと名付け、その分散関係式を導出し、(i) A, B を適当に選べば (A, B) モードの分散曲線に極大点、極小点が生ずること、(ii) (∞, ∞) モードのカット・オフ波数特性が直線であったのに対し、 (A, B) モードのそれは曲線になり、かつ、 A または B のみにより決定されること、(iii) 磁場と直角に、互に逆方向に伝搬する2ヶの (A, B) モードの分散曲線は波数零の点で滑らかにつながり、その点の正規化周波数は $A + B$ により決まることなどを明らかにし、実験により確認している。

第4章では、静磁波と半導体内キャリアとの相互作用を検討している。磁場が試料面に平行および垂直の2つの場合について体積静磁波の近似分散式を求め、十分な精度をもつことを確かめた後、この近似分散式から増幅率の近似表現式を求め、半導体キャリアとの相互作用と磁性体損失との相加性を明らかにし、各々独立に考慮してよいこと、磁性体の固有損失がない場合にはキャリアのドリフト速度が静磁波の位相速度を越えたときに正味の利得が得られることなどを明らかにしている。表面静磁波については、分散式、増幅率の近似式を求めたのみならず、磁性体の固有損失、非一様な反磁場分布を考慮に入れ、利得の外部磁場およびドリフト電界依存性、遅延時間の外部磁場依存性、絶対利得および相対利得の遅延時間依存性を求めている。ついで、理論的検討の結果を確認するための実験を行ない、定性的にはよい一致を得ることが出来たが、定量的には差異が大きく、この点今後の課題であるとしている。また、増幅機構に対する物理的説明も与えている。

第5章では、静磁波を媒介として半導体キャリアと弾性波を結合させる目的をもって、SH 磁気弾性波とドリフト電子との相互作用を GaYIG-InSb 系を対象にして理論的に検討した結果を述べている。

第6章では、第3章で検討した表面静磁波(A, B)モードの増幅特性および絶対不安定性を理論的に検討している。(A, B)モードの空隙AまたはBを半導体で置換した場合の分散方程式を導出し、ドリフト電子との相互作用により従来の表面静磁波より数倍広帯域で、強い相互作用が得られること、(A, 0)モード($A < 1$)では後進波増幅がおこる可能性があることなどを明らかにしている。また、(A, 0)モード($A > 1$), (A, B)モード($A \gg B$), (∞ , B)モードでは発振が生ずる可能性があることを理論的に指摘している。

最後に本研究で得られた成果を要約して結論としている。

論文審査の結果の要旨

直流磁場中におかれた磁性体、たとえば YIG 中では磁気エネルギーが電気エネルギーに比べて大きい磁気波が伝搬可能である。本論文は磁気波のうち、特に静磁波について、円板状試料内の共鳴吸収現象、板状試料内の伝搬特性への金属壁および半導体内ドリフト・キャリアの影響を研究したものであって、得られた主な成果を要約すると次のとおりである。

(1) 円板試料面に垂直に直流磁場を加えた場合の体積静磁波の共鳴現象を、反磁場の影響を考慮に入れて解析し、共鳴吸収の実験結果を明快に説明できることを示した。これに関連して、従来磁気弾性波の伝搬領域と考えられていた低磁場領域に静磁波共鳴による新しい吸収線を見出し、これは円板の外周部分で共鳴するモードによるものであることを明らかにした。

(2) 面に垂直に磁化した平板状試料の両面に完全導体面を近づけた場合の体積静磁波の分散関係式を導出し、最低次モードの伝搬帯域の下限は導体面が近づくにつれ高周波数側に移動し、伝搬帯域が狭くなること、高次モードの帯域は変化しないことなどを明らかにし、実験により得た共鳴吸収線の移動をよく説明できることを示した。

(3) 面に平行に磁場を加えた平板状試料の両面に完全導体面を近づけた構造において、磁場と任意の角をなす方向へ伝搬する表面静磁波の分散関係式を求め、カット・オフ波数特性を明らかにし、ついで、分

散曲線上の伝搬周波数の極大点、極小点の存在など金属面接近による伝搬特性の変化を解明した。

(4) 平板状試料の面に垂直および平行に磁場を加えた2つの場合について、体積静磁波と半導体内キャリアが結合した系の分散関係式を求め、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を越すと増幅度が得られることを明らかにし、この結果を実験により定性的に確認した。

(5) 磁場と直角に伝搬する表面静磁波と半導体キャリアとを結合させた場合の分散関係式、増幅率の近似表現を求めたばかりでなく、磁性体の固有損失、反磁場分布を考慮に入れて、利得の磁場およびドリフト電界依存性、遅延時間の磁場依存性などを計算し、その結果が実験結果と定性的に合致することを示した。

(6) SH 磁気弾性波とドリフト電子との相互作用を理論的に検討した結果、静磁波を媒介として半導体キャリアと弾性波を結合させ得る可能性のあることを指摘した。

(7) (3)で述べた系を伝搬する表面静磁波をドリフト・キャリアと結合させた場合、従来の表面静磁波より数倍広帯域で強い相互作用が得られること、また後進波増幅および発振がおこる可能性のあることを明らかにした。

以上要するに、本論文は静磁波の共鳴吸収機構および金属壁の伝搬特性に与える影響を理論的、実験的に解明し、さらに、静磁波および磁気弾性波と半導体内キャリアとの相互作用を検討し、ドリフト・キャリアとの結合により増幅作用が生ずる場合のあることを明らかにしたもので、学術上、實際上貢献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。