

学位論文題名

垂直磁気ヘッドの高感度化と画像記録への応用に関する研究

学位論文内容の要旨

磁気記録は情報の記録手段として不揮発性、長期間安定性、記録再生の高速性・広帯域性、低コストなど優れた点を有し、特に音声・画像・各種データ等の大容量記録装置に用いられている。テレビ放送は多量の動画像と音声情報を収録、加工、再生、保存することが必要な分野であるため磁気記録装置は必要欠くべからざるものとなっている。近年情報の多様化、高品質化にともなって記録すべき画像情報量は飛躍的に増加しつつある。従来用いられてきた長手磁気記録方式はビット長が短くなると磁化反転領域における減磁界の影響が大きくなり再生出力が急激に減衰する。垂直磁気記録は磁化反転領域での減磁界の影響がビット長が短くなるほど小さくなるため原理的に高密度記録に適した記録方式である。垂直磁気記録は当初線記録密度を高める事に力点が置かれていたが、動画のような膨大な情報の記録を必要とする用途には線記録密度のみならずトラック密度も同時に高め、面記録密度(単位面積あたりの記録ビット数)を高くすることが必要である。ビット長を一定にしてトラック幅を狭めていくと1ビットの面積が小さくなり、媒体表面における漏洩磁束が減少し再生出力が減少する。このため狭トラック化には高感度・低雑音の垂直磁気ヘッドが必要である。しかし当初使われていた垂直磁気記録用の補助磁極励磁型単磁極ヘッドはリングヘッドと比較して感度・雑音の面で劣っており狭トラック再生には適していなかった。本研究は狭トラック化が可能な高感度・低雑音垂直磁気記録用単磁極ヘッドの実現を目的とし、また垂直磁気記録に適した画像信号記録方式の開発を目的としたものである。本論文は、単磁極ヘッドと二層媒体を用いて高密度磁気記録を実現するために解決すべき問題点の解明、高感度・低雑音単磁極ヘッド実現のための新しいヘッド構造の提案と試作、ヘッド主磁極用軟磁性薄膜の試作と特性改善手法の開発、高密度記録に適した画像信号記録方式の検討及び高密度画像信号記録再生実験結果について、これらの成果をまとめたものである。

第1章では、磁気記録技術の進歩の歴史を概観し、長手磁気記録と垂直磁気記録の原理及び特徴を高密度記録の観点から比較し、垂直磁気記録の高密度記録領域における優位性について述べている。第2章では、補助磁極励磁型単磁極ヘッドとCo-Cr/Ni-Fe二層膜垂直磁気記録媒体との組み合わせの垂直磁気記録において狭トラック記録時の問題点となっていたヘッドの記録再生感度とインピーダンス雑音との関係および垂直磁気記録用Co-Cr/Ni-Fe二層膜媒体においてパーマロイ層から発生し、単磁極ヘッドに誘起する雑音の分離測定法について述べている。第3章では、高感度・低雑音単磁極ヘッドを開発するために必要なヘッド評価技術について述べるとともに単磁極ヘッドの主要部分である主磁極磁性薄膜の高周波透磁率測定法の新規提案を行った。また高密度録画のために特に重要となる単磁極ヘッドの再生出力、雑音、CN比、オフトラック特性評価法についても述べている。

第4章では、主磁極励磁型単磁極ヘッドの一種であるW型単磁極ヘッドの再生感度・インピーダンス雑音が補助磁極励磁型単磁極ヘッドより優れていることを実験的に明らかにした。更にW型単磁極ヘッドのヘッド磁場解析及びヘッド感度解析を3次元有限要素法を用いて計算機シミュレーションを行った。この解析結果に基づきヘッドの高感度化のために新構造の単磁極ヘッドを開発した。このヘッドはトラック幅方向に磁束のリターンパスコアを配置した主磁極励磁型単磁極ヘッドの一種で、TRFヘッド (single-pole head with Transverse Return-path core of Flux flow) と呼ぶことにした。またもう一つの高感度化を目指した試みである薄膜垂直磁気ヘッドFiTR (Film head with Transverse Return-path core) の試作及び記録再生実験結果についても述べる。第5章では、単磁極ヘッドの記録再生特性に関係する最も重要な構成材料である主磁極用軟磁性薄膜の試作及び特性評価結果について述べている。ここでは主磁極磁性薄膜としてCo-Zr-Nbアモルファス磁性薄膜のスパッタプロセス、アニールプロセス、エッチングプロセスについて述べた。スパッタプロセスでは特性改善のために新しく見いだした独自の磁性膜作製法、アニールプロセスではこの膜の熱処理のために試作された装置、特にアモルファス磁性薄膜の一軸磁気異方性誘導のための磁場を印加するために試作した電磁石の磁界分布、そしてエッチングプロセスについてはウェットエッチング法でエッチングパターン精度を改善するために新たに開発したエッチャントの組成およびエッチングプロセスについて述べている。

第6章では、画像信号の変調方式について概説し、その中で垂直磁気記録特性に適していると考えられる3つの変調方式による画像信号の記録実験について述べている。このうち二つの変調方式は一個の単磁極ヘッドを用いた記録再生実験装置に適用されたもので主磁極膜厚よりも長い記録波長領域（一次ピーク帯域）と主磁極膜厚より短い記録波長領域（二次ピーク帯域）とを有効利用する変調方式について述べている。残りの一つの変調方式は二個の主磁極励磁型単磁極ヘッドを用いた記録再生実験装置に適用されたもので主磁極膜厚より長い記録波長領域（一次ピーク帯域）のみを利用する変調方式について述べている。本研究によって以下のことが明らかとなった。

- (1) 垂直磁気記録用Co-Cr/Ni-Fe二層膜媒体においてパーマロイ層から発生し、単磁極ヘッドに誘起する雑音の分離測定法とその抑圧法を見いだした。
- (2) 垂直磁気記録に於いて高いCN比を得るためには補助磁極励磁型単磁極ヘッドより主磁極励磁型単磁極ヘッドの方が有利である事を明らかにした。
- (3) 主磁極励磁型単磁極ヘッドの記録磁界分布・再生感度の3次元有限要素法による解析、オフトラックサイドクロストーク測定およびこのヘッドで記録した媒体の記録磁化パターンの観察を行った結果このヘッドが高感度で急峻なトラック幅方向記録磁界分布を持つことを明らかにした。
- (4) トラック幅方向に磁束のリターンパスコアを配置した新しい構造の主磁極励磁型単磁極ヘッドであるTRFヘッドを考案し、このヘッドの再生感度・記録磁界分布の3次元有限要素法による解析および記録再生実験を行い、高い再生感度と急峻な記録磁界分布をあわせもつ事を明らかにした。
- (5) トラック幅方向の磁束のリターンパスコアと主磁極の間隔を短縮できる薄膜構造の主磁極励磁型単磁極ヘッドであるFiTRヘッドを考案し、このヘッドのトラック幅方向の記録磁界分布がより急峻になる事を明らかにした。
- (6) Co-Zr-Nbアモルファス主磁極磁性薄膜の一軸磁気異方性を誘導する均一な磁界分布電磁石を持った回転磁界中熱処理装置を開発し分散の少ない一軸磁気異方性を誘導することができることを明らかにした。
- (7) Co-Zr-Nbアモルファス磁性薄膜のトラック幅を精度よくエッチングするためのウェットエッチング用エッチャント、及びエッチング条件を見いだした。

- (8) 垂直磁気記録の画像記録方式として、長手磁気記録のVTRに用いられているFMされた輝度信号に色度信号を重畳記録する方式より重畳信号を含まない単純なFM記録の方が高密度化出来る事を見いだした。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 武 笠 幸 一
副 査 教 授 柄 内 香 次
副 査 教 授 廣 田 榮 一
副 査 教 授 本 間 利 久

学位論文題名

垂直磁気ヘッドの高感度化と画像記録への応用に関する研究

テレビ放送は多量の動画像と音声情報を収録、加工、再生、保存することが必要な分野であるため磁気記録装置は必要欠くべからざるものとなっている。近年情報の多様化、高品質化にともなって記録すべき画像情報量は飛躍的に増加しつつある。従来用いられてきた長手磁気記録方式はビット長が短くなると磁化反転領域における減磁界の影響が大きくなり再生出力が急激に減衰する。垂直磁気記録は磁化反転領域での減磁界の影響がビット長が短くなるほど小さくなるため原理的に高密度記録に適した記録方式である。

本研究は狭トラック化が可能な高感度・低雑音垂直磁気記録用単磁極ヘッドの実現と垂直磁気記録に適した画像信号記録方式の開発とを目的としたものである。本論文は、単磁極ヘッドと二層媒体を用いて高密度磁気記録を実現するために解決すべき問題点を解明し、高感度・低雑音単磁極ヘッド実現のための新しいヘッド構造の提案と試作ならびにヘッド主磁極用軟磁性薄膜の試作と特性改善手法の開発、高密度記録に適した画像信号記録方式の検討を行い、これらの成果をまとめたものである。

本研究によって以下のことが明かとなった。

- (1) 垂直磁気記録用 Co-Cr/Ni-Fe二層膜媒体においてパーマロイ層から発生し、単磁極ヘッドに誘起する雑音の分離測定法とその抑圧法を見いだした。
- (2) 垂直磁気記録に於いて高いCN比を得るためには補助磁極励磁型単磁極ヘッドより主磁極励磁型単磁極ヘッドの方が有利である事を明らかにした。
- (3) 主磁極励磁型単磁極ヘッドの記録磁界分布・再生感度の三次元有限要素法による解析、オフトラックサイドクロストーク測定およびこのヘッドで記録した媒体の記録磁化パターンの観察を行った結果このヘッドが高感度で急峻なトラック幅方向記録磁界分布を持つことを明らかにした。
- (4) トラック幅方向に磁束のリターンパスコアを配置した新しい構造の主磁極励磁型単磁極ヘッドを考案し、このヘッドの再生感度・記録磁界分布の三次元有限要素法による解析および記録再生実験を行い、高い再生感度と急峻な記録磁界分布をあわせもつ事を明らかにした。
- (5) トラック幅方向の磁束のリターンパスコアと主磁極の間隔を短縮できる薄膜構造の主磁極励磁型単磁極ヘッドを考案し、このヘッドのトラック幅方向の記録磁界分布がより急峻になる事を明らかにした。
- (6) Co-Zr-Nbアモルファス主磁極磁性薄膜の一軸磁気異方性を誘導する均一な磁界分布電磁石を持った回転磁界中熱処理装置を開発し分散の少ない一軸磁気異方性を誘導

することができることを明らかにした。

- (7) Co-Zr-Nbアモルファス磁性薄膜のトラック幅を精度よくエッチングするためのウエットエッチング用エッチャント、およびエッチング条件を見いだした。
- (8) 垂直磁気記録の画像記録方式として、長手磁気記録のVTRに用いられている周波数変調された輝度信号に色度信号を重畳記録する方式より重畳信号を含まない単純なFM記録の方が高密度化出来る事を見いだした。

これを要するに、著者は、狭トラック化が可能な高密度・低雑音垂直磁気記録用単磁極ヘッドおよび画像信号記録についての新知見を得たものであり、磁気記録、磁気工学、電子デバイス工学の進展に寄与するところ大である。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。