

外95-52

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文概要

論文題目

光磁気記録媒体の高密度化・
高速度化に関する研究

申請者

島崎勝輔

Katsusuke Shimazaki

1995年12月

現代社会において情報化の進展はめざましく、その重要性はますます増大している。コンピュータ用コードデータを始め、文書や音声、静止画像、動画映像などのファイリングデータなど、膨大な量の情報が取り扱われている。今後、その情報量はさらに増大する。コンピュータや通信網も急速に進歩し、情報の処理の高速化、高効率化が一層推進されている。記憶装置においてはこの増大する情報を蓄積し、高速に処理することが益々必要となる。特に現在、様々な形態の情報を融合し、また、情報の伝達をさらに進歩させて、より有効に活用しようとする技術が推進されている。これはマルチメディアと呼ばれている。この技術を支持するためには、特に動画映像を含む多量の情報を記録するための、より大容量で高速な記憶装置が必要とされる。

光磁気ディスクは大容量で書き換えが可能、そして媒体の交換、搬送が可能なことを特徴とする記録媒体である。その第一世代の媒体は1988年頃に実用化された。記録容量は5インチ両面型の媒体で644MBであった。以来、大容量化、高速化の研究が続けられてきた。現在は第一世代媒体の4~5倍の記録容量を持つ媒体の開発が進められている。今後さらに進歩する情報技術に対応した記録媒体として光磁気ディスクの応用範囲を拡大していくためには、さらに大容量で高速な媒体への発展が必要である。現在の目標は第一世代媒体の10倍以上の記録容量を実現することである。

上述の背景の下に光磁気記録の高密度化および高速度化を目的として、著者は主に媒体に関する研究を行ってきた。

光磁気記録における高密度化技術の一つとして、マークエッジ記録方式の採用が検討してきた。著者は、特に記録消去の繰返しによる熱衝撃に対する安定性の観点から、マークエッジ記録に適した光磁気記録媒体の研究を行った。一方、高速度化技術としては、直接重ね書き（ダイレクトオーバーライト）が可能である磁界変調記録方式が検討してきた。この技術に対し著者は、磁気キャッピング効果により、より小さな外部磁界で磁界変調記録が可能な媒体の研究を行った。第三に著者は、さらに将来の高密度化のための新技術である光磁気多値記録媒体を考案し、原理的な実験を行なった。本論文はそれらの結果をまとめたものである。

本論文は第1章から第6章で構成されている。以下に各章の概要を述べる。

第1章は序論である。光磁気記録媒体の高密度化、高速度化の研究の背景、目的について述べた。

第2章ではマークエッジ記録に適した光磁気記録媒体について述べる。マークエッジ記録方式では記録磁区の端部に情報を担わせる。そのため、記録磁区の磁壁の位置を精密に決定できることが媒体の性能として重要である。特に光磁気記録媒体は記録・消去の繰返しによる熱衝撃を受ける。TbFeCo磁性膜はアモルファス物質であり、熱的に準安定な状態にある。そのため、この加熱の効果により構

造緩和が促進されて磁気特性が変化する。これにより記録磁区形状が変形し、磁壁の位置を初期と同様に制御することが不可能になる。

この問題を解決することを目的として、マークエッジ記録に適する光磁気記録媒体の構成を研究した。第一に記録膜の積層構造を調整し、照射レーザー光による膜面の温度上昇の制御を行なった。第二に磁気特性を調整し、構造緩和に伴う磁区端部の位置変化の制御を行なった。総合的に記録・消去の繰返しに対する耐久性を向上させる研究を行なった。その結果、以下の結論を得た。

①積層構造の上では、熱拡散の観点から光反射層兼熱制御層としてAl合金層の積層を選択した。TbFeCo磁性膜を誘電体層で挟んだ三層構造媒体と比較してAl合金層を積層した四層構造媒体の方が、記録・消去の繰返しに対する耐久性が高いことを見出した。このAl合金層の組成と膜厚をパラメータとして熱伝導性を制御し、記録・消去時の最高到達温度を低減してTbFeCo磁性膜の構造緩和を低減させた。

②TbFeCo磁性膜の磁気特性に関して、Tbの磁気モーメントが優勢な組成（RE rich組成）とFeCoの磁気モーメントが優勢な組成（TM rich組成）とを比較した。その結果、記録・消去の繰返しに対して、補償温度を80~120°C内に有するRE rich組成のほうがTM rich組成より磁区端部の変化が小さく、マークエッジ記録に適していることを明らかにした。その原因として、RE rich組成においては高温での保磁力の絶対値が大きく、またその温度勾配が大きいことなどにより、熱衝撃を受けても、磁化が反転する温度の変化が小さいことによることを明らかにした。

マークエッジ記録特性を調べた結果、RE rich組成のTbFeCo磁性膜を用いた四層構造媒体は、記録・消去の繰り返しによるジッターの変化が少なく、マークエッジ記録方式に適していることを明らかにした。

第3章では磁界変調記録に適した媒体について述べる。

光磁気ディスクのデータ転送速度を向上させるためには、記録と消去の過程を单一とする技術（ダイレクトオーバーライト）が重要である。その一つに磁界変調オーバーライト方式がある。この方式に適した媒体の研究を行なった。磁界変調記録方式では、印加する外部磁界を高速で変調する必要がある。そのため、媒体としてはより小さな外部磁界で記録が可能な特性を必要とする。

この外部記録磁界に対する応答性を改善する目的で、特に磁気キャッピング層を配した媒体を考案した。この磁気キャッピング層の付加により、記録に必要な磁界の低減、すなわち媒体の磁界感度の向上を図った。TbFeCo磁性膜の上部に磁気キャッピング層としてPtCo合金層を積層しその効果を調べた。その結果、従来300 Oe以上の変調磁界が必要であったが、PtCo磁気キャッピング層の組成を調整することにより、約50 Oeで磁界変調記録が可能な媒体を構成した。

第4章では、第3章に述べた磁気キャッピング効果による磁界感度の向上に関

して、物理的側面の解明について述べる。

TbFeCo磁性膜にPtCo磁気キャッピング層を積層した効果の仕組みについて、次のようにモデルをたてた。それは「記録温度にてPtCoの磁気モーメントが外部磁界方向へ回転する。そのPtCoモーメントからTbFeCo磁性層に働く交換結合力が、外部磁界を増強する形となって作用する。」と考えるものである。

このモデルを検証するために、第3章の実験とは異なる組成のTbFeCo磁性膜に対してPtCo合金層を積層し、磁気特性や光磁気記録特性などを調べた。その結果、「2つの記録磁界領域を有する光磁気記録媒体」を見出した。この現象はキュリー温度付近での磁気キャッピング層の磁気モーメントの外部磁界方向への回転と、TbFeCo磁性膜への交換結合力の存在を裏付けるものである。この事実により上記の磁界感度向上のモデルを実証した。

第5章では磁気多値記録光磁気記録媒体について述べる。

上記第4章の磁気キャッピング効果の研究において発見した、「2つの記録磁界領域を有する光磁気記録媒体」を応用して、外部磁界の切り換えにより4値記録が可能な光磁気記録媒体を着想した。そしてその基本的な実験を行い、光磁気の多値記録が原理的に成立することを実証した。

①「2つの記録磁界領域を有する光磁気記録媒体」と単層のTbFeCo磁性膜を組合せ、記録外部磁界に対応して4つの磁化状態が発生する媒体を構成した。これにより4値に記録が可能な光磁気多値記録媒体を実現した。4値に変調した磁界による磁界変調方式記録を行い、4段階に分離した再生信号を確認した。また、ダイレクトオーバーライトなどの原理動作を実証した。

②TbFeCo磁性膜とPtCo磁気キャッピング層の交換結合力を制御することにより、4値記録を行うために必要な外部磁界の低減に成功した。この改善を行った媒体を用いてパルスレーザー光照射磁界変調記録実験を行った。その結果、 $1 \mu m$ 以下の微小磁区にて4値記録を達成した。

第6章は結論として以上のまとめを述べる。

本研究は、光磁気記録において現在展開中の高密度化および高速度化の潮流における主題に関するものである。マークエッジ記録方式に適した媒体の研究、および磁界変調記録方式に適した媒体に関する技術は、第二世代の光磁気記録媒体などで活用されている。一方、多値記録は同じ光スポットサイズでも2倍以上の実効記録密度を得る手段である。光記録の分野においては、ダイレクトオーバーライトの機能も含めてこれを実現する技術はこれまで存在しなかった。本研究における磁気多値記録光磁気記録はこれを初めて実現した。将来の高密度化のための有効な技術候補である。