

氏名(本籍)	内原可治(和歌山県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第26号
学位授与年月日	平成7年3月24日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	GdDy/FeCo系の光磁気記録膜の磁気特性及び記録特性の研究
学位論文審査委員	(主査)教授 佐々木 堂 (副査)教授 嶋川 晃一 教授 清水 宏晏 助教授 近藤 明弘

論文内容の要旨

本論文は、書き換え可能な光ディスクの開発を目標とし、プラスチック基板上に、GdDy/FeCo積層膜から成る光磁気記録膜を作製し、その磁気特性、磁気光学特性及び、記録再生特性について検討した結果をまとめたものである。4元系材料にすることにより、希土類、遷移金属のいずれの組成を変更してもキュリー温度を広範囲に調整できることや、GdDy合金が短波長領域でTbよりもカー回転角が優位であることなどを考慮して、GdDyFeCoの4元系材料に注目した研究を行った。

まず、低ノイズのプラスチック基板を作製するために、マスタリングプロセスの改良から取り組むと共に、基板の表面状態が磁気特性、記録特性に及ぼす影響を調べた後に、その解決方法を検討した。以下に各章の内容と主な成果についてまとめる。

第1章では、現状の各種光ディスクの状況とその中における光磁気記録媒体の位置付けを述べ、現状の光磁気記録媒体と記録・再生方式について述べた。また、光磁気記録の現状、記録・再生の原理、記録媒体に関連した諸物性の基礎理論を紹介し、ついで、光磁気記録における課題を述べ、本研究の背景と目的を明らかにした。

第2章では、本論文の各章に共通した実験方法をまとめた。

第3章では、基板ノイズの低減を図ると共に、記録材料として、GdDy/FeCo積層膜をSiN層ではさみこんだ3層膜構造の光磁気ディスクを用いて、オーバーライト可能な光磁気ディスクの研究に取り組んだ結果、GdDy/FeCo光磁気ディスクが磁界変調記録用媒体として優れた特性を示すことを明らかにした。得られた主な研究成果を以下のようにまとめた。

- ① 基板の表面粗さが増大すると、微細な凹凸の増加により、磁壁がピンギングされ、保磁力の増大につながる。
- ② プラスチック基板の場合は、特に表面粗さが記録ノイズに与える影響が重要となり、これを抑えるには、逆スパッタリングによる基板エッチングが有効であった。これは、基板エッチングにより、基板表面の凹凸周期が短くなり、Porousな構造になることで成膜状態に差が生じるためである。
- ③ 射出成形によって、プラスチック基板を作製する場合には、スタンプの表面状態も重要となる。このスタンプ表面の凹凸については、メッキ工程の前段処理を変更することにより、スタンプ表面を大幅に改善させることができた。このことは、成形基板の表面状態にも強く反映され、②項の処理よりも効果は大であった。

- ④ プラスチック基板上に、SiN/GdDyFeCo/SiN/UVコートの順に成膜した3層膜GdDy/FeCoディスクは200Oeの低磁界において、C/Nが46dB以上の優れた記録特性を示すとともに最適記録パワーに対して±41%という広いパワーマージンを有することが分かった。
- ⑤ 3層膜GdDy/FeCo光磁気ディスクの信頼性について、加速試験を行って検討した結果、実使用において平均として100年以上の寿命が予測された。さらに統計的な解析によれば、±2σの寿命としても50年以上が期待でき、実用上はきわめて高い耐久性を有していることが分かった。

第4章では、記録磁界特性の改善を目的として、積層周期構造の研究及び、磁性層膜厚依存性に関する研究を行った。

- ① GdDyとFeCoの組成比については、補償組成よりわずかに希土類金属(RE)-rich側の組成が最適である。
- ② GdDy/FeCo二元スパッタによって作製した積層周期構造を有する光磁気ディスクは、短い積層周期のもので優れた記録磁界特性を示すが、周期の違いによって磁気特性及び、その温度特性及び記録磁界特性は変化した。しかし、この差は組成を調整し、補償温度を一致させることで、補償することができた。
- ③ キュリー温度が約230°Cの3層膜GdDy/FeCo光磁気ディスクでは、補償温度を120~160°Cに設定するとき、低磁界での記録特性が最適となった。
- ④ 膜厚を変えても組成の変化は少ないが、磁気特性は著しく変化する。膜厚が厚くなるにつれ、補償温度は高温側へシフトした。
- ⑤ 記録ノイズは、低磁界になるほど増大するが、膜厚が薄くなるにつれ低磁界ノイズは減少傾向にある。

第5章では、磁性膜の熱安定性について検討を行った後に、実際にオーバーライト実験を行い、その関連を明らかにした。

- ① 膜組成が補償組成からずれてRE-richになるほど、真空中アニールにより実効磁化が増大し、その結果、補償温度が高温側へシフトするため不安定な膜となる。
- ② 希土類成分におけるDyの割合を45~70at%に選べば、補償温度が室温から100°Cの間の膜の熱安定性がよく、実際の光磁気ディスクを用いたオーバーライト実験でもその傾向が確かめられた。
- ③ 3層膜ディスクでは低磁界(100Oe以下)におけるオーバーライト特性の劣化が大きいため、4層膜構造の検討を行った。
- ④ 4層膜光磁気ディスク(基板/SiN/磁性膜/SiN/金属反射膜/UVコート)では、磁性膜厚が薄くてよいために、下地SiNのエッチングによる表面粗さの改善が記録ノイズ低下に有効であり、3層膜ディスクに比べて、低磁界特性も含めて記録特性が向上した。1992年に登場したMini Discに応用した場合も、仕様を十分に満たす性能が得られている。
- ⑤ 4層膜ディスクの信頼性を考えると、金属反射膜として純粋なAlよりもTi添加膜(AlTi)を用いることが有効であった。
- ⑥ 4層構造により、熱拡散が安定し、特に低磁界におけるオーバーライト特性も改善された。10⁶回以上のオーバーライトでもほとんど性能低下が見られず、実用上の問題はないと言える。

以上のように本論文では、まず基板の表面状態と磁気特性、記録特性の関係を解析し、基板の表面粗さが重要であることを明らかにした。

次に、3層膜構造GdDy/FeCo光磁気ディスクの開発を行い、実用上すぐれた信頼性を有することを明らかにした。

- ④ プラスチック基板上に、SiN/GdDyFeCo/SiN/UVコートの順に成膜した3層膜GdDy/FeCoディスクは200Oeの低磁界において、C/Nが46dB以上の優れた記録特性を示すとともに最適記録パワーに対して±41%という広いパワーマージンを有することが分かった。
- ⑤ 3層膜GdDy/FeCo光磁気ディスクの信頼性について、加速試験を行って検討した結果、実使用において平均として100年以上の寿命が予測された。さらに統計的な解析によれば、 $\pm 2\sigma$ の寿命としても50年以上が期待でき、実用上はきわめて高い耐久性を有していることが分かった。

第4章では、記録磁界特性の改善を目的として、積層周期構造の研究及び、磁性層膜厚依存性に関する研究を行った。

- ① GdDyとFeCoの組成比については、補償組成よりわずかに希土類金属(RE)-rich側の組成が最適である。
- ② GdDy/FeCo二元スパッタによって作製した積層周期構造を有する光磁気ディスクは、短い積層周期のもので優れた記録磁界特性を示すが、周期の違いによって磁気特性及び、その温度特性及び記録磁界特性は変化した。しかし、この差は組成を調整し、補償温度を一致させることで、補償することができた。
- ③ キュリー温度が約230°Cの3層膜GdDy/FeCo光磁気ディスクでは、補償温度を120~160°Cに設定するとき、低磁界での記録特性が最適となった。
- ④ 膜厚を変えても組成の変化は少ないが、磁気特性は著しく変化する。膜厚が厚くなるにつれ、補償温度は高温側へシフトした。
- ⑤ 記録ノイズは、低磁界になるほど増大するが、膜厚が薄くなるにつれ低磁界ノイズは減少傾向にある。

第5章では、磁性膜の熱安定性について検討を行った後に、実際にオーバーライト実験を行い、その関連を明らかにした。

- ① 膜組成が補償組成からずれてRE-richになるほど、真空中アニールにより実効磁化が増大し、その結果、補償温度が高温側へシフトするため不安定な膜となる。
- ② 希土類成分におけるDyの割合を45~70at%に選べば、補償温度が室温から100°Cの間の膜の熱安定性がよく、実際の光磁気ディスクを用いたオーバーライト実験でもその傾向が確かめられた。
- ③ 3層膜ディスクでは低磁界(100Oe以下)におけるオーバーライト特性の劣化が大きいため、4層膜構造の検討を行った。
- ④ 4層膜光磁気ディスク(基板/SiN/磁性膜/SiN/金属反射膜/UVコート)では、磁性膜厚が薄くてよいために、下地SiNのエッチングによる表面粗さの改善が記録ノイズ低下に有効であり、3層膜ディスクに比べて、低磁界特性も含めて記録特性が向上した。1992年に登場したMini Discに応用した場合も、仕様を十分に満たす性能が得られている。
- ⑤ 4層膜ディスクの信頼性を考えると、金属反射膜として純粋なAlよりもTi添加膜(AlTi)を用いることが有効であった。
- ⑥ 4層構造により、熱拡散が安定し、特に低磁界におけるオーバーライト特性も改善された。10⁶回以上のオーバーライトでもほとんど性能低下が見られず、実用上の問題はないと言える。

以上のように本論文では、まず基板の表面状態と磁気特性、記録特性の関係を解析し、基板の表面粗さが重要であることを明らかにした。

次に、3層膜構造GdDy/FeCo光磁気ディスクの開発を行い、実用上すぐれた信頼性を有することを明らかにした。

そして、熱安定性とオーバーライト特性の関係を明らかにし、最後に低磁界特性を含めたオーバーライト特性を向上させるため、4層膜構造を検討し、10⁶回以上のオーバーライト特性を達成することができた。

本研究で開発したGdDy/FeCo膜を用いた4層構造光磁気ディスクは、低磁界においても、優れた磁界変調記録特性を示し、また各種の環境信頼性試験及びオーバーライト試験においても、高い耐久性を有していることから、将来ともMini Disc等の書換型光ディスクとして、極めて有用な材料であると言える。

論文審査の結果の要旨

本論文は、書換可能な光ディスクとして、プラスチック基板上にGdDy/FeCo積層膜からなる光磁気記録膜を作成し、その磁気特性、磁気光学特性及び記録再生特性について検討したものであり、その結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 磁気記録層は、4元系にすることにより、キュリー温度、補償温度を広く変化させることができ、最適組成の微妙な調整が可能である。また、GdDy合金が光の短波長領域で大きなカー回転角を示す効果が、本積層膜の光磁気特性にも反映して、記録光源波長の短波長化が可能である。更に、希土類合金と遷移金属合金の積層膜によって、全元素を含む合金からなる薄膜より、磁界変調形記録に対しては優れた記録特性を有することを示し、磁気特性との関連を確認している。
- (2) 基板に起因するノイズと記録膜の構成に関しては、プラスチック基板の表面粗さが増大すると、磁性膜もその凹凸の影響を受けてカー回転角は変わらないが、保磁力H_cが増大する結果となる。これは磁壁ピニング力が増大した結果と考えられる。逆に、基板表面をなめらかにし凹凸の周期を長くすると記録ノイズは減少する。すなわち、ピニングセンターとなり得ない。
プラスチック基板の形成工程上、基準となるスタンプの表面の凹凸状態を上知見に従って改善した結果、極めて良好な表面性状を有する基板を得ることができた。このプラスチック基板上に、SiN/GdDyFeCo/SiN/UVコートで構成した3層構造ディスクにおいて、記録磁界200OeでC/Nが46dBを得た。パワーマージンも最適パワーの±41%と優れた記録特性を示す。このディスクの加速寿命試験結果は、平均100年、2σで50年と満足すべき耐久性があることを示した。
- (3) 磁性層の積層周期構造と膜厚依存性に関しては以下のような結果を得た。C/N特性を向上させるには補償組成よりわずかに希土類金属を多く含む組成にすることが有効である。また、GdDyとFeCoの積層構造はその組織、周期によって磁気特性、記録特性ともに変化するが、積層厚みと組成の組合せで同じ磁気特性を示すものは同じ記録特性を示すことを明らかにした。
キュリー温度が約230°Cの3層膜GdDy/FeCo光磁気ディスクでは、補償温度を120~160°Cに設定するとき、低磁界での記録特性が最適となった。一方、膜厚を変えても組成の変化は少ないが、磁気特性は著しく変化する。膜厚が厚くなるにつれ、補償温度は高温側へシフトした。また、記録ノイズは、低磁界になるほど増大するが、膜厚が薄くなるにつれ低磁界ノイズは減少傾向にある。
- (4) オーバーライト特性は熱安定性を示しているが、この特性の検討結果、4層構造を導出した。基本的には、希土類成分におけるDyの割合を45~70at%に選べば、補償温度が室温から100°Cの間の膜の熱安定性がよく、実際の光磁気ディスクを用いたオーバーライト実験でもその傾向が確かめられた。この場合、3層膜ディス

クでは低磁界(100Oe以下)におけるオーバーライト特性の劣化が大きいため、4層膜構造の検討を行った。

4層膜光磁気ディスク(基板/SiN/磁性膜/SiN/金属反射膜/UVコート)では、磁性膜厚が薄くてよいために、下地SiNのエッチングによる表面粗さの改善が記録ノイズ低下に有効であり、3層膜ディスクに比べて、低磁界特性も含めて記録特性が向上した。この4層膜ディスクの信頼性を考えると、金属反射膜として純粋なAlよりもTi添加膜(AlTi)を用いることが有効であった。4層構造により、熱拡散が安定し、特に低磁界におけるオーバーライト特性も改善された。10⁶回以上のオーバーライトでもほとんど性能低下が見られず、10⁷回以上に耐えると期待される。

以上要するに、GdDy/FeCo多層構造を持つ記録体の光磁気記録特性に関し詳細な実験を行い、製作法・組成・構造が磁気特性及び記録特性に及ぼす影響について具体的な多くの知見を得たものであり、学術上及び実用上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学術論文として価値あるものと認める。