

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-41672

(P2014-41672A)

(43) 公開日 平成26年3月6日(2014.3.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/738 (2006.01)	G 1 1 B 5/738	5 D 0 0 6
G 1 1 B 5/02 (2006.01)	G 1 1 B 5/02 T	5 D 0 9 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-183149 (P2012-183149)	(71) 出願人	000005234
(22) 出願日	平成24年8月22日 (2012.8.22)		富士電機株式会社
			神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
		(74) 代理人	110001243
			特許業務法人 谷・阿部特許事務所
		(72) 発明者	稲葉 祐樹
			神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
			富士電機株式会社内
		Fターム(参考)	5D006 CA01 CA05
			5D091 AA08 AA10 CC26

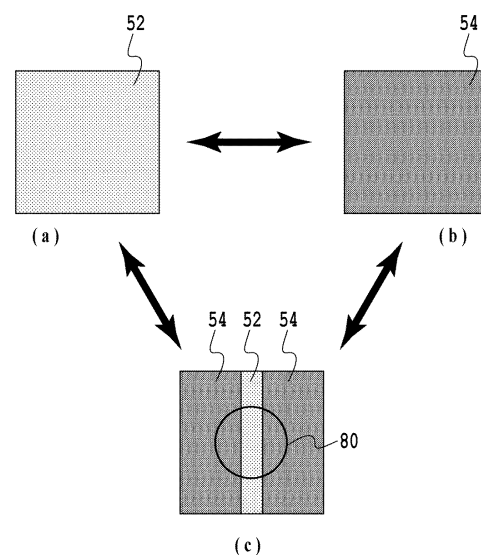
(54) 【発明の名称】 熱アシスト記録用磁気記録媒体

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】熱アシスト記録方式において、磁気記録層に対する熱エネルギー供給の効率を向上させる。

【解決手段】非磁性基板と、磁気記録層と、反射率可変層とを少なくとも含み、前記磁気記録層は、前記基板と前記反射率可変層との間に位置する。前記反射率可変層は前面が低反射率領域52および高反射率領域54とに変化が可逆的であり、位置選択的な外部刺激によりトラックに相当する低反射率領域52とトラック周囲の高反射率領域54を有する状態とし記録を所望する位置と所望しない位置の間に大きな温度勾配をもたらすように熱エネルギーを供給する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非磁性基板と、磁気記録層と、反射率可変層とを少なくとも含み、前記磁気記録層は、前記基板と前記反射率可変層との間に位置することを特徴とする熱アシスト記録用磁気記録媒体。

【請求項 2】

前記反射率可変層は、反射率を可逆的に変化させることができる材料で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

【請求項 3】

前記反射率可変層は、制御光の照射により反射率を変化させることができる材料で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

10

【請求項 4】

前記反射率可変層は、相変化型材料で形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

【請求項 5】

前記反射率可変層は、ゲルマニウム (Ge)、アンチモン (Sb)、テルル (Te)、ガリウム (Ga) およびセレン (Se) からなる群から選択される 1 種または複数種の元素を含む材料で形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

20

【請求項 6】

前記反射率可変層は、 Ti_3O_5 からなる金属 - 半導体相転移型材料で形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

【請求項 7】

前記反射率可変層は低反射率領域および高反射率領域を有し、前記低反射率領域の反射率は前記高反射率領域の反射率以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

【請求項 8】

前記熱アシスト記録用磁気記録媒体は記録トラック領域およびサーボ領域を含み、前記記録トラック領域の少なくとも一部に前記低反射率領域が形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

30

【請求項 9】

前記熱アシスト記録用磁気記録媒体は記録トラック領域およびサーボ領域を含み、前記サーボ領域の少なくとも一部に前記低反射率領域が形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の熱アシスト記録用磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、各種磁気記録装置に搭載される磁気記録媒体に関する。より詳細には、本発明は、熱アシスト記録用の磁気記録媒体に関する。

【背景技術】

40

【0002】

コンピュータの外部記録装置として、ハードディスク装置、光磁気記録 (MO) 装置、磁気テープ装置などの磁気記録装置が用いられてきている。それら磁気記録装置に用いられるハードディスク、MO 媒体および磁気テープの磁気記録方式には、面内磁気記録方式および垂直磁気記録方式の 2 つの方式がある。いずれの磁気記録方式においても、記録信号の長期安定性を確保するために、記録磁化の微細化に伴う熱揺らぎ問題を克服することが重要である。

【0003】

熱揺らぎ問題を克服するために、大きな磁気異方性エネルギーを有する材料を用いて磁気記録層を形成する研究が盛んに行われている。磁気異方性エネルギーは、記録された磁

50

化（信号）を一方向に保持するエネルギーの大きさを表す。しかしながら、大きな磁気異方性エネルギーを有する材料は、信号の書込および消去に大きな磁界強度を要求する。したがって、現行の磁気記録システムにおいて、磁気記録層の形成に用いることができる材料の磁気異方性エネルギーの上限は、信号書込／消去ヘッドが発生可能な磁界強度によって規定される。

【 0 0 0 4 】

近年、上記の制限を回避してより高密度の磁気記録を達成する手段として、信号の書込／消去時に外部から磁気記録層に対してエネルギーを供給し、磁気記録層の磁気異方性エネルギーを一時的に減少させ、信号書込／消去に必要な磁界強度を低減させるエネルギーアシスト記録方式の開発が盛んに行われている。

10

【 0 0 0 5 】

エネルギーアシスト磁気記録方式の中でも、磁気記録層に熱エネルギーを供給する熱アシスト磁気記録方式が、現在最も盛んに検討されている。特に、熱エネルギーの供給手段として、光照射を用いることが検討されている。光照射を用いる熱アシスト磁気記録方式においては、信号の書込／消去時にレーザー光などの光照射により磁気記録層を加熱し、積極的に熱的に不安定な状態（すなわち、磁気異方性エネルギーが小さい状態）を作り出すことによって、書込／消去能力を増加させる。一方、信号の書込／消去の終了後は、磁気記録層を冷却して再び熱的に安定な状態（すなわち、磁気異方性エネルギーが大きい状態）に変化させ、信号（磁化）の熱安定性を確保する。

【 先行技術文献 】

20

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特表平 1 0 - 5 0 0 2 2 5 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 0 - 3 4 4 9 1 5 号 公 報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 非特許文献 1 】 N. Yamada, et. al., J. Appl. Phys., vol. 69, 2849-2856 (1991).

【 非特許文献 2 】 A. V. Kolobov, et. al., Nature Mater., vol. 3, 703-708 (2004).

【 非特許文献 3 】 P. Gutlich, et. al., Angew. Chem. Int. Ed. Engl., vol. 33, 2024-2054 (1994).

30

【 非特許文献 4 】 O. Kahn, et. al., Science, vol. 279, 44-48 (1998).

【 非特許文献 5 】 S. Decurtins, et. al., Chem. Phys. Lett., vol. 105, 1-4 (1984).

【 非特許文献 6 】 J. F. Letard, et. al., J. Am. Chem. Soc., vol. 121, 10630-10631 (1999).

【 非特許文献 7 】 S. Ohkoshi et. al., J. Photochem. Photobiol., vol. C2, 71-88 (2001).

【 非特許文献 8 】 M. Verdaguer, Science, vol. 272, 698-699 (1996).

【 非特許文献 9 】 S. Ohkoshi, et. al., Appl. Phys. Lett., vol. 70, 1040-1042 (1997).

【 非特許文献 1 0 】 J. M. Herrera, et. al., Angew. Chem. Int. Ed., vol. 43, 5468-5471 (2004).

40

【 非特許文献 1 1 】 A. Dei, Angew. Chem. Int. Ed., vol. 44, 1160-1163 (2005).

【 非特許文献 1 2 】 S. Ohkoshi, et. al., J. Am. Chem. Soc., vol. 128, 5320-5321 (2006).

【 非特許文献 1 3 】 H. Tokoro, et. al., Chem. Mater., vol. 20, 423-428 (2008).

【 非特許文献 1 4 】 K. Miyano, et. al., Phys. Rev. Lett., vol. 78, 4257-4260 (1997).

【 非特許文献 1 5 】 M. Fiebig, et. al., Science, vol. 280, 1925-1928 (1998).

【 非特許文献 1 6 】 S. Koshihara, et. al., Phys. Rev. B, vol. 42, 6853-6856 (1990).

50

【非特許文献 17】E. Collet, et. al., Science, vol. 300, 612-615 (2003).

【非特許文献 18】S. Ohkoshi, et. al., Nature Chemistry, vol. 2, 539-545 (2010).

【非特許文献 19】O. A. Aktsipetrov, et. al., Jpn. J. Appl. Phys., vol. 37, 122-127 (1998).

【非特許文献 20】M. Irie, et. al., Nature, vol. 420, 759-760 (2002).

【非特許文献 21】S. Habuchi, et. al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 102, 9511-9516 (2005).

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

熱アシスト磁気記録方式においては、磁気異方性エネルギーの温度依存性（すなわち、温度上昇時の磁気異方性エネルギーの減少率）が大きい磁気記録層用材料の開発が行われている。一方、磁気記録層に対する熱エネルギー供給の効率向上については、あまり研究が進んでいない。特に、所望される位置に効率よく熱エネルギーを供給するための磁気記録媒体の構成については、報告例がない。

【0009】

熱アシスト磁気記録方式においては、記録を行なう領域の磁気記録層に対して熱エネルギーを供給して、磁気記録層の温度を上昇させる。磁気記録層の温度をキュリー点近傍まで上昇させることにより、磁気異方性エネルギーを減少させ、磁気ヘッドによる記録を容易にする。一方、隣接する領域においては、記録が行なわれないように磁気記録層の温度は可能な限り低いことが好ましい。すなわち、記録を所望する位置と所望しない位置の間に大きな温度勾配をもたらすように熱エネルギーを供給することが必要とされる。

【0010】

また、磁気記録層に用いられる材料は金属合金が主流であり、金属光沢を有している。そのため反射率が非常に大きく、レーザー光を用いる方式において効率良く媒体を加熱する方法が必要とされていた。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板と、磁気記録層と、反射率可変層とを少なくとも含み、磁気記録層は、基板と反射率可変層との間に位置することを特徴とする。本発明の磁気記録媒体は、熱アシスト記録に好適である。また、反射率可変層は、反射率を可逆的に変化させることができる材料で形成されていることが好ましい。ここで、前記反射率可変層は、制御光の照射により反射率を変化させることができる材料、あるいは相変化型材料で形成されていてもよい。たとえば、前記反射率可変層は、ゲルマニウム（Ge）、アンチモン（Sb）、テルル（Te）、ガリウム（Ga）およびセレン（Se）からなる群から選択される 1 種または複数種の元素を含む材料で形成されていてもよく、 Ti_3O_5 からなる金属 - 半導体相転移型材料で形成されていてもよい。さらに、反射率可変層は低反射率領域および高反射率領域を有し、前記低反射率領域の反射率は前期高反射率領域の反射率以下であることが好ましい。ここで、低反射率領域は、磁気記録媒体の記録トラック領域の一部またはサーボ領域の一部に形成することができる。

【発明の効果】

【0012】

上記の構成を採用することによって、本発明の磁気記録媒体はエネルギーアシスト記録方式、特にレーザー光を用いる熱アシスト記録方式において、磁気記録層の加熱効率を向上させることができる構造を提供する。

【0013】

さらに、本発明の磁気記録媒体において、反射率可変層に低反射率領域および高反射率領域を設けることによって、低反射率領域の下にある磁気記録層に高強度のレーザー光を供給し、結果として磁気記録層の加熱効率を向上させることが可能となる。さらに、低反射率領域および高反射率領域における磁気記録層に対するレーザー光供給量の差を利用し

10

20

30

40

50

て、低反射率領域の下の特定期間（記録トラック、サーボパターン記録領域など）においてのみ、磁気記録層の加熱効率を向上させること、ならびに磁気記録層の面内方向に大きな温度勾配をもたらすことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の磁気記録媒体の構成例を示す断面図である。

【図2】本発明において、反射率の変化によりトラック幅を小さくする原理を説明するための図であり、（a）は全面が低反射率領域の場合を示す図であり、（b）は全面が高反射率領域の場合を示す図であり、（c）はトラックに相当する低反射率領域とトラック周囲の高反射率領域を有する場合を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板と、磁気記録層と、反射率可変層とを少なくとも含み、磁気記録層は、基板と反射率可変層との間に位置することを特徴とする。また、本発明の磁気記録媒体は、基板と磁気記録層との間に、ヒートシンク層、軟磁性裏打ち層、シード層、下地層などの層をさらに含んでもよい。さらに、本発明の磁気記録層の上に、保護層、液体潤滑層などの層をさらに含んでもよい。加えて、本発明において、反射率可変層が保護層の機能を有してもよい。あるいはまた、本発明の磁気記録媒体は、反射率可変層とは別に形成される保護層を有してもよい。図1には、非磁性基板10、シード層20、下地層30、磁気記録層40、反射率可変層50、および液体潤滑層60をこの順に含む本発明の磁気記録媒体の構成例を示した。

20

【0016】

本発明の非磁性基板10として、ガラス基板、Al基板、表面酸化Siウェーハ、石英基板、樹脂基板などを用いることができる。ここで、熱アシスト記録方式に適用する場合、磁気記録層40の加熱時に非磁性基板10も加熱の影響を受ける。したがって、非磁性基板10の材料は、その融点、軟化点、ガラス転移点などの特性を考慮して選択する必要がある。

【0017】

本発明の磁気記録層40は、当該技術において用いられている任意の材料を用いて形成することができる。Co合金、好ましくはCo、Ptを含むCoPt基合金を用いて、磁気記録層40を形成することができる。CoPt基合金は、Cr、B、Ta、Wなどの金属をさらに含んでもよい。また、磁気記録層40を形成する磁性材料は、前述のCoPt基合金の磁性結晶粒が、Si、Cr、Co、Ti、またはTaの酸化物（SiO₂、TiO₂など）あるいは窒化物からなる非磁性粒界で分離されたグラニューラー構造を有してもよい。

30

【0018】

本発明の反射率可変層50は、その反射率を制御して、信号の書込/消去時に磁気記録層40に到達する照射光の強度を変化させるための層である。照射光の強度を変化させることによって、磁気記録層40の加熱効率を制御することができる。図2に示すように、反射率可変層50の反射率の変化が可逆的であることが好ましい。言い換えると、反射率可変層50の全領域が低反射率領域52である図2（a）に示した状態から、外部刺激によって反射率可変層50の全領域が高反射率領域54である図2（b）に示した状態に変化させること、および図2（b）の状態から外部刺激によって図2（a）に示した状態に変化させることができることが好ましい。さらに、位置選択的な外部刺激によって、図2（a）または図2（b）の状態から、低反射率領域52および高反射率領域54が位置選択的に形成された図2（c）に示す状態に変化させることができることが好ましい。また、図2（c）の状態から、全面にわたる外部刺激によって、図2（a）または図2（b）の状態に変化させることができることが好ましい。本発明において、「低反射率領域52」とは、信号の書込/消去時に照射する光に対する反射率が低い領域を意味する。同様に、「高反射率領域52」とは、信号の書込/消去時に照射する光に対する反射率が高い領

40

50

域を意味する。

【0019】

また、本発明の反射率可変層50は、熱アシスト記録の際に用いる光（以下、「記録光」と称する）に対して、高い透過率を有して、より多くの記録光を磁気記録層40に到達させることが好ましい。また、低反射率領域52と高反射率領域54との変化を光（以下、「制御光」と称する）によって行う場合、反射率可変層50は、制御光に対して高い吸収率を有して、低光量で上記の変化を起こすことが好ましい。記録光および制御光として用いる光の波長は、反射率可変層50の材料に応じて適宜選択される。反射率変化が光の波長以外の要素によって生じる場合には、記録光および制御光の波長は同一であってもよいし、あるいは異なってもよい。このような例としては、光照射によってもたらされた温度変化等によって反射率の変化が生じる場合が挙げられる。反射率可変層50の低反射率領域52と高反射率領域54との間の変化が異なる波長域の光によって生じる場合には、記録光と制御光とは異なる波長域の光とする。記録光のピーク波長と制御光のピーク波長を低反射率領域52と高反射率領域54との間の変化をもたらしピーク波長に合わせることで、より低光量で所望の反射率変化をもたらしすることができる。また、非特許文献18に例示される Ti_3O_5 のように、照射光波長が532nmの時に茶色、410nmの時に黒色に変化するなど、反射率を変化させる波長が限定されている場合においても、記録光波長は反射率可変層の反射率が所望の変化をもたらしように適切なものを設定しなければならない。

10

20

【0020】

低反射率領域52および高反射率領域54が位置選択的に形成された図2(c)の状態において、反射率可変層50は、磁気記録層40中の加熱される領域を制限することが可能となる。すなわち、図2(c)において、参照符号80で示される範囲（レーザースポット）にレーザ光を照射した場合、レーザースポット80内に含まれる低反射率領域52の下にある磁気記録層40のみを加熱し、レーザースポット80内の高反射率領域54の下にある磁気記録層40を加熱しないようにすることができる。この結果、低反射率領域52と高反射率領域54との境界において、その下にある磁気記録層40の面内方向の温度勾配を急峻にして記録密度を向上させることができる。言い換えると、レーザースポット80の直径（レーザースポット径）を小さくすることなく、より限定された領域の磁気記録層40を加熱することができるようになる。そして、磁気記録層40の記録領域の大きさが、レーザースポット径ではなく低反射率領域52の大きさによって制御されるため、レーザースポット径の大きな高出力レーザの使用が可能となる。また、レーザースポット径を小さくする必要性が緩和されるため、レーザおよびその光学系の設計の自由度を向上させることが可能となる。

30

【0021】

また、同心円状の複数の記録トラックに相当する位置に低反射率領域52を形成することによって、それら複数の記録トラックが磁氣的に独立しているディスクリットトラックメディア(DTM)を得ることができる。本発明の磁気記録媒体は、リソグラフィ工程を用いることなしにDTMを実現できる点において有効である。また、磁気記録媒体中の記録ビットのそれぞれに対応する低反射率領域52を形成することによって、各記録ビットが磁氣的に独立しているパターンドメディアを得ることができる。

40

【0022】

さらに、位置選択的に形成された低反射率領域52および高反射率領域54を用いて、磁気記録媒体の記録トラックの位置、記録トラック内のセクタの位置などの情報を記録するサーボパターンを形成することができる。たとえば、サーボ情報を記録すべき位置にサーボ情報に対応したパターンの低反射率領域52を形成し、その他の位置に高反射率領域54を形成する。その後、通常の記録トラックに対する書込みと同様の条件で書込みを行うことによって、サーボパターンに対応するサーボ情報を磁気記録層40に書き込むことができる。ここで、サーボパターンの形成と同時に、記録トラックまたは記録ビットのパターン形成を行ってもよい。記録トラックまたは記録ビットのパターンは、記録トラ

50

ックまたは記録ビットに対応する位置に低反射率領域 5 2 を形成し、その他の位置に高反射率領域 5 4 を形成することによって得られる。

【0023】

さらに、可逆的な反射率変化が反射率可変層 5 0 を用いることによって、磁気記録層 4 0 の記録領域を随時変更することが可能となる。制御光を用いて記録領域を随時変更する実施形態の 1 つとして、以下に、隣接する記録トラックに順次記録を行なう方法の例を説明する。ここで、隣接する 3 個の記録トラックをそれぞれ記録トラック A、B、C とする。この方法は：

- ・ 記録トラック A、B、C の領域の反射率可変層 5 0 を制御光を用いて高反射率領域 5 4 に変換する工程；
- ・ 記録トラック B の領域の反射率可変層 5 0 を制御光を用いて低反射率領域 5 2 に変換する工程；
- ・ 記録トラック B に所望のデータを熱アシスト磁気記録用磁気ヘッドを用いて記録する工程；
- ・ 記録トラック B の領域の反射率可変層 5 0 を制御光を用いて高反射率領域 5 4 に変換する工程；
- ・ 記録トラック C の領域の反射率可変層 5 0 を制御光を用いて低反射率領域 5 2 に変換する工程；および
- ・ 記録トラック C に所望のデータを磁気記録ヘッドを用いて記録する工程

を含む。上記の方法によって、熱アシスト磁気記録に用いる記録光の光エネルギーおよび磁気ヘッドの漏れ磁界が隣接する記録トラックに与える影響を最小限にすることが可能である。この結果、記録トラック間の距離を最小限に設定して高密度に記録することが可能となる。記録領域を随時変更する方法を、記録トラックを重ねて記録するシングルド磁気記録 (Shingled Magnetic Recording) 方式に対して適用すれば、さらに記録トラック密度を向上させることができる。

【0024】

さらに、本発明の反射率可変層 5 0 の形成に用いることができる材料は、加熱 / 冷却条件の変化に基づく結晶状態とアモルファス状態との間の相変化によって反射率を可逆的に変化させることができる材料を含む。相変化型材料を用いた相変化メモリの開発が盛んに行われている。DVD-RAM などの光記録媒体において、ゲルマニウム (Ge)、アンチモン (Sb) およびテルル (Te) の 3 種の元素を含む相変化型材料が用いられている。このような相変化型材料として、 GeSb_2Te_4 、 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ などが知られている (非特許文献 1 および 2 参照)。加えて、近年では、アンチモンを主成分とし、共晶組成付近の組成を有する Sb-X 合金 (ここで、X は Ge、ガリウム (Ga)、セレン (Se)、Te などを含む) が検討されている。これらの材料は、融点 T_m (液相線温度) 以上に加熱してから冷却 (急冷) することによってアモルファス状態となり、結晶化温度 T_c 以上 T_m 以下の温度に加熱してから冷却 (徐冷) することによって結晶状態となる。

【0025】

また、本発明の反射率可変層 5 0 の形成に用いることができる材料は、温度変化または光照射に基づく電子状態の変化によって反射率を変化させる材料を含む。このような材料の一例は、スピンクロスオーバーによって電子状態を変化させる鉄 (Fe) 錯体 (非特許文献 3 ~ 6 参照)、金属ポリシアニド類 (シアニド架橋金属錯体、ポリシアノメタレートなどとも呼ばれる、非特許文献 7 ~ 13 参照)、化学式 $\text{R}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$ (式中、R は 3 価の希土類金属イオンであり、A は 2 価のアルカリ土類金属イオンである) で表わされるペロブスカイト型マンガナイト類 (非特許文献 14 および 15 参照) を含む。

【0026】

さらに、本発明の反射率可変層 5 0 の形成に用いることができる材料は、電子供与体と電子受容体と間で光誘起電荷移動を行うことができる複合体を含む。たとえば、電子供与体であるチアフルバレンと電子受容体であるクロラニルとの複合体が、光励起によって中性状態からイオン性状態に変化し、反射率の変化、および常磁性 - 強磁性相転移をもたら

10

20

30

40

50

すことが知られている（非特許文献 16 および 17 参照）。

【0027】

また、本発明の反射率可変層 50 の形成に用いることができる材料は、結晶構造の変化によって反射率の変化を起こす材料を含む。たとえば、酸化チタン (Ti_3O_5) が、室温において光可逆的金属 - 半導体相転移を起こすことが知られている（非特許文献 18 参照）。この材料は、異なる波長のレーザー光照射により、低反射率の相と高反射率の相との間で可逆的变化を起こす。また、4 - ニトロ - 4' - N - オクタデシルアゾベンゼンのラングミュア・プロジェクト膜において、第二高調波発生におけるアジマス角異方性が光照射により変化することが知られている（非特許文献 19 参照）。さらに、1, 2 - ビス(2 - メトキシ - 4 - フェニル - 3 - チエニル)ペルフルオロシクロペンタンと 1, 5 - ジメトキシ - 9, 10 - ビス(フェニルエチニル)アントラセンとがアダマンチルスベーサを介して結合した化合物が、光照射によって蛍光性開環状態と非蛍光性閉環状態との間の可逆的变化を起こすことが知られている（非特許文献 20 参照）。さらに、緑色発光タンパク質 (GFP) の変異体 Dr on pa が、488 nm および 405 nm の光照射により明状態と暗状態との間で可逆的变化を起こすことが知られている（非特許文献 21 参照）。

10

【0028】

また、芳香族ポリアミドを 70 % 以上含む有機高分子体から形成されるフィルムを熱処理することによって、その表面粗さを変化させることが開示されている（特許文献 2 参照）。この変化は可逆的ではないが、フィルムの表面粗さを変化させることによって、そのフィルムの反射率を変化させることができる。可逆性を必要としない場合において、前述の有機高分子体を、本発明の反射率可変層 50 の形成に適用できることは明らかである。この有機高分子体は、芳香族ポリアミド以外の材料として、非常に幅広い材料を用いることができることを特徴とする。

20

【0029】

さらに、熱アシスト記録用の磁気記録媒体において、磁気記録層 40 の下方に、磁気記録層 40 で発生した余分な熱を吸収するためのヒートシンク層（不図示）をさらに設けてもよい。強度などの観点から、Al - Si 合金、Cu - B 合金などを用いて、ヒートシンク層を形成することができる。さらに、センダスト (FeSiAl) 合金、軟磁性の CoFe 合金などを用いてヒートシンク層を形成し、ヒートシンク層に軟磁性裏打ち層の機能（後述）を付与することもできる。ヒートシンク層の膜厚の最適値は、熱アシスト磁気記録時の熱量および熱分布、ならびに磁気記録媒体の層構成および各構成層の厚さによって変化する。他の構成層との連続成膜で形成する場合などは、生産性との兼ね合いから、ヒートシンク層の膜厚は 10 nm 以上 100 nm 以下であることが好ましい。ヒートシンク層は、スパッタ法 (DC マグネトロンスパッタリング法を含む)、真空蒸着法などの当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。通常の場合、ヒートシンク層は、スパッタ法を用いて形成される。

30

【0030】

また、垂直磁気記録方式のための磁気記録媒体においては、磁気記録層 40 の下方に、記録用磁気ヘッドで発生した垂直方向磁界を磁気記録層 40 に集中させるための軟磁性裏打ち層（不図示）を設けてもよい。軟磁性裏打ち層の形成に用いられる軟磁性材料は、Co、Fe、Ni などの磁性金属と、Zr、Ta、Nb、Ti、Mo、W、Si、B などのアモルファス構造形成能の高い元素との合金を含む。軟磁性裏打ち層は、当該技術において知られている任意の技術を用いて形成することができる。得られる軟磁性裏打ち層の品質の高さ、膜厚制御の容易さ、および高い成膜速度の観点から、DC マグネトロンスパッタ法を用いて軟磁性裏打ち層を形成することが好ましい。軟磁性裏打ち層の膜厚は、記録用の磁気ヘッドが発生する磁束密度に依存する。一般的には、軟磁性裏打ち層は 10 ~ 50 nm 程度の膜厚を有する。

40

【0031】

シード層 20 の機能は、下地層 30 の結晶配向、ひいてはその上層である磁気記録層 4

50

0の磁性結晶粒の結晶配向を制御する機能を有する層である。シード層20は、NiW、Ta、Cr、あるいは、Taおよび/またはCrを含む合金を用いて形成することができる。また、シード層を前述の材料を含む複数の層からなる積層構造としてもよい。

【0032】

下地層30は、磁気記録層40の結晶粒径および結晶配向の制御、および軟磁性裏打ち層（存在する場合）と磁気記録層40との磁気的な結合の防止のために用いられる層である。したがって、下地層30は、非磁性であることが好ましい。下地層30の結晶構造は、磁気記録層40の材料に合わせて適宜選択される。たとえば、直上に位置する磁気記録層40が、六方最密充填（hcp）構造を有するCoを主体とした材料から形成される場合は、hcpまたは面心六方（fcc）構造を有する材料を用いて下地層30を形成することができる。あるいはまた、下地層30を非結晶構造とすることも可能である。下地層30を形成するための材料は、好ましくは、Ru、Re、Rh、Pt、Pd、Ir、Ni、Co、またはこれらを含む合金を含む。

10

【0033】

保護層（不図示）は、磁気記録媒体の分野で慣用的に使用されている材料（カーボン主体とする材料など）を用いて形成することができる。また、保護層は、単層であってもよく、積層構造を有してもよい。積層構造の保護層は、たとえば、特性の異なる2種のカーボン系材料の積層構造、金属とカーボン系材料との積層構造、または金属酸化物膜とカーボン系材料との積層構造であってもよい。保護層は、スパッタ法（DCマグネトロンスパッタリング法などを含む）、真空蒸着法などの当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。あるいはまた、反射率可変層50が適切な機械的強度を有する場合、反射率可変層50を保護層として用いることができる。

20

【0034】

磁気記録媒体の最上層として任意選択的に設けることができる液体潤滑層60は、磁気記録媒体の分野で慣用的に使用されている材料（たとえば、パーフルオロポリエーテル系の潤滑剤など）を用いて形成することができる。液体潤滑層60は、たとえば、ディップコート法、スピンコート法などの塗布法を用いて形成することができる。あるいはまた、反射率可変層50が適切な潤滑性を有する場合、反射率可変層50を潤滑層として用いることができる。

30

【実施例】

【0035】

以下に示す実施例および比較例により、本発明の効果をさらに説明する。なお、その原理から、本発明で期待される効果は、面内磁気記録および垂直磁気記録方式のいずれにおいても発揮できるものである。以下の実施例および比較例においては垂直磁気記録方式を用いた。しかしながら、以下に例示した層構成、組成、膜厚などの諸条件が本発明の効果を限定するものではないことに留意されたい。

【0036】

（実施例1）

公称寸法2.5インチのシリコン製基板の上に、Ruからなる非磁性下地層と、Co、Pt、およびCrを主成分とする磁性合金にSiO₂を添加したグラニューラー材料からなる磁気記録層とを有する一般的な垂直磁気記録媒体半製品を準備した。次いで、電子ビーム共蒸着法を用いて、磁気記録層の上にGeSbTeを堆積させ、膜厚100nmの反射率可変層を形成した。次いで、垂直磁気記録媒体半製品を10分間にわたって200℃に加熱し、反射率可変層の結晶化を実施した。引き続いて、反射率可変層の上に、パーフルオロポリエーテル系潤滑剤を塗布し、液体潤滑層を形成して、垂直磁気記録媒体を得た。

40

【0037】

（実施例2）

反射率可変層の結晶化を実施しなかったことを除いて、実施例1と同様の手順を用いて垂直磁気記録媒体を得た。

【0038】

50

(実施例 3)

実施例 1 と同様の手順により液体潤滑層を形成した後に、記録トラックに相当する位置にスポット径 100 nm、波長 410 nm のレーザー光を照射して、垂直磁気記録媒体を得た。

【0039】

(実施例 4)

セチルトリメチルアンモニウムブロミド (CTAB)、1-ブタノール、n-オクタンおよび水を混合して、乳濁液を形成した。ここで、水：CTAB のモル比を 17：1 とした。得られた乳濁液に対して、0.50 モル/dm³ の TiCl₄ 水溶液、および 11 モル/dm³ の NH₃ 水溶液を添加した。最後に、22 ミリモルのテトラエトキシシラン (Si(OC₂H₅)₄) を添加し、SiO₂ で被覆された Ti(OH)₄ のナノ粒子の沈殿物を含む溶液を得た (非特許文献 18 参照)。この溶液を、実施例 1 で用いた垂直磁気記録媒体半製品の磁気記録層上に塗布して、膜厚 100 nm の膜を形成し、クロロホルムおよびメタノールを用いて洗浄し、水素気流下、5 時間にわたって 1200 °C に加熱して、7 nm 程度の粒径を有する Ti₃O₅ 粒子が分散した膜厚 100 nm の反射率可変層を得た。反射率可変層中の Ti₃O₅ 粒子の粒径は、磁気記録層中の CoPtCr 磁性結晶粒とほぼ同程度の粒径であった。次に、実施例 1 と同様に液体潤滑層を形成した。さらに、磁気記録媒体半製品の全面にわたって、532 nm の波長を有する単色光を照射して、垂直磁気記録媒体を得た。

10

【0040】

20

(実施例 5)

最後に照射する単色光の波長を 410 nm に変更したことを除いて実施例 4 の手順を繰り返して、垂直磁気記録媒体を得た。

【0041】

(実施例 6)

実施例 4 と同様の手順により単色光照射までの工程を行った後に、記録トラックに相当する位置にスポット径 100 nm、波長 410 nm のレーザー光を照射して、垂直磁気記録媒体を得た。

【0042】

(実施例 7)

30

記録トラックに相当する位置に照射するレーザー光のスポット径を 200 nm に変更したことを除いて実施例 6 の手順を繰り返して、垂直磁気記録媒体を得た。

【0043】

(比較例 1)

反射率可変層を形成しなかったことを除いて実施例 1 の手順を繰り返して、垂直磁気記録媒体を得た。

【0044】

(評価 1)

実施例 1 ~ 7 および比較例 1 の垂直磁気記録媒体の反射率可変層の材料、ならびに記録トラックと記録トラック以外の部分 (記録トラック周囲) の反射率を第 1 表に示した。ここで、反射率は、JASCO 社製分光光度 V-670 を用いて、300 nm ~ 1000 nm の波長領域において測定した。第 1 表には、記録光の波長における反射率を記載した。

40

【0045】

実施例 1 の GeSbTe からなる反射率可変層は、熱処理を経ていないためにアモルファス構造を有しており、高い反射率を有していた。一方、実施例 2 においては、10 分間にわたる 200 °C の熱処理によって GeSbTe の結晶化が進行し、反射率可変層の反射率が低下した。なお、上記の熱処理による磁気記録層の特性変化は認められなかった。さらに、記録トラックに対する 410 nm のレーザー光照射を行った実施例 3 においては、記録トラックの反射率が、記録トラック周囲の反射率よりも小さい値を示した。

【0046】

50

一方、 Ti_3O_5 を含む反射率可変層を有する実施例 4 および 5 においては、532 nm の波長を有する単色光を照射することによって Ti_3O_5 の構造を 型とした実施例 4 の反射率可変層が、410 nm の波長を有する単色光を照射することによって Ti_3O_5 の構造を 型とした実施例 5 の反射率可変層よりも大きな反射率を有した。また、記録トラックに対する 410 nm のレーザー光照射を行った実施例 6 および 7 においては、記録トラックの反射率が、記録トラック周囲の反射率よりも小さい値を示した。

【0047】

なお、実施例 1～7 および比較例 1 の垂直磁気記録媒体のいずれにおいても、記録の際に用いたレーザー光（波長 410 nm）に対する液体潤滑層の反射率はほぼ 0 であり、ほぼすべてのレーザー光が液体潤滑層を透過する。

【0048】

【表 1】

第 1 表：反射率可変層の構成

	反射率可変層	反射率 (%)	
		記録トラック	記録トラック周囲
実施例 1	GeSbTe	63	
実施例 2		35	
実施例 3		35	63
実施例 4	Ti_3O_5	55	
実施例 5		8	
実施例 6		8	55
実施例 7		8	55
比較例 1	なし	98	

【0049】

（評価 2）

実施例 1、2、4 および 5、ならびに比較例 1 の垂直磁気記録媒体を用いて、記録再生特性を評価した。記録再生特性の評価には、100 nm のスポット径、および 410 nm の波長を有するレーザーを取り付けた熱アシスト磁気記録用磁気ヘッドを用いた。また、記録時のレーザー駆動電流を 50 mA に固定した。

【0050】

記録再生特性の評価を、オーバーライト値（OW 値）の測定により実施した。OW 値は、（1）磁気記録媒体のトラックに 1000 kfc i（kilo flux change per inch）の線記録密度の第 1 信号を記録し、第 1 信号の信号出力（T1）を測定する工程、（2）同一トラックに 130 kfc i の線記録密度の第 2 信号を上書きし、上書き後の第 1 信号の消し残りの信号出力（T2）を測定する工程、および（3）以下に示す式

$$OW(dB) = 20 \times \log(T1 / T2)$$

により OW 値（単位：dB）を求める工程を含む方法にて測定した。測定結果を第 2 表に示した。

【0051】

反射率可変層の反射率が小さい実施例 2 および 5 の垂直磁気記録媒体の OW 値は、大きな反射率を有する反射率可変層を有する実施例 1、4 および比較例 1 の垂直磁気記録媒体の OW 値よりも大きな値を示した。この結果は、実施例 2 および 5 において、垂直磁気記録媒体に対する信号記録が容易であることを示す。反射率可変層の反射率が小さい実施例 2 および 5 の垂直磁気記録媒体において、より多くの光が反射率可変層を透過して磁気記録層に到達し、効率的に磁気記録層が加熱されたと考えられる。また、本評価においては、レーザー駆動電流を変化させていない。このことは、反射率可変層の反射率が小さい垂

直磁気記録媒体において高反射率の反射率可変層を有する垂直磁気記録媒体と同程度のOW値を得るためには、記録時に必要なレーザー駆動電流（レーザー出力）を小さくできることを意味する。

【0052】

【表2】

第2表：磁気記録媒体の記録再生特性

	反射率可変層	反射率 (%)	OW値 (dB)
実施例1	GeSbTe	63	25.2
実施例2		35	33.7
実施例4	Ti ₃ O ₅	55	24.4
実施例5		8	34.5
比較例1	なし	98	23.3

10

【0053】

（評価3）

本評価では、本発明の垂直磁気記録媒体が、レーザー光のスポット径を小さくすることなしに記録トラックの幅を狭くすることに有効であるか否かについて検討した。

20

【0054】

実施例1～7および比較例1の垂直磁気記録媒体に対して、400kFCIの線記録密度の信号を記録した。この際に、記録時のレーザー駆動電流を50mAに固定した。また、実施例1、2、4、5および比較例1の垂直磁気記録媒体について、レーザーのスポット径を100nmとし、実施例3、6および7の垂直磁気記録媒体について、レーザーのスポット径を1μmとした。

【0055】

次に、それぞれの記録トラックに対して再生ヘッド位置を半径方向に移動させながら信号出力を測定して、オフトラックプロファイルを測定した。オフトラックプロファイルの半値幅（最大信号出力の半分の出力値を示す2点間の幅）を実効トラック幅として定義した。結果を第3表に示す。

30

【0056】

【表3】

第3表：垂直磁気記録媒体の実効トラック幅

	反射率可変層	反射率 (%)		実効トラック幅 (nm)
		記録トラック	記録トラック周囲	
実施例1	GeSbTe	63		298
実施例2		35		303
実施例3		35	63	120
実施例4	Ti ₃ O ₅	55		295
実施例5		8		299
実施例6		8	55	118
実施例7		8	55	236
比較例1	なし	98		310

40

【0057】

第3表の結果から、記録トラックと記録トラック周囲との間に反射率の差がない垂直磁

50

気記録媒体（実施例 1、2、4、および 5、ならびに比較例 1）において、記録の際に用いたレーザーのスポット径（100 nm）よりも実効トラック幅（295～310 nm）が著しく大きくなっていることが分かる。一方、記録前に記録トラックに相当する位置を低反射率領域とし、記録トラック周囲を高反射率領域とした垂直磁気記録媒体（実施例 3、6 および 7）においては、記録の際に用いたレーザーのスポット径（1 μm = 1000 nm）が著しく大きいにもかかわらず、その実効トラック幅は反射率を低下させた領域の幅（100 nm または 200 nm）に近い値となっている。この結果から、反射率可変層に、低反射率領域および高反射率を設けることによって、記録トラック幅の制御、より詳細には、低反射率領域の幅によって記録トラック幅を規定することができることが明らかとなった。これは、（1）低反射率領域の下に位置する磁気記録層では十分な量のレーザー光が照射され熱アシスト記録に必要な温度まで加熱できること、および（2）高反射率領域の下に位置する磁気記録層はレーザー光の照射量が不十分で、熱アシスト記録に必要な温度までの加熱が行われなかったことに起因すると考えられる。

【0058】

（まとめ）

本発明の磁気記録媒体において、反射率可変層の低反射率領域を設けることによって、その下にある磁気記録層に高い効率でレーザーを吸収させ、結果として磁気記録層の加熱効率を向上させることが可能となる。さらに、この現象を利用して、記録トラック、サーボパターン記録領域などの特定領域においてのみ、磁気記録層の加熱効率を向上させることが可能となる。

【0059】

記録トラックの幅を小さくすることは、磁気記録媒体の記録密度の向上に大きく寄与する。この点に関して、磁気ヘッドの素子サイズを小さくして磁界を印加する領域を小さくする技術、レーザースポット径を小さくして磁気記録層の加熱領域を小さくする技術などの開発が盛んに行われている。しかしながら、前者の技術においては、印加される磁界の強度の低下を招く。一方、後者の技術では、印加できるレーザーパワーが減少して、磁気記録層の加熱温度の低下を招く。

【0060】

Ti₃O₅の反射率は照射するレーザーの波長に依存し、パワーには大きく依存しない。そのため、例えば反射率変化用にパワーは小さいながらもスポット径の小さいレーザーを利用し、信号書き込み時には強度の大きな磁界を出すために素子サイズの大きなヘッドを用いて熱アシスト記録をすることで、素子サイズ、加熱レーザースポット径のサイズを小さくすること無く信号記録トラック幅の狭小化を実現できる。

【符号の説明】

【0061】

- 10 非磁性基板
- 20 非磁性シード層
- 30 非磁性下地層
- 40 磁気記録層
- 50 反射率可変層
- 52 低反射率領域
- 54 高反射率領域
- 60 液体潤滑層
- 80 レーザースポット

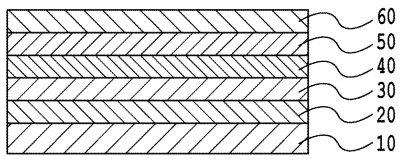
10

20

30

40

【 図 1 】



【 図 2 】

