

(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2004-355669

(P2004-355669A)

(43) 公開日 平成16年12月16日(2004.12.16)

(51) Int. Cl.⁷

G 1 1 B 5/31
G 1 1 B 5/39
H O 1 L 43/08

F I

G 1 1 B 5/31
G 1 1 B 5/31
G 1 1 B 5/39
H O 1 L 43/08

テーマコード(参考)

5 D O 3 3
5 D O 3 4

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-148496(P2003-148496)
(22) 出願日 平成15年5月27日(2003.5.27)

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(74) 代理人 100075096
弁理士 作田 康夫
(72) 発明者 江藤 公俊
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 芳田 伸雄
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 府山 盛明
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

最終頁に続く

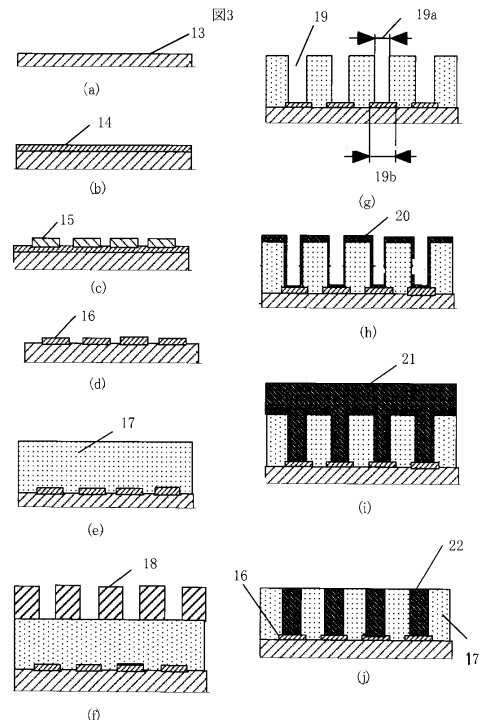
(54) 【発明の名称】 磁気記録ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】素子の温度上昇を小さく、熱引きが良く、更に短磁路長化(コイル狭ピッチ化)が可能な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供する。

【解決手段】薄膜磁気ヘッドのコイルを形成する場合、まず、下層コイル16を形成した後、アルミナやアルミナを含む無機化合物17を形成した後、R I Eにより上層コイルを形成するための溝を形成する。この際、下層コイルは、R I E時のローディング効果の防止膜となり均一なエッチングが可能となる。この溝にCuめっきを行い、平坦化处理(CMP)を行いと上層コイル22が形成でき、本発明の2層コイルができる。熱伝導率の良いアルミナ、アルミナを含む無機化合物で内包することにより、コイルからの発熱を基板側に効率良く放熱することが出来る。また、下層コイルは、アルミナ、アルミナを含む無機化合物のR I Eに対し選択比があるのでエッチングストッパーとしての役割を果たすため上層コイル溝を安定に形成することができ結果的にコイル膜厚を安定に形成することができ、短磁路長化が可能となる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下部シールドと、上部シールドと、前記下部シールドと上部シールドとの間に形成された磁気抵抗効果素子と、下部磁極と、上部磁極と、コイルとを備える磁気ヘッドにおいて、前記コイルは、下層コイル部と上層コイル部とを有し、前記下層コイルの幅は前記上層コイルの幅よりも大きいことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 2】

前記コイルは絶縁材料により内包され、前記絶縁材料は Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 から選ばれる少なくとも 1 種以上の無機化合物で有ることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ヘッド。

10

【請求項 3】

前記磁気抵抗効果素子が、少なくとも、第一の強磁性層 / 中間層 / 第二の強磁性層を含む積層体から成り、前記第一の強磁性層の磁化方向が感知すべき信号磁界に対して固定されており、信号磁界に応じて前記第二の強磁性層の磁化が回転し、前記第一の強磁性層の磁化との相対角度が変わることにより磁気抵抗効果を生じる磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に信号検出電流を流すための一对の電極と、前記第二の強磁性層の磁化方向を安定化する磁区制御手段とを有する磁気抵抗効果素子であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 4】

前記磁気抵抗効果膜の前記中間層がトンネル障壁層であり、前記電極が前記第 1 の強磁性層とトンネル障壁層の界面、および、トンネル障壁層と前記第 2 の強磁性層の界面をセンス電流が貫くように設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の磁気ヘッド。

20

【請求項 5】

前記トンネル障壁層が Al 酸化物、 Si 酸化物、 Zr 酸化物、 Hf 酸化物、 Ta 酸化物、 Mg 酸化物、 Al 窒化物、 Si 窒化物、 Zr 窒化物、 Hf 窒化物のうち少なくとも 1 つからなることを特徴とする請求項 4 記載の磁気ヘッド。

【請求項 6】

前記磁気抵抗効果膜の前記中間層が非磁性導電層であり、前記電極が前記第 1 の強磁性層と非磁性導電層、および、非磁性導電層と前記第 2 の強磁性層の界面をセンス電流が貫くように設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の磁気ヘッド。

30

【請求項 7】

前記非磁性導電層が、 Cu 、 Au 、 Ag のうち少なくとも一つの元素を含む薄膜からなることを特徴とする請求項 6 記載の磁気ヘッド。

【請求項 8】

前記磁気抵抗効果膜の前記中間層が導電材料と、酸化物、窒化物、炭化物、硼化物のグループから選ばれる少なくとも一つの材料とを含み、前記電極が前記第 1 の強磁性層と前記中間層、および、前記中間層と前記第 2 の強磁性層の界面をセンス電流が貫くように設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の磁気ヘッド。

【請求項 9】

前記中間層が、 Cu 層と、 Co 、 Fe 、 Ni のうち少なくとも一つの元素を含む薄膜を酸化した層と、 Cu 層の積層体であることを特徴とする請求項 8 記載の磁気ヘッド。

40

【請求項 10】

下部シールド上に磁気抵抗効果素子を形成し、前記磁気抵抗効果素子上に上部シールドを形成し、前記上部シールド上に下部磁気コアを形成し、前記下部磁気コア上にコイル及び上部磁気コアを形成する磁気ヘッドの製造方法において、前記コイルを形成するに際し、下部磁気コア上に第 1 の無機化合物膜を形成し、前記第 1 の無機化合物膜上に金属膜を形成し、前記金属膜上に所定形状の下層コイルと同一パターンの下層レジストを形成し、前記下層レジストをマスク材としてエッチングにより下層コイルを形成し、前記下層レジストを除去し、

50

前記下部下層コイル上に第2の無機化合物膜をスパッタリングにより形成し、
前記第2の無機化合物膜上に所定形状の上層コイルと同一パターンの上層レジストを形成し、
前記上層レジストをマスク材とし且つ、前記下層コイルをストッパ層としてエッチングにより第2の無機化合物膜に上層コイルと同一パターンの溝を形成し、
前記溝に下地膜を形成し、
前記上層レジストを除去し、
上記溝内に金属膜をめっきして上層コイルを形成することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項11】

前記下層コイルの幅を、前記上層コイルの幅よりも大きくすることを特徴とする請求項3記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項12】

前記第1の無機化合物膜及び第2の無機化合物膜は、アルミナを含有することを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、磁気ディスク装置用薄膜磁気ヘッドは、面記録密度の高密度化及び高速転送化が進められ、その形状もますます小型化されるとともに高精度化の傾向にある。特に装置の高速転送化に、薄膜磁気ヘッドの短磁路化が有効であり、これを実現するためには磁気ヘッドの限られた部分に密度の高いコイルを形成する必要がある。

【0003】

通常、コイルは、アルミナ、アルミナを含む無機物の上にめっき下地膜を形成後、フォトリジストを用いてスパイラル状のコイルパターン層を形成し、その後これにCuめっきを行い、レジストを剥離して形成される。コイル導体形成には、いわゆるパターンめっき法が採用されている。更にその後、めっき下地膜を除去後、コイル導体部と上部磁性層との間、及びコイル間の絶縁を行うために、コイル全面にレジストを被覆させる。これにより、レジストがコイル導体を覆う形状となる。

【0004】

【特許文献1】

特開昭63-113812号公報

【特許文献2】

特開平10-270443号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

近年、磁気記録媒体と薄膜磁気ヘッドの浮上量が低い状態で、磁気ヘッドのコイルに電流を流すと、ヘッドの温度上昇により素子が突き出し媒体に接触するサーマルプロトリュージョン現象(以下:TPR問題)が近年重要な問題となっている。これは、コイルを被覆するレジストの熱伝導率が小さいために、素子の熱引きが悪いことが原因と考えられている。よって、対策としては、コイルを被覆する材料の熱伝導率を良くし、素子の熱引きを向上する必要がある。

【0006】

また、高速転送化対策としての短磁路化実現には、限られた領域にコイルを形成する必要があるため、そのためにはコイル間のピッチを狭く形成しなければならない。狭ピッチを実現するためには、レジストフレーム高さを小さくすれば、レジストフレーム幅を小さくでき、狭ピッチフレームが可能となる。

10

20

30

40

50

【0007】

しかし、コイル導体の抵抗値から現状では少なくとも $1.5\mu\text{m}$ 以上のコイル膜厚が必要のため、最低必要なレジスト膜厚は、めっきの膜厚分布も含めると $2.0\mu\text{m}$ 以上となる。そのため、現状の形成方法では、レジストフレーム高さを小さくすることは困難である。また、 $2.0\mu\text{m}$ 以下の狭コイルピッチでは、絶縁材であるレジストがピッチ間に充填されず図に示すようにボイド23(図4)が発生する。

【0008】

これを解決するために、特開昭63-113812号公報(特許文献1)では、絶縁膜をドライエッチングしてコイルパターンの溝を形成し、Cuめっきを行い機械研磨にて所定のコイル導体を形成する手法が提案されている。しかし特許2588392号特開昭63-113812号公報(特許文献1)を実際に適用する場合、面積の違うパターンが混在するためにマイクロローディング効果により一定の深さにコイル溝の形成できない懸念がある。

10

【0009】

なお、特開平10-270443号公報(特許文献2)には、半導体技術において、マイクロローディング効果への対策としてエッチングストップ層を用いることが開示されている。

【0010】

また、パターンめっき法では、コイルを覆う絶縁膜としてレジストパターンを形成するが、このときレジストを硬化させるための熱処理が必要となる。この熱処理が再生素子の特性劣化を引き起こすという問題がある。

20

【0011】

本発明は、このような問題点を鑑み、磁気ヘッドのコイルを形成するにあたり、コイルからの発熱を放出し易い構造とし、狭ピッチコイル形成が可能で、コイル溝の深さを制御性良く形成できる薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る磁気ヘッドは、下部シールドと、上部シールドと、前記下部シールドと上部シールドとの間に形成された磁気抵抗効果素子と、下部磁極と、上部磁極と、コイルとを備える磁気ヘッドにおいて、コイルは下層コイル部と上層コイル部とを有し、前記下層コイルの幅は前記上層コイルの幅よりも大きいことを主な特徴とする。

30

【0013】

また、本発明に係る磁気ヘッドの製造方法は、コイルを形成するに際し、下部磁気コア上に第1の無機化合物膜を形成し、第1の無機化合物膜上に金属膜を形成し、金属膜上に所定形状の下層コイルと同一パターンの下層レジストを形成し、下層レジストをマスク材としてエッチングにより下層コイルを形成し、下層レジストを除去し、下部下層コイル上に第2の無機化合物膜をスパッタリングにより形成し、第2の無機化合物膜上に所定形状の上層コイルと同一パターンの上層レジストを形成し、上層レジストをマスク材とし且つ下層コイルをストップ層としてエッチングにより第2の無機化合物膜に上層コイルと同一パターンの溝を形成し、溝に下地膜を形成し、上層レジストを除去し、溝内に金属膜をめっきして上層コイルを形成することを特徴とする。

40

【0014】

本発明によれば、コイルを2層構造とし、且つ下層コイルの幅が前記上層コイルの幅よりも大きくしているので、エッチングする際のストップ膜としての役目を持ち、ローディング効果による不均一エッチングを防止でき、かつ熱引きを向上させる効果をもたらす。その結果、熱処理による再生ヘッドの特性劣化を抑止することが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明を適用した磁気ヘッドは、下部シールドと、上部シールドと、下部シールドと上部

50

シールドとの間に形成された磁気抵抗効果素子と、下部磁極と、上部磁極と、コイルとを備える磁気ヘッドにおいて、コイルとしては、下層コイルと上層コイルに分割し形成される2層コイル構造とし、下層コイル幅を、上層コイル幅より大きくしていることを特徴としている。

【0016】

また、2層コイルは、アルミナやアルミナを含む無機化合物に内包されて形成されていることが好ましい。2層コイル全体を熱伝導率の良いアルミナ、アルミナを含む無機化合物で内包することにより、熱伝導が向上し、熱引きの優れた薄膜磁気ヘッドを実現できる。

【0017】

図6に、コイルを内包する材料を、通常コイルで用いられているレジストとアルミナに変えたときのTPR量の計算結果を示す。横軸に、コイル損失(熱量)、縦軸にTPR量を示す。レジストよりアルミナのほうが、TPR量が減少し効果があることが分かる。コイルを内包する材料を熱伝導率の良いアルミナにすることの有効性を示している。

【0018】

また、図7に絶縁膜にアルミナを用いた場合において、コイルピッチ $1.5\mu\text{m}$ (上層コイル幅 $0.75\mu\text{m}$ 、コイル間スペース $0.75\mu\text{m}$)、 $2.0\mu\text{m}$ (上層コイル幅 $1.0\mu\text{m}$ 、コイル間スペース $1.0\mu\text{m}$)の下層コイル幅を変化させたときのTPR量の計算結果を示す。

【0019】

横軸は、コイル下層幅、縦軸は、TPR量である。計算結果より、両ピッチとも下層コイル幅を上層コイル幅より広げた方が、TPR量が減少していることが分かる。これは、アルミナやアルミナを含む無機化合物との接触面積を広げたことにより放熱特性を向上させた結果と考えられる。上記結果より、上述した2層コイル構造は、TPR問題に対し効果的な手段であることを示している。

【0020】

また、コイルを内包する材料をレジストからアルミナやアルミナを含む無機化合物にすることで、レジスト硬化に必要な熱処理工程が不要となる。その結果、熱処理による再生ヘッドの特性劣化を抑止することが可能となる。

【0021】

また、上記構成の磁気ヘッドの製造プロセスのメリットとして、下層コイルは、上層コイル部に対応させ予め形成しておくことにより、2層目のコイル作製する際のアルミナやアルミナを含む無機化合物をRIE(リアクティブイオンエッチング以下:RIEと呼ぶ)でコイルの溝を形成する際のエッチングストッパー膜として用いることができる。この下層コイル部、いわゆるストッパ膜により、RIE時のマイクロローディング効果を防止でき、均一にアルミナなどの無機化合物膜の溝を形成できる効果をもたらす。

【0022】

即ち、本発明の2層コイルの下層コイルは、アルミナ絶縁膜をエッチングする際のストッパ膜としての役目を持ち、ローディング効果による不均一エッチングを防止でき、かつ熱引きを向上させる効果をもたらす。

【0023】

以下、本発明を適用した磁気ヘッドの具体的な実施例について、図面に基づいて説明する。

【0024】

図1は、本発明を適用した磁気ディスク装置概念の概略図である。磁気ディスク装置は、磁気ディスク1上に、支持体2の先端に固定された磁気ヘッド3によって磁化信号4の記録再生を行なう。

【0025】

図2は、記録再生分離型の薄膜磁気ヘッドの断面概略図を示す。下部磁気シールド5上に、磁区制御膜6の間に、巨大磁気抵抗効果膜7が配置された再生ヘッド部と、上部磁気シールド8上に配置された下部磁気コア9と上部磁気コア10の間に、アルミナやアルミナ

を含む無機化合物 11 で磁氣的に絶縁された状態で配置された、本発明の 2 層コイル 12 を有する記録ヘッドに分かれており、本発明は、記録ヘッド及びその製造工程にある。

【0026】

図 3 (a) ~ (j) は、本発明の 2 層コイル形成工程を示しており、図に従って、その形成工程とその作用を説明する。

【0027】

下部磁気コア上に形成してある絶縁膜上 13 (a) に、下層コイルとなる金属膜 14 を形成する (b)。この金属膜 14 は、後述するアルミナ絶縁膜を、R I E を行う際のエッチングストップ膜として用いることから、C L 2、B C L 3 等の塩素ガスに対して、エッチングされにくい材料が良い。例えば、C r、N i F e などが最適であり、その膜厚は、200 ~ 300 あれば十分である。

10

【0028】

次に、この金属膜 14 の上にフォトレジストパターン 15 (c) を形成し、ウエットエッチング或いは、ドライエッチングにより所定のパターンを形成する。

【0029】

これにより、下層コイル 16 (エッチングストップ膜) が形成される (d)。

【0030】

下層コイル形成後、アルミナ、アルミナを含む無機化合物 17 をスパッタ法で形成する (e)。

【0031】

次に、アルミナやアルミナを含む無機化合物をエッチングするためのレジストマスク 18 を形成する (f)。

20

【0032】

このレジストマスク 18 を用いてアルミナをエッチングする。この際のエッチング条件として、エッチングガス B C L₃ を用い、エッチングパワー 600 W、圧力 0.5 P a、流量 40 s c c m でバイアスパワーを変化させた場合のエッチング速度を図 5 に示す。

【0033】

これから明らかなように、バイアス 100 W の場合、アルミナ (A l₂ O₃) エッチング速度は、150 n m / m i n、レジストエッチング速度は、110 n m / m i n、クロム (C r) のエッチング速度は、10 n m / m i n である。従って、A l₂ O₃ とレジストとの選択比は、1.4、と A l₂ O₃ と C r の選択比は、15 となる。

30

【0034】

これらのことから、アルミナをエッチングする際のストップ膜として C r が、十分に効果があることを確認できた。従って、下層コイルとしての C r 膜は、導体として用いる以外の効果として、アルミナエッチング時のマイクロローディング効果を防止する際のストップ膜として役立つ、基板内のパターン幅の大小に関わらず、均一にエッチングできる。

【0035】

更に、上述した従来のパターンめっき形成法では、めっき膜厚以上のレジスト高さが必要であった。しかし、R I E 技術を採用することにより、A l₂ O₃ / レジストの選択比が、1.4 であることから、単純にレジスト膜は、1 / 1.4 と薄くなる。従って、マスクとなるレジストパターンは、狭ピッチ化が容易となる。

40

【0036】

つまり、本発明によれば、R I E 時の A l₂ O₃ / レジストの選択比が大きいことから、上層コイルレジスト 18 高さを小さくできパターン精度が向上し、コイルの狭ピッチ化が容易で短磁路化に有効である。

【0037】

本発明の特徴は、この点にある。アルミナエッチング後の形状 19 を示す (g)。エッチング後の形状としては、下層コイル幅 (19 b) とアルミナエッチング幅 (19 a) との関係は、19 b > 19 a が望ましい。下層コイル幅 19 b は、隣接する下層コイルに接触しない限りできるだけ大きい方がよい。なぜならば、アルミナエッチング時のプロセスマ

50

ージンが大きくなると同時に、絶縁膜 13 との接触面積が大きくなり、熱引きが容易になり素子の温度上昇が小さくなり、TPR 抑止効果が大きくなる利点があるからである。

【0038】

逆に 19b < 19a の場合、アルミナエッチング時に下層コイルがエッチングストップパとして機能しないため、RIE のマイクロローディングによりコイル下部の磁性膜まで貫通し、結果的にコイルを形成してもコイルと磁性膜間でショートするためヘッド不良が発生してしまう。よって、アルミナエッチング幅 (19a) と下層コイル幅 (19b) の比率は、最低でも 1 : 1 が必要である。しかしながら、量産性と露光機の合わせ精度の観点から考えると、1 : 1.2 以上の比率が必要である。

【0039】

次に、所定の形状にアルミナ絶縁膜をエッチングした後、その上に Cu めっきを形成するための下地膜 20 を形成する (h)。下地膜としては、Ta / Cu や Cr / Cu 等の積層膜がよい。積層膜の下層である Ta、Cr 膜は、アルミナと Cu との密着力を向上させる膜として用いると同時に、後工程で述べる Cu めっき膜を CMP (ケミカルメカニカルポリッシュ) する際のストップ膜にもなる。

【0040】

その後、上層コイルとなる Cu めっき膜 21 (i) を形成する。

【0041】

Cu めっき後、CMP にて Cu を研磨することにより上層コイル 22 (j) が形成され、本発明の工程が終了する。

【0042】

上述した 2 層コイルは、面内記録ヘッド (長手記録) のみではなく垂直磁気記録ヘッドにも適用可能である。図 8 に垂直磁気記録ヘッドの概略図を示す。垂直磁気記録とは、主磁極 24 から発生する磁束 25 を媒体の記録層 27 に注入し、記録層の膜面に対して垂直に磁化する記録方式である。

【0043】

本発明の 2 層コイルを垂直磁気ヘッドに適用したときの断面図を示す。図 9 (a) は、トレーディング側に主磁極を配置した垂直磁気ヘッド、図 9 (b) は、トレーディング側に補助磁極を配置した垂直磁気ヘッドを示す。垂直磁気ヘッドにおいても、TPR 問題は重要なため、前記問題を回避するために有効な手段の一つである。また、垂直磁気記録ヘッド以外の他の形態のヘッドであっても、上部磁性層と下部磁性層と絶縁された状態でコイルを配置する磁気ヘッドであればすべてに適用可能である。

【0044】

次に、図 10 に示すような磁気抵抗効果膜の積層界面を貫くようにセンス電流を流す CPP (Current Perpendicular to the Plane) 型磁気ヘッドを一例として、再生ヘッド作製手順の概略を以下に説明する。図 11 はトンネル磁気抵抗効果素子の拡大図である。

【0045】

基板 29 に、下部シールドを兼ねる下部電極 30 を形成した後、磁気抵抗効果膜 31 を成膜し、フォトリソグラフィとイオンミリングを用いて所望の形状にパターンニングする。

【0046】

次に、磁気抵抗効果膜 31 の両端部にリフトオフ法を用いて第一の保護絶縁膜 32 / 硬磁性膜 33 / 第二の保護絶縁膜 34 を形成する。

【0047】

更に、上部シールドを兼ねる上部電極 35 を形成する。磁気抵抗効果膜 31 の詳細な膜構成は、下地層 36 / 反強磁性層 37 / 第一の強磁性層 38 / トンネル障壁層 39 / 第二の強磁性層 40 / 保護層 41 である。

【0048】

第一の強磁性層 38 はいわゆる固定層に、第二の強磁性層 40 は自由層に相当する。また、反強磁性層 37 は、第一の強磁性層 38 (固定層) の磁化方向を一方向に固着させるの

10

20

30

40

50

に用いている。一方、第二の強磁性層40の磁化方向は、外部磁界によって容易に回転する。従って、磁気記録媒体からの信号磁界によって、第一の強磁性層38と第二の強磁性層40の相対角度が異なり、これに対応して磁気抵抗効果膜31の電気抵抗が変化し、電磁変換した再生出力が得られる。

【0049】

この時、磁気抵抗効果膜31の両端部に配置した硬磁性膜33によって、第二の強磁性層40(自由層)に縦バイアス磁界を印加することで、バルクハウゼンノイズの抑止し、安定した再生特性を得ることができる。

【0050】

ここで、硬磁性膜33の上下を第一の保護絶縁膜32及び第二の保護絶縁膜34で被覆したのは、下部シールドを兼ねる下部電極30と上部シールドを兼ねる上部電極35が短絡するのを防止する為である。従って、第二の保護絶縁膜34は形成しなくても良い。また、基板/下部シールド/下部ギャップ/下部電極/磁気抵抗効果膜のように、下部シールドと下部電極を別々に形成しても何ら差し支えは無く、上部シールド、上部電極についても同様である。

10

【0051】

また、磁気抵抗効果膜31については、基板29に近い側に第一の強磁性層38を積層する構成を例に挙げたが、積層順を逆にして、下地層36/第二の強磁性層40/トンネル障壁層39/第一の強磁性層38/反強磁性層37/保護層41としても差し支えない。

【0052】

また、磁気抵抗効果膜31の構成要素である第一の強磁性層38及び第二の強磁性層40は、例えばNiFeやCoFe等の単層膜以外に、CoFe/NiFe等の強磁性多層膜としても差し支えないし、あるいはCoFe/Ru/CoFeのような、いわゆる積層フェリ構成としても構わない。

20

【0053】

以上、磁気抵抗効果膜としてトンネル磁気抵抗効果(Tunneling Magnetoresistive)膜を採用した磁気抵抗効果型磁気ヘッドについて説明したが、図2に示すような磁気抵抗効果膜の積層界面の面内方向にセンス電流を流すCIP(Current into the Plane)-巨大磁気抵抗効果(Giant Magnetoresistive)膜や、前記のトンネル障壁層39の代わりに非磁性導電層40を中間層に配置したCPP-GMRの場合も同様である為、詳細は省略する。

30

【0054】

次に、磁気抵抗効果型磁気ヘッドの各構成要素について詳述する。

【0055】

基板、シールド、ギャップ、硬磁性膜、電極については、本発明において特別な限定を要するものではない為、一般的に用いられている材料を一例として挙げておく。基板としては、AlTiC、SiCまたはそれらにAl₂O₃を被覆したもの、シールドとしては、NiFe合金及びその窒化物、CoZrまたはCoHfまたはCoTa系非晶質合金等の、単層または多層膜、ギャップとしては、Al₂O₃、AlN、SiO₂及びこれらの混合物、硬磁性膜としては、CoPt合金またはこれにPt、ZrO₂等を添加したもの、電極としては、Cr、Ta、Au、Mo、Rh、Ir等を用いることが望ましい。

40

【0056】

磁気抵抗効果膜の膜構成の一例を以下に示す。()内数値は膜厚を示し、単位はnmである。Ta(2.5)/NiFeCr(3.5)/NiFe(1)/MnPt(12)/CoFe(1.5)/Ru(0.8)/CoFe(2)/Al(0.45)-酸化/CoFe(1)/NiFe(2)/Ta(3)等が好ましい。

【0057】

これらは、制御性、量産効率の観点から、スパッタ法により作製するのが好ましい。強磁性層には、再生出力に大きく作用する磁気抵抗効果膜の抵抗変化率が大きくなるよう、フェルミエネルギーにおけるスピン分極率が高いFe、Co、Niを主成分とする材料を用

50

いる。この組成や膜厚については、抵抗変化率の他に、低磁歪、低保磁力、反強磁性層から付与される大きな結合磁界、再生波形の対称性を確保する為に適宜調整することが望ましい。

【0058】

トンネル障壁層は、ここではAl膜を成膜した後チャンバ内に酸素導入する、いわゆる自然酸化法を用いて形成した。他にも、Al、Si、Zr、Hf、Ta、Mg等を成膜して、酸化物や窒化物を形成しても、あるいは直接Al₂O₃やAlN、SiO₂、SiN、Ta₂O₅、MgO等を成膜しても差し支えない。

【0059】

ここでは、第一の強磁性層（固定層）の磁化方向をABS面に対して略垂直方向に固着させる反強磁性層として、規則系合金MnPt膜を用いた。他にも、Mn-M₁で表せる規則系反強磁性膜を用いても良い。ここで、M₁はNi、Ru、Rh、Pd、Ir、Ptのうち少なくとも1つ以上を含む元素から構成される。

10

【0060】

交換結合磁界H_uを得る為に、磁界中で熱処理を施した。熱処理は1×10⁻³Pa以下の真空中で、一方向に240kA/mの磁界を印加しながら行い、保持時間は3時間とした。磁気ヘッドに適用するにあたって、十分大きなH_uを得る為には、230から270の熱処理が必要である。熱処理温度を高くする程、H_uは増大しているが、300以上に熱処理温度を上げると、抵抗変化率の減少や自由層と固定層間に作用する層間結合磁界の増大を招き、好ましくない。

20

【0061】

図12に、従来技術を用いた場合と本発明を適用した場合の、磁気抵抗効果素子における抵抗変化率(MR ratio)の面積抵抗(RA)依存性を示す。従来技術のパターンめっき法を用いた場合は、レジスト硬化の為に、250の3時間の熱処理工程を2回経ている。一方で、本発明では、上記熱処理工程が一切不要である。従来技術に比較し、本発明を採用した場合には、同じ面積抵抗で比較すると、2倍程度高い抵抗変化率が得られた。従って、本発明構造においては、高い再生感度を得ることができる。

【0062】

磁気抵抗効果膜31として、トンネル磁気抵抗効果膜以外のセンサ膜、例えばCPP-GMR膜を用いた場合にも本発明の本質的な効果を得ることができる。CPP-GMR膜の場合には、図11中のトンネル障壁層39の代わりに、非磁性導電層40を用いるが、この層としては、Cu、Au、Agのうち少なくとも一つの元素を含む薄膜を用いることができる。

30

【0063】

これらの他にも、導電材料と、酸化物、窒化物、炭化物、硼化物のグループから選ばれる少なくとも一つの材料とを含む薄膜、例えば、Cu層と、Co、Fe、Niのうち少なくとも一つの元素を含む薄膜を酸化した層と、Cu層の積層体を用いてもよい。特に、Co、Fe、Niのうち少なくとも一つの元素を含む薄膜を酸化した層を用いた場合には、上述のトンネル磁気抵抗効果膜を用いた場合と同様に、大きな効果が得られる。

【0064】

すなわち、従来技術を用いた場合と比較して、本発明技術を用いた場合には、1.5倍から3倍の磁気抵抗変化率が得られた。従って、CPP-GMR膜を用いた再生ヘッドに関しても、本発明の構造を適用することにより、高い再生感度を得ることができる。

40

【0065】

上述したような構成、製造方法で作製した磁気抵抗効果型磁気ヘッドは良好な再生特性を示し、高い面記録密度の磁気ディスク装置や磁気テープ装置のような磁気記録再生装置に搭載することができる。

【0066】

【本発明の効果】

本発明に係る磁気ヘッドによれば、狭ピッチコイルでありながらも熱引きに優れるので、

50

サーマルプロトリュージョンが防止された薄膜磁気ヘッドを実現できる。

【0067】

また、本発明に係る磁気ヘッドの製造方法によれば、コイルからの発熱を放出しやすい構造とし、狭ピッチコイル形成が可能で、コイル溝の深さを高度に制御することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の磁気ディスク装置概念の概略図である（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。

【図2】本発明の薄膜磁気ヘッドの断面概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。

10

【図3】図3(a)～(j)は、本発明の2層コイル形成工程を示す。

【図4】従来のコイル形成法において、コイルピッチを2 μ m以下にした時のコイル断面図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。

【図5】アルミナをRIE行った際の、エッチングバイアスとアルミナ、レジスト、クロムのエッチング速度の関係を示すグラフ。

【図6】コイル絶縁材料をアルミナとレジストに変えたときのヘッド損失とTPR量の関係を示すグラフ。

【図7】下層コイル幅を変化させたときの、TPR量の変化を示すグラフ。

【図8】本発明の垂直ヘッドの原理図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。

【図9】本発明の垂直ヘッドに適用した断面該略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。

20

【図10】本発明の薄膜磁気ヘッドの断面概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。

【図11】トンネル磁気抵抗素子の断面概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。

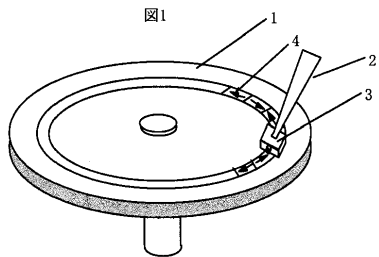
【図12】従来技術と本技術適用した場合の、磁気抵抗効果素子における抵抗変化率の面積依存性を示すグラフ。

【符号の説明】

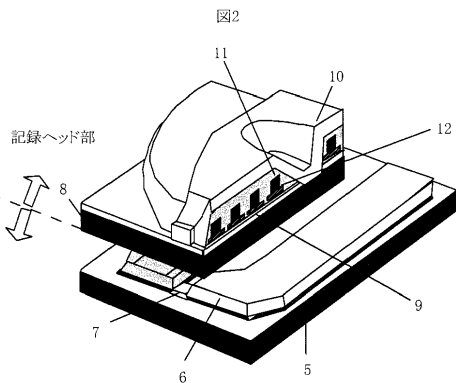
1 ... 磁気ディスク、2 ... 支持体、3 ... 磁気ヘッド、4 ... 磁化信号、5 ... 下部磁気シールド、6 ... 磁区制御膜、7 ... 巨大磁気抵抗効果膜、8 ... 上部磁気シールド、9 ... 下部磁気コア、10 ... 上部磁気コア、11 ... アルミナ、アルミナを含む無機化合物、12 ... 2層コイル、13 ... 無機絶縁膜、14 ... 金属膜、15 ... 下層コイルフォトレジストパターン、16 ... 下層コイル、17 ... アルミナを含む無機化合物、18 ... 上層コイルフォトレジスト、19 ... 溝、19a ... 上層コイル幅、19b ... 下層コイル幅、20 ... めっき下地膜、21 ... Cuめっき膜、22 ... 上層コイル、23 ... ボイド、24 ... 主磁極、25 ... 磁束、26 ... 補助磁極、27 ... 裏打ち層、28 ... ヨーク、29 ... 基板、30 ... 下部電極、31 ... 磁気抵抗効果膜、32 ... 保護絶縁膜、33 ... 硬磁性膜、34 ... 第二の保護絶縁膜、35 ... 上部電極、36 ... 下地層、37 ... 反強磁性層、38 ... 第一の強磁性層、39 ... トンネル障壁層、40 ... 非磁性導電層、41 ... 第2の強磁性層、42 ... 保護層。

30

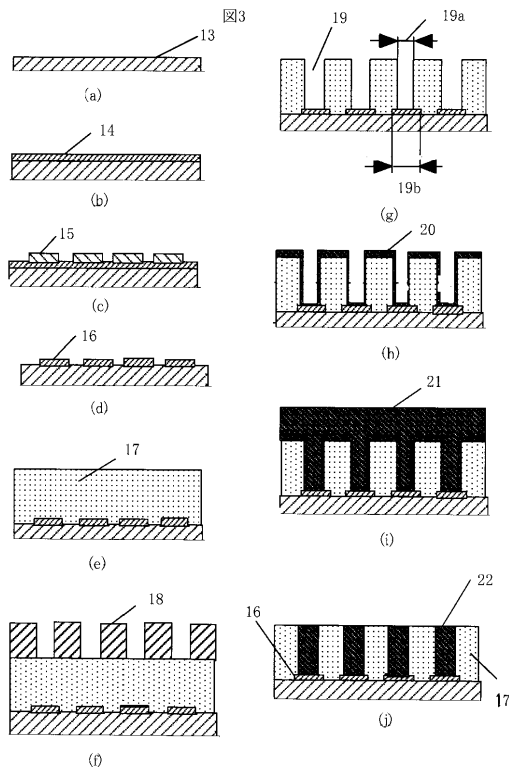
【 図 1 】



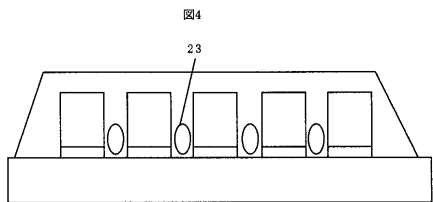
【 図 2 】



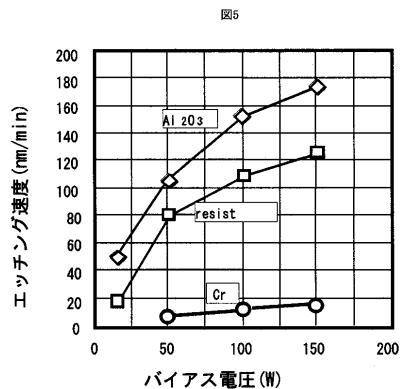
【 図 3 】



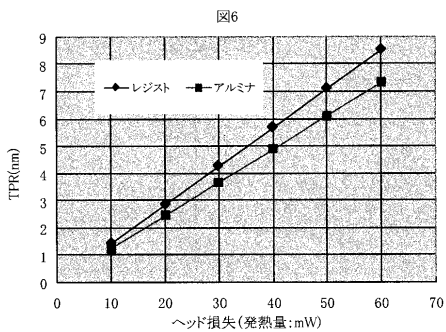
【 図 4 】



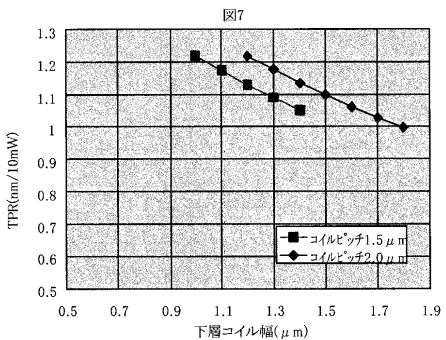
【 図 5 】



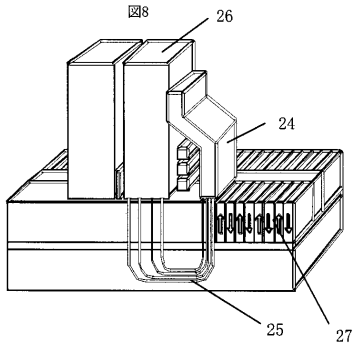
【 図 6 】



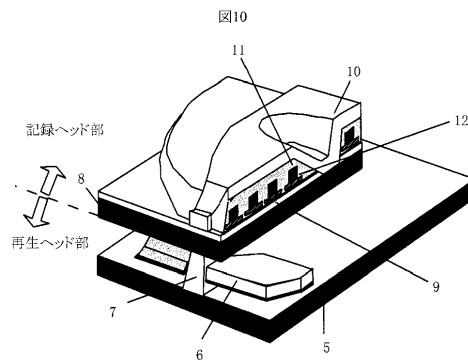
【 図 7 】



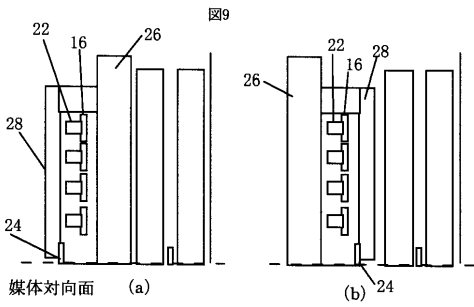
【 図 8 】



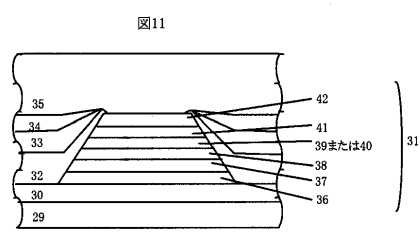
【 図 10 】



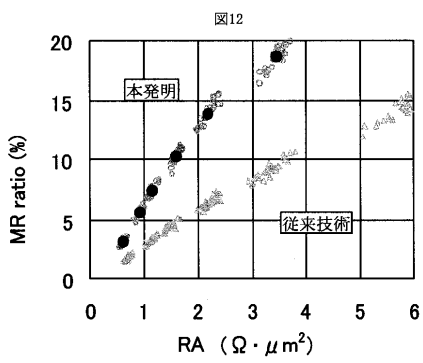
【 図 9 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

- (72)発明者 森尻 誠
神奈川県小田原市国府津2 8 8 0番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内
- (72)発明者 目黒 賢一
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目2 8 0番地 株式会社日立製作所中央研究所内
- (72)発明者 大嶽 一郎
神奈川県小田原市国府津2 8 8 0番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内
- (72)発明者 工藤 一恵
神奈川県小田原市国府津2 8 8 0番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内
- (72)発明者 丸山 洋治
神奈川県小田原市国府津2 8 8 0番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内
- (72)発明者 渡辺 克朗
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目2 8 0番地 株式会社日立製作所中央研究所内
- Fターム(参考) 5D033 BA11 BA42 DA04 DA07 DA08 DA31
5D034 AA02 BA03 BB12 CA02 DA07