

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3808392号
(P3808392)

(45) 発行日 平成18年8月9日(2006.8.9)

(24) 登録日 平成18年5月26日(2006.5.26)

(51) Int.C1.

F 1

G 1 1 B 5/39 (2006.01)

G 1 1 B 5/39

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-89536 (P2002-89536)
 (22) 出願日 平成14年3月27日 (2002.3.27)
 (65) 公開番号 特開2003-288706 (P2003-288706A)
 (43) 公開日 平成15年10月10日 (2003.10.10)
 審査請求日 平成17年3月9日 (2005.3.9)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 岸 均
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

審査官 山崎 達也

(56) 参考文献 特開平05-012626 (JP, A)
 特開2001-023130 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁気ヘッド及びこれを搭載した磁気記憶装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気抵抗効果素子の媒体対向面側に、磁気記録媒体から磁界を読み取り前記磁気抵抗効果素子に該磁界を伝達する磁気伝達膜を備えた磁気ヘッドであって、

前記磁気伝達膜は、前記磁気記録媒体側となる磁化情報読み取り面と、前記磁気抵抗効果素子側となる磁化情報伝達面とを有し、

前記磁化情報読み取り面が、磁化情報伝達面と比較して、磁気記録媒体のトラック幅方向では薄く、該トラック幅方向と垂直な方向では厚く形成されてなり、

前記磁化情報読み取り面の面積が、磁化情報伝達面の面積以上であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項2】

請求項1記載の磁気ヘッドにおいて、

前記磁気抵抗効果素子は、スピナバルブ型磁気抵抗効果素子、トンネル型磁気抵抗効果素子及び異方性磁気抵抗効果素子から選択されたいずれか1つである、ことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項3】

請求項1または2記載の磁気ヘッドを搭載したことを特徴とする磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は磁気ディスク装置等の磁気記憶装置に搭載され、磁気記録媒体からの磁界を検出する再生用の磁気ヘッドに関する。特に、磁気記憶装置の小型化、大容量化に伴い高密度記録化された磁気記録媒体に対応した磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年における、磁気記憶装置の高密度化・大容量化への要請は著しい。これに伴い、例えば磁気ディスク装置での磁気ディスクの高記録密度化並びに磁気ヘッドの高感度化及び微細化が求められている。近い将来には、 100 Gbit/inch^2 の高記録密度な媒体が実現され、ここに記録されるトラック幅は $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 程度に狭くなると予想されている。

10

【0003】

図1は、従来、広く採用されているスピナーバルブ型の磁気抵抗効果素子を用いた再生用の磁気ヘッドの概要構成を例示した図である。この磁気ヘッド100は、スピナーバルブ素子101の両端に、磁区制御のためのハードバイアス膜103及び電極端子膜105が形成された構造を有している。磁気ディスク上に微細な幅で書き込まれたトラックからの信号磁界 H_{sig} を隣接するトラックの影響を受けずに読み取るためには、磁気ヘッド100のトラック方向の幅（以下、読み取り幅CWTと称す）を磁気ディスクのトラック幅よりも狭く形成する必要がある。例えば、前述した 100 Gbit/inch^2 のような高い信号密度で記録されたトラックの磁気情報を読み取るためには $0.1\text{ }\mu\text{m}$ よりも小さい読み取り幅CWTとしたスピナーバルブ素子101を作製しなければならない。このようなスピナーバルブ素子101は非常に高い精度をもって作製することが必要となり、高密度記録用の磁気ヘッドの実現を阻む原因の1つとなっていた。

20

【0004】

また、図2は高出力な磁気ヘッドとして近年、開発が進められているトンネル型の磁気抵抗効果素子（TMR素子）を用いたTMRヘッドの概要構成を示した図である。このTMRヘッド200では電極端子膜205が上下に形成され、図2に示されるように、TMR素子201の読み取り幅CWTに対して垂直となる方向にセンス電流PERが流される。なお、参照符号203で示すのはハードバイアス膜である。

30

【0005】

このTMRヘッド200では読み取り幅CWTに反比例して電気的な抵抗値が上昇する。ところが、このように抵抗値が大きくなったTMR素子201では、流すことのできる電流値が小さくなることから読み出された電気信号にノイズが乗り易くなるという問題がありTMRヘッドの実現を困難とする理由の一つとなっている。

40

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

上記のような問題を解決するため、従来、図3に示されるようにスピナーバルブ型素子301の媒体対向面MES側に磁気伝達膜（以下、フラックスガイドと称す）310を設けた磁気ヘッドの構造について提案がある。この磁気ヘッド300は、スピナーバルブ型素子301の媒体対向面MES側に磁性材料で形成したフラックスガイド310を配置させた構造である。

40

【0007】

上記磁気ヘッド300は、例えば図1に示した通常の磁気ヘッドと比較して、スピナーバルブ素子301が奥まった位置（磁気ディスクより遠くなる位置）に形成され、空間が確保されている。そして、この空間にフラックスガイド310が配置される。上記構造の磁気ヘッド300では、磁気ディスクからの信号磁界 H_{sig} がフラックスガイド310を介して磁気抵抗効果素子301のフリー層301FRに伝播する。このような構造とすれば、磁気ヘッド300の実効的な読み取り幅をフラックスガイド310の幅FWTで規定できる。すなわち、フラックスガイドを採用した磁気ヘッドでは、スピナーバルブ型素子301の読み取り幅がトラック幅より大きい場合でも高密度記録に対応できるようになる。

【0008】

50

ところが、上記のように従来のフラックスガイド310の幅FWTはスピナルブ型素子301の読み取り幅より狭く、その形状は一般に薄いシート状である。よって、フラックスガイド310の磁気記録媒体側となる磁化情報読み取り面M EFの面積は、磁気抵抗効果素子301内のフリー層301FRの面積と比較して小さくなる。そのために、フラックスガイド310で伝達できる磁化量がフリー層301FRで感知できる最大の磁化量に比べて小さくなる。その結果、スピナルブ型素子301の磁界に対する感度が低くなり、再生効率が低下するという問題が生じてしまう。

【0009】

したがって、本発明の目的は、磁気抵抗効果素子に十分な磁化を供給できる磁気伝達膜を備えた、高感度な再生用の磁気ヘッドを提供することである。

10

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的は請求項1に記載の如く、磁気抵抗効果素子の媒体対向面側に、磁気記録媒体から磁界を読み取り前記磁気抵抗効果素子に該磁界を伝達する磁気伝達膜を備えた磁気ヘッドであって、

前記磁気伝達膜は、前記磁気記録媒体側となる磁化情報読み取り面と、前記磁気抵抗効果素子側となる磁化情報伝達面とを有し、

前記磁化情報読み取り面が、磁化情報伝達面と比較して、磁気記録媒体のトラック幅方向では薄く、該トラック幅方向と垂直な方向では厚く形成されてなり、

前記磁化情報読み取り面の面積が、磁化情報伝達面の面積以上である磁気ヘッドにより達成される。

20

【0013】

また、請求項2に記載の如く、請求項1に記載の磁気ヘッドにおいて、前記磁気抵抗効果素子は、スピナルブ型磁気抵抗効果素子、トンネル型磁気抵抗効果素子及び異方性磁気抵抗効果素子から選択されたいずれか1つとすることができる。

【0014】

請求項1または2に記載の発明によれば、磁気伝達膜が磁気記録媒体から磁界を磁気抵抗効果素子側に十分に伝達できる形状となるので高感度な再生用の磁気ヘッドを構成できる。

【0015】

30

そして、請求項3に記載の如く、請求項1または2に記載の磁気ヘッドを搭載した磁気記憶装置は、高感度な再生用の磁気ヘッドを少なくとも備えているので、磁気記録媒体に記録された磁気情報を高精度に再生できる磁気記憶装置として提供できる。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明の実施例を説明する。

【0017】

図4は実施例に係る再生用の磁気ヘッド10の主要部を示した斜視図である。また、図5は図4でのA-A矢視により磁気ヘッド10の構成を示した図、図6は図5で示す磁気ヘッド10のフラックスガイドの形状を示した図である。

40

【0018】

なお、図5では、図4では図示を省略している、上部シールド15及び下部シールド16が図示されている。

【0019】

図4で、磁気抵抗効果素子(MR素子)11の両側にはハードバイアス膜18及び電極端子膜19が形成されている。MR素子11の媒体対向面M ES側には、図示せぬ磁気記録媒体からの信号磁界H singを読み取り、このMR素子11に信号磁界H singを伝達する磁気伝達膜(フラックスガイド)13が配設されている。

ここまで的基本構成は従来と同様であるが、本実施例のフラックスガイド13は特殊な形状を有している。

50

【0020】

すなわち、本フラックスガイド13では磁気記録媒体側となる磁化情報読み取り面M EFと、MR素子側となる磁化情報伝達面M RFとは異なる形状となるように形成されている。特に、磁化情報読み取り面M EFの形状は、読み取り幅方向CWTでは磁化情報伝達面M RFより薄く、その垂直方向CVT(図4では上下方向)では磁化情報伝達面M RFより厚くなるように形成されている。また、磁化情報読み取り面M EFの面積は、磁化情報伝達面M RFの面積より大きくなるように形成することが望ましい。このフラックスガイド13の特徴的な形状は図6によく示されている。

【0021】

フラックスガイド13が磁気記録媒体からの信号磁界Hsigを受け取れる磁化量は、磁化情報読み取り面M EFの面積に依存するので、この面積を広く形成するのが好ましい。同様に、MR素子11のフリー層11FRに伝達できる磁化量は、磁化情報伝達面M RFの面積に依存するので、こちらもより面積が広い方が好ましい。

【0022】

しかし、上記磁化情報伝達面M RFは、MR素子11のフリー層11FRに磁化を伝達するのでフリー層11FRと同一形状とされた場合が最大の面積となる。即ち、最大となるのは図4に例示したように磁化情報伝達面M RFがフリー層11FRと略同一形状となる場合である。また、図6では、磁化情報伝達面M RFの幅w1がフリー層11FRの幅と同じ、厚みt1がフリー層11FRの厚さと同じになる場合である。

【0023】

一方、磁化情報読み取り面M EFは、フラックスガイド13の機能を考えた場合はCWT方向での厚み(幅w2)は薄い方が好ましいが、CVT方向の厚みt2はより厚くても問題はない。

【0024】

ところで、従来のフラックスガイドを有しない一般的な磁気ヘッドでは、磁気記録媒体からMR素子の厚さ方向に流入する磁界を制限するために上下にシールドが形成されている。この上下シールド間距離がいわゆるギャップ長である。このギャップ長は、実際に信号磁界Hsigを読み取るフリー層の厚さに比べると著しくに厚くなっていた(例えばギャップ長約80nmに対し、フリー層厚さ約4nm)。そして、先に示した図3の如く、従来のフラックスガイド310を設けた場合には、MR素子は磁気記録媒体から離れる方向に引っ込んで形成されている。そして、図3では図示を省略しているが、フラックスガイド310の上下には厚めの上下にシールドが形成されていた。すなわち、この上下にシールドが存在している領域を利用すればCVT方向に厚い磁化情報読み取り面M EFを有するフラックスガイド13を形成できる。このように形成したのが本実施例に係る磁気ヘッド10のフラックスガイド13であり、その形状的な特徴が図5により良く確認できる。なお、フラックスガイド13の磁化情報読み取り面M EFのCVT方向の厚さはギャップ長近傍まで広げることができる。

【0025】

また、本磁気ヘッドの磁化情報読み取り面M EFの面積は、磁化情報伝達面M RFからMR素子に伝達する磁化量をより多くするために、磁化情報伝達面M RFの面積以上の広さを有するように設計されている。理論的には磁化情報読み取り面M EFの面積と磁化情報伝達面M RFの面積とが略同じであれば、磁化情報読み取り面M EFが磁気記録媒体から受けた信号磁界Hsigをそのまま磁化情報伝達面M RFからMR素子のフリー層11FRに供給できる。しかし、フラックスガイド13内を磁化が伝達される際にはロスや外乱の影響があるので、これらを配慮しておくことが望ましい。

【0026】

そこで、本実施例の磁気ヘッド10では、磁化情報読み取り面M EFの面積が磁化情報伝達面M RFの面積以上となるように形成して、十分な磁化がフリー層11FRへ確実に供給できる構造としている。

【0027】

10

20

30

40

50

上記のように本実施例の磁気ヘッド 10 では、磁化情報読み取り面 MEF が磁化情報伝達面 MRF と比較して、幅 (w) はより狭く、厚さ (t) はより厚くなるように形成し、かつ磁化情報読み取り面 MEF の面積が磁化情報伝達面 MRF の面積と同等、或いはそれ以上となるように形成されている。このような構造のフラックスガイド 13 は伝達できる磁化量が従来のフラックスガイドと比較して大きくなる。よって、このフラックスガイド 13 を備えた本実施例の磁気ヘッド 10 は、読み取り幅を実質的に狭めながら高感度に磁気情報を再生できる。

【0028】

上記 M R 素子 11 としては、スピナバルブ型磁気抵抗効果素子、トンネル型磁気抵抗効果素子及び異方性磁気抵抗効果素子を採用することができる。

10

【0029】

図 7 は、M R 素子 11 としてスピナバルブ型の素子を採用した場合の磁気ヘッド 10 の具体例を示している。なお、図 7 ではフラックスガイド 13 と M R 素子 11 とを図示し、他の構成は省略して示している。

【0030】

ここで例示されるスピナバルブ膜のフリー層 11FR は積層フェリ型で形成されている。前述した条件に従って、ここでのフラックスガイド 13 の磁化情報伝達面 MRF はフリー層 11FR の膜厚とほぼ同じ厚さを有し、磁化情報読み取り面 MEF 側はこれより厚く形成されている。また、幅方向では、磁化情報読み取り面 MEF の方が磁化情報伝達面 MRF より狭く、面積は磁化情報読み取り面 MEF の方が広くなるように形成されている。

20

【0031】

図 7 では、フリー層 11FR の第 1 フリー磁性層として CoFe 膜 25 nm、フリー中間層として Ru 膜 8 nm 及び第 2 フリー磁性層として CoFe 膜 20 nm が積層されている。この第 1 フリー磁性層の磁化方向と第 2 フリー磁性層の磁化方向とは反平行に結合され、磁気記録媒体からの信号磁界 Hsig に応じて一体的に回転する。また、中間層 11NI として Cu 膜 25 nm、ピンド磁性層として CoFe 膜 25 nm、反強磁性層として PdPtMn 層 150 nm が形成されている。

【0032】

図 7 のように M R 素子としてスピナバルブ膜を用いる場合には、磁化情報読み取り面 MEF との間に電気的に絶縁する絶縁膜 20 を形成しておくことが好ましい。また、図 7 では積層状態のフリー磁性層を有するスピナバルブ膜を用いたものを例示したが、勿論、単層で形成されたフリー磁性層を有するスピナバルブ膜を用いてもよい。

30

【0033】

図 8、図 9 のそれは、本実施例の磁気ヘッドに採用できる M R 素子である TMR 素子、AMR 素子の膜構成例を示している。

【0034】

図 8 に例示した TMR 素子 21 は、Ta の下地層 5 nm の上に、下から順に NiFe 1 nm 及び CoFe 2.5 nm で形成したフリー層 21FR、Cu 3 nm で形成した絶縁層 21IN、CoFe 3 nm で形成したピンド層 21PI、PdPtMn 15 nm で形成した反強磁性層 21AN 及び Ta 5 nm で形成した保護層を備えている。

40

【0035】

この TMR 素子 21 を用いた場合も、そのフリー層 21FR に対応するようにフラックスガイドを形成すればよい。ただし、TMR 素子 21 では図 2 で示したようにセンス電流 PER は膜面に対して垂直に流れるのでフラックスガイドと TMR 素子 21 との電気的絶縁に配慮する必要がない。よって、フラックスガイドがフリー層 21FR に接触するように形成するのが好ましい。

【0036】

また、図 9 に例示した AMR 素子 31 は、Ta の下地層 5 nm の上に、NiFe 15 nm で形成した AMR 層 31FR 及び Ta 5 nm で形成した保護層を備えている。このように M R 素子として AMR 素子 31 を用いた場合は、AMR 層 31FR に対応するようにフラ

50

ックスガイドを形成すればよい。

【0037】

前述した磁気ヘッド10は、従来の磁気ヘッドと同様にレジストを用いた現像、露光並びにエッチング、スパッタリング等を用いる薄膜形成技術を用いて製造することができる。以下では図10を参照しながら本磁気ヘッド10で特徴的な形状を有するフラックスガイドを作成する工程について説明する。ここでは磁気抵抗効果素子(MR素子)としてスピンバルブ素子を用いている。

【0038】

図10(A)で示す工程以前に、従来の手法でスピンバルブ素子11を形成し、その磁気記録媒体側にフラックスガイド13との絶縁を確保するためにSiO₂又はAl₂O₃による絶縁膜20を形成し、不要部分を除去する工程が完了している。

10

【0039】

本実施例のフラックスガイド13は、磁化読取り面M EFと磁化情報伝達面とが異なる形状となるので、1つの膜で部分的に厚さが変る。このような膜の形成はリフトオフ法を応用して実現できる。

【0040】

図10(A)で、先ず、下層レジスト51上に上層レジスト52が突き出している形態の2層レジストを形成する。なお、このとき右側の下層レジスト51の下にはスピンバルブ素子11が存在している。

【0041】

次に図10(B)に示すように、上層レジスト52を含めた表面全体をフラックスガイドに用いる磁性材料でスパッタする。この磁性材料としてパーマロイ、CoFe, CoNiFe等を用いることができる。スパッタにより形成された磁性膜55は、上層レジスト52が存在しない部分はスパッタ量に応じた厚さの膜に形成される。しかし、上層レジスト52の下部となる部分は膜形成が阻害されるため、上層レジスト52の端部から奥側(図10(B)では左右両端側)へ行くほど膜厚は薄く形成される。

20

【0042】

その後、図10(C)で示すように、レジスト51、52及びこれに付着した不要な磁性膜55を除去することにより、台形の磁性膜55が完成する。なお、フラックスガイドとして上層レジスト52の下部の斜面となる形状が用いられるが、この形状は下層レジスト51に対する上層レジスト52の張り出し寸法で調整することが可能である。

30

【0043】

最後に、フォトリグラフ法を用いてスラックスガイドを形成する部分にレジストでマスクし、不要部分をエッチングすることにより所望の幅と奥行きを有したスラックスガイド部55FLを完成させる。これによりスピンバルブ素子11の横に、前述した関係にある磁化情報読取り面M EF及び磁化情報伝達面M RFを備えたフラックスガイドが完成する。この後は通常の素子作製と同様にハードバイアス膜と電極を形成することで、磁気ヘッドを作製することができる。

【0044】

なお、TMR素子及びAMR素子を採用した磁気ヘッドの場合も、図10のスピンバルブ膜11をそれぞれの素子に置き換えて同様に製造できる。

40

【0045】

上述した実施例はハードディスク等の磁気記録媒体からの信号磁界Hsigを高感度に再生する磁気ヘッドである。このような高感度な磁気ヘッドを搭載した磁気記憶装置は磁気記録媒体から信号磁界を高感度に再生できる。また、本実施例の磁気ヘッドと従来のインダクティブ型の薄膜ヘッドを併設すれば記録・再生ヘッドとすることことができ、このような複合型の磁気ヘッドを搭載した磁気記憶装置は磁気記録媒体への磁気情報の記録及び再生が可能である。

【0046】

ここで、実施例で示した磁気ヘッド10を搭載した磁気記憶装置について簡単に説明する

50

。図11は磁気記憶装置の要部を示した図である。磁気記憶装置70には磁気記録媒体としてのハードディスク71が搭載され、回転駆動されるようになっている。このハードディスク71の表面に対向して所定の浮上量で、実施例の磁気ヘッド10を読み取り側に有する複合型磁気ヘッド75で磁気記録及び再生動作が行われる。なお、複合型磁気ヘッド75はアーム72の先端にあるスライダ73の前端部に固定されている。複合型磁気ヘッド75の位置決めは、通常のアクチュエータと電磁式微動アクチュエータを組合せた2段式アクチュエータを採用できる。

【0047】

なお、上記磁気ヘッド10のみを用いて磁気再生専用の磁気記憶装置として構成してもよいことは言うまでもない。

10

【0048】

以上本発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【0049】

【発明の効果】

以上詳述したところから明らかなように、請求項1または2に記載の発明によれば、磁気抵抗効果素子側に磁気記録媒体からの磁界に基づいた磁化を十分に伝達できる磁気伝達膜を備えているので、磁気記録媒体の磁化情報を高感度に再生できる磁気ヘッドを提供できる。

20

【0050】

また、請求項3に記載の発明によれば、上記のように優れた磁気ヘッドを搭載しているので、磁気記録媒体に記録された磁気情報を高精度に再生できる磁気記憶装置として提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のスピナバルブ型の磁気抵抗効果素子を用いた再生用の磁気ヘッドの概要構成を示した図である。

【図2】従来のトンネル型の磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッドの概要構成を示した図である。

【図3】従来のフラックスガイドを設けた磁気ヘッドの構造について示した図である。

30

【図4】実施例に係る再生用の磁気ヘッドの主要部を示した斜視図である。

【図5】図4でのA-A矢視により磁気ヘッドの構成を示した図である。

【図6】磁気ヘッドのフラックスガイドの形状を示した図である。

【図7】スピナバルブ型の素子を採用した場合の磁気ヘッドの具体例を示した図である。

【図8】本実施例の磁気ヘッドに採用できるTMR素子の膜構成例を示した図である。

40

【図9】本実施例の磁気ヘッドに採用できるAMR素子の膜構成例を示した図である。

【図10】実施例の磁気ヘッドのフラックスガイドの作製工程について示した図である。

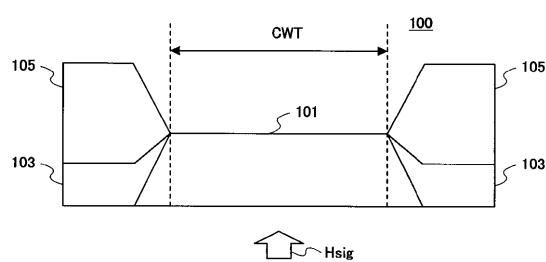
【図11】実施例の磁気ヘッドを搭載した磁気記憶装置の要部を示した図である。

【符号の説明】

1 0	磁気ヘッド
1 1	M R 素子(磁気抵抗効果素子)
1 1 F R	フリー層
1 3	フラックスガイド(磁気伝達膜)
1 8	ハードバイアス膜
1 9	電極端子膜
H s i g	信号磁界(磁気記録媒体からの磁界)
C W T	読み取り幅方向(トラック幅方向)
M E F	磁化情報読み取り面
M R F	磁化情報伝達面

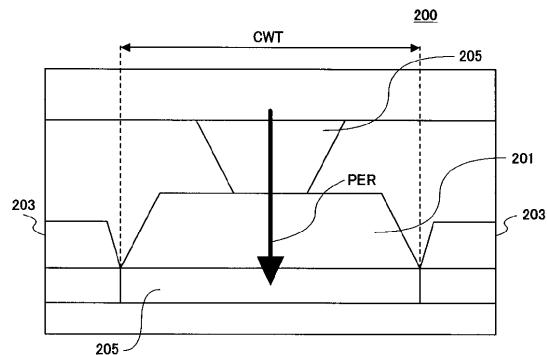
【図1】

従来のスピンバルブ型の磁気抵抗効果素子を用いた再生用の磁気ヘッドの概要構成を示した図



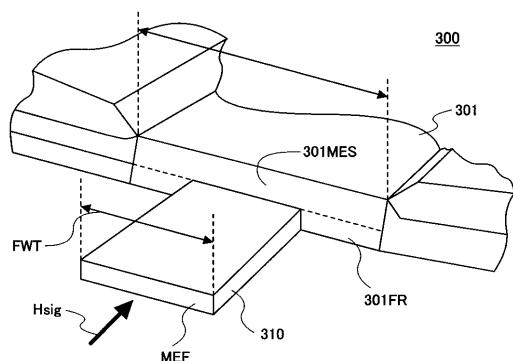
【図2】

従来のトンネル型の磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッドの概要構成を示した図



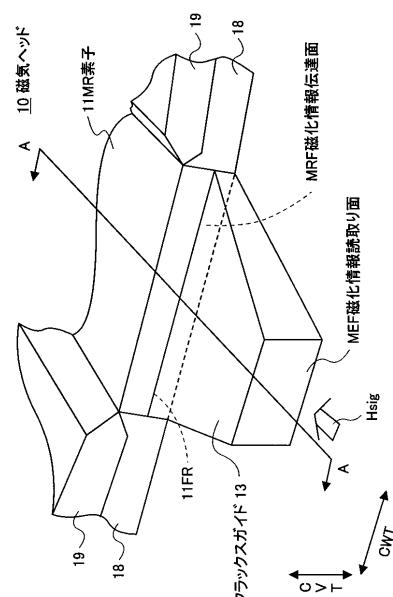
【図3】

従来のフラックスガイドを設けた磁気ヘッドの概要構造を示した図



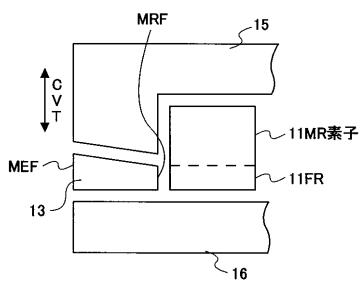
【図4】

実施例に係る再生用の磁気ヘッドの主要部を示した斜視図



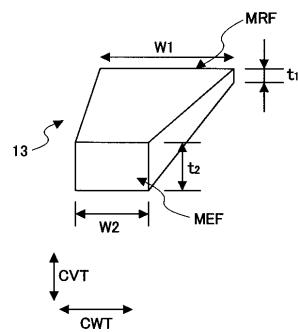
【図5】

図4でのA-A矢視により磁気ヘッドの構成を示した図



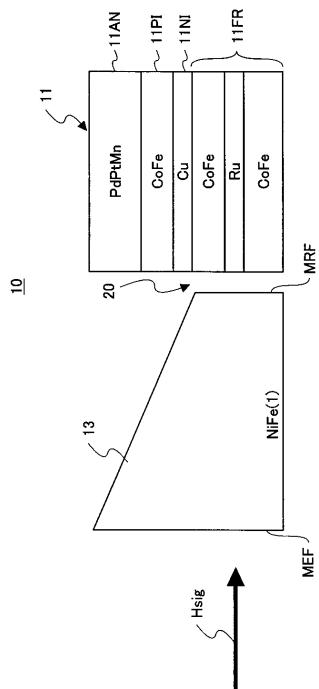
【図6】

磁気ヘッドのフラックスガイドの形状を示した図



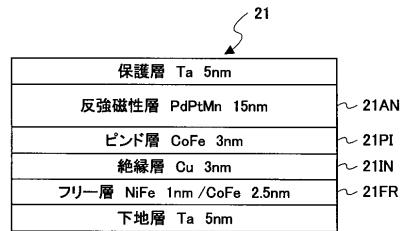
【図7】

スピンバルブ型の素子を採用した場合の磁気ヘッドの具体例を示した図



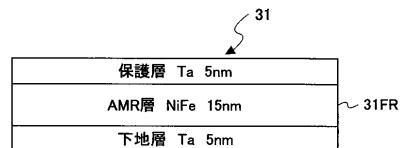
【図8】

本実施例の磁気ヘッドに採用できるTMR素子の膜構成例を示した図

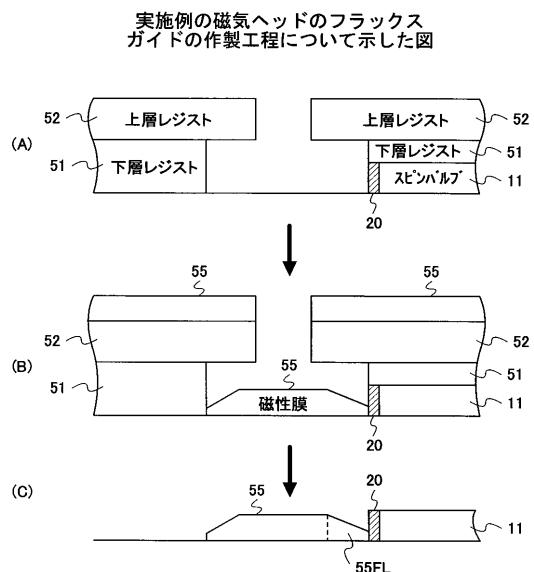


【図9】

本実施例の磁気ヘッドに採用できるAMR素子の膜構成例を示した図

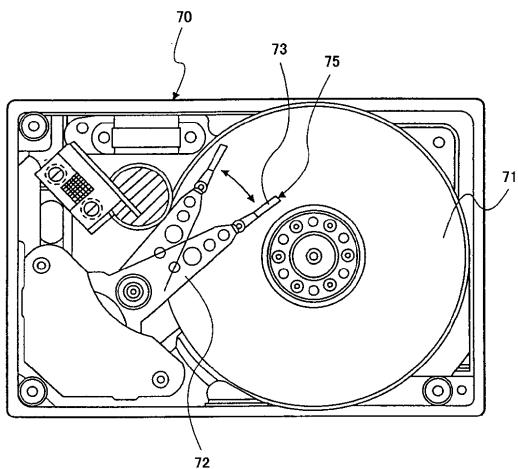


【図10】



【図11】

実施例の磁気ヘッドを搭載した磁気記憶装置の要部を示した図



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G11B 5/39