

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4673508号
(P4673508)

(45) 発行日 平成23年4月20日(2011.4.20)

(24) 登録日 平成23年1月28日(2011.1.28)

(51) Int.Cl.

F I

G 1 1 B 5/31 (2006.01)

G 1 1 B 5/31 D

G 1 1 B 5/39 (2006.01)

G 1 1 B 5/31 A

G 1 1 B 5/31 K

G 1 1 B 5/39

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-198587 (P2001-198587)
 (22) 出願日 平成13年6月29日(2001.6.29)
 (65) 公開番号 特開2003-16609 (P2003-16609A)
 (43) 公開日 平成15年1月17日(2003.1.17)
 審査請求日 平成16年8月13日(2004.8.13)
 審判番号 不服2008-7664 (P2008-7664/J1)
 審判請求日 平成20年3月27日(2008.3.27)

(73) 特許権者 503136004
 株式会社日立グローバルストレージテクノ
 ロジーズ
 神奈川県小田原市国府津2880番地
 (74) 代理人 100091096
 弁理士 平木 祐輔
 (72) 発明者 土屋 裕子
 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 星屋 裕之
 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 川戸 良昭
 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】 磁気ヘッド及び磁気ディスク装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の磁気シールド層とその間に形成された再生素子とを備える再生用ヘッドと、前記再生用ヘッドの上に形成された、垂直磁気記録用の主磁極を備える記録用ヘッドとを備えた磁気ヘッドにおいて、

前記主磁極は前記再生素子に対してトレーリング側に配置され、

記録媒体対向面から見たときに、前記主磁極を挟んでトレーリング方向と直交する方向に前記主磁極とは離間されて配置された第一及び第二の補助磁極と、前記主磁極に対してトレーリング側に前記主磁極とは離間されて配置された第三の補助磁極とを有し、

前記第一、第二及び第三の補助磁極と前記主磁極は、記録媒体対向面から素子高さ方向に離れた位置で接合された磁気回路を構成し、

前記第一、第二及び第三の補助磁極の記録媒体対向面におけるそれぞれの面積は、前記主磁極の記録媒体対向面における面積より広く、

前記主磁極及び補助磁極により形成される前記磁気回路に磁氣的に結合したコイルを有す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、記録媒体対向面から見たとき、前記再生素子の中心と前記主磁極の中心とを結ぶ直線をトレーリング方向へ射影したときの長さが 5 μ m 以下であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 3】

10

20

請求項 1 記載の磁気ヘッドにおいて、前記第三の補助磁極は、当該第三の補助磁極の中心と前記主磁極の中心とを結ぶ直線が、トレーリング方向に対し略平行になるよう配置されたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 記載の磁気ヘッドにおいて、前記第三の補助磁極の記録媒体対向面における面積は、前記第一の補助磁極の記録媒体対向面における面積より大きく、かつ前記第二の補助磁極の記録媒体対向面における面積よりも大きいことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 5】

磁気ディスクと、前記磁気ディスクを駆動するディスク駆動手段と、再生用ヘッドと記録用ヘッドを備える磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスクに対して位置決めするための手段とを含む磁気ディスク装置において、

前記磁気ディスクは記録層と軟磁性層とを備える垂直磁気記録用の磁気ディスクであり、前記磁気ヘッドとして請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の磁気ヘッドを備えることを特徴とする磁気ディスク装置。

【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記録・再生に用いられる薄膜磁気ヘッド、特に垂直磁気記録ヘッド、及びこれらを使用した磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、コンピュータ等の情報機器において情報の外部記憶装置として用いられている磁気ディスク装置には、記録を誘導型薄膜ヘッドで行い再生を磁気抵抗効果型ヘッドで行う記録再生分離型ヘッドが主に用いられている。記録ヘッドからの漏洩磁束で媒体に記録パターンを形成する記録方式としては、面内（長手）記録方式と垂直記録方式の 2 種類が代表的である。今後、記録密度の高密度化を達成するために、従来の面内（長手）記録方式に代わる磁気記録方式として、垂直磁気記録方式が有望視されている。

【0003】

面内（長手）記録方式では、記録ヘッドのギャップからの漏洩磁束によって媒体上の磁性層が媒体進行方向（トレーリング方向）と同方向あるいは逆方向に磁化されることにより、媒体上に記録パターンが形成される。一方、磁気ディスク装置等に考案されている最近の垂直磁気記録方式においては、特開平 4 - 57205 号公報に開示されているように、記録ヘッドは主磁極と補助磁極から構成されており、記録媒体は主として 2 層記録媒体でその構成は記録ヘッドに近い側に形成された記録層（垂直磁化層）とその下地の軟磁性層からなり、記録ヘッドの主磁極と軟磁性下地層と補助磁極とが磁氣的に結合され閉磁路を形成することが可能となっている。この方式によれば、記録ヘッドの主磁極と媒体の軟磁性下地層との距離が、主磁極と補助磁極との間隔よりも十分狭ければ、主磁極から漏洩した磁束は記録層を膜厚方向即ち媒体面に対し垂直に磁化して軟磁性下地層を経由して補助磁極に帰ってくる。このため、媒体上の記録パターンは媒体の膜厚方向に形成されることとなり、これが垂直磁気記録の名称のもととなっている。

なお、垂直磁気記録方式においても面内（長手）磁気記録方式と同様に、再生ヘッドとして、磁気抵抗効果素子、特に巨大磁気抵抗効果を利用した GMR ヘッドまたはトンネル磁気抵抗効果を利用した TMR ヘッド等が用いられている。

【0004】

従来用いられている記録再生分離型の垂直磁気記録ヘッドの構造の概略を図 1 に示した。図 1 において、垂直磁気記録用の記録ヘッドは、磁気抵抗効果素子を用いた再生ヘッドの上に積層された構造となっている。図 1 で垂直磁気記録用薄膜ヘッドは、主磁極 1、補助磁極 2、導体コイル 3、導体コイル 3 と主磁極 1 並びに補助磁極 2 を絶縁する絶縁膜 4 から成る。垂直磁気記録用ヘッドでは、主磁極の記録トラック幅を狭くし且つ主磁極から漏洩する磁束密度を高くする目的で、メッキ法などによって主磁極を形成した後に、主磁極

10

20

30

40

50

をFIBなどでトリミングする場合もある。このため、基板上に再生ヘッドを形成した後、補助磁極、主磁極の順に形成される場合が多い。垂直磁気記録用の記録ヘッドと面内磁気記録用の記録ヘッドとの大きな相違点は、面内記録用のヘッドでは記録媒体対向面から見たとき、主磁極と補助磁極との間隔が非常に狭い（例えば $0.2\mu\text{m}$ ）のに対し、垂直記録用ヘッドではこれが $5\sim 10\mu\text{m}$ と離れていることである。

【0005】

図1において、再生ヘッドは外部磁界に依存して電気抵抗が変化する磁気抵抗効果膜5、磁区制御膜6及び電極7からなる磁気抵抗効果素子と、不要な磁界を遮断する上下のシールド層2, 8、並びに図中には示されていないが磁気抵抗効果素子とシールド間を絶縁する絶縁膜を備える。図1の記録再生分離型ヘッドでは、記録ヘッドの補助磁極2が再生ヘッドの上部シールドを兼ねている。記録ヘッドの補助磁極と再生ヘッドの上部シールドが別個に設けられている場合、これらの磁性体材料からなる層の間には磁気的分離膜が存在する。

10

【0006】

磁気ディスク装置では、記録媒体を回転させ、上記のような記録再生分離型ヘッドが搭載されたスライダが媒体面に対し一定の間隔で浮上しながら信号の記録再生を行っている。このとき、信号が記録・再生されるトラックは同心円構造をしている。媒体上のトラックに信号（磁化パターン）を正確に記録・再生するために位置決め制御が必要であり、現在ではセクタサーボ方式を用いた位置決め制御が主流となっている。セクタサーボ方式では、円周状のトラックを複数のセクタに分割し、それぞれのセクタの先頭にサーボ領域を設け、その後に信号が記録されるデータ領域が設けられている。磁気ヘッドは、記録・再生を行う際、セクタ領域に設けられたサーボパターンを利用してトラック上に位置決めを行っている。また、現在の磁気ディスク装置では、スライダを先端に搭載したサスペンションの根本が固定されており、サスペンションはその固定点を軸に動く構造になっている。このため、媒体の内周および外周近傍部にあるトラック上の信号を記録・再生する際に、スライダはトラックに対しヨー角を持つ。

20

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

従来の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドは、面内記録用ヘッドと比較して、媒体対向面から見たときに主磁極と補助磁極との間隔が $5\sim 10\mu\text{m}$ 離れて形成され、また基板上に再生ヘッド、補助磁極、主磁極の順に形成されるため、主磁極と再生ヘッドとの間隔は $10\mu\text{m}$ 以上となる。セクタサーボ方式では、サーボ領域に記録されているサーボパターンを再生ヘッドで検出してトラック上に位置決めを行ってから、トラック上のデータ領域に信号を記録する。上記のように主磁極と再生ヘッドとの間隔が広くなると、サーボ領域のサーボパターンを検出した後に、データ領域に記録ヘッドが到達するまでに時間がかかる。言いかえると、サーボ領域とデータ領域の間に存在する、信号記録に使用できない領域の長さが増加することになる。このため、従来の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドを用いた垂直記録方式では、面内（長手）記録方式と比較して、1トラックあたりデータ領域が占める割合、即ちフォーマット効率が低下する。

30

【0008】

トラック上に信号を記録する際、トラック上にある再生ヘッドでサーボパターンを検出した後に記録ヘッドがトラック上に来るように、スライダを移動させなければならない。媒体の内周および外周近傍部のトラックにおいては、ヨー角がついているために、スライダの移動量が大きくなり、位置決め制御（サーボ）が難しい。主磁極と再生ヘッドとの間隔が広くなると、このスライダの移動量がさらに増大することになり、サーボ系の設計が難しくなる。このため、従来の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドを用いた垂直記録方式では、面内（長手）記録方式と比較してサーボが難しくなる。

40

【0009】

また、従来の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドを用いた垂直記録方式では、補助磁極が主磁極と同じ記録トラック上になるように形成されるため、記録後消去に代表されるように

50

主磁極から出て媒体の軟磁性下地層を経由して補助磁極にリターンしてくる磁束によって媒体上の記録パターンが影響を受けやすい。更に、補助磁極を形成した後に主磁極を積層するため、プロセス工程数が多くなり、記録ヘッドの作成に時間がかかる。

【 0 0 1 0 】

なお、IEEE Trans. Magn., vol.MAG-23, no.5, pp.2070-2072 (1987)には、主磁極の周りに複数の補助磁極を配置したバルクヘッドが記載されている。しかし、このヘッドは記録、再生両用ヘッドであり、MR素子等の再生専用の素子を持たないため、本発明が解決しようとしている生素子と主磁極との間の間隔が離れていることに起因する問題の所在、あるいは生素子と主磁極との間隔を狭める具体的方法については何も示唆しない。

【 0 0 1 1 】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑み、従来の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドよりもフォーマット効率が高く、サーボが容易な垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッド及びその磁気ヘッドを使用した磁気ディスク装置を提供することを目的とする。本発明は、また、記録後消去に代表されるようなリターン磁束による媒体上の記録パターンの攪乱が生じにくい垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッド及びその磁気ヘッドを使用した磁気ディスク装置を提供することを目的とする。本発明は、更に、プロセス時間短縮可能な構造を持つ垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッド及びその磁気ヘッドを使用した磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明では、再生用ヘッドと記録用ヘッドからなる記録再生分離型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドにおいて、記録媒体対向面からみたときに再生用ヘッドの生素子と記録用ヘッドの主磁極との間に補助磁極を配置しない構造とすることにより上記目的を達成する。

【 0 0 1 3 】

媒体対向面からみたとき、本発明の目的にかなう主磁極と補助磁極の配置例として、図2～6に示すような各種の配置を考えることができる。図2～6において、垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドは、基板13上に形成された一対のシールド層10, 12とその間に形成された生素子11からなる再生用ヘッドの上に形成される。

【 0 0 1 4 】

まず、図2に示すように、主磁極1と磁氣的に接続された1つの補助磁極9が、主磁極1に対しトレーリング方向14と直交する方向に配置された場合が考えられる。第二に、図3に示すように、主磁極1と磁氣的に接続された補助磁極の数が2であり、2つの補助磁極9, 17が主磁極1を挟んでトレーリング方向14と直交する方向に配置された場合が考えられる。また、図4に示すように、主磁極1と磁氣的に接続された補助磁極の数が3であり、第一の補助磁極9と第二の補助磁極17の再生ヘッドに近い側の面が、トレーリング方向14に略直交する同一直線15の上にあるように配置され、第三の補助磁極18の中心と主磁極1の中心を結ぶ直線19がトレーリング方向14に対し略平行方向になるように配置され、かつ第三の補助磁極18の面積が第一並びに第二の補助磁極9, 17の面積よりも広がっている場合が考えられる。

【 0 0 1 5 】

図2～4において、媒体対向面からみた場合の主磁極及び補助磁極の配置として、主磁極の再生ヘッドに近い側の面と補助磁極の再生ヘッドに近い側の面が同一直線15の上にあるようにしたが、配置方法としてはこれら以外にも可能である。例えば、図5に示すように媒体対向面からみたときに、主磁極の中心と補助磁極の中心を結ぶ直線20がトレーリング方向14と略直交するように配置することも可能である。また、2つ以上の補助磁極が存在するとき、図6に示すように、それぞれの補助磁極における再生ヘッドに近い側の面同士がトレーリング方向14に対し直交方向の同一直線15の上であり、かつ主磁極1における再生ヘッドに近い側の面が上記直線15と同一直線上にない配置も可能である。図6の配置の場合、生素子11から主磁極1の上面までの距離が生素子11から補助

10

20

30

40

50

磁極 9, 17 までの距離より小さくなっている。尚、主磁極と補助磁極の配置、並びに補助磁極の数に関しては、上述以外の場合も可能である。

【0016】

主磁極と補助磁極が図 2 ~ 6 に示される配置のとき、再生ヘッドを構成する再生素子 11 の中心と主磁極 1 の中心を結ぶ直線をトレーリング方向 14 へ射影したときの長さを $5\ \mu\text{m}$ 以下、できれば $3\ \mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。このように主磁極と再生ヘッドの間隔をなるべく近接させることにより、記録トラックのフォーマット効率を向上させ、またサーボを容易にすることが可能となる。

【0017】

図 2 ~ 6 に示した主磁極と補助磁極の配置は、記録媒体対向面からみたときに、再生素子と記録用ヘッドの主磁極との間に補助磁極が存在しない配置を代表するものである。このように主磁極と補助磁極が配置されるとき、主磁極によって記録パターンが形成される記録トラックとは別のトラックの上に補助磁極が存在するように補助磁極を配置することが可能である。すなわち、主磁極と補助磁極との間隔 d は、媒体上の記録トラック幅よりも広くなるように形成することが可能である。主磁極と補助磁極との間隔 d は、記録トラック幅よりも広くなるように $0.5\ \mu\text{m}$ から $1\ \mu\text{m}$ の範囲に設定することが望ましい。ただし、この間隔よりも短く、もしくは長く設定することも可能である。このように主磁極と補助磁極との間隔 d を記録トラック幅よりも広くした場合、図 7 示したように、主磁極 1 から漏洩した磁束 21 は媒体 22 の記録層 23 を膜厚方向すなわち媒体面に対し垂直に磁化して、軟磁性下地層 24 を経由し、主磁極直下の記録トラック 25 とは異なる別の記録トラック 26 上に形成された補助磁極 9 に返ってくるため、記録後消去などに代表されるようなリターン磁束による記録パターンの攪乱が生じる可能性が低くなる。更に補助磁極の数を 2 以上に増加させれば、補助磁極が 1 つの場合に比べて補助磁極に返ってくる磁束密度を低下させることができるので、記録後消去などに代表される記録パターンの攪乱現象の更なる防止が可能となる。

【0018】

図 2 ~ 4 に示したように、媒体対向面からみたとき、主磁極 1 の再生ヘッドに近い側の面と補助磁極 9 (17) の再生ヘッドに近い側の面が同一直線 15 上にあるように各磁極を配置するとき、主磁極と補助磁極は同一の平坦化膜兼磁気的分離膜の上に形成することが可能である。平坦化膜兼磁気的分離膜としては、アルミナまたは二酸化シリコンまたはこれらの混合膜を使用することができる。平坦化膜兼磁気的分離膜のトレーリング方向の膜厚は、 $0.5\ \mu\text{m}$ から $1\ \mu\text{m}$ 程度あれば良い。このように、同一の平坦化膜兼磁気的分離膜上に主磁極と補助磁極を形成することで、記録ヘッドの作製プロセスの工程数を低減することができ、結果としてプロセス時間を短縮することが可能となる。

【0019】

主磁極と補助磁極の配置が図 4 のとき、記録媒体対向面からみたときに、第三の補助磁極 18 を第一、第二の補助磁極 9, 17 並びに主磁極 1 の上に形成し、第三の補助磁極 18 は記録ヘッドに対するアンテナ効果防止用のシールドとしての機能も合わせ持つことができる。アンテナ効果とは垂直記録に特有の問題であり、記録ヘッドが記録動作をしていないときハードディスク筐体内外の磁場発生源から出た磁束が主磁極、補助磁極に入り、結果として媒体上の記録パターンを攪乱する現象である。アンテナ効果は一種の記録後消去と考えることもできる。図 4 に示したように、主磁極のまわりにシールドを兼ねるような面積の広い補助磁極を配置することにより、上記のアンテナ効果を回避することが可能となる。

【0020】

図 2 のように主磁極と補助磁極を配置した場合、主磁極の励磁用コイルは図 8 に示したように形成することが可能である。つまり、主磁極 1 に接続した磁性膜の柱 27 を記録媒体対向面に平行になるように形成し、これを取り囲むように励磁用コイル 3 を形成する。この形状は、主磁極 1 の媒体対向面における先端に近い位置に励磁用コイル 3 を配置することが可能であるため、記録磁界強度を強くすることが可能になる。なお、図 2 以外の主磁

10

20

30

40

50

極と補助磁極の配置であっても、主磁極と磁氣的に接続されかつ記録媒体対向面に平行に形成された磁性膜の柱を囲むように、励磁用コイルを形成することが可能である。また、図 8 に示した以外のコイルの配置も可能である。

【 0 0 2 1 】

図 2 に示したように垂直記録ヘッドを構成した場合、再生用ヘッドとして、外部磁界の変化に対応して電気抵抗が変化する磁気抵抗効果素子を用いることが可能である。この場合、巨大磁気抵抗効果を利用した巨大磁気抵抗効果素子またはトンネル磁気抵抗効果を用いたトンネル磁気抵抗効果素子を使用することが好ましい。ただし、上記以外の磁気抵抗効果素子の使用も可能である。

【 0 0 2 2 】

図 1 1 は、図 5 のように主磁極と補助磁極を配置した場合の、主磁極の励磁用コイルの形成例を示す図である。このコイル配置は基本的に図 8 のコイル配置と同じである。ただし、主磁極 1 と上部シールド 1 0 との間の磁気的分離膜は、補助磁極 9 と上部シールド 1 0 との間の磁気的分離膜より厚い。

【 0 0 2 3 】

図 1 2 は、図 6 のように主磁極と補助磁極を配置した場合の、主磁極の励磁用コイルの形成例を示す図である。主磁極 1 は補助磁極 9 , 1 7 より上部シールド 1 0 に近い位置に形成されている。各磁極 1 , 9 , 1 7 に記録媒体対向面に平行な磁性膜の柱を接続し、3本の柱を上部で接続することで主磁極と第一及び第二の補助磁極を磁氣的に結合し、主磁極 1 に接続した磁性膜の柱 2 7 取り囲むように励磁用コイル 3 を形成した。

【 0 0 2 4 】

以上をまとめると、本発明による磁気ヘッドは、一对の磁気シールド層とその間に形成された再生素子とを備える再生用ヘッドと、記録媒体対向面で磁気ギャップを介して対向し内部で接続した軟磁性薄膜からなる主磁極及び補助磁極と当該主磁極及び補助磁極によって形成される磁気回路に磁氣的に結合したコイルとを備える垂直磁気記録用ヘッドとを含む磁気ヘッドにおいて、補助磁極は、記録媒体対向面からみたとき、再生素子と主磁極との間を除く領域に配置されていることを特徴とする。

記録媒体対向面からみたとき、再生素子の中心と主磁極の中心とを結ぶ直線をトレーリング方向へ射影したときの長さは $5 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。この長さが $5 \mu\text{m}$ を越えるようになるとサーボが困難になる。

【 0 0 2 5 】

本発明の一態様による磁気ヘッドは、1又は複数の補助磁極を備え、記録媒体対向面からみたとき、少なくとも1つの補助磁極と主磁極の中心とを結ぶ直線がトレーリング方向と非平行である。

本発明の他の態様による磁気ヘッドは、1又は複数の補助磁極を備え、主磁極が対向する記録媒体の記録トラックとは異なる記録トラックに少なくとも1つの補助磁極の一部分又は全部が対向するように主磁極と補助磁極とが配置されている。

【 0 0 2 6 】

本発明の更に他の態様による磁気ヘッドは、第一、第二及び第三の補助磁極を備え、記録媒体対向面からみたときに、第一の補助磁極の中心と第二の補助磁極の中心を結ぶ直線がトレーリング方向に略直交し、第三の補助磁極の中心と主磁極の中心を結ぶ直線がトレーリング方向に対して略平行であり、第三の補助磁極の面積が第一又は第二の補助磁極の面積よりも広い。

【 0 0 2 7 】

本発明による磁気ディスク装置は、磁気ディスクと、磁気ディスクを駆動するディスク駆動手段と、再生用ヘッドと記録用ヘッドを備える磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気ディスクに対して位置決めするための手段とを含む磁気ディスク装置において、磁気ディスクは記録層と軟磁性層とを備える垂直磁気記録用の磁気ディスクであり、磁気ヘッドとして前述の磁気ヘッドを備えることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、本発明はこれらの実施の形態によって何ら限定されるものではない。以下の図において、同じ機能部分には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0029】

図13は、本発明による磁気ディスク装置の一例を示す全体斜視図である。この磁気ディスク装置は、磁気ディスク31、磁気ディスクを回転駆動するモータ30、記録再生用の磁気ヘッド32、磁気ヘッドを支持するサスペンション33、アクチュエータ34、ボイスコイルモータ35、記録再生回路36、位置決め回路37、インターフェース制御回路38などで構成される。磁気ディスク31は垂直磁気記録用の2層記録媒体からなり、保護膜上には潤滑膜が被覆されている。

10

【0030】**〔実施形態1〕**

図2は、本発明の実施形態1の磁気ヘッドを媒体対向面から見た図である。図2において、アルミナチタンカーバイト基板上13に形成された再生ヘッドの上部シールド10（膜厚 $2\mu\text{m}$ ）の上に、アルミナ平坦化膜を $1\mu\text{m}$ の膜厚でスパッタ法により製膜した。この平坦化膜上にレジスト膜を形成し、フォトリソグラフィで主磁極形成を目的としためっき用のフレームを形成した。次に、パーマロイまたはコバルト・ニッケル・鉄を主成分とする合金からなる主磁極をめっき法により形成した。形成された主磁極1は、媒体対向面から見たとき、トラック幅方向の長さが $0.2\mu\text{m}$ 、トレーリング方向の高さが $0.2\mu\text{m}$ であった。このとき、主磁極1と生素子11との中心を結ぶ直線がトレーリング方向14に対し略平行となるように、主磁極を配置した。主磁極1と生素子11との間隔は約 $3\mu\text{m}$ であった。

20

【0031】

次に、主磁極1が形成されたアルミナ平坦化膜の上に、主磁極1から $1\mu\text{m}$ 離れた場所に補助磁極9を形成する目的で、めっき用のフレームをフォトリソグラフィで形成し、めっき法により補助磁極9を作成した。補助磁極の組成は主磁極と同じとした。媒体対向面から見た補助磁極9はトラック幅方向の長さが $2\mu\text{m}$ 、トレーリング方向の高さが $2\mu\text{m}$ であった。また、主磁極1と補助磁極9は図8に代表されるように磁氣的に接合されている構造とした。

30

【0032】

上記のプロセスで作成された垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドを記録ヘッドとし、再生ヘッドとしてGMR素子を用いた記録再生分離型ヘッドと2層垂直記録媒体とを組み合わせ、図13に略示した磁気ディスク装置を組み立て、フォーマット効率並びにサーボ特性を調べた。その結果、図1に示すような従来型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドと比較して、フォーマット効率が4%向上し、サーボ特性も良好であることがわかった。

【0033】**〔実施形態2〕**

図3に示すように、実施形態1で作成した補助磁極9に加え、主磁極1をはさんだ反対側に第二の補助磁極17を、第一の補助磁極9と同様に形成した。このとき、第二の補助磁極17の大きさ並びに主磁極1からの距離は、第一の補助磁極9と同じとした。主磁極1と第一及び第二の補助磁極9、17は、図9に略示するように、各磁極1、9、17に記録媒体対向面に平行な磁性膜の柱を接続し、3本の柱を上部で接続することで主磁極と第一及び第二の補助磁極を磁氣的に結合し、主磁極1に接続した磁性膜の柱27取り囲むように励磁用コイル3を形成した。

40

【0034】

この垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドを記録ヘッドとし、再生ヘッドとしてGMR素子を用いた記録再生分離型ヘッドを試作し、このヘッドと2層垂直記録媒体とを組み合わせ、図5に略示した磁気ディスク装置を組み立て、フォーマット効率並びにサーボ特性を調べた。その結果、図1に示すような従来型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドと比較して、

50

フォーマット効率が4%向上し、サーボ特性も良好であることがわかった。

【0035】

更に、試作したヘッドの再生出力特性の記録電流強度依存性並びに記録周波数依存性を調べた。その結果、本実施形態で試作したヘッドは、図1に示すような従来型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドと比較して、記録後消去に代表されるようなリターン磁束による記録パターンの攪乱現象が測定されにくかった。

【0036】

〔実施形態3〕

図4に示すように、媒体対向面からみて、3つの補助磁極9, 17, 18を主磁極1を取り囲むように配置した。このとき、第一の補助磁極9、第二の補助磁極17と主磁極1は同一平坦化膜上に作成した。補助磁極9, 17と主磁極1の大きさ並びに間隔は、実施形態2と同じにした。また、第三の補助磁極18の中心と主磁極1の中心と生素子11の中心が、トレーリング方向14と略平行な同一直線上に位置するように配置した。媒体対向面からみた第三の補助磁極18は、トラック幅方向の長さが6 μ m、トレーリング方向の高さが2 μ mであった。主磁極1と第一、第二及び第三の補助磁極9, 17, 18の接続は、図10に略示するようにして行った。すなわち、主磁極1と第一及び第二の補助磁極9, 17に記録媒体対向面に平行な磁性膜の柱をそれぞれ接続し、3本の柱の上部に第三の補助磁極18を接続することで主磁極と第一、第二、第三の補助磁極を磁氣的に結合し、主磁極1に接続した磁性膜の柱取り囲むように励磁用コイル3を形成した。

【0037】

実施形態3の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドを記録ヘッドとし再生ヘッドとしてGMR素子を用いた記録再生分離型ヘッドを試作し、このヘッドと2層垂直記録媒体とを組み合わせ図13に略示した磁気ディスク装置を組み立て、フォーマット効率並びにサーボ特性を調べた。その結果、図1に示すような従来型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドと比較して、フォーマット効率が4%向上し、サーボ特性も良好であることがわかった。また、試作したヘッドの再生出力特性の記録電流強度依存性並びに記録周波数依存性を調べた結果、図1に示すような従来型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドと比較して、記録後消去に代表されるようなリターン磁束による記録パターンの攪乱現象が測定されにくかった。

【0038】

更に、本実施形態で試作したヘッドと2層垂直記録媒体を組み合わせ、再生出力特性の外部磁場強度依存性を測定した。この測定は、記録媒体上の所定のトラックに既に記録パターンを形成しておき、外部磁場を所定の方向に印加して、再生信号強度の変化を調べるものである。このとき、磁界強度として0~4000A/m(約0~500e)、磁界印加方向としてトレーリング方向14並びにトラック幅方向と直交する素子高さ方向を選択した。外部磁界強度が0A/mの時の再生信号強度を1としたとき、外部磁界強度を4000A/mにした場合の再生信号強度は従来型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドで0.6~0.7であったのに対して、実施形態3で試作したヘッドにおいては0.9程度となった。この結果、実施形態3で試作したヘッドは、図1に示すような従来型の垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドと比較して、アンテナ効果が生じにくいことが判明した。

【0039】

【発明の効果】

本発明によれば、従来の垂直磁気記録用薄膜端磁極ヘッドよりもフォーマット効率が高く、サーボが容易な垂直磁気記録用薄膜単磁極ヘッドが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の垂直磁気記録用記録再生分離型薄膜ヘッドの概略図。

【図2】本発明による磁気ヘッドの主磁極と補助磁極の配置例を示す概略図。

【図3】本発明による磁気ヘッドの主磁極と補助磁極の配置例を示す概略図。

【図4】本発明による磁気ヘッドの主磁極と補助磁極の配置例を示す概略図。

【図5】本発明による磁気ヘッドの主磁極と補助磁極の配置例を示す概略図。

【図 6】本発明による磁気ヘッドの主磁極と補助磁極の配置例を示す概略図。

【図 7】主磁極から漏洩した磁束が記録媒体を経て補助磁極へ入る磁路の概略を示す図。

【図 8】図 2 の配置に対する励磁用コイルの形成例を示す図。

【図 9】図 3 の配置に対する励磁用コイルの形成例を示す図。

【図 10】図 4 の配置に対する励磁用コイルの形成例を示す図。

【図 11】図 5 の配置に対する励磁用コイルの形成例を示す図。

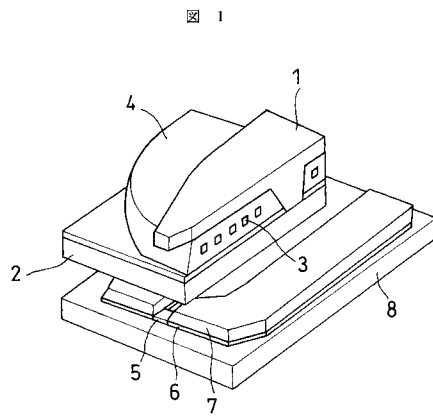
【図 12】図 6 の配置に対する励磁用コイルの形成例を示す図。

【図 13】本発明による磁気ディスク装置の概略図。

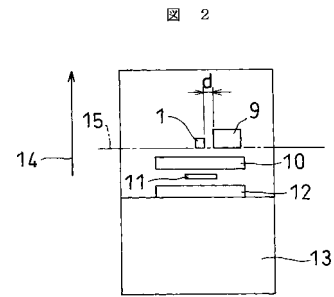
【符号の説明】

1	主磁極	10
2	補助磁極（上部シールドを兼ねる）	
3	導体コイル	
4	絶縁膜	
5	磁気抵抗効果膜	
6	磁区制御膜	
7	電極	
8	下部シールド層	
9	第一補助磁極	
10	上部シールド	
11	再生素子	20
12	下部シールド	
13	基板	
14	トレーリング方向	
15	直線 1	
17	第二補助磁極	
18	第三補助磁極	
21	主磁極から出た磁束	
22	記録媒体	
23	記録層	
24	軟磁性下地層	30
25	主磁極直下の記録トラック	
26	25 とは異なる記録トラック	
27	柱	
30	モータ	
31	磁気ディスク	
32	磁気ヘッド	
33	サスペンション	
34	アクチュエータ	
35	ボイスコイルモータ	
36	記録再生回路	40
37	位置決め回路	
38	インターフェース制御回路	
d	主磁極と補助磁極との間隔	

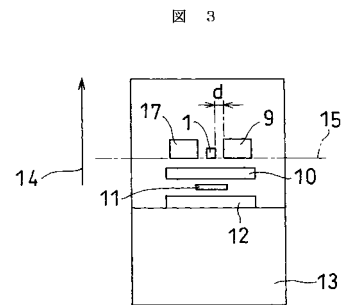
【図 1】



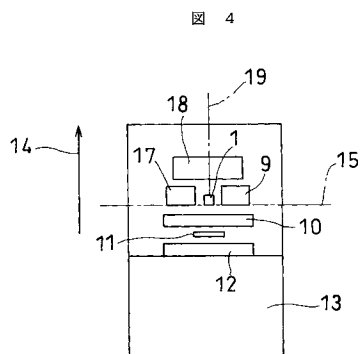
【図 2】



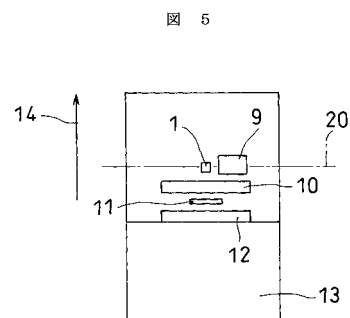
【図 3】



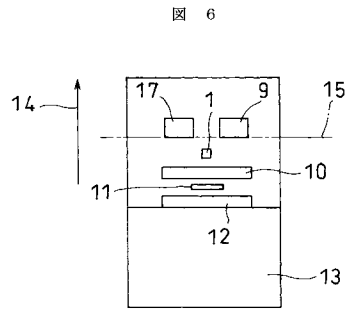
【図 4】



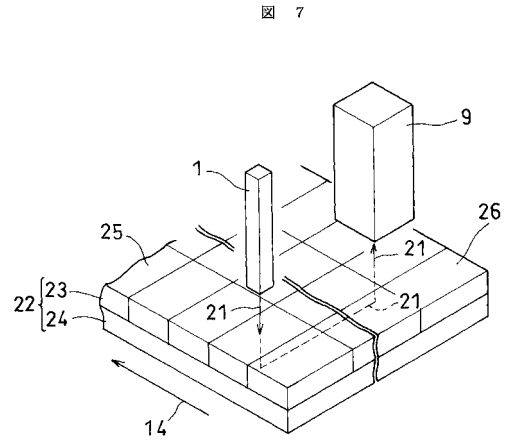
【図 5】



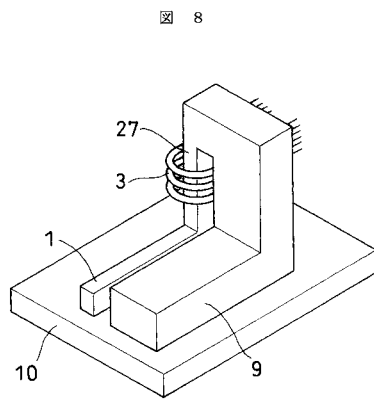
【図 6】



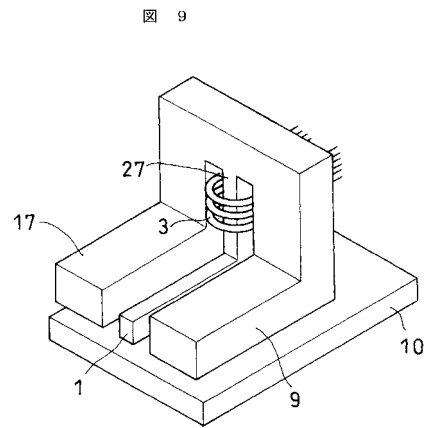
【図 7】



【図 8】

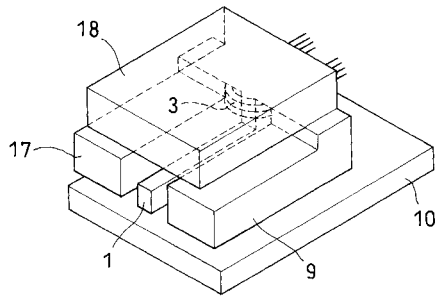


【図 9】



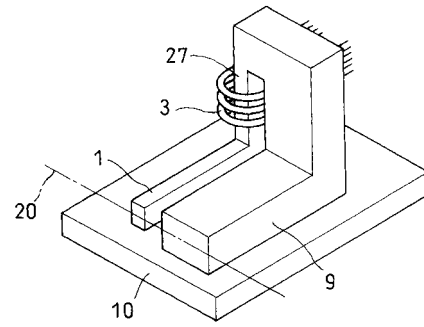
【図 10】

図 10



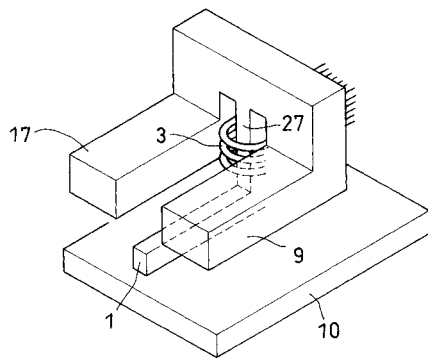
【図 11】

図 11



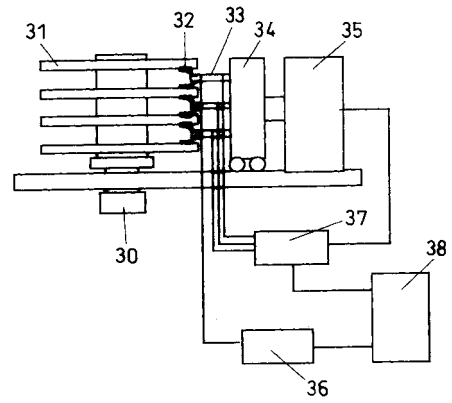
【図 12】

図 12



【図 13】

図 13



フロントページの続き

- (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
- (72)発明者 井手 浩
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

合議体

審判長 山田 洋一

審判官 井上 信一

審判官 石丸 昌平

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 2 8 3 6 1 7 (J P , A)
米国特許第 4 6 5 6 5 4 6 (U S , A)
特開平 2 - 1 4 4 1 0 (J P , A)
特開平 5 - 1 2 8 4 4 1 (J P , A)
実開昭 6 2 - 1 1 0 7 1 4 (J P , U)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G11B 5/31

G11B 5/39