(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3787403号
(P3787403)
(45)発行日　平成18年6月21日(2006.6.21)　(24)登録日　平成18年3月31日(2006.3.31)

(51)Int.Cl.　F I
G11B 5/39 (2006.01)　G11B 5/39

請求項の数 8　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願平9-26303
(22)出願日　平成9年2月10日(1997.2.10)
(65)公開番号　特開平9-282618
(43)公開日　平成9年10月31日(1997.10.31)
審査請求日　平成14年4月2日(2002.4.2)
審判番号　不服2004-12611(P2004-12611/J1)
審判請求日　平成16年6月18日(2004.6.18)
(31)優先権主張番号　特願平8-26552
(32)優先日　平成8年2月14日(1996.2.14)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

早期審理対象出願

(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　100075096
弁理士　作田　康夫
(72)発明者　中本　一広
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目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ケ窪一丁目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】磁気抵抗効果型ヘッド

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第１の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第２の強磁性膜と、前記第１の強磁性膜と第２の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とを有する巨大磁気抵抗効果膜と、

前記第１の強磁性膜の両側にトラック幅方向に隣接して配置された一対の磁区制御層と、

前記巨大磁気抵抗効果膜と電気的に接続され、かつ一部が前記巨大磁気抵抗効果膜の幅方向端部上に積層されている一対の電極とを備え、

前記一対の電極の電極間隔は、前記巨大磁気抵抗効果膜の幅方向端部に実質的に電流を流さず、中央部に実質的に電流を流すように、前記第１の強磁性膜と前記非磁性導体膜と前記第２の強磁性膜の幅のうち最も狭い幅で定義される前記巨大磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されており、

前記一対の電極の各電極は、前記巨大磁気抵抗効果膜の前記幅の幅方向端部に対し０．２５～２μｍの範囲で前記巨大磁気抵抗効果膜と重なっていて、

前記磁気抵抗効果膜の中央部に電流が流れるときと流れていないときとで、前記第２の強磁性層の磁化状態は略変化せず、前記第１の強磁性層の幅方向端部における磁化状態が安定化されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項２】

前記第２の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜が、前記第２

の強磁性膜の非磁性導体層と接する面とは反対側に形成されていることを特徴とする請求項１記載の磁気抵抗効果型ヘッド。
【請求項３】
前記一対の電極の一部が前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層されていることを特徴とする請求項２記載の磁気抵抗効果型ヘッド。
【請求項４】
前記電極は、前記磁区制御層上に積層されていることを特徴とする請求項１又は２に記載の磁気抵抗効果型ヘッド。
【請求項５】
前記磁区制御層は、永久磁石、又は反強磁性膜と軟磁性膜との積層膜であることを特徴とする請求項１又は２記載の記載の磁気抵抗効果型ヘッド。
【請求項６】
前記一対の電極の間隔は、前記一対の磁区制御層の間隔よりも狭く形成されていることを特徴とする請求項１又は２に記載の磁気抵抗効果型ヘッド。
【請求項７】
前記巨大磁気抵抗効果膜の幅は、前記一対の電極の間隔に０．５～４μｍを加えた値であることを特徴とする請求項１から７の何れか１項に記載の磁気抵抗効果型ヘッド。
【請求項８】
前記一対の電極の電極間隔は２μｍ以下であることを特徴とする請求項１から７の何れか１項に記載の磁気抵抗効果型ヘッド。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、新規な磁気抵抗効果型ヘッドとそれを用いた磁気記録再生装置に係り、特に、巨大磁気抵抗効果を利用して、磁気記録媒体の情報を再生する再生ヘッドとして好適な磁気抵抗効果型ヘッドとそれを用いた磁気記録再生装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
磁気記録再生装置には記録ヘッドとともに再生ヘッドが搭載されており、再生ヘッドとして、異方性磁気抵抗効果を利用したＡＭＲ（Anisotropic Magnetoresistive）ヘッドが知られている。このＡＭＲヘッドにおいては、ヘッドから発生するバルクハウゼンノイズを抑制し、磁気記録再生装置の誤動作を防止することが要求されていることから、磁気抵抗効果膜を単一の磁区に保つための磁区制御層をヘッドに設ける構成が採用されている。
【０００３】
磁区制御層が設けられた第一世代のＡＭＲヘッドにおいては、例えば、米国特許第4663685 号に記載されているように、パターンド・エクスチェンジと呼ばれる磁区制御方式が採用されている。この方式は、反強磁性膜などからなる磁区制御層をパターンニングし、パターンニングされた磁区制御層を磁気抵抗効果膜（ＭＲ膜）の端部領域のみに積層して配置し、この領域を単一の磁区に保ち、ＭＲ膜のうち中央の感磁部（一対の電極に挟まれ、磁界の変化を電気信号に変換する領域）を単一の磁区状態に誘導するものである。
【０００４】
パターンド・エクスチェンジ方式を採用したＡＭＲヘッドによれば、例えば、論文：日本応用磁気学会誌第１９巻頁１０５（１９９５）に記載されているように、磁区制御層の間隔を電極間隔に比べて大きくすることによって、感度が向上することが知られている。
【０００５】
第二世代のＡＭＲヘッドにおいては、第一世代のＡＭＲヘッドよりも製造し易い点を考慮して、例えば、特開平3－125311 号公報に記載されているように、ハードバイアス方式が採用されている。この方式は端部領域にまで伸びていたＭＲ膜の両側を切り落し、感磁部にのみにＭＲ膜を形成し、このＭＲ膜の両側に永久磁石膜を配置し、永久磁石膜の作る磁

界によって感磁部を単一の磁区状態に保つものである。なお、特開平7－57223号公報に記載されているように、永久磁石膜の代わりに、軟磁性膜（強磁性膜）と反強磁性膜との積層膜を用いたものが提案されている。

【０００６】

ハードバイアス方式を採用したＡＭＲヘッドによれば、例えば、米国特許第 5438470 号に記載されているように、電極の一部をＭＲ膜上に形成することによって、低抵抗，高い信号雑音比，高い電気的信頼性を持つヘッドが得られる。しかしながら、この構造のヘッドは、例えば、論文：IEEE Trans. Magn.,vol.３２，ｐ.６７(１９９６）に記載されているように、クロストーク特性が悪い、すなわち隣接トラックの信号の読みにじみが大きいという欠点があることが知られている。

【０００７】

一方、ＡＭＲヘッドに代わる次世代の高感度なＭＲヘッドとして、例えば、特開平4－358310 号公報に記載されているように、巨大磁気抵抗効果を利用したスピンバルブヘッドが提案されている。このスピンバルブヘッドは、磁気抵抗効果膜として、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とから構成され、第二の強磁性膜がその磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜に積層された構成となっている。また、スピンバルブヘッドの出力を高くするために、その応用として特開平5－347013 号公報に記載されているように、デュアルタイプのスピンバルブヘッドが提案されている。このデュアルスピンバルブヘッドは、磁気抵抗効果膜として、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二および第三の強磁性膜と、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とから構成され、第二の強磁性膜と第三の強磁性膜は、第一の強磁性膜に対して相対するように第一の強磁性膜の上下に積層されており、第二，第三の強磁性膜はそれぞれの磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜に直接積層された構成となっている。

【０００８】

これら各スピンバルブヘッドでは、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化するのは第一の強磁性膜であるので、スピンバルブヘッドにおいては、第一の強磁性膜を単一の磁区状態にすることが要求される。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

スピンバルブヘッドはＡＭＲヘッドに代わるヘッドとして知られているが、ハードバイアス方式を用いた従来のスピンバルブヘッドにおいては、磁区制御層の強さによっては再生波形が歪んだり、再生出力が低下したりすることがある。

【００１０】

例えば、第一の強磁性膜を単一の磁区に制御するための磁区制御層の強さが必ずしも十分でない場合には、再生波形が歪み、磁気記録再生装置が誤動作することがある。この歪みは一般にバルクハウゼンノイズと呼ばれるものであり、このノイズの発生原因は、第一の強磁性膜端部の磁化の不連続な動きにあることがわかった。しかも、このバルクハウゼンノイズは、スピンバルブヘッドの方がAMRヘッドよりもより発生し易い。これは、前述したようにスピンバルブヘッドでは、第一の強磁性膜の磁化を真横に向けた状態を中心に動作させる一方、ＡＭＲヘッドではＭＲ膜の磁化を斜め４５°付近に傾けた状態を中心に動作させることによっている。つまり、スピンバルブヘッドでは、磁気記録媒体の漏洩磁界（正，負）を印加した時、第一の強磁性膜端部の磁化が上下方向に反転しているためである。これは、磁区制御層の強さが必ずしも十分でない場合、第一の強磁性膜端部の磁化が真横を向くと、静磁エネルギーが高くなるので、磁化方向としては斜め上または斜め下が安定な状態であるからである。これに対して、ＡＭＲヘッドでは、第一の強磁性膜端部の磁化は常に斜め方向を向いているので、スピンバルブヘッドのような磁化の不連続な動きは生じにくい。

【００１１】
次に、磁区制御層の強さがある程度十分な場合、磁気記録再生装置の高トラック密度化に際して、スピンバルブヘッドの電極の間隔を狭くすると、単位電極間隔当たりの出力（感度）が急激に低下する。スピンバルブヘッドの出力は、基本的には電極の間隔に比例して大きくなる。この理由は、電圧が変化する部分が直列に長く接続される程、全体の電圧変化が大きくなることにある。ところが、従来のハードバイアス構造のスピンバルブヘッドにおいて電極の間隔を単に狭くすると、単位電極間隔あたりの出力（感度）が急激に低下する。特に電極間隔を２μｍ以下にすると、ヘッドの感度は本来の感度の９０％以下に低下する。この感度の低下の原因は、電極の下に積層されている磁区制御層の影響で、第一の強磁性膜の左右両端領域の感度が低いことにある。よって電極間隔が狭くなり、磁区制御層の影響が強くなるにつれて感度の高い中央部分の割合が少なくなり、結果として感度が低下する。従って、従来のハードバイアス構造のスピンバルブヘッドでは、電極間隔を単に狭くすると、感度が急激に低くなり、磁気記録再生装置の誤動作が増加する。この結果として、磁気記録再生装置の高トラック密度化が困難となる。
【００１２】
更に、磁区制御層の強さがある程度十分な場合、電極間隔が一定でも、ヘッドの出力は磁区制御層の強さが強くなる程急激に低下する。例えば、磁区制御層の強さを示す尺度である長手バイアス比が２の場合、ヘッドの出力は本来の出力の６０％程度に低下する。ここで、長手バイアス比は、磁区制御層が永久磁石の場合、永久磁石膜の残留磁束密度Ｂｒと膜厚ｔとの積算値（Ｂｒ・ｔ）と、スピンバルブヘッドにおける第一の強磁性膜の飽和磁束密度Ｂｓと膜厚ｔとの積算値（Ｂｓ・ｔ）との比で表わされる値である。また長手バイアス比は、磁区制御層が強磁性膜と反強磁性膜との積層膜の場合、磁区制御層における強磁性膜の飽和磁束密度Ｂｓと膜厚ｔとの積算値（Ｂｓ・ｔ）を、スピンバルブヘッドにおける第一の強磁性膜の飽和磁束密度Ｂｓと膜厚ｔとの積算値（Ｂｓ・ｔ）との比で表わされる値である。
【００１３】
更に、磁区制御層は第一の強磁性膜とは別工程で作製されるため、磁区制御層の強さ、すなわち長手バイアス比は、ある範囲のバラツキを有する。その結果としてヘッドの出力にバラツキが発生する。しかも、磁区制御層の強さが不十分であると、前述したように、バルクハウゼンノイズが発生するところから、磁区制御層の強さは、必要な値よりも若干大きく設定されている。その結果として出力が低くなる。
【００１４】
このように、従来のハードバイアス構造のスピンバルブヘッドでは、ヘッドの出力は磁区制御層の強さに大きく依存しているため、磁区制御層の強さが強い場合には、出力が低下し、磁気記録再生装置の誤動作が増加する。
【００１５】
本発明の目的は、電極間隔が狭い場合には磁区制御層の強さに依らず安定した高い再生出力を得ることができる磁気抵抗効果型ヘッドとこのヘッドを用いた磁気再生装置及び磁気記録再生装置を提供することにある。
【００１６】
【課題を解決するための手段】
前記目的を達成するために、本発明は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が多層に積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の積層方向と交差する幅方向の領域の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電気的に接続された一対の電極とを備え、磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とを有し、第二の強磁性膜がその磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に直接積層されている磁気抵抗効果型ヘッドであって、
前記一対の電極の一部がそれぞれ前記磁気抵抗効果膜上に積層され、前記各電極の間隔が

前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていること又は電極は磁気抵抗効果膜の中心部にのみ電流を流す位置に配置され、その間隔が２μｍ以下であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドを構成したものである。

【００１７】

また、その間隔は０．２５～１．５μｍとすることができる。

【００１８】

巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果型ヘッドのうち、第二の強磁性膜上に磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜が直接積層されているものには、一対の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層され、各電極の間隔が磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されている構成を採用することができる。

【００１９】

本発明は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、該磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電気的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二および第三の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された第一の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された第二の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜は第二の強磁性膜の上に積層され、第三の強磁性膜は第一の強磁性膜の上に積層されており、前記第二および第三の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドにある。

【００２０】

その巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果型ヘッドのうち、第三の強磁性膜上に磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜が直接積層されているものには、一対の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜に積層され、各電極の間隔が磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されているか、又は前述の如く磁気抵抗効果膜の中心部にのみ電流を流す位置に配置され、その間隔が２μｍ以下である構成を採用することができる。

【００２１】

本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、磁区制御層に永久磁石膜を用いた場合には第二又は第三の強磁性膜の磁化方向を固定する磁性膜には反強磁性膜を用い、磁区制御層に反強磁性膜と軟磁性膜との積層膜を用いた場合の第二又は第三の強磁性膜の磁化方向を固定する磁性膜には反強磁性膜又は永久磁石膜を用いるのが好ましい。前者の関係が特に好ましいものである。

【００２２】

磁気抵抗効果膜の幅は、一対の電極の間隔に０．５～４μｍ を加えた値が好ましい。

【００２３】

また、一対の電極のうち電極間隔を規定する各電極端部の位置は、磁気抵抗効果膜の幅方向両端部からそれぞれ０．２５～２μｍ の範囲が好ましい。

【００２４】

更に、一対の電極の電極間隔は２μｍ以下、特に２μｍ未満、より０．２５ ～１．５μｍに設定することができる。

【００２５】

本発明の磁気抵抗効果型ヘッドは再生ヘッドとして用いられ、以下の装置に適用することができる。

【００２６】

（１）情報を磁気的に記録する磁気記録媒体と、磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路とを備えた磁気再生装置。

【００２７】

（２）情報を磁気的に記録する磁気記録媒体と、電気信号に応じた磁界を発生しこの磁界による情報を磁気記録媒体に記録させる記録ヘッドと、磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路とを備えた磁気記録再生装置。

【００２８】

（３）複数台の上述の磁気記録再生装置と、これらの装置の動作を制御するコントローラとを備えたディスクアレイ装置。

【００２９】

前記した手段によれば、各電極の相対向する端部が磁気抵抗効果膜の幅方向の端部位置に比べて内側に配置され、磁気抵抗効果膜の幅方向端部には実質的に電流が流れず、磁区制御層からの磁界の影響を受けにくい中央部にのみ電流が流れるため、磁区制御層の強さが必ずしも十分ではない時でも、磁気抵抗効果膜からバルクハウゼンノイズが発生するのを抑制することができる。更に、磁区制御層の強さが十分な場合でも、出力を高く保つことができる。しかも電極の幅を狭くしても、高感度な出力を保持できるとともに、読みにじみを小さくでき、高トラック密度化にも対応することができる。

【００３０】

【発明の実施の形態】

（実施例１）

図１は、本発明に係るスピンバルブヘッドの媒体対向面を示す構成図である。図１において再生用の磁気抵抗効果型ヘッドとして構成されたスピンバルブヘッド（巨大磁気抵抗効果型ヘッド）は磁気抵抗効果膜１０，磁区制御層１２，一対の電極１４を備えており、磁気抵抗効果膜１０が反強磁性膜１６上に積層されている。磁気抵抗効果膜１０は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が多層に積層されている。多層膜は、第一の強磁性膜１８，非磁性導体膜２０，第二の強磁性膜２２，２４から構成されており、第二の強磁性膜２４が反強磁性膜１６上に積層されている。これら多層膜は、所定の幅（磁気抵抗効果膜の幅２６）に対応した大きさに切り落された状態で積層されている。なお、磁気抵抗効果膜の幅２６は、第一の強磁性膜１８、非磁性導体膜２０、第二の強磁性膜２２，２４の幅のうち、最も狭い幅で定義する。第一の強磁性膜１８は自由層として、例えばＮｉＦｅ，ＣｏＦｅ，ＣｏＮｉＦｅ等を用いて構成され、膜厚は５ｎｍ（好ましくは２～１５ｎｍ）に設定されている。非磁性導体膜２０には、例えばＣｕが用いられており、膜厚は２ｎｍ（好ましくは１～５ｎｍ）に設定されいる。第二の強磁性膜２２，２４はそれぞれ固定層として積層膜を構成しており、第二の強磁性膜２２には、例えばＣｏが用いられ、膜厚は１ｎｍに設定されている。第二の強磁性膜２４には、例えばＮｉＦｅが用いられており、この膜厚は１ｎｍに設定され、好ましくは両者で１～５ｎｍである。反強磁性膜１６にはＮｉＯが用いられており、この膜厚は５０ｎｍ（好ましくは２０～８０ｎｍ）に設定されている。そして第二の強磁性膜２２，２４はその磁化方向が反強磁性膜１６との交換結合によってほぼ媒体対向面を指すように固定されている。第一の強磁性膜１８の磁化方向は、例えば磁気抵抗効果膜の幅方向に設定されており、この磁化方向は磁気記録媒体の磁界によって紙面と垂直方向に変化するようになっている。第一の強磁性膜１８は第二の強磁性膜２２，２４の合計の厚さより大きく約２～３倍の大きさを有する。

【００３１】

磁区制御層１２は永久磁石膜２８と配向制御下地膜３０とが積層された積層膜で構成されており、磁区制御層１２は磁気抵抗効果膜１０の積層方向と交差する幅方向の領域の両側に隣接して配置されている。永久磁石膜２８としては、例えばＣｏＣｒＰｔ系の合金が用いられており、配向制御下地膜３０としては、１０ｎｍ（好ましくは５～２０ｎｍ）のＣｒが用いられている。そして磁区制御層　１２から発生する磁界によって第一の強磁性膜１８が単一の磁区に制御されるようになっている。磁区制御層１２は第一の強磁性膜１８とほぼ同じ高さに配置されており、その厚さは１０ｎｍ（好ましくは４～３０ｎｍ、より５～１５ｎｍが好ましい）である。

【００３２】

一対の電極１４はそれぞれ磁区制御層１２上に積層されており、各電極１４の一部が第一の強磁性膜１８上に積層されている。すなわち各電極１４は、電極間隔３２を保って第一の強磁性膜１８と磁区制御層１２上に積層されている。各電極１４は、例えばＡｕ，Ｃｕ，Ｔａなどの金属で構成されており、各電極１４の電極間隔３２は磁気抵抗効果膜の幅２６よりも狭く設定されている。

【００３３】

スピンバルブヘッドでは、出力はスピンバルブ膜固有の比抵抗変化量Δρと、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜の磁化方向のなす角度Δθの余弦cosΔθ との積に比例する。そして比抵抗変化量ΔρがＡＭＲヘッドに比べて２倍以上高いところから、スピンバルブヘッドがＡＭＲヘッドに比べて高感度であることが知られている。ここで、第二の強磁性膜の磁化方向を媒体対向面に対して垂直に、例えば、真下（マイナス９０°）付近に固定したとすると、cosΔθ は第一の強磁性膜の磁化方向と媒体対向面とのなす角度θを用いて、cos(θ＋９０°）と書き直すことができる。すなわち、出力はsinθ に比例する。このため、出力をθの変化に対して線形に変化させるためには、θは０°付近が望ましい。よって、第一の強磁性膜の磁化方向は、媒体対向面とほぼ平行、すなわちほぼ真横になるように設定してある。

【００３４】

図２は、スピンバルブヘッドの反強磁性膜１６として、ＮｉＯの代わりに、　ＦｅＭｎ系，ＮｉＭｎ系，ＣｒＭｎ系などの合金を用いたスピンバルブヘッドの構成図である。第二の強磁性膜２２，２４のうちいずれか一方を省略することも可能である。図２に示すように、磁気抵抗効果膜１０の積層方向が図１とは異なり、磁気抵抗効果膜１０上に反強磁性膜１６が積層される。また、図１，図２に示したいずれの場合にも、反強磁性膜１６は永久磁石膜に置換することができる。本図面における各層の厚さは図１と同様である。磁区制御層１２は反強磁性膜１６の上面より下になる。

【００３５】

図３は、スピンバルブヘッドの出力を高くするため、その応用であるデュアルスピンバルブヘッドを用いた構成図である。この場合の磁気抵抗効果膜１０の構成は、図３に示すように、第一の強磁性膜１８，磁化方向が固定された第二の強磁性膜２２，２４，第三の強磁性膜３６，３８，第一の強磁性膜１８と第二の強磁性膜２２との間に挿入された非磁性導体膜２０と、第一の強磁性膜１８と第三の強磁性膜３６との間に挿入された非磁性導体膜３４とから構成されており、第二の強磁性膜２２，２４は反強磁性膜１６上に積層され、反強磁性膜４０は第三の強磁性膜３６，３８上に積層された構成となっている。第一の強磁性膜１８は自由層として、例えば、ＮｉＦｅ，ＣｏＦｅ，ＣｏＮｉＦｅ等を用いて構成され、膜厚は５ｎｍに設定されている。非磁性導体膜２０，３４には、例えばＣｕが用いられ、膜厚は２ｎｍに設定されている。第二の強磁性膜２２，２４および第三の強磁性膜３６，３８は、それぞれ固定層として積層膜を構成しており、第二の強磁性膜２２，第三の強磁性膜３６には例えばＣｏが用いられ、ともに膜厚は１ｎｍに設定されている。第二の強磁性膜２４，第三の強磁性膜３８には例えばＮｉＦｅが用いられ、ともに膜厚は１ｎｍ（好ましくは０.５～３ｎｍ)に設定されている。反強磁性膜１６，４０にはＮｉＯ，ＣｏＯ等酸化物やＦｅＭｎ系，　ＮｉＭｎ系，ＣｒＭｎ系の合金などから最も適したものが選ばれる。ここで反強磁性膜１６，４０は同一の材料で構成しても別材料で構成してもよく、更に永久磁石に置換することもできる。また第二の強磁性膜２２，２４のうちいずれか一方を省略することもでき、同様に第三の強磁性膜３６，３８のうちいずれか一方を省略することもできる。他の各層の厚さは図１と同様である。

【００３６】

また上記各スピンバルブヘッドにおいて、永久磁石膜２８は、ＮｉＦｅ系合金と反強磁性膜であるＦｅＭｎ系，ＮｉＭｎ系，ＣｒＭｒ系などの合金との積層膜に置換することもできる。この場合、配向制御下地膜３０はＴａなどに置換した方が良い特性が得られる。磁区制御膜１２は磁気抵抗効果膜１０の上面より下に形成される。

【００３７】

図４は、本発明におけるスピンバルブヘッドを用いて再生信号を測定するに際して、磁区制御層１２の磁界の強さを示す長手バイアス比を０．８ と低くして測定した測定結果を示す線図である。この時、同一の条件で従来のハードバイアス構造のスピンバルブヘッドを測定したところ、従来のヘッドではバルクハウゼンノイズが生じているのに対して、本発明によるヘッドに依れば、バルクハウゼンノイズが抑制されていることがわかる。これは、各電極１４の電極間隔３２が磁気抵抗効果膜の幅２６よりも狭く設定され、磁気抵抗効果膜１０のうちバルクハウゼンノイズの発生源である端部には電流が流れないので、このバルクハウゼンノイズを感知しなくても済むためである。このため、磁区制御層１２の磁界の強さが十分でない場合でも、バルクハウゼンノイズの発生が抑制され、このヘッドを磁気記録再生装置に用いても、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができる。

【００３８】

図５は、磁区制御層の強さが十分な場合として、長手バイアス比を１．５ とした時の単位電極間隔当たりの出力（感度）と電極間隔との関係を従来のハードバイアス構造のヘッドと比較した線図である。なお、本発明におけるスピンバルブヘッドにおいては、各電極１４が第一の強磁性膜１８を覆う距離３４に対応したオーバーラップ量を０．５μｍ とし、磁気抵抗効果膜の幅２６を電極間隔３２　＋１．０μｍ としている。

【００３９】

図５から、本発明のヘッドに依れば、従来のヘッドとは異なって、電極間隔３２が０．５μｍ と極めて狭くなった場合でも、感度を高く保つことができることがわかる。

【００４０】

図６は、本実施形態におけるスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドのマイクロトラック特性を比較したものである。マイクロトラック特性の半値幅は、実効的な再生幅を示し、この比較により読みにじみの大小の比較が可能となる。なお、図６では、本発明におけるヘッドのオーバーラップ量は左右ともに　０．５μｍ としている。そして電極間隔は各ヘッドとも１．０μｍ とした。ここでマイクロトラック特性は、磁気記録媒体上にトラック幅０．２μｍ 程度の細い領域に信号を記録し、このマイクロトラックの信号をヘッドの下で移動させることによって求められる。

【００４１】

図６から、本発明のヘッドの半値幅（実効トラック幅）は１．０μｍ と電極間隔に等しく、読みにじみは小さいことがわかる。一方、従来のヘッドでは０．９μｍと電極間隔よりもむしろ若干狭い。

【００４２】

そこで、本発明に依るヘッドと従来のヘッドの出力に関して、実効トラック幅で規格化して比較したところ、従来のヘッドの規格化出力は０．７８ であったのに対して、本発明のヘッドでは０．９５ と約２割高い結果が得られた。この結果からも、本発明のヘッドは従来のヘッドよりも有利であることがわかる。

【００４３】

このように、長手バイアス比が大きく、電極間隔が狭くなった場合でも、高感度さを保持でき、かつ読みにじみが小さいため、磁気記録再生装置が高トラック密度化されても、本発明のヘッドを用いれば、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができる。

【００４４】

図７は、電極間隔が１μｍと狭い場合の出力とオーバーラップ量との関係を測定した結果を示す線図である。

【００４５】

図７から、ヘッドの出力を本来の出力の９０％以上に保つためには、オーバーラップ量を０．２５μｍ 以上にすれば良いことがわかる。これは、磁気抵抗効果膜１０の幅方向の端部の領域、すなわち感度が低い領域には実質的に電流が流れず、感度の高い中央部の領域にのみ電流が流れるので、出力を高く保つことができるからである。このため、狭電極間隔でありながら高感度なヘッドとするためには、各電極１４の先端側の端部は左右ともに磁気抵抗効果膜１０の幅方向の端部よりも０．２５μｍ 以上内側になるように配置するこ

とが望ましい。

【００４６】

一方、オーバーラップ量を余り大きくすると、磁気抵抗効果膜１０の両側に隣接して配置されている磁区制御層１２の効果が感磁部にまで波及しなくなる。すなわち本発明のスピンバルブヘッドでは、磁化の最も不安定でノイズ発生源になり得る部分は各電極１４の内側の端部の領域である。これは、この領域で電流によるバイアス磁界のねじれが生じるからである。従って、各電極の端部位置において、電流によるバイアス磁界（５～１０エルステッド程度）を上回る、磁気抵抗効果膜の幅方向の実効的異方性磁界が磁区制御層１２によって第一の強磁性膜１８に印加されていることが望ましい。

【００４７】

図８は磁区制御層１２からの距離と実効的異方性磁界との関係を求めた結果を示す線図である。図８には、第一の強磁性膜１８の幅方向の実効的な異方性磁界の分布が示されている。ここでは、原点に存在する磁化のみが強く幅方向に拘束されている（磁区制御されている）ことを仮定した。図８から実効的な異方性磁界を１０エルステッド以上にするには、磁区制御層１２からの距離は２μm以下にすると良いことがわかった。そこで、各電極１４の内側（先端側）の端部位置を、磁気抵抗効果膜１０の幅方向の端部位置に比べて左右ともにそれぞれ２μm以下の範囲内で内側になるように配置することが望ましい。すなわち、各電極１４に対するオーバーラップ量としては、０.２５μm 以上で２μm以下の範囲内にあることが望ましい。

【００４８】

図９は、電極間隔を１.０μm と狭くした場合のヘッドの出力と長手バイアス比との関係について従来のヘッドと比較した結果を示す線図である。

【００４９】

図９から、本発明のヘッドに依れば、長手バイアス比、すなわち磁区制御層１２の磁界の強さが大きくなっても、磁区制御層１２の磁界の影響を大きく受けることなく出力の低下を低く抑えることができる。

【００５０】

本実施形態によれば、電極間隔が狭くなっても、磁区制御層１２の磁界の強さが強くなっても出力の低下を低く抑えることができ、高出力のヘッドを提供することができる。

【００５１】

電極を磁気抵抗効果膜の上に積層することによって、電極と磁気抵抗効果膜との間の接触抵抗を低くする（従来：１～５Ω，本発明１Ω以下）にすることができる。よってヘッドノイズや不要な発熱を抑えることができる。

【００５２】

また、本実施形態によるヘッドを以下の装置に用いれば、誤動作の少ない装置を提供することができる。例えば、磁気再生装置として、情報を磁気的に記録する磁気記録媒体と、磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路を備えたもの。更に、この再生装置の要素に加えて、電気信号に応じた磁界を発生しこの磁界に依る情報を磁気記録媒体に記憶される記録ヘッドを備えたもの。

【００５３】

（実施例２）

図１０は、本発明の一実施形態であるスピンバルブヘッドの媒体対向面を示す構成図である。図１０において再生用の磁気抵抗効果型ヘッドとして構成されたスピンバルブヘッド（巨大磁気抵抗効果型ヘッド）は、磁気抵抗効果膜１０，磁区制御層３３，一対の電極３１を備えており、磁気抵抗効果膜１０は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が多層に積層されている。

【００５４】

多層膜は、第一の強磁性膜１１，非磁性導体膜１９，第二の強磁性膜１３から構成されており、第二の強磁性膜１３の上に反強磁性膜２１が積層されている。これら多層膜からな

る磁気抵抗効果膜１０と反強磁性膜２１とは、積層して形成された後に、磁気抵抗効果膜１０の幅（第一の強磁性膜１１，非磁性導体膜１９，第二の強磁性膜１３の幅のうち、最も狭い幅で定義する）５１が所定の大きさである例えば２.０μｍ になるように、一括して両横が切り落されている。第一の強磁性膜１１は自由層として、例えば$Ni_{80}Fe_{20}$を用いて構成され、膜厚は例えば２～１５ｎｍ程度の間の最適な値に設定されている。また、第一の強磁性膜１１は自由層として、例えば$Ni_{80}Fe_{20}$,$Ni_{68}Fe_{17}Co_{15}$,$Co_{60}Ni_{20}Fe_{20}$，$Co_{90}Fe_{10}$，Ｃｏ等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成することもできる。非磁性導体膜１９には、例えばＣｕが用いられており、膜厚は例えば１～４ｎｍ程度の間の最適な値に設定されている。第二の強磁性膜１３は固定層として、例えばＣｏを用いて構成され、膜厚は例えば１～５ｎｍ程度の間の最適な値に設定されている。また、第二の強磁性膜１３は固定層として、例えば$Ni_{80}Fe_{20}$，$Ni_{68}Fe_{17}Co_{15}$，$Co_{60}Ni_{20}Fe_{20}$，$Co_{90}Fe_{10}$，Ｃｏ等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成することもできる。反強磁性膜２１には例えば　　$Cr_{45}Mn_{45}Pt_{10}$が用いられており、この膜厚は例えば３０ｎｍ程度に設定されている。また反強磁性膜２１には、上記のほかに例えば$Fe_{50}Mn_{50}$，　　$Mn_{80}Ir_{20}$，$Ni_{50}Mn_{50}$等を用いることもできる。そして、第二の強磁性膜１３はその磁化方向が反強磁性膜２１との交換結合によってほぼ媒体対向面を指すように固定されている。第一の強磁性膜１１の磁化方向は、例えば磁気抵抗効果膜の幅方向に設定されており、この磁化方向は磁気記録媒体の磁界によって紙面と垂直方向に変化するようになっている。なお、反強磁性膜２１は永久磁石に置換することもできる。

【００５５】

磁区制御層３３は、例えば永久磁石膜と配向制御下地膜とが積層された積層膜で構成されており、磁区制御層３３は磁気抵抗効果膜１０の積層方向と交差する幅方向の領域の両側に隣接して配置されている。磁区制御層３３を構成する永久磁石膜としては、例えば、$Co_{75}Cr_{10}Pt_{15}$，$Co_{75}Cr_{10}Ta_{15}$等が用いられており、配向制御下地膜は例えばＣｒが用いられている。また、磁区制御層３３を構成する永久磁石膜としては、他に例えば$Co_{80}Pt_{20}$を用いることもでき、また、$Co_{75}Cr_{10}Pt_{15}$，$Co_{75}Cr_{10}Ta_{15}$，$Co_{80}Pt_{20}$等の合金にZrO_2，SiO_2，Ta_2O_5等の酸化物を添加したものを用いることもできる。これらの場合、配向制御下地膜を省略することもできる。そして磁区制御層３３から発生する磁界によって第一の強磁性膜１１が単一の磁区に制御されるようになっている。また、磁区制御層３３は、反強磁性膜と強磁性膜と配向制御下地膜との積層膜で構成することもできる。この場合、反強磁性膜は$Fe_{50}Mn_{50}$，　$Mn_{80}Ir_{20}$，$Ni_{50}Mn_{50}$，$Cr_{45}Mn_{45}Pt_{10}$等の合金から選択され、強磁性膜はＮｉＦｅ系，ＣｏＦｅ系，ＣｏＮｉ系の合金等から選択され、配向制御下地膜はＴａ等が良い。また反強磁性膜としてＮｉＯ，ＣｏＯ等を用いることもでき、この場合には配向制御下地膜は省略することができる。

【００５６】

一対の電極３１は、それぞれ磁区制御層３３上に積層されており、各電極の一部が反強磁性膜２１の上に積層されている。ここで、各電極と反強磁性膜との積層幅５３は例えば０.５μｍ に設定されている。すなわち、磁気抵抗効果膜の幅５１は２.０μｍであるので、各電極３１は、電極間隔５２が１.０μｍになるように保たれながら、磁区制御層３３と反強磁性膜２１上に積層されている。各電極３１は、例えばＴａ，Ａｕ，Ｃｕ等の低抵抗の金属で構成されている。

【００５７】

図１１は、反強磁性膜２１として上述の合金の代わりにＮｉＯ，ＣｏＯ等の酸化物を用いたスピンバルブヘッドの断面図である。図１１に示すように、磁気抵抗効果膜１０と反強磁性膜２１の積層方向が図１０とは異なり、反強磁性膜２１の上に磁気抵抗効果膜１０が積層される。よって一対の電極３１は、それぞれ磁区制御層３３上に積層されており、各電極の一部が第一の強磁性膜１１の上に積層されている。なお、反強磁性膜２１は永久磁石に置換することができる。各層の厚さは図１０と同様である。

【００５８】
図１２は、スピンバルブヘッドの感度を高くするためその応用であるデュアルスピンバルブヘッドを用いた場合の断面図である。この場合の磁気抵抗効果膜１０の構成は、反強磁性膜２１の上に第二の強磁性膜１３，非磁性導体膜１７，第一の強磁性膜１１，非磁性導体膜２３，第三の強磁性膜１５，反強磁性膜２２が逐次直接積層された構成となっている。第一の強磁性膜１１は自由層として、例えば$Ni_{80}Fe_{20}$，$Ni_{68}Fe_{17}Co_{15}$，$Co_{60}Ni_{20}Fe_{20}$，$Co_{90}Fe_{10}$，Ｃｏ等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成されており、膜厚は例えば２から１５ｎｍ程度の間の最適な値に設定されている。非磁性導体膜１７及び非磁性導体膜２３には、例えばＣｕが用いられており、膜厚は例えば１から４ｎｍ程度の間の最適な値に設定されている。第二の強磁性膜１３及び第三の強磁性膜１５は固定層として、例えばＣｏ，$Ni_{80}Fe_{20}$，$Ni_{68}Fe_{17}Co_{15}$，$Co_{60}Ni_{20}Fe_{20}$，$Co_{90}Fe_{10}$等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成されており、膜厚は例えば１～５ｎｍ程度の間の最適な値に設定されている。反強磁性膜２１，２２には、$Fe_{50}Mn_{50}$，$Mn_{80}Ir_{20}$，$Ni_{50}Mn_{50}$，$Cr_{45}Mn_{45}Pt_{10}$等の合金や、ＮｉＯ，ＣｏＯ等の酸化物から最適なものが選ばれる。ここで、反強磁性膜２１，２２は同一の材料で構成しても別材料で構成しても良く、更に永久磁石に置換することもできる。他、各層の厚さは図１０と同様である。
【００５９】
図１０～図１３の磁区制御層の位置及び厚さは実施例１と同様の関係を有するものである。
【００６０】
以下、本発明のスピンバルブヘッドの一例として、図１０に示したヘッドを用いて特性の説明を行う。図１４は図１０に示すスピンバルブヘッドと図１３に示す電極の一部をＭＲ膜上に形成した比較のＡＭＲヘッドとの再生特性の比較を行った結果である。なお、図１３に示したＡＭＲヘッドは、磁気抵抗効果膜１０としてＭＲ膜４１，中間Ｔａ層４２，ＳＡＬ４３が積層した構造を有する。図１４では各電極３１が反強磁性体２１、またはＭＲ膜４１上に積層されている部分の幅５３（磁区制御層３３から各電極３１の端部までの距離（オーバーラップ量）を変化させて、ヘッドの再生出力を測定した。電極間隔５２は１.０μｍ 一定とし、オーバーラップ量５３を変化させた場合には、磁気抵抗効果膜の幅５１も同時に変化させた。図１４に示すように比較の図１３のＡＭＲヘッドの場合、オーバーラップ量５３を大きくしても、出力はあまり上昇しない。しかしながら、本発明のスピンバルブヘッドの場合、オーバーラップ量５３を大きくした場合の出力上昇は著しい。スピンバルブヘッドで出力が高くなるのは、磁区制御層３３の影響で感度の低くなっている磁気抵抗効果膜１０の幅方向の端部領域を、各電極３１でオーバーラップすることによって、実質的には電流を流さず、感度の高い中央部分の出力のみを取り出しているためである。一方、ＡＭＲヘッドでこの効果がはっきりと現われないのは、磁気抵抗効果膜１０のうち各電極３１がオーバーラップした部分の磁化状態がオーバーラップ無しの場合とは大きく異なるため、出力が低下し、これが出力の上昇分をキャンセルしてしまうことにあるとわかった。このような、オーバーラップの有無による磁化状態の違いは、本発明のスピンバルブヘッドでは極めて小さい。これは第二の強磁性膜１３の磁化状態が、電流によって変化しにくいという特徴によっている。よって、本発明のスピンバルブヘッドには、各電極３１の一部を反強磁性膜２１等の上に形成することによって出力を高くできるという、特有の効果があることがわかった。
【００６１】
次に、オーバーラップ量５３の最適値を求めた。図１４から、本発明のヘッドにおいて、ヘッドの出力を最大値の９０％以上に保つためには、オーバーラップ量５３を０.２５μｍ 以上にすれば良いことがわかる。よって、狭電極間隔でありながら高感度なヘッドとするためには、各電極３１の先端側の端部は、左右ともに磁気抵抗効果膜１０の幅方向の端部よりも０.２５μｍ 以上内側になるように配置することが望ましい。一方、オーバー

ラップ量５３を余り大きくすると、磁気抵抗効果膜１０の両側に隣接して配置されている磁区制御層３３の効果が感磁部まで波及しなくなる。すなわち本発明のスピンバルブヘッドでは、磁化の最も不安定でノイズ発生源になり得る部分は各電極３１の先端側の端部領域である。これは、ここを境にして電流によるバイアス磁界の有無の差が生じるからである。従って、各電極の端部位置において、電流によるバイアス磁界（５から１０エルステッド程度）を上回る、磁気抵抗効果膜１０の幅方向の実効的異方性磁界が、磁区制御層３３によって第一の強磁性膜１１に印加されていることが望ましい。図１５は、オーバーラップ量５３と、電極端部における磁気抵抗効果膜１０の幅方向の実効的異方性磁界との関係を示す線図である。図１５から電極端部位置での実効的異方性磁界を１０エルステッド以上にするには、オーバーラップ量５３は２μm以下にすると良いことがわかった。そこで、各電極３１の先端側の端部位置を、磁気抵抗効果膜１０の幅方向の端部位置に比べて、左右ともにそれぞれ２μm以下の範囲で内側になるように配置することが望ましい。すなわち、各電極３１に対するオーバーラップ量５３としては、０.２５μm 以上で２μm以下の範囲内にあることが望ましい。

【００６２】

図１６は、スピンバルブヘッドにおいて、本発明のようにオーバーラップ量がある場合と、従来のヘッドのようにオーバーラップ量が無い場合の電極間隔（１μm）あたりの出力、すなわち感度と電極間隔との関係を示す線図である。本発明におけるスピンバルブヘッドにおいては、各電極３１が反強磁性膜２１を覆う幅に対応したオーバーラップ量５３を０.５μm とし、磁気抵抗効果膜の幅５１を電極間隔５２に１.０μm を加えた値としている。図１６から、本発明のヘッドによれば、従来のヘッドとは異なって、電極間隔５２が０.５μm と極めて狭くなった場合でも、感度を高く保つことができることがわかる。

【００６３】

また、本発明のスピンバルブヘッドでは、反強磁性膜２１の一部に各電極３１が積層されていることを考慮し、読みにじみの大小をマイクロトラック特性を測定することによって、従来のヘッドと比較した。電極間隔は、ともに１.０μmとした。なお、マイクロトラック特性は、磁気記録媒体上にトラック幅０.２μm程度の細い領域に信号を記録し、このマイクロトラックの信号をヘッドの下で移動させることによって求められる。オーバーラップ量５３を０.５μm とした本発明のヘッドにおいて、マイクロトラック特性の半値幅すなわち実効トラック幅は１.０μm と電極間隔に等しく、読みにじみは小さいことがわかる。一方、従来のヘッドでは実効トラック幅は０.９μm と電極間隔よりもむしろ狭い。そこで、本発明によるヘッドと従来のヘッドの出力に関して、実効トラック幅で規格化して比較したところ、従来のヘッドの規格化出力は０.７８ であったのに対して、本発明のヘッドは０.９５ と約２割高い結果が得られた。この結果からも、本発明のヘッドは従来よりも有利であることがわかる。

【００６４】

このように、電極間隔が狭くなった場合でも、高感度さを保持でき、かつ読みにじみが小さいため、磁気記録再生装置が高トラック密度化されても、本発明のヘッドを用いれば、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができ、また磁気記録再生装置を低電力で動作させることができる。

【００６５】

図１７は、電極間隔を１.０μm と狭くした場合のヘッドの出力と長手バイアス比との関係について、従来のヘッドと比較した示した線図である。図１７に示すように本発明のヘッドによれば、磁区制御層３３の作る磁界の強さを示す長手バイアス比がバラツキを持っていても、この影響を直接受けること無く、出力のバラツキを低く抑えることができる。このため本発明のヘッドを用いれば、高歩留まりのヘッドを提供することができる。また長手バイアス比が高い場合にも高感度さを保持できるので、本発明のヘッドを用いれば、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができ、また磁気記録再生装置を低電力で動作させることができる。

【００６６】

図１８は、本発明におけるスピンバルブヘッドを用いて再生信号を測定するに際して、長手バイアス比を０.８ と低くして測定した結果を示す線図である。この時、同一の条件で従来のスピンバルブヘッドを測定したところ、従来のヘッドではバルクハウゼンノイズと呼ばれる信号の不連続が観測されたのに対して、本発明によるヘッドによれば、バルクハウゼンノイズが抑制されていることがわかる。これは、各電極３１の間隔５２が磁気抵抗効果膜の幅５１よりも狭く設定され、磁気抵抗効果膜１０のうちバルクハウゼンノイズの発生源である端部には電流が流れないので、このバルクハウゼンノイズを感知しなくても済むためである。このため、磁区制御層３２の強さが十分でない場合にも、バルクハウゼンノイズの発生が抑制され、このヘッドを磁気記録再生装置に用いても、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができる。

【００６７】

電極を磁気抵抗効果膜の上に積層することによって、電極と磁気抵抗効果膜との間の接触抵抗を低くする（従来：１～５Ω，本発明１Ω以下）にすることができる。よってヘッドノイズや不要な発熱を抑えることができる。

【００６８】

（実施例３）

図１９は実施例１及び２に記載のスピンバルブヘッドの磁気抵抗効果型再生ヘッドを用いたハードディスク装置の概略図である。本装置はディスク回転軸６４とこれを高速で回転させるスピンドルモータ６５を持っており、ディスク回転軸６４には一枚ないし複数枚（本実施例では二枚）のディスク４０が所定の間隔で取り付けられている。よって各ディスク４０はディスク回転軸６４とともに一体となって回転する。ディスク４０は所定の半径と厚みを持った円板で、両面に永久磁石膜が形成されており情報の記録面となっている。本装置はまた、ディスク４０の外側にヘッドの位置決め用回転軸６２とこれを駆動させるボイスコイルモータ６３を持っており、ヘッドの位置決め用回転軸６２には複数個のアクセスアーム６１が取り付けられており、各アクセスアーム６１の先端には記録再生用ヘッド（以後ヘッドと記す）６０が取り付けられている。よって各ヘッド６０は、ヘッドの位置決め用回転軸６２が所定角度だけ回転することによって各ディスク４０上を半径方向に移動し、所定の場所に位置決めされる。また各ヘッド６０は、ディスク４０が高速で回転する時に生じる浮力と、アクセスアーム６１の一部を構成する弾性体であるジンバルの押し付け力とのバランスによって、ディスク４０表面から数十ｎｍ程度の距離に保持されている。スピンドルモータ６５とボイスコイルモータ６３とはハードディスクコントローラ６６にそれぞれ接続されており、ハードディスクコントローラ６６によりディスク４０の回転速度やヘッド６０の位置が制御されている。

【００６９】

図２０は本発明のハードディスク装置に用いたインダクティブ型の記録ヘッド断面図であるが、この薄膜ヘッドは上部シールド膜１８６と、その上に付着された磁性膜からなる下部磁性膜１８４及び上部磁性膜１８５からなる。非磁性絶縁体１８９がこれらの磁性膜の間に付着されている。絶縁体の一部が磁気ギャップ１８８を規定する。支持体はエア・ベアリング表面（ＡＢＳ）を有するスライダの形になっており、これはディスク・ファイル動作中に回転するディスクの媒体に近接し浮上する関係にある。

【００７０】

薄膜磁気ヘッドは上部磁性膜１８５，下部磁性膜１８４により出来るバック・ギャップ１９０を有する。バック・ギャップ１９０は介在するコイル１８７により磁気ギャップから隔てられている。

【００７１】

連続しているコイル１８７は例えばめっきにより下部磁性膜１８４の上に作った層になっており、これらの電磁結合する。コイル１８７は絶縁体１８９で埋められてあるコイルの中央には電気接点があり、同じくコイルの外端部終止点には電気接点として更に大きく区域がある。接点は外部電線及び読み取り書き込み信号処理ヘッド回路（図示略）に接続されている。

【００７２】
本発明においては、単一の層で作られたコイル１８７が、やや歪んだ楕円形をしており、その断面積の小さい部分が磁気ギャップに最も近く配置され、磁気ギャップからの距離が大きくなるにつれ、断面積が徐々に大きくなる。
【００７３】
しかし楕円形コイルはバック・ギャップ１９０と磁気ギャップ１８８との間で比較的密に多数本入っており、コイルの幅乃至断面直径はこの区域では小さい。更に、磁気ギャップから最も遠い部分での大きな断面減少は電気抵抗の減少をもたらす。更に、楕円（長円）形コイルは角や鋭い隅や端部を持たず、電流への抵抗が少ない。又、楕円形状は矩形や円形（環状）コイルに比べ導電体の全長が少なくて済む。これらの利点の結果、コイルの全抵抗は比較的少なく、発熱は少なく、適度の放熱性が得られる。熱を相当量減らすので、薄膜層の層崩れ，伸長，膨張は防止され、ＡＢＳでのボール・チップ突出の原因が除かれる。
【００７４】
幅の変化がほぼ均一に進む楕円形コイル形状は、スパッタリングや蒸着等より安価な従来のめっき技術で付着できる。他の形状特に角のある形のコイルではめっき付着が不均一な幅の構造になり易い。角や鋭い端縁部の除去は出来上ったコイルにより少ない機械的ストレスしか与えない。
【００７５】
本実施例では多数巻回したコイルがほぼ楕円形状で磁気コア間に形成され、コイル断面径は磁気ギャップからバック・ギャップに向けて徐々に拡がっており、信号出力は増加し、発熱が減少させる。
【００７６】
本実施例では、インダクティブ型の記録ヘッドの上部及び下部磁性膜を以下の電気めっき法によって形成した。
【００７７】
Ni^{++}量：１６.７ｇ／ｌ，Fe^{++}量：２.４ｇ／ｌを含み、その他通常の応力緩和剤，界面活性剤を含んだめっき浴において、ｐＨ：３.０ ，めっき電気密度：１５ｍＡ／cm^2 の条件でフレームめっきした上・下部磁気コアを有する誘導型の薄膜磁気ヘッドを作製した。トラック幅は４.０μｍ、ギャップ長は０.４μｍである。この磁性膜の組成は４２.４Ｎｉ－Ｆｅ(重量％）であり、磁気特性は飽和磁束密度（B_S）が１.６４Ｔ，困難軸保磁力（H_{CH}）が０.５Ｏｅ で比抵抗（ρ）は４８.１μΩcm であった。上部磁気コア８５，上部シールド層を兼ねた下部磁気コア８４，コイル１８７である。再生のための磁気抵抗効果型素子８６，磁気抵抗効果型素子にセンス電流を流すための電極，下部シールド層，スライダの構成を有する。本実施例の磁気コアの結晶粒径は１００～５００Åとなり、困難軸保磁力が１.０Ｏｅ 以下であった。
【００７８】
このような構成で評価した本発明による記録ヘッドの性能（オーバーライト特性）を測定した結果、４０ＭＨｚ以上の高周波領域でも－５０ｄＢ程度の優れた記録性能が得られた。
【００７９】
図２１は本発明のインダクティブ型記録ヘッドと磁気抵抗効果型再生ヘッドとを有する磁気ヘッドの斜視概念図である。ヘッドスライダを兼ねる基体１５０上に下部シールド１８２，磁気抵抗効果膜１１０，磁区制御膜１４１，電極端子１４０を有する再生ヘッドと下部磁性膜１８４および上部磁性膜１８３を形成し、下部ギャップ，上部ギャップの図示は省略してあり、コイル１４２は電磁誘導効果によって上部磁気コアおよび上部シールド兼下部コアに起磁力が発生するインダクティブ型記録ヘッドとを搭載したものである。
【００８０】
図２２は負圧スライダの斜視図である。負圧スライダ１７０は、空気導入面１７１と浮揚力を発生する二つの正圧発生面１７７，１７７とに囲まれた負圧発生面１７８を有し、さ

らに空気導入面１７９並びに二つの正圧発生面１７７，１７７と負圧発生面１７８との境界において負圧発生面１７８より段差の大きい溝１７４とから構成される。なお、空気流出端１７５には磁気ディスクに情報の記録を行う後述するインダクティブ型の記録ヘッドと再生を行う前述のＭＲセンサとが前述の図２４に示す概略構造の記録再生分離型の薄膜磁気ヘッド素子176を有する。

【００８１】

負圧スライダ１７０の浮上時においては、空気導入面１７９から導入された空気は負圧発生面１７８で膨張されるが、その際に溝１７４に向かう空気の流れも作られるため、溝１７４の内部にも空気導入面１７９から空気流出端１７５に向かう空気の流れが存在する。したがって、負圧スライダ１７０の浮上時に空気中に浮遊する塵芥が空気導入面１７１から導入されたとしても溝１７４の内部へ導入され、溝１７４内部の空気の流れによって押し流され、空気流出端１７８より負圧スライダ１７０の外へ排出されることになる。また負圧スライダ１７０の浮上時には溝４内部には常に空気の流れが存在し澱み等がないため、塵芥が凝集することもない。

【００８２】

図２３に本発明の一例である磁気ディスク装置の全体斜視図を示す。本磁気ディスク装置の構成は、情報を記録するための磁気ディスク、これを回転する手段のＤＣモータ（図面省略），情報を書き込み，読み取りするための磁気ヘッド、これを支持して磁気ディスクに対して位置を変える手段の位置決め装置、即ち、アクチュエータとボイスコイルモータなどからなる。これらの図では、同一の回転軸に５枚の磁気ディスクを取り付け、合計の記憶容量を大きくした例を示している。

【００８３】

本実施例によれば高保磁力媒体に対しても、高周波領域でも十分に記録可能であり、メディア転送速度１５ＭＢ／秒以上，記録周波数４５ＭＨｚ以上，磁気ディスク４００rpm 以上のデータの高速転送，アクセス時間の短縮，記録容量の増大など優れたＭＲ効果を有する高感度のＭＲセンサが得られることから面記録密度として３Ｇｂ／ｉｎ^2 以上との磁気ディスク装置が得られるものである。

【００８４】

図２４には上記の磁気記録再生装置を複数台組み合わせることによってディスクアレイ装置を組んだ場合の例を示す。この場合、複数の磁気記録再生装置を同時に扱うため、情報の処理能力が早くでき、また装置の信頼性を高めることができる。この場合にも、各磁気記録再生装置の性能（低誤り率，低消費電力等）が高い方が良いことは言うまでもなく、そのため高性能な複合ヘッドが不可欠である。

【００８５】

【発明の効果】

本発明によれば、各電極の間隔を磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成し、磁気抵抗効果膜の中心部の領域にのみ電流を流すようにしたため、磁区制御層の強さが十分でないときでもバルクハウゼンノイズが発生するのを抑制することができ、磁区制御層の強さが十分なときでも、出力の変動を低く抑えることができる。更に、狭電極間隔であっても高感度でかつ読みにじみを少なくすることができ、高トラック密度化に適応することができる。

【００８６】

また、本発明によるヘッドを磁気再生装置や磁気記録再生装置に用いれば誤動作の少ない装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】実施例１本発明のスピンバルブヘッドの構成図。

【図２】実施例１本発明の第二のスピンバルブヘッドの構成図。

【図３】実施例１本発明の第三のスピンバルブヘッドの構成図。

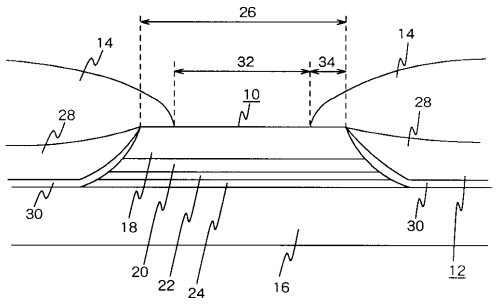
【図４】本発明のスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドの再生波形を示す特性図。

【図５】本発明のスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドにおける電極間隔と出

力との関係を示す特性図。
【図６】本発明のスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドにおけるオフトラック量と出力との関係を示す特性図。
【図７】本発明のスピンバルブヘッドにおけるオーバーラップ量と出力との関係を示す特性図。
【図８】本発明のスピンバルブヘッドにおける磁区制御層からの距離と実効的異方性磁界との関係を示す特性図。
【図９】本発明のスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドにおける長手バイアス比と出力との関係を示す特性図。
【図１０】実施例２に示すスピンバルブヘッドの構成図。
【図１１】実施例２に示すスピンバルブヘッドの構成図。
【図１２】実施例２に示すスピンバルブヘッドの構成図。
【図１３】実施例２に示すＡＭＲヘッドの構成図。
【図１４】本発明と従来のＡＭＲヘッドの出力とオーバーラップ量との関係を示す線図。
【図１５】本発明のスピンバルブヘッドにおける実効異方性磁界とオーバーラップ量との関係を示す線図。
【図１６】本発明のスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドにおける電極間隔と出力との関係を示す特性図。
【図１７】本発明のスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドにおける長手バイアス比と出力との関係を示す特性図。
【図１８】本発明のスピンバルブヘッドと従来のスピンバルブヘッドの再生波形を示す特性図。
【図１９】本発明に係るハードディスク装置の概略図。
【図２０】本発明に係るインダクティブ型磁気記録ヘッドの断面図。
【図２１】本発明に係るインダクティブ型磁気記録ヘッドと磁気抵抗効果型再生ヘッドとを一体にした磁気ヘッドの部分斜視図。
【図２２】本発明に係る負圧スライダーの斜視図。
【図２３】本発明に係る磁気ディスク装置の全体図。
【図２４】本発明に係るディスクアレイ装置の概念図。
【符号の説明】
１０…磁気抵抗効果膜、１１，１８…第一の強磁性膜、１２，３３…磁区制御層、１３，２２，２４…第二の強磁性膜、１４，３１…電極、１５，３６，３８…第三の強磁性膜、１６，２１，２２，４０…反強磁性膜、１７，１９，２０，２３，３４…非磁性導体膜、２６，５１…磁気抵抗効果膜の幅、２８…永久磁石膜、３０…配向制御下地膜、３２,５２…電極間隔、１４２,１８７…コイル、　１８３，１８５…上部磁性膜、１８４…下部磁性膜、１８６…上部シールド膜、１８８…磁気ギャップ、１８９…非磁性絶縁体、１９０…バック・ギャップ。

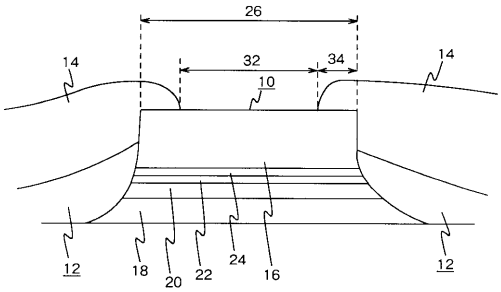
【図１】

図 1



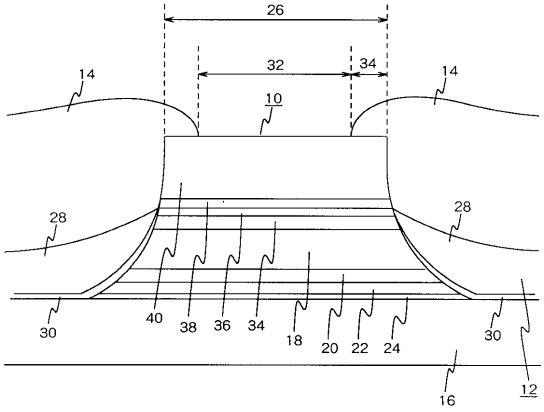
【図２】

図 2



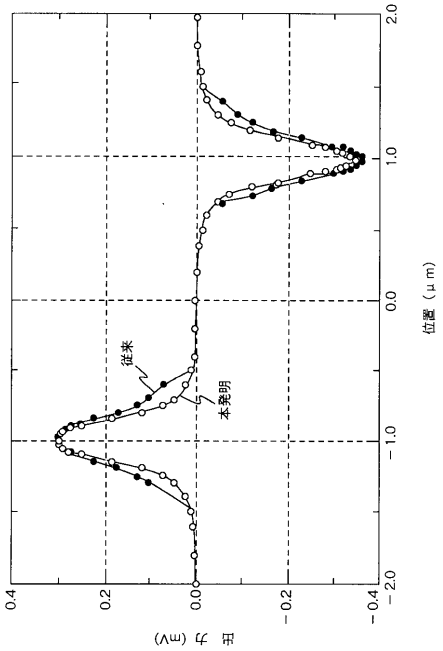
【図３】

図 3



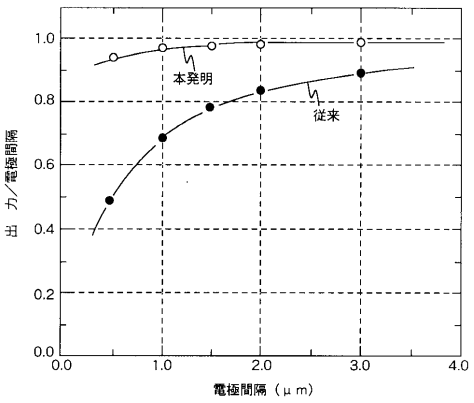
【図４】

図 4



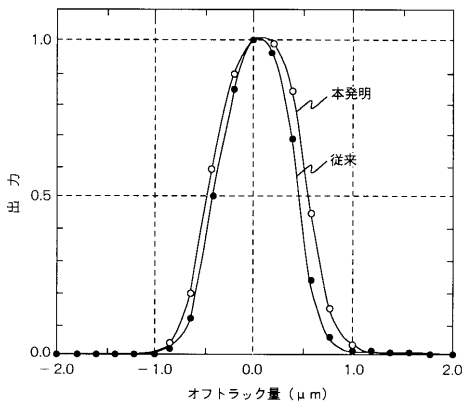
【図５】

図 5



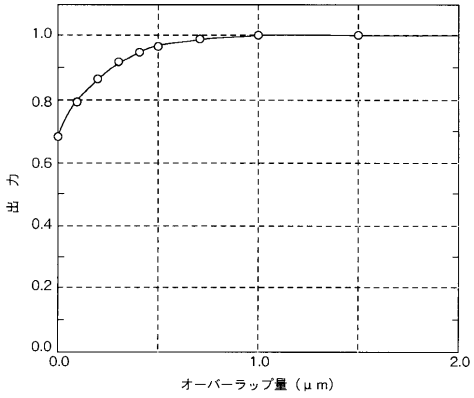
【図６】

図 6



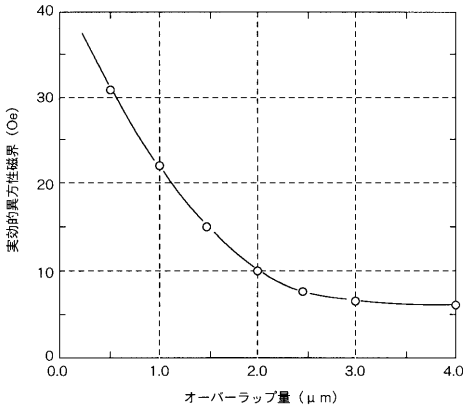
【図７】

図 7



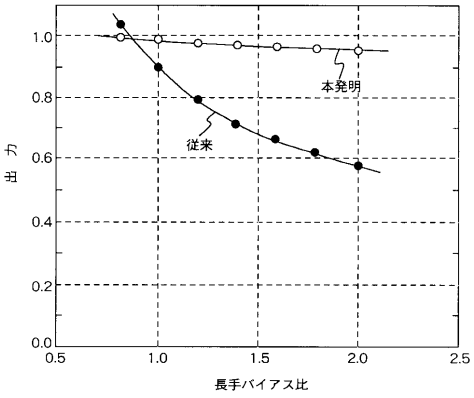
【図８】

図 8



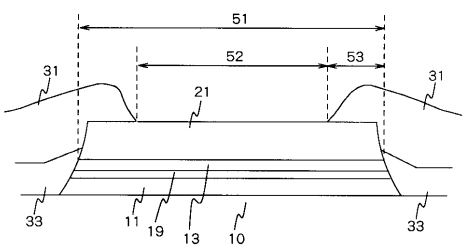
【図９】

図 9



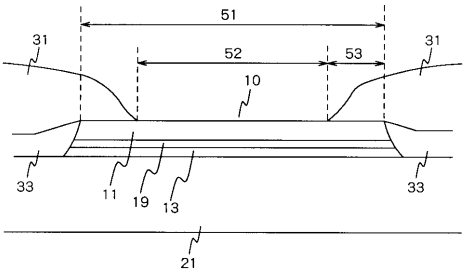
【図１０】

図 10



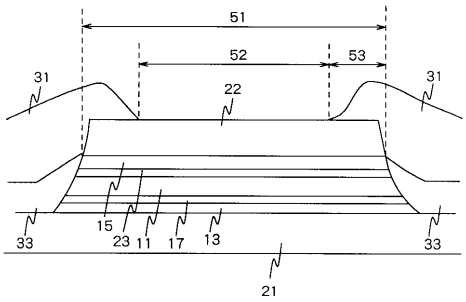
【図１１】

図 11



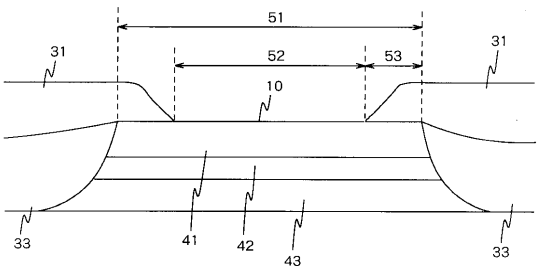
【図１２】

図 12



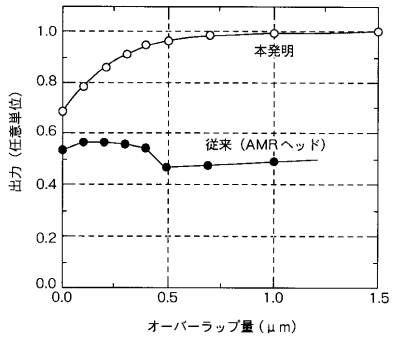
【図１３】

図 13



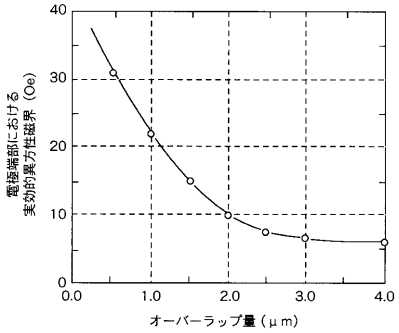
【図１４】

図 14



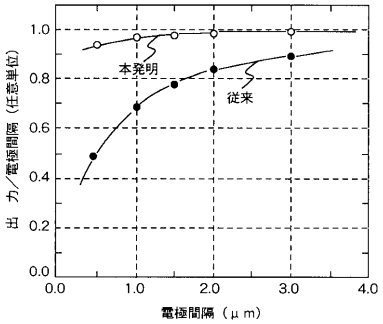
【図１５】

図 15



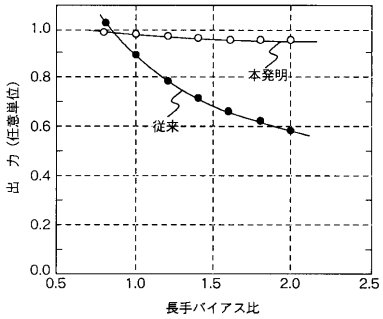
【図１６】

図 16



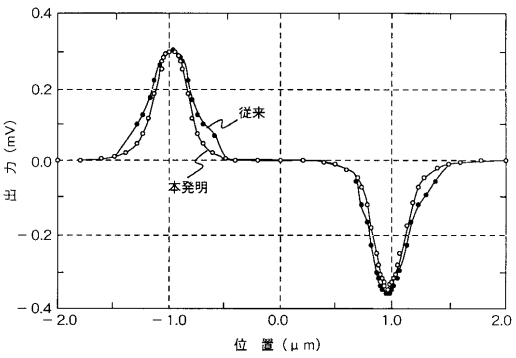
【図１７】

図 17



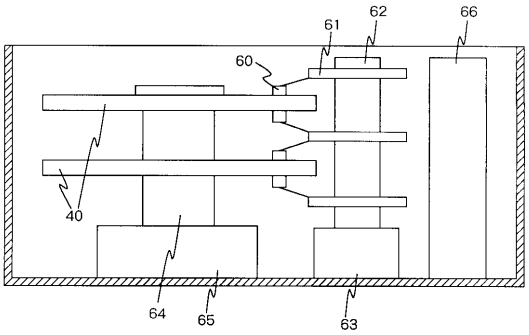
【図１８】

図 18



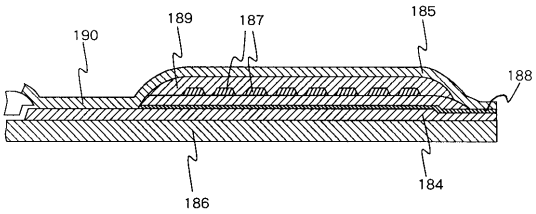
【図１９】

図 19



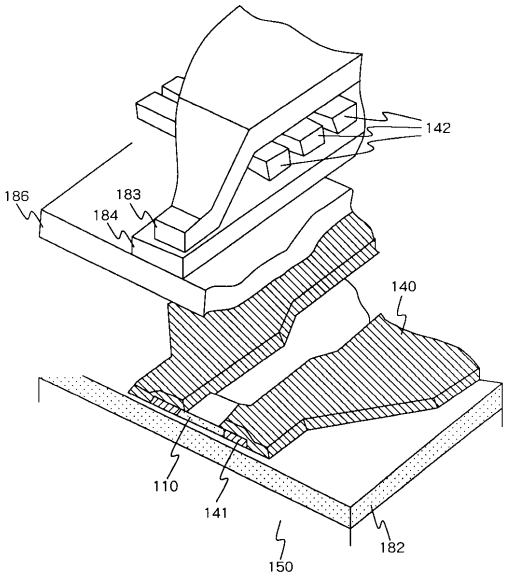
【図２０】

図 20



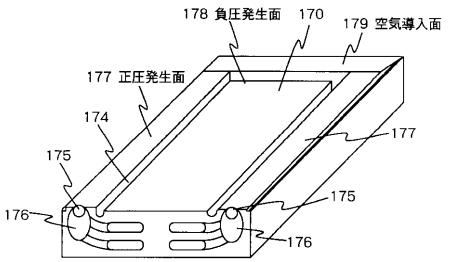
【図２１】

図 21



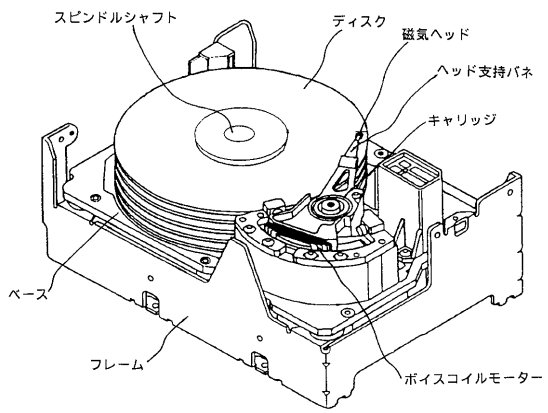
【図２２】

図 22



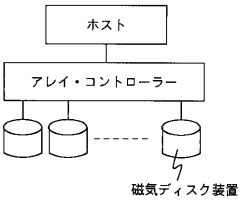
【図２３】

図 23



【図２４】

図 24



フロントページの続き

合議体
審判長　小林　秀美
審判官　山田　洋一
審判官　川上　美秀

(56)参考文献　特開平４－１４９８１２（ＪＰ，Ａ）
米国特許第５４３８４７０（ＵＳ，Ａ）
特開平４－３５８３１０（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２２３３３６（ＪＰ，Ａ）
特開平６－６０３３２（ＪＰ，Ａ）
特開平７－８５４２７（ＪＰ，Ａ）
特開平４－２８１２０３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G11B5/39