(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3657211号

(P3657211)

(45)発行日　平成17年6月8日(2005.6.8)　(24)登録日　平成17年3月18日(2005.3.18)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G11B 5/39	G11B 5/39		
GO1R 33/09	HO1F 10/32		
HO1F 10/32	HO1L 43/08	B	
HO1L 43/08	HO1L 43/08	Z	
	GO1R 33/06	R	

請求項の数 20　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2001-239171(P2001-239171)
(22)出願日　平成13年8月7日(2001.8.7)
(65)公開番号　特開2002-150518(P2002-150518A)
(43)公開日　平成14年5月24日(2002.5.24)
審査請求日　平成15年12月8日(2003.12.8)
(31)優先権主張番号　60/223315
(32)優先日　平成12年8月7日(2000.8.7)
(33)優先権主張国　米国(US)
(31)優先権主張番号　09/686987
(32)優先日　平成12年10月17日(2000.10.17)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　000003067
ＴＤＫ株式会社
東京都中央区日本橋１丁目１３番１号
(74)代理人　100109656
弁理士　三反崎　泰司
(74)代理人　100098785
弁理士　藤島　洋一郎
(72)発明者　李　淑祥
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ティーディーケイ株式会社内
(72)発明者　荒木　悟
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ティーディーケイ株式会社内

審査官　中村　豊

最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁気ヘッド

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

再生ヘッドを含む磁気ヘッドであって、

前記再生ヘッドが、

導電性の磁気遮蔽材料により構成された上部シールドと、

導電性の磁気遮蔽材料により構成された下部シールドと、

前記上部シールドと前記下部シールドとの間にこれらと電気的に接続するように配設され、前記上部シールドまたは前記下部シールドの一方から他方に向かう第１の電流を通過させる積層構造をなす巨大磁気抵抗構造と、

前記上部シールドまたは前記下部シールドの一方と電気的に接続するように配設され、前記巨大磁気抵抗構造の積層面と直交する方向に第２の電流を通過させるメタルピラーと

を備えたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項２】

前記第１の電流はセンス電流であり、この第１の電流が前記第２の電流でもある

ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。

【請求項３】

前記第２の電流は、前記巨大磁気抵抗構造に印加されることとなる磁気バイアスを発生させるものである

ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。

【請求項４】

前記第２の電流は、前記巨大磁気抵抗構造に印加されることとなる縦方向または横方向の磁気バイアスを発生させるものである
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項５】
前記メタルピラーは、前記巨大磁気抵抗構造から所定の距離だけ離れて配設されており、
磁気バイアスの総量は前記所定の距離に基づいて決定される
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項６】
前記メタルピラーは、前記巨大磁気抵抗構造に印加されることとなる横方向の磁気バイアスを発生させるためのものであり、前記巨大磁気抵抗構造の側方に配設されている
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項７】
前記メタルピラーは、前記巨大磁気抵抗構造に印加されることとなる縦方向の磁気バイアスを発生させるためのものであり、前記巨大磁気抵抗構造の後方に配設されている
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項８】
前記巨大磁気抵抗構造は、スピンバルブ構造を含んで構成されている
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項９】
前記巨大磁気抵抗構造は、磁界がゼロのときに隣り合う層との間で反強磁性的に結合することとなる強磁性層が積層された、二重スピンバルブ構造，［Ｆ１／ＮＭ／Ｆ２／ＮＭ］$_n$ の構成をなす混成スピンバルブ構造（ただし、Ｆ１，Ｆ２は互いに保持力が大きく異なる強磁性層，ＮＭは非磁性層），または［Ｆ／ＮＭ］$_n$ の構成をなす多層構造（ただし、Ｆは強磁性層）を含んで構成されている
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１０】
さらに、
前記上部シールドと前記巨大磁気抵抗構造との間にこれらと電気的に接続するように配設された第１の非磁性メタルギャップと、
前記下部シールドと前記巨大磁気抵抗構造との間にこれらと電気的に接続するように配設された第２の非磁性メタルギャップと
を備えたことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１１】
前記巨大磁気抵抗構造の高さは、１０ｎｍより大きく１００ｎｍより小さい範囲内である
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１２】
前記巨大磁気抵抗構造の高さは、１００ｎｍ未満である
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１３】
前記第１の電流の電流密度は、１００ＭＡ／ｃｍ^2 以上１０００ＭＡ／ｃｍ^2 以下の範囲内である
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１４】
前記メタルピラーの高さは、２００ｎｍ以上８００ｎｍ以下の範囲内である
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１５】
さらに、
５０ｎｍ以上３００ｎｍ以下の範囲内の距離だけ前記巨大磁気抵抗構造から前記メタル

ピラーを隔て、前記メタルピラーを前記巨大磁気抵抗構造から電気的に分離するための酸化物
を備えたことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１６】
前記巨大磁気抵抗構造および前記メタルピラーは、前記第１の電流または前記第２の電流が流れる方向と直交する共通の面に関して、対称な形状をなすようにそれぞれ配設されている
ことを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッド。
【請求項１７】
再生ヘッドを含む磁気ヘッドであって、
前記再生ヘッドが、
再生ギャップを規定する一対の磁気シールドと、
前記再生ギャップ中に、前記一対の磁気シールドと電気的に接続するように配設された積層構造をなす巨大磁気抵抗ピラーと、
前記一対の磁気シールドのうちの一方の磁気シールドと電気的に接続され、前記巨大磁気抵抗ピラーと離間しかつ平行に配設された非磁性メタルピラーと
を備え、
前記巨大磁気抵抗ピラーの積層面と直交する方向に、前記巨大磁気抵抗ピラーをセンス電流が流れると共に、このセンス電流が前記非磁性メタルピラーにも流れることにより、磁気バイアスが生じる
ことを特徴とする磁気ヘッド。
【請求項１８】
さらに、
前記一対の磁気シールドを前記巨大磁気抵抗ピラーに連結するように配設された非磁性メタルギャップ
を備えたことを特徴とする請求項１７記載の磁気ヘッド。
【請求項１９】
前記磁気バイアスの総量は、前記巨大磁気抵抗ピラーと前記非磁性メタルピラーとの間の距離に基づいて決定される
ことを特徴とする請求項１７記載の磁気ヘッド。
【請求項２０】
前記巨大磁気抵抗ピラーに、縦方向または横方向の磁気バイアスが印加される
ことを特徴とする請求項１７記載の磁気ヘッド。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、巨大磁気抵抗効果（Giant Magnetoresistive：ＧＭＲ）素子を利用して情報を再生する再生ヘッドを備えた磁気ヘッドに係り、特に、ＧＭＲ素子の積層面に対して直交する方向に電流が流れる再生ヘッドを備えた磁気ヘッドに関する。
【０００２】
【従来の技術】
薄膜磁気ヘッドによれば、磁気ディスクや磁気テープなどの磁気記録媒体の表面を部分的に磁化することにより情報が記録され、磁気記録媒体に記録された情報を磁気的な変化として検出することにより情報が再生される。薄膜磁気ヘッドとしては、例えば、記録用の誘導型磁気変換素子を備える記録ヘッドと再生用の磁気抵抗効果（Magneto Resistive ：ＭＲ）素子を備える再生ヘッドとが積層された構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く知られている。
【０００３】
図１１は、一般的な複合型薄膜磁気ヘッドの概略構成を表すものである。なお、図１１では、薄膜磁気ヘッドのうち、記録媒体１９０と対向する側と反対側の部分の図示を省略し

ている。再生ヘッドは、主に、再生用のＭＲ素子１６０と、このＭＲ素子１６０を周囲から磁気的にシールドする下部シールド１７０および上部シールド１８０とを含んで構成されている。一方、記録ヘッドは、主に、下部磁極１５０と、記録ギャップ層１１０を挟んで下部磁極１５０に対向配置され、図示しない連結部において下部磁極１５０と磁気的に連結された上部磁極１３０と、下部磁極１５０と上部磁極１３０との間の空間に絶縁体１１２によって埋設された磁束発生用のコイル１２０とを含んで構成されている。下部磁極１５０および上部磁極１３０は、記録媒体１９０に対向する記録媒体対向面（ＡＢＳ；エアベアリング面）１４０に近い側の領域の記録ギャップ層１１０近傍において互いに同一の微小な一定幅を有しており、これらの一定幅部分を含んで、記録トラック幅を規定する磁極先端部分２００が構成されている。

【０００４】

ところで、近年、記録密度の向上に伴い、薄膜磁気ヘッドの再生特性の向上が強く求められている。このような再生特性の向上に係る要請を満たすために、異方性磁気抵抗（Anisotropic Magneto Resistive ：ＡＭＲ）効果を利用したＡＭＲ素子に代わり、例えばＧＭＲ効果を利用したＧＭＲ素子が用いられている。

【０００５】

このＧＭＲ効果は、Baibich 等により、Physical Review Letters Volume 61, No.21, pp. 2472-2475(1988)にて初めて紹介された。多層構造をなす強磁性体に外部磁場が付与されると、この外部磁場に起因して強磁性層間の相対的な磁化方向が変化し、ＧＭＲ効果が生じる。このとき、伝導電子のスピン依存散乱に変化が生じるため、電気抵抗が変化する。このＧＭＲ効果の発見を契機として、磁気多層構造の磁気伝播特性について、広く研究がなされている。多くのＭＲ素子では、磁性層の積層面に沿って電流が流れるため、このようなＭＲ構造は、一般に、ＣＩＰ（current flows-in-the plane）－ＭＲ構造と呼ばれている。

【０００６】

こののち、Pratt 等は、ＧＭＲ効果の研究を発展させ、Physical Review Letters Volume 66, pp. 3060 (1991)にて、磁性層の積層面に直交する方向に電流が流れるＭＲ構造、すなわちＣＰＰ（current perpendicular-to-the-plane）－ＭＲ構造について発表した。一般に、ＭＲ効果は、ＣＩＰ－ＭＲ構造よりもＣＰＰ－ＭＲ構造において数倍程度大きくなることが知られている。ＣＰＰ－ＭＲ素子の比抵抗は極めて小さいため、再生ヘッドに適用する場合には、約１００ｎｍ未満となるまでＣＰＰ－ＭＲ素子のサイズを微小化する必要がある。

【０００７】

ＣＰＰ－ＭＲ素子に関する具体的な技術例は、例えば米国特許第5627704号や第5668688号により開示されている。これらの特許によれば、通常通り、ＧＭＲ素子の側方に配置された永久磁石により、ＧＭＲ素子に縦方向の磁気バイアスが印加されている。ＧＭＲ素子に縦方向の磁気バイアスを印加したとき、小さな信号磁界に対しても優れた線形応答を得るためには、例えば、ＧＭＲ素子にスピンバルブ構造を適用する必要がある。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の再生ヘッドでは、ＧＭＲ素子にスピンバルブ構造を適用した場合においても、小さな信号磁界に対しては、必ずしも十分良好な線形応答を得ることができないという問題があった。

【０００９】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、小さな信号磁界に対して十分な線形応答を確保することが可能な磁気ヘッドを提供することにある。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドは、再生ヘッドを含むものであり、再生ヘッドが、導電性の磁気遮蔽材料により構成された上部シールドと、導電性の磁気遮蔽材料により構

成された下部シールドと、上部シールドと下部シールドとの間にこれらと電気的に接続するように配設され、上部シールドまたは下部シールドの一方から他方に向かう第１の電流を通過させる積層構造をなす巨大磁気抵抗構造と、上部シールドまたは下部シールドの一方と電気的に接続するように配設され、巨大磁気抵抗構造の積層面と直交する方向に第２の電流を通過させるメタルピラーとを備えるようにしたものである。

【００１１】

本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、積層構造をなす巨大磁気抵抗構造を挟んでこれと電気的に接続された上部シールドおよび下部シールドにおいて、一方から他方に向かって巨大磁気抵抗構造を第１の電流が流れると、これに応じて、巨大磁気抵抗構造の積層面と直交する方向に、上部シールドまたは下部シールドの一方と電気的に接続されたメタルピラーを第２の電流が流れる。

【００１２】

本発明の第２の観点に係る磁気ヘッドは、再生ヘッドを含むものであり、再生ヘッドが、再生ギャップを規定する一対の磁気シールドと、再生ギャップ中に、一対の磁気シールドと電気的に接続するように配設された積層構造をなす巨大磁気抵抗ピラーと、一対の磁気シールドのうちの一方の磁気シールドと電気的に接続され、巨大磁気抵抗ピラーと離間しかつ平行に配設された非磁性メタルピラーとを備え、巨大磁気抵抗ピラーの積層面と直交する方向に、巨大磁気抵抗ピラーをセンス電流が流れると共に、このセンス電流が非磁性メタルピラーにも流れることにより、磁気バイアスが生じるようにしたものである。

【００１３】

本発明の第２の観点に係る磁気ヘッドでは、再生ギャップを規定する一方の磁気シールドから他方の磁気シールドへ、巨大磁気抵抗ピラーの積層面と直交する方向に巨大磁気抵抗ピラーをセンス電流が流れると、このセンス電流が、巨大磁気抵抗構造と離間しかつ平行に配設された非磁性メタルピラーにも流れることにより、磁気バイアスが生じる。

【００１６】

本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、第１の電流がセンス電流であり、この第１の電流が第２の電流でもあるようにするのが好ましい。

【００１７】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、第２の電流が、巨大磁気抵抗構造に印加されることとなる磁気バイアスを発生させるようにするのが好ましい。

【００１８】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、第２の電流が、巨大磁気抵抗に印加されることとなる縦方向または横方向の磁気バイアスを発生させるようにするのが好ましい。

【００１９】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、メタルピラーが、巨大磁気抵抗構造から所定の距離だけ離れて配設されており、磁気バイアスの総量が所定の距離に基づいて決定されるようにしてもよい。

【００２０】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、メタルピラーが、巨大磁気抵抗構造に印加されることとなる横方向の磁気バイアスを発生させるためのものであり、巨大磁気抵抗構造の側方に配設されるようにしてもよい。

【００２１】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、メタルピラーが、巨大磁気抵抗構造に印加されることとなる縦方向の磁気バイアスを発生させるためのものであり、巨大磁気抵抗構造の後方に配設されるようにしてもよい。

【００２２】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、巨大磁気抵抗構造が、スピンバルブ構造を含んで構成されるようにするのが好ましい。

【００２３】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、巨大磁気抵抗構造が、磁界がゼロのときに隣り合う層との間で反強磁性的に結合することとなる強磁性層が積層された二重スピンバルブ構造，［Ｆ１／ＮＭ／Ｆ２／ＮＭ］$_n$ の構成をなす混成スピンバルブ構造（ただし、Ｆ１，Ｆ２は互いに保持力が大きく異なる強磁性層，ＮＭは非磁性層），または［Ｆ／ＮＭ］$_n$ の構成をなす多層構造（ただし、Ｆは強磁性層）を含んで構成されるようにしてもよい。

【００２４】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、さらに、上部シールドと磁気抵抗構造との間にこれらと電気的に接続するように配設された第１の非磁性メタルギャップと、下部シールドと磁気抵抗構造との間にこれらと電気的に接続するように配設された第２の非磁性メタルギャップとを備えるようにしてもよい。

【００２５】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、巨大磁気抵抗構造の高さが１０ｎｍより大きく１００より小さい範囲内となるようにするのが好ましい。

【００２６】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、巨大磁気抵抗構造の高さが１００ｎｍ未満となるようにするのが好ましい。

【００２７】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、第１の電流の電流密度が１００ＭＡ／ｃｍ^2 以上１０００ＭＡ／ｃｍ^2 以下の範囲内となるようにするのが好ましい。

【００２８】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、メタルピラーの高さが２００ｎｍ以上８００ｎｍ以下の範囲内となるようにするのが好ましい。

【００２９】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、さらに、５０ｎｍ以上３００ｎｍ以下の範囲内の距離だけ巨大磁気抵抗構造からメタルピラーを隔て、メタルピラーを磁気抵抗構造から電気的に分離するための酸化物を備えるようにしてもよい。

【００３０】

また、本発明の第１の観点に係る磁気ヘッドでは、巨大磁気抵抗構造およびメタルピラーが、第１の電流または第２の電流が流れる方向と直交する共通の面に関して対称な形状をなすようにそれぞれ配設されるようにするのが好ましい。

【００３１】

本発明の第２の観点に係る磁気ヘッドでは、さらに、一対の磁気シールドを巨大磁気抵抗ピラーに連結するように配設された非磁性メタルギャップを備えるようにしてもよい。

【００３２】

また、本発明の第２の観点に係る磁気ヘッドでは、磁気バイアスの総量が、巨大磁気抵抗ピラーと非磁性メタルピラーとの間の距離に基づいて決定されるようにしてもよい。

【００３３】

また、本発明の第２の観点に係る磁気ヘッドでは、巨大磁気抵抗ピラーに縦方向または横方向の磁気バイアスが印加されるようにするのが好ましい。

【００３８】

【発明の実施の形態】

以下、本発明について図面を参照して説明する。

【００３９】

［第１の実施の形態］

＜薄膜磁気ヘッドの構成＞

まず、図１～図３を参照して、本発明の第１の実施の形態に係る磁気ヘッドとしての複合型薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。図１は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部（再生ヘッド）の斜視構成を表すものである。図２は図１に示した薄膜磁気ヘッドのＸＺ面に沿った断面構成を表し、図３はＹＺ面に沿った断面構成を表している。図１

～図３に示した薄膜磁気ヘッドにおいて、図示した要部以外の部分（記録ヘッド等）の構成は、例えば、上記「従来の技術」の項において図１１に示した場合と同様である。なお、以下では、図中のＹ軸方向における手前側を「前側（または前方）」，奥側を「後側（または後方）」とそれぞれ表記すると共に、Ｚ軸方向における寸法を「高さ」と表記し、以降も同様とする。

【００４０】

この薄膜磁気ヘッドは、主に、下部シールド１０と、これに対向配置され、下部シールド１０と共に再生ギャップを規定する上部シールド８０と、再生ギャップ内に配設されたＣＰＰ－ＭＲピラー３０とが、再生ヘッドの支持体としての基体１上に設けられた構成をなしている。基体１は、例えばアルティック（Al_2O_3・ＴｉＣ）などを含んで構成されている。

【００４１】

下部シールド１０および上部シールド８０は、例えばコバルトジルコニウムニオブ合金（ＣｏＺｒＮｂ），コバルトジルコニウムタンタル合金（ＣｏＺｒＴａ），ニッケル鉄合金（ＮｉＦｅ）などの導電性の磁気遮蔽材料により構成されている。下部シールド１０は、ほぼ平板状をなしている。上部シールド８０は、下部シールド１０との間の距離が前方において小さく、後方において大きくなるようなクランク状をなしている。

【００４２】

下部シールド１０とＣＰＰ－ＭＲピラー３０との間には非磁性メタルギャップ２０が配設されており、この非磁性メタルギャップ２０を介して下部シールド１０とＣＰＰ－ＭＲピラー３０とが互いに電気的に接続されている。また、上部シールド８０の前方部とＣＰＰ－ＭＲピラー３０との間には非磁性メタルギャップ４０が配設されており、この非磁性メタルギャップ４０を介して上部シールド８０とＣＰＰ－ＭＲピラー３０とが互いに電気的に接続されている。すなわち、下部シールド１０，非磁性メタルギャップ２０，ＣＰＰ－ＭＲピラー３０，非磁性メタルギャップ４０，上部シールド８０により、電流経路が構成されている。非磁性メタルギャップ２０，４０は、例えばチタン（Ｔｉ），タングステン（Ｗ），ルテニウム（Ｒｕ），ロジウム（Ｒｈ）などの金属やこれらの組み合わせによる各種合金などの導電性材料により構成されている。下部シールド１０および非磁性メタルギャップ２０並びに非磁性メタルギャップ４０および上部シールド８０は、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０を通電させるための電極として機能する。ここで、非磁性メタルギャップ４０が本発明における「第１の非磁性メタルギャップ」の一具体例に対応し、非磁性メタルギャップ２０が本発明における「第２の非磁性メタルギャップ」の一具体例に対応し、非磁性メタルギャップ２０，４０が本発明における「再生ギャップ」の一具体例に対応する。

【００４３】

下部シールド１０と上部シールド８０の前方部との間の領域のうち、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０等の配設領域以外の部分には、下部シールド１０と上部シールド８０との間を電気的に分離するための酸化物５０が配設されている。この酸化物５０は、例えば酸化アルミニウム（Al_2O_3）や酸化珪素（SiO_2）などにより構成されている。

【００４４】

下部シールド１０と上部シールド８０の後方部との間の空間には、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０から所定の距離Ｄ（図３参照）だけ後方に離れて、例えばチタン，タングステン，ルテニウム，ロジウムなどの金属やこれらの組み合わせによる各種合金などの導電性材料よりなる非磁性メタルピラー６０が配設されている。非磁性メタルピラー６０は、その一端が下部シールド１０に接続されており、他端が非磁性メタルピラー６０を通電させるためのリード７０に接続されている。すなわち、下部シールド１０，非磁性メタルピラー６０，リード７０により、他の電流経路が構成されている。ＣＰＰ－ＭＲピラー３０および非磁性メタルピラー６０は、例えば、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の中心線（Ｙ軸）に対して可能な限り垂直（縦方向）な磁界を発生させるために、後述するセンス電流Ｉ１，Ｉ２が流れる方向と直交する共通の面（ＸＹ面）に関して対称な形状をなすように、言い換えれば、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の中心と非磁性メタルピラー６０の中心とが高さ方向において互

いに一致するように、それぞれ配設されている
【００４５】
ＣＰＰ－ＭＲピラー３０は、ＧＭＲ効果を利用したＣＰＰ－ＭＲ構造の再生素子であり、積層構造をなしている。このＣＰＰ－ＭＲピラー３０は、例えば［Ｆ１／ＮＭ／Ｆ２／ＮＭ］$_n$ の構成をなす混成スピンバルブ構造（ただし、Ｆ１，Ｆ２は保持力が互いに大きく異なる強磁性層，ＮＭは例えば貴金属等よりなる非磁性層）を含んで構成されており、その高さは約１００ｎｍ未満、好ましくは約１０ｎｍより大きく約１００ｎｍより小さい範囲内である。なお、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０は、必ずしも上記した構成に限らず、例えば米国特許第5668688号により開示された他の各種構成をなすスピンバルブ構造を含んで構成されてもよい。この「他の各種構成をなすスピンバルブ構造」としては、例えば、（１）ピンド層が単層の強磁性層よりなるスピンバルブ構造や、（２）ピンド層が［Ｆ／Ｒｕ（ルテニウム）／Ｆ］の構成をなす積層体（シンセティックピンド層；ただし、Ｆは強磁性層）よりなるシンセティックピンドスピンバルブ構造や、（３）上記（１）で説明したスピンバルブ構造を２つ備えた二重スピンバルブ構造や、（４）上記（２）で説明したシンセティックピンドスピンバルブ構造を２つ備えた二重スピンバルブ構造などが挙げられる。
【００４６】
これらの下部シールド１０，非磁性メタルギャップ２０，４０，ＣＰＰ－ＭＲピラー３０，酸化物５０，上部シールド８０は、前方において同一面（ＡＢＳ面）５を形成している。
【００４７】
なお、下部シールド１０と上部シールド８０の後方部との間の空間のうち、非磁性メタルピラー６０やリード７０の配設領域以外の部分には、酸化物５０と同様の材質よりなる酸化物９０が配設されている。この酸化物９０により、非磁性メタルピラー６０はその周辺から電気的に分離されている。
【００４８】
＜薄膜磁気ヘッドの動作＞
次に、図１～図３を参照して、薄膜磁気ヘッドの動作について説明する。図２および図３に示した矢印は、センス電流の流れを示している。
【００４９】
この薄膜磁気ヘッドでは、再生時において、例えば上部シールド８０から下部シールド１０に向かってＣＰＰ－ＭＲピラー３０にセンス電流Ｉ１が流れると、このセンス電流Ｉ１が、下部シールド１０からリード７０へ、センス電流Ｉ１に対して平行かつ逆向き、すなわちＣＰＰ－ＭＲピラー３０の積層面に直交する方向に、非磁性メタルピラー６０にも流れる（センス電流Ｉ２）。そして、このセンス電流Ｉ２により縦方向の磁気バイアスが生じ、この縦方向の磁気バイアスがＣＰＰ－ＭＲピラー３０に印加される。磁気ディスクなどの磁気記録媒体により生じた信号磁界に応じてＣＰＰ－ＭＲピラー３０の抵抗値が変化するため、その抵抗変化を電流変化として検出することにより、磁気ディスクに記録されている情報が再生される。ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の動作点は、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０と非磁性メタルピラー６０との間の距離Ｄ、センス電流の電流密度または非磁性メタルピラー６０の高さｈを変化させることにより最適化することが可能である。ここで、センス電流Ｉ１が本発明における「第１の電流」の一具体例に対応し、センス電流Ｉ２が本発明における「第２の電流」の一具体例に対応する。
【００５０】
＜ＣＰＰ－ＭＲピラーについての実験結果＞
次に、図４～図８を参照して、再生ヘッドについての一連の実験結果について説明する。
【００５１】
まず、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の面積＝約１００×１００ｎｍ^2，高さ＝約５０ｎｍ，非磁性メタルピラー６０の高さｈ＝約４００ｎｍ，センス電流の電流密度＝約２００ＭＡ／ｃｍ^2 の条件下において、距離Ｄを変化させながら、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に印加され

る磁気バイアス量を調べたところ、図４に示した結果が得られた。図４は距離Ｄと磁気バイアス量Ｈとの相関に係る実験結果を表すものであり、横軸は距離Ｄ（ｎｍ），縦軸は磁気バイアスの発生量Ｈ（ｋＡ／ｍ）をそれぞれ示している。

【００５２】

図４に示した結果から、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に印加される磁気バイアス量は、距離Ｄの増減に応じて減増した。このことから、距離Ｄを変化させることにより、磁気バイアス量を調整可能であることが確認された。

【００５３】

続いて、軟質磁性層をニッケル鉄合金（Ｎｉ：８１重量％，Ｆｅ：１９重量％）とすると共に，コバルト単体よりも飽和磁界を小さくすべく、硬質磁性層をコバルト鉄合金（Ｃｏ：９５重量％，Ｆｅ：５重量％）とし、［ＮｉＦｅ（２ｎｍ厚）／Ｃｕ（銅；２．５ｎｍ厚）／ＣｏＦｅ（コバルト鉄合金；２ｎｍ厚）／Ｃｕ（２．５ｎｍ厚）］$_5$ の多層構成をなす混成スピンバルブ構造を含むＣＰＰ－ＭＲピラー３０について、信号磁界の強度を変化させながら抵抗値を調べたところ、図５～図７に示した結果が得られた。図５～図７は信号磁界の強度と抵抗値との相関に係る実験結果を表すものであり、図５は磁気バイアスを印加しない場合，図６は距離Ｄ＝約２００ｎｍとし、縦方向の磁気バイアスを印加した場合，図７は距離Ｄ＝約１００ｎｍとし、縦方向の磁気バイアスを印加した場合をそれぞれ示している。各図中の横軸は信号磁界の強度Ｈ（ｋＡ／ｍ），縦軸は抵抗値Ｒ（Ω）をそれぞれ示している。なお、実験時には、磁気シールド（下部シールド１０，上部シールド８０）を設けず、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の面積，非磁性メタルピラー６０の高さｈ，センス電流の電流密度などの条件は図４に示した場合と同様とした。

【００５４】

図５～図７に示した結果から、以下のことが確認された。すなわち、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に磁気バイアスを印加しない場合（図５参照）には、典型的な蝶型のＲ－Ｈ曲線が得られた。これに対して、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の後方に配設された非磁性メタルピラー６０にセンス電流を流し、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に縦方向の磁気バイアスを印加すると（図６，図７参照）、Ｒ－Ｈ曲線が左方向にシフトした。距離Ｄ＝約１００ｎｍとした場合（図７参照）は、距離Ｄ＝約２００ｎｍとした場合（図６参照）よりもＲ－Ｈ曲線のシフト量が大きくなり、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に対する磁気バイアスの印加状態がより良好となった。このことから、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の動作点を最適化するためには、距離Ｄを約１００ｎｍ～２００ｎｍとすればよいことが確認された。

【００５５】

続いて、Ｔａ（タンタル；３ｎｍ厚）／ＰｔＭｎ（白金マンガン；１０ｎｍ厚）／Ｃｏ（２ｎｍ厚）／Ｒｕ（０．８ｎｍ厚）／Ｃｏ（２．５ｎｍ厚）／Ｃｕ（２．５ｎｍ厚）／Ｃｏ（１ｎｍ厚）／ＮｉＦｅ（３ｎｍ厚）／Ｃｏ（１ｎｍ厚）／Ｃｕ（２．５ｎｍ厚）／Ｃｏ（２ｎｍ厚）／Ｒｕ（０．８ｎｍ厚）／Ｃｏ（２．５ｎｍ厚）／ＰｔＭｎ（１０ｎｍ厚）／Ｔａ（３ｎｍ厚）の構成をなす単層フリー層型のスピンバルブ構造よりなるＣＰＰ－ＭＲピラー３０について、磁気伝播特性を調べたところ、図８に示した結果が得られた。図８はＣＰＰ－ＭＲピラー３０の磁気伝播特性に係る実験結果を表すものであり、横軸は信号磁界の強度Ｈ（ｋＡ／ｍ），縦軸は抵抗値Ｒ（Ω）をそれぞれ示している。図中の８Ａは磁気バイアスを印加しない場合，８Ｂは距離Ｄ＝約２００ｎｍとし、縦方向の磁気バイアスを印加した場合，８Ｃは距離Ｄ＝約１００ｎｍとし、縦方向の磁気バイアスを印加した場合をそれぞれ示している。なお、実験時には、磁気シールドを設けず、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の面積，非磁性メタルピラー６０の高さｈ，センス電流の電流密度などの条件は図４に示した場合と同様とした。Ｃｏ／Ｒｕ／Ｃｏの構成をなすシンセティックピンド層を用いたスピンバルブ構造では、有効な交換磁界の発生量が約１２０ｋＡ／ｍ（約１５００Ｏｅ）より大きくなる。

【００５６】

図８に示した結果から、磁気バイアスを印加しない場合（８Ａ）には、ＣＩＰ－ＭＲ構造についての典型的なＲ－Ｈ特性に類似したＲ－Ｈ曲線が得られた。これに対して、縦方向

の磁気バイアスを印加すると（８Ｂ，８Ｃ参照）、Ｒ－Ｈ曲線中の直線領域の範囲が広がり（直線領域の傾きが小さくなり）、その傾向は、距離Ｄ＝約２００ｎｍとした場合（８Ｂ）よりも距離Ｄ＝約１００ｎｍとした場合（８Ｃ）においてより顕著となった。距離Ｄ＝約１００ｎｍとした場合（８Ｃ）には、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に過剰な磁気バイアスが印加された状態となり、距離Ｄ＝約２００ｎｍとした場合（８Ｂ）には、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に対する磁気バイアスの印加状態が良好となった。このことから、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の感度は、距離Ｄに依存することが確認された。

【００５７】

なお、上記した図５～図８では、磁気シールド（下部シールド１０，上部シールド８０）を設けずにＣＰＰ－ＭＲピラー３０の特性を調べた場合について説明したが、これらの実験結果により確認されたＣＰＰ－ＭＲピラー３０の特性は、磁気シールドを設けた場合においてもほぼ同様に得られる。同じく、上記した図４～図８に示した実験結果により得られたＣＰＰ－ＭＲピラー３０の特性は、このＣＰＰ－ＭＲピラー３０を含む再生ヘッドを備えた薄膜磁気ヘッドにおいてもほぼ同様に得られる。

【００５８】

＜第１の実施の形態の作用および効果＞

以上説明したように、本実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の後方に、下部シールド１０と接続された非磁性メタルピラー６０を配設し、上部シールド８０から下部シールド１０に向かってＣＰＰ－ＭＲピラー３０にセンス電流Ｉ１が流れると、これに応じて、センス電流Ｉ１に対して平行かつ逆向き（ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の積層面と交差する方向）に、センス電流Ｉ２が非磁性メタルピラー６０を流れるようにした（図３参照）。このような場合には、センス電流Ｉ２により縦方向の磁気バイアスが生じ、この縦方向の磁気バイアスがＣＰＰ－ＭＲピラー３０に印加される。したがって、縦方向のバイアスの印加によりＣＰＰ－ＭＲピラー３０の動作点が最適化されるため、図４～図８に示した一連の特性結果から明らかなように、小さな信号磁界に対して十分な線形応答を確保することができる。

【００５９】

さらに、本実施の形態では、上記したＣＰＰ－ＭＲピラー３０の動作点の最適化により、バルクハウゼンノイズの発生を抑制することもできる。

【００６０】

なお、本実施の形態では、薄膜磁気ヘッド（再生ヘッド）を駆動させるために、上部シールド８０から下部シールド１０に向かってセンス電流Ｉ１を流すようにしたが（図３参照）、必ずしもこれに限られるものではなく、下部シールド１０から上部シールド８０に向かってセンス電流Ｉ１を流すようにしてもよい。この場合には、リード７０から下部シールド１０に向かって非磁性メタルピラー６０をセンス電流Ｉ２が流れ、このセンス電流Ｉ２により縦方向の磁気バイアスが生じることとなる。このような場合においても、上記実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。

【００６１】

また、本実施の形態では、センス電流Ｉ１，Ｉ２の伝播経路として、主に、上部シールド８０，ＣＰＰ－ＭＲピラー３０，下部シールド１０，非磁性メタルピラー６０およびリード７０により一つの連続的な伝播経路を構成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、互いに独立した２つの伝播経路、すなわちセンス電流Ｉ１の伝播経路およびセンス電流Ｉ２の伝播経路を構成するようにしてもよい。

【００６２】

［第２の実施の形態］

次に、本発明の第２の実施の形態について説明する。

【００６３】

まず、図９を参照して、本発明の第２の実施の形態に係る磁気ヘッドとしての複合型薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。図９は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部（再生ヘッド）のＸＺ面に沿った断面構成を表すものであり、上記第１の実施の形態にお

いて示した図２に対応している。なお、図９では、上記第１の実施の形態の図１～図３に示した一連の構成要素と同一の部分に同一の符号を付している。

【００６４】

この薄膜磁気ヘッドでは、非磁性メタルピラー６０がＣＰＰ－ＭＲピラー３０の後方に配設されていた上記第１の実施の形態の場合とは異なり、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の側方に非磁性メタルピラー６０が配設されている。ＣＰＰ－ＭＲピラー３０は、例えば［Ｆ／ＮＭ］$_n$ の多層構造（ただし、Ｆ１，Ｆ２は強磁性層，ＮＭは例えば貴金属等よりなる非磁性層）を含んで構成されている。このＣＰＰ－ＭＲピラー３０では、磁界が０のとき、隣り合う２つのＦ層が互いに反強磁性的に結合される。ＣＰＰ－ＭＲピラー３０および非磁性メタルピラー６０は、例えば、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の中心線（Ｙ軸）に対して平行（横方向）な磁界を発生させるために、センス電流Ｉ１，Ｉ２が流れる方向と直交する共通の面（ＸＹ面）に関して対称な形状をなすように、言い換えれば、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の中心と非磁性メタルピラー６０の中心とが高さ方向において互いに一致するように、それぞれ配設されている

【００６５】

この薄膜磁気ヘッドでは、再生時において、例えば上部シールド８０から下部シールド１０に向かってＣＰＰ－ＭＲピラー３０にセンス電流Ｉ１が流れると、上記第１の実施の形態の場合と同様に、下部シールド１０からリード７０へ、センス電流Ｉ１に対して平行かつ逆向きに非磁性メタルピラー６０にセンス電流Ｉ２が流れる。このとき、センス電流Ｉ２により縦方向の磁気バイアスが生じた上記第１の実施の形態の場合とは異なり、横方向の磁気バイアスが生じ、この横方向の磁気バイアスがＣＰＰ－ＭＲピラー３０に印加される。磁気バイアスは、本明細書の紙面にほぼ直交し、例えば紙面から本明細書を読んでいる読者に向かって発生する。

【００６６】

ここで、［ＣｏＦｅ（２．５ｎｍ厚）／Ｃｕ（２ｎｍ厚）］$_{10}$の多層構造（スピンバルブ構造ではない）よりなるＣＰＰ－ＭＲピラー３０について、信号磁界の強度を変化させながら抵抗値を調べたところ、図１０に示した結果が得られた。図１０は信号磁界の強度と抵抗値との相関に係る実験結果を表すものであり、横軸は信号磁界の強度Ｈ（ｋＡ／ｍ），縦軸は抵抗値Ｒ（Ω）をそれぞれ示している。図１０中の１０Ａは磁気バイアスを印加しない場合，１０Ｂは距離Ｄ＝約２００ｎｍとし、横方向の磁気バイアスを印加した場合，１０Ｃは距離Ｄ＝約１００ｎｍとし、横方向の磁気バイアスを印加した場合をそれぞれ示している。なお、実験時には、磁気シールドを設けず、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の面積＝約１００×１００ｎｍ^2，非磁性メタルピラー６０の高さｈ＝約４００ｎｍ，センス電流の電流密度＝約２００ＭＡ／ｃｍ^2 とした。

【００６７】

図１０に示した結果から、以下のことが確認された。すなわち、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に磁気バイアスを印加しない場合（１０Ａ）には、磁界＝０について左右対称なＲ－Ｈ曲線を示した。このとき、隣りなう２つのＣｏＦｅ層間において強い反強磁性的結合が生じるため、抵抗値は磁界＝０において最大となった。これに対して、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の側方に配設された非磁性メタルピラー６０にセンス電流を流し、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に横方向の磁気バイアスを印加すると（１０Ｂ，１０Ｃ）、Ｒ－Ｈ曲線が左方向にシフトし、小さい信号磁界強度により良好な線形応答が得られた。距離Ｄ＝約１００ｎｍとした場合（１０Ｃ）は、距離Ｄ＝約２００ｎｍとした場合（１０Ｂ）よりもＲ－Ｈ曲線のシフト量が大きくなり、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に対する磁気バイアスの印加状態がより良好となった。

【００６８】

本実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０の側方に非磁性メタルピラー６０を配設し、上記第１の実施の形態の場合とは異なり、非磁性メタルピラー６０にセンス電流Ｉ２が流れると、このセンス電流Ｉ２により横方向の磁気バイアスが生じるようにした。このような場合には、ＣＰＰ－ＭＲピラー３０に横方向の磁気バイアスが印加さ

れることにより、再生ヘッドが駆動する。したがって、図１０に示した一連の特性結果に見られるように、上記第１の実施の形態の場合と同様にＣＰＰ－ＭＲピラー３０の動作点が最適化され、小さな信号磁界強度に対して十分な線形応答を確保することができる。

【００６９】

なお、本実施の形態の薄膜磁気ヘッドについての上記以外の構成，動作，作用，効果，変形等は、上記第１の実施の形態の場合と同様である。

【００７０】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。具体的には、上記実施の形態において説明した薄膜磁気ヘッドの構成等は、必ずしもこれに限られるものではなく、非磁性メタルピラー６０を流れるセンス電流Ｉ２により縦方向または横方向の磁気バイアスが生じ、この磁気バイアスがＣＰＰ－ＭＲピラー３０に印加されることによりその動作点が最適化され、小さな信号磁界に対して十分な線形応答を確保することが可能な限り、自由に変形可能である。本発明は、例えばハードディスクドライブなどに搭載される磁気ヘッドの他、磁気を利用した各種磁気検出装置などにも適用可能である。

【００７１】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項１ないし請求項１６のいずれか１項に記載の磁気ヘッドによれば、上部シールドまたは下部シールドの一方と電気的に接続されたメタルピラーを備え、巨大磁気抵抗構造に第１の電流が流れると、これに応じてメタルピラーに第２の電流が流れるようにしたので、第２の電流により磁気バイアスが生じ、この磁気バイアスが巨大磁気抵抗構造に対して印加される。これにより、巨大磁気抵抗構造の動作点が最適化されるため、小さい信号磁界に対して十分な線形応答を確保することができる。

【００７２】

また、請求項１７ないし請求項２０のいずれか１項に記載の磁気ヘッドによれば、巨大磁気抵抗ピラーに流れたセンス電流が非磁性メタルピラーにも流れ、このセンス電流により磁気バイアスが生じるようにしたので、この磁気バイアスが巨大磁気抵抗ピラーに対して印加されることにより、巨大磁気抵抗構造の動作点が最適化され、小さい信号磁界に対して十分な線形応答を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係る磁気ヘッドの斜視構成を表す斜視図である。

【図２】図１に示した磁気ヘッドのＸＺ面に沿った断面構成を表す断面図である。

【図３】図１に示した磁気ヘッドのＹＺ面に沿った断面構成を表す断面図である。

【図４】再生ヘッドに関するＣＰＰ－ＭＲピラーと非磁性メタルピラーとの間の距離と磁気バイアス量との相関を表す図である。

【図５】再生ヘッドに関する信号磁界の強度と抵抗値との相関（磁気バイアス印加せず）を表す図である。

【図６】再生ヘッドに関する信号磁界の強度と抵抗値との相関（磁気バイアス印加，ＣＰＰ－ＭＲピラーと非磁性メタルピラーとの間の距離＝約２００ｎｍ）を表す図である。

【図７】　再生ヘッドに関する信号磁界の強度と抵抗値との相関（磁気バイアス印加，ＣＰＰ－ＭＲピラーと非磁性メタルピラーとの間の距離＝約１００ｎｍ）を表す図である。

【図８】再生ヘッドに関する磁気伝播特性を表す図である。

【図９】　本発明の第２の実施の形態に係る磁気ヘッドのＸＺ面に沿った断面構成を表す断面図である。

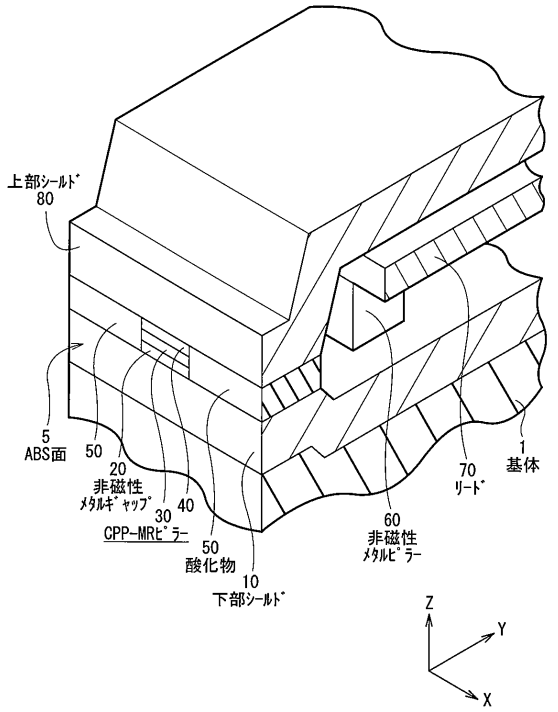
【図１０】再生ヘッドに関する信号磁界の強度と抵抗値との相関を表す図である。

【図１１】一般的な薄膜磁気ヘッドにおける要部の概略構成を表す図である

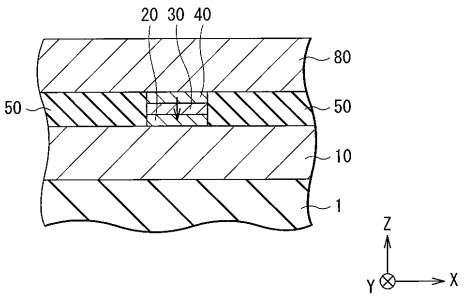
【符号の説明】

１…基体、５…ＡＢＳ面、１０…下部シールド、２０，４０…非磁性メタルギャップ、３０…ＣＰＰ－ＭＲピラー、５０，９０…酸化物、６０…非磁性メタルピラー、７０…リード、８０…上部シールド、Ｉ１，Ｉ２…センス電流。

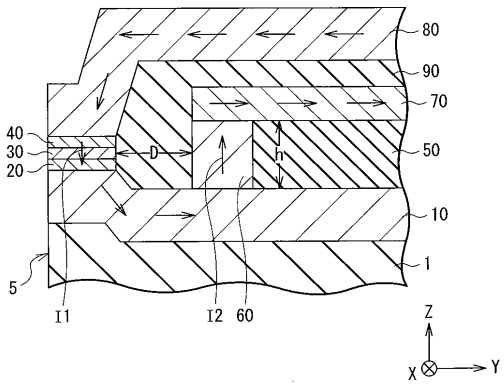
【図１】



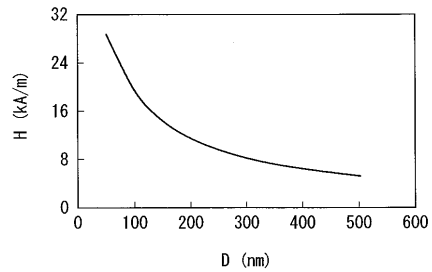
【図２】



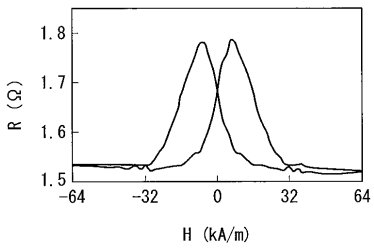
【図３】



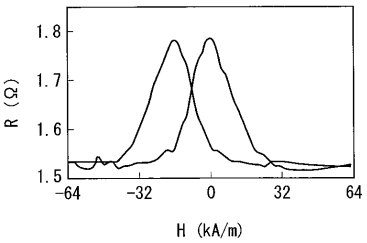
【図４】



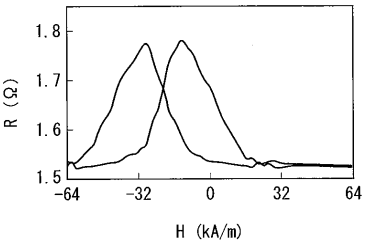
【図５】



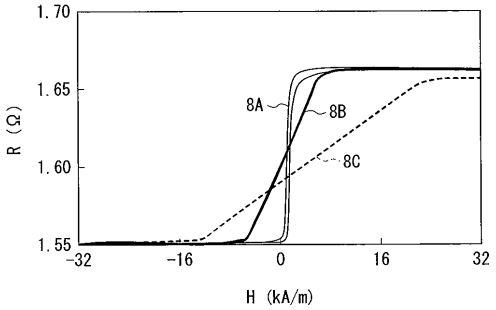
【図６】



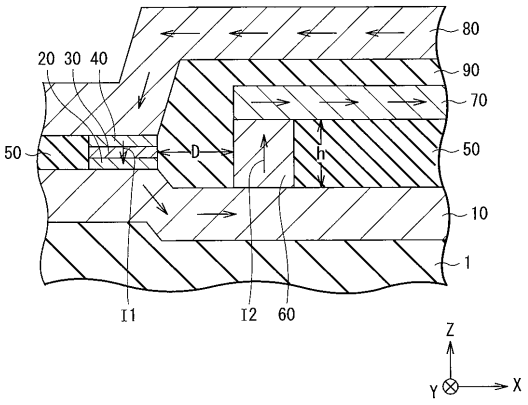
【図７】



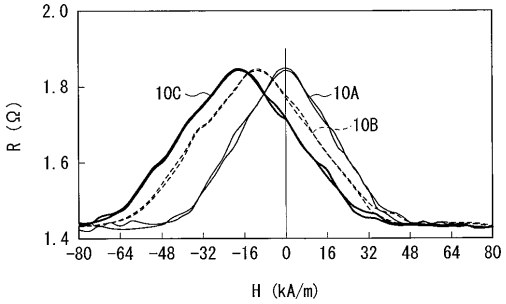
【図８】


1.70
1.65
1.60
1.55
R (Ω)
8A
8B
8C
-32
-16
0
16
32
H (kA/m)

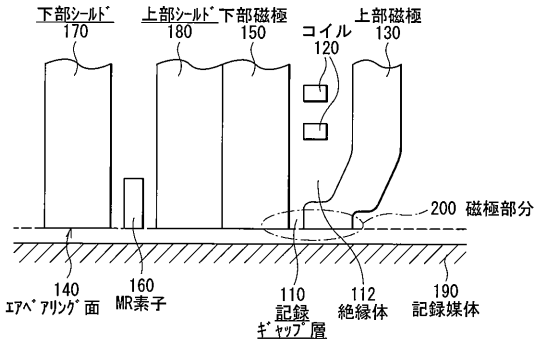
【図９】


80
90
70
50
10
1
20 30 40
50
D
h
I1
I2
60
Z
Y
X

【図１０】


2.0
1.8
1.6
1.4
R (Ω)
10C
10A
10B
-80 -64 -48 -32 -16 0 16 32 48 64 80
H (kA/m)

【図１１】


下部シールド
170
上部シールド
180
下部磁極
150
コイル
120
上部磁極
130
200 磁極部分
140
エアベアリング面
160
MR素子
110
記録
ギャップ層
112
絶縁体
190
記録媒体

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０９－１８０１３３（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０９８８１９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G11B 5/39
G01R 33/09
H01F 10/32
H01L 43/08