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

特許第3640230号

(P3640230)

(45)発行日　平成17年4月20日(2005.4.20)　(24)登録日　平成17年1月28日(2005.1.28)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
H01L 43/08	H01L	43/08	Z
G01R 33/09	G11B	5/39	
G11B 5/39	H01F	10/00	
H01F 10/00	G01R	33/06	R

請求項の数 4　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願平9-279308
(22)出願日　平成9年9月4日(1997.9.4)
(65)公開番号　特開平11-87804
(43)公開日　平成11年3月30日(1999.3.30)
審査請求日　平成11年8月10日(1999.8.10)
審判番号　不服2003-3976(P2003-3976/J1)
審判請求日　平成15年3月11日(2003.3.11)

(73)特許権者　000173795
財団法人電気磁気材料研究所
宮城県仙台市太白区八木山南２丁目１－１
(74)代理人　100077528
弁理士　村井　卓雄
(72)発明者　小林　伸聖
宮城県仙台市太白区土手内３丁目４－１０　コーポまつだＡ－１０１
(72)発明者　村上　進
宮城県亘理郡亘理町逢隈小山字内堀小４４
(72)発明者　大沼　繁弘
宮城県仙台市太白区人来田１丁目２７－２７
(72)発明者　増本　健
宮城県仙台市青葉区上杉３丁目８番２２号
最終頁に続く

(54)【発明の名称】薄膜磁界センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

室温で3%以上の磁気抵抗効果（MR比）を有する巨大磁気抵抗薄膜の1個の両側に、8kG以上の飽和磁束密度を有する軟磁性薄膜を、外部磁界により該軟磁性薄膜が磁化される位置であって、且つ該軟磁性薄膜の磁化に相当する磁界が前記巨大磁気抵抗薄膜に作用する位置に、該軟磁性薄膜の膜厚の20倍以下の間隔で隔てて、配置したことを特徴とする薄膜磁界センサ。

【請求項２】

金属－絶縁体ナノグラニュラー構造からなり、1×10^{4} μΩcm以上の高電気比抵抗を有し、且つ室温で3%以上の磁気抵抗効果（MR比）を有する巨大磁気抵抗薄膜の1個の両側に、8kG以上の飽和磁束密度を有する軟磁性薄膜を、外部磁界により該軟磁性薄膜が磁化される位置であって、且つ該軟磁性薄膜の磁化に相当する磁界が前記巨大磁気抵抗薄膜に作用する位置に、該軟磁性薄膜の膜厚の20倍以下の間隔を隔てて、配置したことを特徴とする薄膜磁界センサ。

【請求項３】

同一平面内において、前記巨大磁気抵抗薄膜の1個の両側に、前記軟磁性薄膜を配置したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の薄膜磁界センサ。

【請求項４】

請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の薄膜磁界センサからなる磁気MRヘッド。

【発明の詳細な説明】

【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、磁界感度の劣る磁気抵抗薄膜を軟磁性薄膜の高い飽和磁束密度を利用し、磁界感度を著しく向上させた磁界センサおよびこれを用いた磁気ＭＲヘッドに関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
近年、情報の大容量化、高速化に伴い、磁気記録の分野においても更なる記録密度の高密度化が進められ、垂直磁気記録方式など様々な試みがなされている。磁気抵抗効果（ＭＲ）を利用したヘッド（ＭＲヘッド）は、上記の要請に対応するものとして注目され、現在盛んに研究されている。また、ＭＲセンサは、サーボモーターやロータリーエンコダーなどの磁界センサとしても広く利用されている。
【０００３】
このような状況の中で、従来のＭＲ材料の１０倍以上のもの巨大磁気抵抗効果（ＧＭＲ）を示す材料が、Ｆｅ／Ｃｒ系などの金属人工格子膜で見出された（Ｍ．Ｎ．Ｂａｉｂｉｃｈ　ｅｔ　ａｌ，Ｐｈｙｓ．Ｒｅｖ．Ｌｅｔｔ．６１（１９８８）２４７２）。ＧＭＲは、この発見をきっかけに金属人工格子のみならず、Ｍｎ酸化物などの酸化物系、Ｃｏ－Ｃｕ合金などの金属－金属系グラニュラー合金、またＣｏ－Ａｌ－Ｏ合金薄膜などの金属－非金属系グラニュラー合金薄膜などで見出され、現在盛んに研究されている。これらの材料は、ＭＲ比が大きいことから磁気ヘッドなどの磁界センサへの応用が期待されている。しかし、金属人工格子のＧＭＲを利用したスピンバルブヘッドの実用化が進められているものの、安定性や歩留まりの悪いことなど、問題は多い。また、金属人工格子以外の材料においては、磁界感度が著しく悪く、磁気ヘッドなどの磁界センサに利用することは出来なかった。
【０００４】
ＭＲ比が非常に大きいにもかかわらず、磁界感度が悪い酸化物系ＧＭＲ材料の磁界感度を向上させるユニークな方法が、Ｈ．Ｙ．Ｈｗａｎｇ等によって提案された（Ｈ．Ｙ．Ｈｗａｎｇ　ｅｔ　ａｌ，Ａｐｐｌ．Ｐｈｙｓ．Ｌｅｔｔ．，６８（１９９６）３４９４）。それによると、０．１ｍｍ厚のＭｎ酸化物ＧＭＲ材料を、２つの１．４７×１．４７×２４．２ｍｍ大のＭｎＺｎフェライトに挟み、フェライトの高い透磁率を利用して、見かけ上ＧＭＲの磁界感度を上げることに成功している。しかしこの報告では、フェライトの飽和磁束密度が小さいため、十分な磁界感度が得られていない上に、数ｍｍ以上の大きさのバルク材料を用いており、ＭＲヘッドなどのマイクロデバイスには用いられていない。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
以上のように、薄膜ＧＭＲ材料は、その応用化が期待されているにもかかわらず、磁界感度が悪いために、ＭＲヘッドなどの磁界センサに用いることが出来なかった。特に、金属－非金属系グラニュラー合金薄膜は、成膜状態でＧＭＲを示し、また1×10^{4} μΩｃｍ以上の高い電気比抵抗を有し、小さな電流で大きな電圧変化が得られるなどの特長を有するにもかかわらず、磁界感度が悪いために、センサなどに用いることはできなかった。
【０００６】
本発明は、上記の事情を鑑みてなされたもので、磁界感度の悪いＧＭＲ薄膜材料を軟磁性薄膜と複合化し、磁界感度の高いＧＭＲ薄膜磁界センサを提供することを目的とする。
【０００７】
【課題を解決するための手段】
本発明は、上記の事情を鑑みて鋭意努力した結果である。磁界感度の悪いＧＭＲ薄膜材料と軟磁性薄膜を図１に示すように同一平面内に配置し、外部磁界に対する軟磁性膜の高い飽和磁束密度を利用することによって、ＧＭＲの磁界感度が著しく改善され、極めて磁界感度の高い薄膜磁界センサを得ることができる。また膜厚が数μｍ以下の薄膜材料を用い、電子ビームリソグラフィやイオンビームエッチングなどの微細加工技術を用いることに

よって、磁界センサのマイクロ化に対応することが可能である。
本発明の特徴とするところは次の通りである。
【０００８】
第1発明は、室温で3%以上の磁気抵抗効果（MR比）を有する巨大磁気抵抗薄膜の1個の両側に、8kG以上の飽和磁束密度を有する軟磁性薄膜を、外部磁界により該軟磁性薄膜が磁化される位置であって、且つ該軟磁性薄膜の磁化に相当する磁界が前記巨大磁気抵抗薄膜に作用する位置に、該軟磁性薄膜の膜厚の20倍以下の間隔で隔てて、配置したことを特徴とする薄膜磁界センサに関する。
【０００９】
第2発明は、金属－絶縁体ナノグラニュラー構造からなり、1×10^{4}μΩcm以上の高電気比抵抗を有し、且つ室温で3%以上の磁気抵抗効果（MR比）を有する巨大磁気抵抗薄膜の1個の両側に、8kG以上の飽和磁束密度を有する軟磁性薄膜を、外部磁界により該軟磁性薄膜が磁化される位置であって、且つ該軟磁性薄膜の磁化に相当する磁界が前記巨大磁気抵抗薄膜に作用する位置に、該軟磁性薄膜の膜厚の20倍以下の間隔を隔てて、配置したことを特徴とする薄膜磁界センサに関する。
【００１０】
第３発明は、同一平面内において、巨大磁気抵抗薄膜の1個の両側に、軟磁性薄膜を配置したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の薄膜磁界センサに関する。
【００１１】
第4発明は、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の薄膜磁界センサからなる磁気MRヘッドに関する。
【００１４】
【作用】
本発明の薄膜磁界センサは、二つの軟磁性薄膜を同一平面内に膜厚の２０倍以下の隙間を隔てて配置し、その隙間にＧＭＲ薄膜を配置した構造にする必要がある。このとき、軟磁性薄膜はどちらか一方のみでも効果はあるが、上記のようにＧＭＲ薄膜を挟むように両側配置した構造とする方がより効果的である。この構造を有することによって、軟磁性薄膜が磁化すると、隙間の部分に配置されたＧＭＲ薄膜に軟磁性薄膜の磁化に相当する磁界が作用する。このため、ＧＭＲ薄膜のＭＲ比は、小さな外部磁界においてほぼ飽和値を示し、磁界感度が著しく大きくなる。
【００１５】
上記のような効果を得るためには、以下のことを考慮しなければならない。
一つは、ＧＭＲ薄膜の両側に配置される軟磁性薄膜の隙間の距離及びその形状である。隙間が広く軟磁性薄膜どうしの距離が離れすぎた場合、軟磁性薄膜から漏れる磁束が分散してしまい、ＧＭＲ薄膜に十分な磁界が作用しない。このことから、隙間の間隔は、軟磁性薄膜の膜厚の２０倍以下でなければならず、狭ければ狭いほど有効に磁界が作用する。また、膜厚方向で隙間が変化する場合、特に下部に比較して上部の隙間が大きい場合には、磁束が分散してしまい有効な磁界は作用しない。このように、隙間の形状が磁界センサの性能に大きな影響を及ぼす。軟磁性薄膜およびＧＭＲ薄膜は、ＲＦスパッタ法、イオンビームスパッタ法、あるいは蒸着法などの成膜法によって作製され、その厚さは、せいぜい数μｍかそれ以下である。そのため、本発明の磁界センサの作製にあたっては、数μｍから１μｍ以下のオーダーの加工精度が求められ、フォトレジストあるいは電子ビームリソグラフィによるリフトオフ法、またはイオンビームエッチングなどの半導体などに用いられる微細加工技術を用いる必要がある。
【００１６】
二つは、軟磁性薄膜の磁気特性である。フェライトのように飽和磁束密度が小さい場合は、弱磁界で磁化して飽和しても、その値が小さいためにＧＭＲ薄膜に、充分に有効な磁界は作用しない。このため、種々のＧＭＲ薄膜材料の飽和磁束密度を考慮すると、軟磁性薄膜の飽和磁束密度は、８ｋＧ以上であることが必要である。
【００１７】

さらにＧＭＲ薄膜の特性として、ＭＲ比が３％より小さい場合は、実用材料であるＭＲ材料のパーマロイなどと比較して、同程度かそれ以下なので、新しいＭＲセンサとしての価値がない。一方、ＧＭＲ薄膜の電気比抵抗が大きい場合には、小さな電流で大きな電圧変化が得られるために、より大きな出力が得られる。したがって、１×１０^{4} μΩｃｍ以上の大きな電気比抵抗を有する金属－非金属ナノグラニュラー薄膜は、出力の大きな薄膜磁界センサを得るために必要である。

【００１８】

【実施例】

以下図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

［実施例1］資料番号03の薄膜磁界センサの作製

軟磁性薄膜としてパーマロイ($Fe_{65}Ni_{35}$)薄膜を用い、GMR薄膜に資料番号０１の$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ナノグラニュラー薄膜を用いて、薄膜磁界センサを作製した。パーマロイ薄膜および$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ナノグラニュラー薄膜の作製にはRFスパッタ装置を用いた。図2に$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$薄膜のMR曲線を示す。MR曲線は、磁界感度が悪くなかなか飽和にいたらない。

【００１９】

パーマロイ($Fe_{65}Ni_{35}$)薄膜は、$Fe_{65}Ni_{35}$合金ターゲットをスパッタして作製した。膜厚は約2μmである。さらに、得られた薄膜にイオンビームエッチング装置を用いて、幅約9μmの隙間を作製した。そして、隙間の部分を残して軟磁性薄膜をマスクし、その部分に純Co円盤状にY_2O_3チップを配置した複合ターゲットをスパッタすることにより、図2に示したMR特性を有する$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ナノグラニュラーＧＭＲ薄膜を作製した。これによって、図1に示したようなパーマロイ($Fe_{65}Ni_{35}$)薄膜と$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ＧＭＲ薄膜を同一平面内に配置された薄膜磁界センサが得られた。図3には、上記の薄膜磁界センサの磁界に対するMR比を示す。MR比は極めて弱い磁界において急激に変化し、その値は0.50eの弱磁界において約２％であり、良好な磁界感度を示している。図2に示したMR特性を有するGMR薄膜を本発明の薄膜センサに組み込むことによって、磁界感度が大幅に改善されることが分かる。

【００２０】

[実施例２]資料番号２２の薄膜磁界センサの作製

軟磁性薄膜として$Fe_{71.3}Nd_{9.6}O_{19.1}$高電気抵抗ナノグラニュラー薄膜を用い、GMR薄膜には実施例１と同様に資料番号01の$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$を用いて、薄膜磁界センサを作製した。$Fe_{71.3}Nd_{9.6}O_{19.1}$薄膜および$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$薄膜の作製には実施例１と同様にRFスパッタ装置を用いた。

【００２１】

$Fe_{71.3}Nd_{9.6}O_{19.1}$薄膜は、純Co円板状に$Nd_2O_3$チップを配置した複合ターゲットをスパッタすることにより作製した。膜厚は約2μmである。その他の作製法は実施例１と同様である。図4には、上記の薄膜磁界センサの磁界に対するMR比を示す。MR比は極めて弱い磁界において急激に変化し、その値は10eの弱磁界において約2.1%であり、良好な磁界感度を示している。

【００２２】

表１には、本発明の薄膜磁界センサにおいて、様々な軟磁性薄膜とＧＭＲ薄膜を組み合わせた場合の１０ｅにおけるＭＲ比を示した。表に見られるように、ＧＭＲ薄膜が単独な場合（比較例）より、本発明の薄膜磁界センサのＭＲ比の方が著しく向上していることが判る。

【００２３】

【表１】

	試料番号	軟磁性薄膜 (at%)	GMR薄膜 (at%)	10eでのMR比（%）
本発明	03	パーマロイ $(Fe_{65}Ni_{35})$	$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ ナノグラニュラー合金	2.3
	05	センダスト $(Fe_{74}Si_9Al_{17})$	$Co_{52}Al_{20}O_{28}$ ナノグラニュラー合金	4.0
	07	ハードパーム $(Fe_{12}Ni_{82}Nb_6)$	$Co_{52}Al_{20}O_{28}$ ナノグラニュラー合金	2.2
	09	$Co_{88}Nb_6Zr_6$ アモルファス合金	$Co_{51.0}Sm_{10.7}O_{38.3}$ ナノグラニュラー合金	3.1
	10	$(Co_{94}Fe_6)_{70}Si_{15}B_{15}$ アモルファス合金	$Co_{52.0}Dy_{10.5}O_{37.5}$ ナノグラニュラー合金	3.4
	12	ファインメット $(Fe_{75.6}Si_{13.2}B_{8.5}Nb_{1.9}Cu_{0.8})$	$Co_{52}Al_{20}O_{28}$ ナノグラニュラー合金	4.0
	13	ナノマックス $(Fe_{83}Hf_6C_{11})$	$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ ナノグラニュラー合金	2.5
	15	$Fe_{85}Zr_{10}B_5$ 合金	$(Co_{90}Fe_{10})_{40}Y_{14}O_{46}$ ナノグラニュラー合金	2.7
	19	$Fe_{93}Si_3N_4$ 合金	$Co_{52}Al_{20}O_{28}$ ナノグラニュラー合金	3.1
	21	$Fe_{71}B_{11}N_{18}$ 合金	$Co_{52}Al_{20}O_{28}$ ナノグラニュラー合金	3.5
	22	$Fe_{71.3}Nd_{9.6}O_{19.1}$ ナノグラニュラー合金	$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ ナノグラニュラー合金	2.1
	26	$Co_{70}Al_{10}O_{20}$ ナノグラニュラー合金	$Co_{52}Al_{20}O_{28}$ ナノグラニュラー合金	2.2
	28	$Co_{65}Fe_5Al_{10}O_{20}$ 合金	$Co_{52}Al_{20}O_{28}$ ナノグラニュラー合金	2.5
比較例	01	なし	$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ ナノグラニュラー合金	0.004

【００２４】
表１に示した軟磁性薄膜はいずれも８ｋＧ以上の飽和磁束密度を有し、ＧＭＲ薄膜は１０ＫＯｅで３％以上のＭＲ比と１×１０^{4}μΩｃｍ以上の電気比抵抗を有する。表１に示されたいずれのセンサも弱磁界で大きなＭＲ比を有し、大きな磁界感度を示す。
【００２５】
上記の通り、本発明の薄膜磁界センサは、ＭＲ比の磁界感度が優れているので、磁気ＭＲヘッドにも好適である。
【００２６】
【発明の効果】

本発明の薄膜磁界センサは、軟磁性薄膜とＧＭＲ薄膜とから構成することにより、ＧＭＲの磁界感度が著しく向上する。ＧＭＲ材料を用いることによって、現在使用されているパーマロイなどを使用したＭＲ磁界センサに比べて大きな出力が得られ、また薄膜材料と微細加工技術を用いているので、磁界センサ素子のマイクロ化にも対応することができ、その工業的意義は大きく、磁気ＭＲヘッドなどにも好適である。

【図面の簡単な説明】

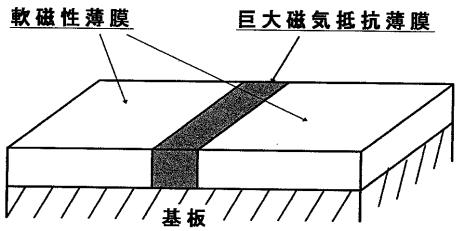
【図１】本発明の薄膜磁界センサの構造を示す斜視図である。

【図２】　$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ナノグラニュラーGMR薄膜の磁界とMR比の関係を示す特性図である。

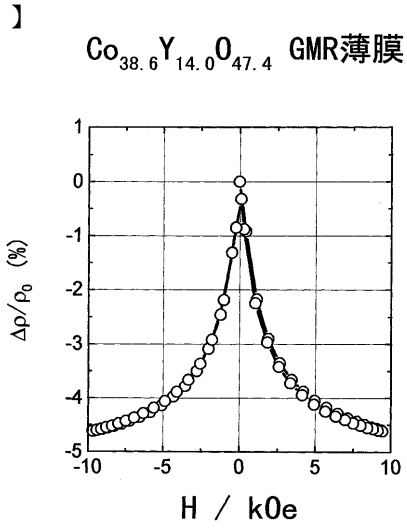
【図３】軟磁性薄膜に$Fe_{65}Ni_{35}$薄膜、GMR薄膜に$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ナノグラニュラー薄膜を用いた場合の本発明センサの磁界とMR比の関係を示す特性図である。

【図４】軟磁性薄膜に$Fe_{71.3}Nd_{9.6}O_{19.1}$高電気抵抗ナノグラニュラー薄膜、GMR薄膜に$Co_{38.6}Y_{14.0}O_{47.4}$ナノグラニュラー薄膜を用いた場合の本発明センサの磁界とMR比の関係を示す特性図である。

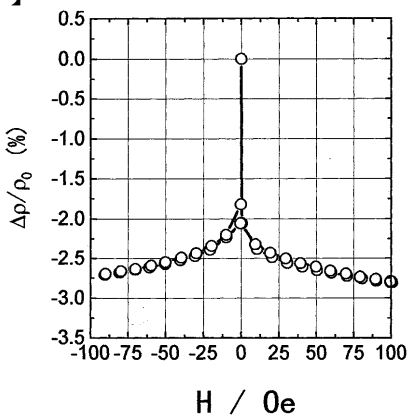
【図１】



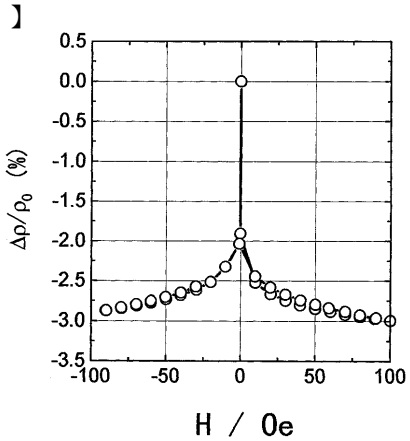
【図２】



【図３】



【図４】



フロントページの続き

合議体
審判長　松本　邦夫
審判官　河本　充雄
審判官　河合　章

(56)参考文献　特開平７－２７２２２１（ＪＰ，Ａ）
特開平７－２３０６１０（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２４６６２３（ＪＰ，Ａ）
特開平９－８２５２２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９５／０３５５０７（WO，Ａ１）
日本応用磁気学会誌，Vol.21,No.4-2(1997),pp.461-464
日本応用磁気学会誌，Vol.23,No.4-2(1999),pp.1329-1332