

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4147118号
(P4147118)

(45) 発行日 平成20年9月10日(2008.9.10)

(24) 登録日 平成20年6月27日(2008.6.27)

(51) Int.Cl.

F 1

G 11 B	5/39	(2006.01)	G 11 B	5/39
H 01 F	10/16	(2006.01)	H 01 F	10/16
H 01 F	10/32	(2006.01)	H 01 F	10/32
H 01 L	43/08	(2006.01)	H 01 L	43/08
H 01 L	43/10	(2006.01)	H 01 L	43/08

M
Z
請求項の数 14 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-6662 (P2003-6662)
(22) 出願日	平成15年1月15日 (2003.1.15)
(65) 公開番号	特開2004-220692 (P2004-220692A)
(43) 公開日	平成16年8月5日 (2004.8.5)
審査請求日	平成17年6月28日 (2005.6.28)

(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(74) 代理人	110000350 ボレール特許業務法人
(74) 代理人	100068504 弁理士 小川 勝男
(74) 代理人	100086656 弁理士 田中 恭助
(74) 代理人	100094352 弁理士 佐々木 孝
(72) 発明者	早川 純 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】 3端子型磁気ヘッドとそれを搭載した磁気記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁性半導体と、

前記磁性半導体上に形成された第1の強磁性層と、前記第1の強磁性層の上部に形成された第2の強磁性層と、前記第1と第2の強磁性層との間に形成された第1の非磁性層とを有する磁性積層膜と、

前記第2の強磁性層と、前記第2の強磁性層の上部に形成された第3の強磁性層と、前記第2の強磁性層と第3の強磁性層の間に形成された第1のトンネルバリア層とを有するトンネル磁気抵抗効果膜と、

前記磁性半導体に電気的に接続された第1の電極と、

前記第1の強磁性層、第1の非磁性層及び第2の強磁性層のうち何れか1層に電気的に接続された第2の電極と

前記第3の強磁性層に電気的に接続された第3の電極を備え、

前記第1の電極と第3の電極との間に電流を流すことにより、前記磁性半導体および磁性積層膜を通じて前記トンネル磁気抵抗効果膜にトンネル電流が流れ、

外部磁界が印加されると前記第2の強磁性層の磁化方向が変化し、この磁化方向の変化による抵抗変化を前記第2の電極及び第3の電極により検出することを特徴とする3端子型磁気ヘッド。

【請求項 2】

前記第1の強磁性層の磁化の方向は固定されていることを特徴とする請求項1記載の3

10

20

端子型磁気ヘッド。

【請求項 3】

前記第3の強磁性層の磁化の方向は固定されていることを特徴とする請求項1記載の3端子型磁気ヘッド。

【請求項 4】

前記第3の強磁性層の磁化の方向は、前記第1のトンネルバリア層と対向する側とは反対側に形成された反強磁性層により固定されていることを特徴とする請求項3記載の3端子型磁気ヘッド

【請求項 5】

前記第3の電極は、前記反強磁性層に電気的に接続されていることを特徴とする請求項4記載の3端子型磁気ヘッド。 10

【請求項 6】

前記磁性半導体と第1の強磁性層との間に第2の非磁性層が形成されていることを特徴とする請求項5記載の3端子型磁気ヘッド。

【請求項 7】

前記磁性半導体はGa、As、Cr、Mn、N、Fe、Co、Ge、Si、Cの少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の3端子型磁気ヘッド。

【請求項 8】

前記第1の強磁性層、第2の強磁性層および第3の強磁性層はCo、Fe、Niのいずれか一つを含むことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の3端子型磁気ヘッド。 20

【請求項 9】

前記第1の非磁性層はCu、Au、Ag、Ptのいずれか一つを含むことを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の3端子型磁気ヘッド。

【請求項 10】

磁性半導体と、

前記磁性半導体上に形成された非磁性層と、

前記非磁性層の上部に形成された第1の強磁性層と第2の強磁性層と、前記第1の強磁性層と第2の強磁性層の間に形成された第1のトンネルバリア層と、前記第2の強磁性層上に形成された反強磁性層を有するトンネル磁気抵抗効果膜と、 30

前記磁性半導体に電気的に接続された第1の電極と、

前記第1の強磁性層又は前記非磁性層に電気的に接続された第2の電極と

前記第2の強磁性層又は前記反強磁性層に電気的に接続された第3の電極を備え、

前記第1の電極と第3の電極との間に電流を流すことにより、前記磁性半導体および非磁性層を通じて前記トンネル磁気抵抗効果膜にトンネル電流が流れ、

外部磁界が印加されると前記第1の強磁性層の磁化方向が変化し、この磁化方向の変化による抵抗変化を前記第2の電極及び第3の電極により検出することを特徴とする3端子型磁気ヘッド。

【請求項 11】

前記磁性半導体はGa、As、Cr、Mn、N、Fe、Co、Ge、Si、Cの少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項10記載の3端子型磁気ヘッド。 40

【請求項 12】

前記第1の強磁性層および第2の強磁性層はCo、Fe、Niのいずれか一つを含むことを特徴とする請求項10又は11記載の3端子型磁気ヘッド。

【請求項 13】

前記非磁性層はCu、Au、Ag、Ptのいずれか一つを含むことを特徴とする請求項10乃至12のいずれかに記載の3端子型磁気ヘッド。

【請求項 14】

請求項1乃至13のいずれかに記載の3端子型磁気ヘッドを備えることを特徴とする磁

50

気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は3端子型磁気抵抗効果素子を磁気的に記録された情報を磁気的に再生するヘッドに用いる3端子型磁気ヘッド、ならびにその3端子型磁気ヘッドを備える超高密度磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

高密度磁気記録装置に用いられる磁気ヘッドの再生部には、電流を膜面内方向に流す巨大磁気抵抗効果(CIP-GMR: Current In Plane-Giant Magnetoresistance)素子やトンネル型磁気抵抗効果素子が提案されており、それぞれ特開平4-358310号公報(特許文献1)、特開平10-4227号公報(特許文献2)に記載されている。また、最近ではこれらの磁気抵抗効果素子に対して数十倍もの出力が得られる3端子型スピントランジスタの室温動作がPhysical Review Letters. Vol 85, 3277 (2000)(非特許文献1)において報告され、磁気ヘッドへの応用に期待されている。これは、トランジスタ構造においてベースにCo/Cu/Coの巨大磁気抵抗効果素子を適用し、半導体(エミッタ)/金属(ベース)界面に形成されるショットキーバリアを使ってGMR素子にホットエレクトロンを注入することにより高出力化を達成している。このようにホットエレクトロンを注入することはMR素子の出力を増大させるには有効であるが、これまで報告されている金属/半導体ショットキーバリアでは出力するコレクタ電流が1nA程度と非常に小さいという問題があった。

【0003】

【特許文献1】

「特開平4-358310号公報」

【特許文献2】

「特開平10-4227号公報」

【非特許文献1】

「Physical Review Letters. Vol 85, 3277 (2000)」

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、超高密度磁気記録再生装置用磁気ヘッドに関し、従来の3端子型磁気抵抗効果素子が抱えていた下記の課題を解決した素子、すなわち、磁性半導体と磁性積層膜及びTMR素子からなる3端子型磁気抵抗素子を用いた3端子型磁気ヘッドおよびこの3端子型磁気ヘッドを用いた超高密度磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

第一の課題は、磁気抵抗素子の高出力化である。

第二の課題は、TMR素子部に最適な電流密度を確保することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の目的を達成するために、3端子型磁気ヘッドにおいて、磁性半導体と、前記磁性半導体上に形成された第1の強磁性層と、前記第1の強磁性層上に形成された第2の強磁性層と、前記第1と第2の強磁性層との間に形成された第1の非磁性層とを有する磁性積層膜と、前記第2の強磁性層と前記第2の強磁性層上に形成された第3の強磁性層と、前記第2の強磁性層と第三の強磁性層の間に形成された第1のトンネルバリア層とを有するトンネル磁気抵抗効果膜と、前記磁性半導体に電気的に接続された第1の電極と、前記第1の強磁性層、第1の非磁性層又は第2の強磁性層のうち何れか1層に電気的に接続された第2の電極と前記第3の強磁性層に電気的に接続された第3の電極を備え、前記第1の電極と第3の電極との間に電流を流すことにより、前記磁性半導体および磁気抵抗効果膜を通じて前記トンネル磁気抵抗効果膜にトンネル電流が流れ、外界磁界が印加されると前記第2の強磁性層の強磁性層の磁化方向が変化し、この磁化方向の変化による抵抗変化を前記第2の電極及び第3の電極により検出する3端子型磁気抵抗効果素子を用い

10

20

30

40

50

るようとした。また、かかる3端子型磁気抵抗効果素子において、前記第3の強磁性層の磁化の方向は、前記第1のトンネルバリア層と対向する側とは反対側に形成された反強磁性層により固定されているようにした。

【0006】

前記磁性半導体と第2の強磁性層との間に第2のトンネルバリア層、前記磁性半導体と第1の強磁性層との間に第2の非磁性層、および、前記磁性半導体と第2の非磁性層との間に第2のトンネルバリア層が形成されているようにした。

【0007】

また、磁性半導体と、前記磁性半導体上に形成された非磁性層と、前記非磁性層の上に形成された第1の強磁性層と第2の強磁性層と、前記第1の強磁性層と第2の強磁性層の間に形成された第1のトンネルバリア層と、前記第2の強磁性膜上に形成された反強磁性層を有するトンネル磁気抵抗効果膜と、前記磁性半導体に電気的に接続された第1の電極と、前記第1の強磁性層又は第1の非磁性層の何れかに電気的に接続された第2の電極と前記第3の強磁性層又は前記反強磁性層のいずれかに電気的に接続された第3の電極を備え、前記第1の電極と第3の電極との間に電流を流すことにより、前記磁性半導体および磁気抵抗効果膜を通じて前記トンネル磁気抵抗効果膜にトンネル電流が流れ、外界磁界が印加されると前記第1の強磁性層の強磁性層の磁化方向が変化し、この磁化方向の変化による抵抗変化を前記第2の電極及び第3の電極により検出する3端子型磁気抵抗効果素子を用いるようにした。

【0008】

上記3端子型磁気ヘッドにおいて、前記磁性半導体はGa、As、Cr、Mn、Ni、Fe、Co、Ge、Si、Cの少なくとも一つ、前記第1の強磁性層、第2の強磁性層、および第3の強磁性層はCo、Fe、Niのいずれか一つ、および、前記第1の非磁性金属層と第2の非磁性金属層はCu、Au、Ag、Ptのいずれかひとつを含むようにした。

【0009】

【発明の実施の形態】

本発明では、磁性半導体上にGMR素子とTMR素子を積層した積層膜を形成し、磁性半導体からこの積層膜に高偏極スピニエレクトロンを注入することによりTMR素子の出力を増大させた。また、磁性半導体の上にGMR素子の代りに適当な非磁性膜あるいはトンネルバリア膜を配置して同様の効果を得た。磁性半導体と積層膜の間はショットキーバリアあるいはトンネルバリアあるいはオーミック接合で高偏極ホットエレクトロンあるいは高偏極スピニエレクトロンを注入させた。

【0010】

磁性半導体とTMR素子の間に適当な非磁性層やトンネルバリア層あるいはGMR膜を備えることにより高偏極スピニエレクトロンの注入効率の高い界面を形成することが可能となり、ひいてはスピニエレクトロン依存伝導性の大きな素子を形成することが可能となった。さらには、上記手段によりTMR素子部に最適な電流密度を確保することが可能となった。

【0011】

以下、本発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

[実施の形態1]

図1に本発明の実施例のひとつを示す。磁性半導体11上に第1の強磁性層31、その上に第1の非磁性層41が積層されて磁性積層膜が形成され、さらにその上に第2の強磁性層32、第1のトンネルバリア層21、第3の強磁性層33が順次積層されてトンネル磁気抵抗効果膜が形成されている。

【0012】

磁性半導体11と第1の強磁性層31と第3の強磁性層の端部にはそれぞれ電極51と電極52と電極53が配置されている。電極52は第1の強磁性層31、第1の非磁性層41、第2の強磁性層のいずれかの層の上に配置されていてもかまわない。電極51と電極52と電極53はそれぞれ電気的にリードしないようにお互い絶縁されている。

【0013】

10

20

30

40

50

次に本発明の3端子磁気抵抗効果素子の動作原理について説明する。外部磁界(H)により第2の強磁性層32の磁化は自由に回転し、その回転角に応じて第1のトンネルバリア層を介した第2の強磁性32と第3の強磁性層33の間の膜面垂直方向の電気抵抗が変化し磁気抵抗効果が発生する。この本発明の素子は、電極51より電極53に電流を流し、電極52と電極53の間に設けられた信号検出系71にて上記磁気抵抗効果を出力する3端子型磁気抵抗効果素子である。この出力方式は電圧検出出力あるいは電流検出出力とする。電極51から印加された電流は磁性半導体を通して、第1の強磁性層31と第1の非磁性層41と第2の強磁性層32で構成される磁性積層膜(この場合、GMR膜となっている)に流れ込む。この際、磁性半導体中の伝導電子は高偏極した電子スピンであり、上記の積層膜に注入される。この効果と上記GMR膜でのスピニルターリングの効果により大きな磁気抵抗効果を得ることができる。

10

【0014】

次に、上記3端子型磁気抵抗効果膜の各種材料と作製法について説明する。GaAs基板上に磁性半導体11としてGaMnAsをMBE(分子線エピタキシー)法を使って形成した。その後大気に暴露することなくスパッタリング法を用いてその上の積層膜を形成した。

【0015】

第1の強磁性金属層31、第1の非磁性層にはそれぞれCoFe2nm、Cu2nmを用いた。第2の強磁性層32にはCoFe2nmを適用し、その上の第1のトンネルバリア層21にはAl₂O₃2nmを用いた。このAl2O3の形成にはAl金属膜のプラズマ酸化及び自然酸化法を用いた。第3の強磁性層33はCoFe2nmとした。

20

【0016】

上記材料のほかに以下に挙げる材料を適用してもよい。すなわち、磁性半導体11としてGaMnAsのほかにGaMnN、CrAs、CrSb、CoTiO₂、CoZnO、MnZnO、MnC、MnAs、MnSi、FeSi、FeGe、MnGe、MnCを用いてもよい。第1の非磁性層41としてCuのほかにAu、Ag、Ptを用いてもよい。第1の強磁性層31としてCoFeのほかにCo、NiFeを使ってもよい。第2の強磁性層32はCoFeの他にCoFe/NiFe積層膜を用いてもよい。また第3の強磁性層33としてCoFe/Ru/CoFeのいわゆるシンセティックフェリ構造としてもかまわない。

【0017】

素子の形成にはフォトリソグラフィーとエッチング及びEBリソグラフィーを用いた。このように作製した3端子型磁気抵抗効果素子において得られた磁気抵抗効果は200%であった。この特性は従来のトンネル型磁気抵抗効果素子の抵抗変化率(30%)よりも一桁大きい値であった。また、電極52と電極53の間の電流は1000μAであった。この値は従来のトンネル型磁気抵抗効果素子で印加される電流値とほぼ同程度の値である。ここで比較した従来のトンネル型磁気抵抗効果素子の基本構成を図14に示した。強磁性自由層/トンネルバリア層/強磁性固定層はCoFe/Al2O3/CoFeという膜構成になる。

30

【0018】

[実施の形態2]

図2は図1の構成に対して第3の強磁性層の上に反強磁性層を備えた構成である。素子形成方法は実施の形態1と同様にフォトリソグラフィーとエッチング及びEBリソグラフィーを用いて行った。反強磁性層34はMnPt12nmとした。図3に示すように電極53は第3の反強磁性層34の上に配置してもよい。このように作製した3端子型磁気抵抗効果素子において得られた磁気抵抗効果は300%であった。また、電極52と電極53の間の電流は100μAであった。この構成において反強磁性層は第3の強磁性層の磁化方向を固定し、出力を増加させる役割を果たしている。

40

【0019】

[実施の形態3]

図4は、図3の構成に対して、第1の強磁性層31と磁性半導体11の間に第2のトンネルバリア層22を備えた構成である。

素子形成方法は実施の形態1と同様にフォトリソグラフィーとエッチング及びEBリソグラフィーを用いて行った。

50

【0020】

第2のトンネルバリア22を備えることにより、磁性半導体11との界面に形成される電子状態を制御することが可能である。本実施の形態では磁性半導体からトンネル電流によりバリスティックに電流が流れるため、高偏極スピン注入効率が上がり出力が増大できる。本実施の形態で得られた磁気抵抗効果は400である。得られた電流は100 μAである。

【0021】

[実施の形態4]

図5は、図3の構成に対して、第1の強磁性層と磁性半導体11の間に第2の非磁性層42を備えた構成である。本素子に適用された材料は[実施の形態1]で述べた構成と同様である。本構成のトンネルバリア23にはAl金属膜の酸化によって形成されたAl₂O₃を用いた。

10

素子形成方法は実施の形態1と同様にフォトリソグラフィーとエッティング及びEBリソグラフィーを用いて行った。

【0022】

第2の非磁性層42を備えることにより、磁性半導体11との界面に形成される電子状態を制御することが可能である。本実施の形態では磁性半導体から拡散的に高偏極スピンが注入されるため、出力は低下するが、磁性半導体中の伝導電子はハーフメタルであるため磁性半導体/第一の非磁性金属層界面はオーミックな接合であり抵抗が低減でき、図3(実施の形態2)の場合に比し、電流の減衰を抑制する効果が大きい。本実施の形態で得られた磁気抵抗効果は150%であるが、電極52と電極53の間電流値は1mA程度であった。

【0023】

20

[実施の形態5]

図6に本発明の他の実施例の一つを示す。図5の構成加えて磁性半導体11上に第2のトンネルバリア22が形成されており、その上に第2の非磁性金属層42、第1の強磁性金属層31、第1の非磁性金属層41、第2の強磁性自由層32、第1のトンネルバリア22、第3の強磁性固定層33、反強磁性層34が順次積層されている。

【0024】

磁性半導体11と第1の強磁性層31と反強磁性層34の端部にはそれぞれ電極51と電極52と電極53が配置されている。電極52は第1の強磁性層31、第1の非磁性層41、第2の強磁性層32のいずれかの層の上に配置されてもかまわない。電極51と電極52と電極53はそれぞれ電気的にリークしないようにお互い絶縁されている。

30

【0025】

次に本発明の3端子磁気抵抗効果素子の動作原理について説明する。外部磁界(H)により第2の強磁性層32の磁化は自由に回転し、その回転角に応じて第1のトンネルバリアを介した第2の強磁性層32と第3の強磁性層33の間の膜面垂直方向の電気抵抗が変化し磁気抵抗効果が発生する。電極51より電極53に電流を流し、電極52と電極53の間に設けられた信号検出系71にて上記磁気抵抗効果を出力する。この出力方式は電圧検出出力あるいは電流検出出力とする。電極51から印加された電流は磁性半導体を通過し、第2のトンネルバリア22を介して第2の非磁性層42と第1の強磁性層31と第1の非磁性層41と強磁性層32で構成されるGMR膜に流れ込む。この際、磁性半導体中の伝導電子は高偏極した電子スピンであり、また第1のトンネルバリアを介して流れるため、バリスティック(散乱されず)に高偏極スピン電子が第1～2の非磁性層42より上に積層された積層膜に注入される。この効果と上記GMR膜でのスピンドルタリングの効果により非常に大きな磁気抵抗効果を得ることができる。

40

【0026】

次に、上記3端子型磁気抵抗効果膜の各種材料と作製法について説明する。GaAs基板上に磁性半導体11としてGaMnAsをMBE(分子線エピタキシー)法を使って形成した。次に第2のトンネルバリア22としてAlAs2nmを同様にMBE法にて積層した。その後大気に暴露することなくスパッタリング法を用いてその上の積層膜を形成した。第2の非磁性層41、第1の強磁性金属層31、第1の非磁性層にはそれぞれCu2nm、CoFe2nm、Cu2nmを用いた。第2の強磁性層32にはCoFe2nmを適用し、その上の第1のトンネルバリア層21にはAl₂O₃2nmを用

50

いた。このAl203の形成にはAl金属膜のプラズマ酸化及び自然酸化法を用いた。第3の強磁性層33はCoFe2nm、反強磁性層34はMnPt12nmとした。

【0027】

本実施例においても、これまでの実施例同様、上記材料のほかに以下に挙げる材料を適用してもよい。磁性半導体11としてGaMnAsのほかにGaMnN、CrAs、CrSb、CoTiO₂、CoZnO、MnZnO、MnC、MnAs、MnSi、FeSi、FeGe、MnGe、MnCを用いてもよい。第一の非磁性金属層41、第2の非磁性金属層42としてCuのほかにAu、Ag、Ptを用いてもよい。強磁性金属層31としてCoFeのほかにCo、NiFeを使ってもよい。第2の強磁性層32はCoFeの他にCoFe/NiFe積層膜を用いてもよい。また第3の強磁性層としてCoFe/Ru/CoFeのいわゆるシンセティックフェリ構造としてもかまわない。反強磁性層34はMnPtのほかにMnIrを用いてもかまわない。
10

。

【0028】

素子の形成にはフォトリソグラフィーとエッチング及びEBリソグラフィーを用いた。このように作製した3端子型磁気抵抗効果素子において得られた磁気抵抗効果は300%であった。この特性は従来の巨大磁気抵抗効果素子の抵抗変化率(30%)よりも一桁大きい値であった。また、電極52と電極53の間の電流は100 μAであった。

【0029】

[実施の形態6]

図8は図6の構成において第2のトンネルバリアと第1のトンネルバリアの間の積層膜が非磁性層43、第1の強磁性層35で形成された構成をもつ3端子型磁気抵抗効果素子である。
20 但し、図6における第2の強磁性層32が本図での第1の強磁性層35、第3の強磁性層33が本図での第2の強磁性層36に相当する。本素子に適用された材料は[実施の形態5]で述べた構成と同様である。

【0030】

素子形成方法も[実施の形態5]と同様フォトリソグラフィーとエッチング及びEBリソグラフィーを用いて行った。

こうして作製した3端子型磁気抵抗効果素子において得られた磁気抵抗効果は250%であり、電極52と電極53の間の電流は100 μAであった。

【0031】

[実施の形態7]

図7は図8の構成において第2のトンネルバリア層のない構成をもつ3端子型磁気抵抗効果素子である。本素子に適用された材料は[実施の形態5]で述べた材料と同様である。本構成のトンネルバリア23にはAl金属膜の酸化によって形成されたAl203を用いた。また非磁性層43にはCuを用いた。
30

【0032】

素子形成方法も実施の形態1と同様フォトリソグラフィーとエッチング及びEBリソグラフィーを用いて行った。

【0033】

こうして作製した3端子型磁気抵抗効果素子では、磁性半導体11と非磁性層43の間にトンネルバリアがないために磁性半導体中の高偏極スピンは拡散的に注入される。そのため高偏極スピン注入効率は低下するが、磁性半導体中の伝導電子はハーフメタルであるため磁性半導体/第1の非磁性層界面はオーミックな接合であり抵抗が低減でき、電流の減衰が抑制できる。
40

本実施の形態で得られた磁気抵抗効果は100%であるが、電極52と電極53の間の電流は1mAと大きな値を示した。

[実施の形態8]

図9は本発明の3端子型磁気抵抗効果素子1を搭載した磁気ヘッドの例の一つを示す概念図である。基体60上に3端子型磁気抵抗効果素子1、電極51、電極52、下部シールドNiFe61を100nm、上部シールド兼下部コアNiFe61を1 μm、層間絶縁保護膜63、コイル64、上部コアCoNiFe62を形成してなる。上部シールド兼下部コア61は電極53を兼ねる。
50

【0034】

図10は、本発明の3端子型磁気抵抗効果素子1を搭載した磁気ヘッドの例の一つを示す。3端子型磁気抵抗効果素子1の強磁性自由層は磁気記録媒体の情報の書き込みを行うためのプローブ型記録ヘッドも兼ねている。電極52と電極53を第2の強磁性自由層32と第1の強磁性層31の間の出力を検出できるように配置させ、電極51は磁性半導体11に接続されている。出力の検出方法について次に示す。電極51と電極53の間にセンス電流を流し電極52と電極53の間の抵抗変化量を検出する。検出信号は電圧出力であっても電流出力であってもかまわない。

図11は本発明の3端子型磁気抵抗効果ヘッドを搭載したICチップ搭載型のジンバルの一つの代表例を示す。ICチップの中に3端子型磁気抵抗効果素子の出力検知に必要な電源、検出系が備えられている。図12は本発明の3端子型磁気抵抗効果ヘッドを搭載した配線引出し型のジンバルの代表例を示す。3端子型磁気抵抗効果ヘッドから引き出された配線が装置の電源および検出系に接続されている。3端子型磁気抵抗効果素子からの配線の引き出しと電極端子は例えば前記図7に示した配置構造によって実現される

図13は本発明の磁気記録再生装置の構成例である。磁気的に情報を記録する記録媒体91をスピンドルモーター93にて回転させ、アクチュエーター92によってヘッドスライダー90を記録媒体91のトラック上に誘導する。即ち、磁気ディスク装置においてはヘッドスライダー90上に形成した再生ヘッド、及び記録ヘッドがこの機構によって記録媒体91上の所定の記録位置に近接して相対運動し、信号を順次書き込み、及び読み取るのである。

アクチュエーター92はロータリーアクチュエーターであるのがよい。記録信号は信号処理系94を通じて記録ヘッドにて媒体上に記録し、再生ヘッドの出力を信号処理系94を経て信号を得る。さらに再生ヘッドを所望の記録トラック上へ移動せしめるに際して、本再生ヘッドからの高感度な出力を用いてトラック上の位置を検出し、アクチュエーターを制御して、ヘッドスライダーの位置決めを行うことができる。

本図ではヘッドスライダー90、記録媒体91を各1個示したが、これらは複数であっても構わない。また、記録媒体91は両面に記録媒体を有して情報を記録してもよい。情報の記録がディスク画面の場合ヘッドスライダー90はディスクの両面に配置する。上記完全分極スピン注入層31を備えた3端子型磁気抵抗効果素子を搭載した磁気記録装置において従来構造のセンサーを搭載した磁気記録装置に比べて、高密度に対応する良好な特性を示した。これにより500Gb/in²以上の記録密度に対応した磁気ヘッドを実現できる。

【0035】

【発明の効果】

上述したような磁性半導体とTMR素子を組み合わせた3端子型磁気抵抗効果素子適用した3端子型磁気ヘッドを磁気記録装置に搭載することにより、従来よりも高密度な磁気記録装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の3端子型磁気ヘッドに用いる3端子型磁気抵抗効果素子の一構成例を示した図である。

【図2】図2は本発明の3端子型磁気ヘッドに用いる3端子型磁気抵抗効果素子の他の一構成例を示した図である。

【図3】図3は本発明の3端子型磁気ヘッドに用いる3端子型磁気抵抗効果素子の更に他の一構成例を示した図である。

【図4】図4は本発明の3端子型磁気ヘッドに用いる3端子型磁気抵抗効果素子の更に他の一構成例を示した図である。

【図5】図5は本発明の3端子型磁気ヘッドに用いる3端子型磁気抵抗効果素子の更に他の一構成例を示した図である。

【図6】図6は本発明の3端子型磁気ヘッドに用いる3端子型磁気抵抗効果素子の更に他の一構成例を示した図である。

【図7】図7は本発明の3端子型磁気ヘッドに用いる3端子型磁気抵抗効果素子の更に他の一構成例を示した図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 は本発明の 3 端子型磁気ヘッドに用いる 3 端子型磁気抵抗効果素子の更に他の一構成例を示した図である。

【図 9】図 9 は本発明の 3 端子型磁気抵抗効果素子を用いた記録再生ヘッドの概要斜視図の一例を示した図である。

【図 10】図 10 は本発明の 3 端子型磁気抵抗効果素子を用いた再生ヘッドの概要の一例を示した図である。

【図 11】図 11 は本発明の 3 端子型磁気抵抗効果ヘッドを搭載した IC チップ搭載型ジンバルの一例の概要を示した斜視図である。

【図 12】図 12 は本発明の 3 端子型磁気抵抗効果ヘッドを搭載した配線引出し型ジンバルの一例の概要を示した斜視図である。 10

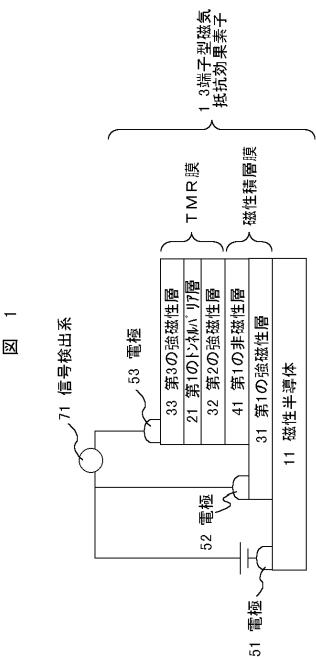
【図 13】図 13 は本発明の 3 端子型磁気抵抗効果ヘッドを搭載した磁気記録再生装置の構成例を示した図である。

【図 14】図 14 は従来のトンネル型磁気抵抗効果素子の基本構成例を示す図である。

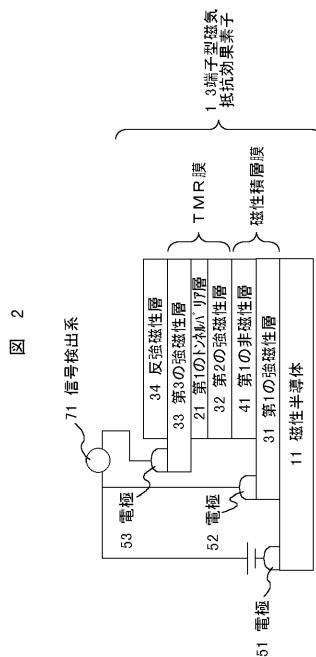
【符号の説明】

1... 3 端子型磁気抵抗効果膜、11... 磁性半導体、21... 第 1 のトンネルバリア、22... 第 2 のトンネルバリア、23... トンネルバリア、31... 第 1 の強磁性層、32... 第 2 の強磁性層、33... 第 3 の強磁性層、34... 反強磁性層、35... 第 1 の強磁性層、36... 第 2 の強磁性層、37... 強磁性自由層、38... 強磁性固定層、39... 反磁性層、41... 第 1 の非磁性層、42... 第 2 の非磁性層、43... 非磁性層、51... 電極、52... 電極、53... 電極、60... 基体、61... 上部シールド兼下部コア、62... 上部コア、63... 層間絶縁保護膜、64... コイル、71... 信号検出系、72... IC チップ、90... スライダー、91... 記録媒体、92... アクチュエーター、93... スピンドルモーター、94... 信号処理回路。 20

【図 1】

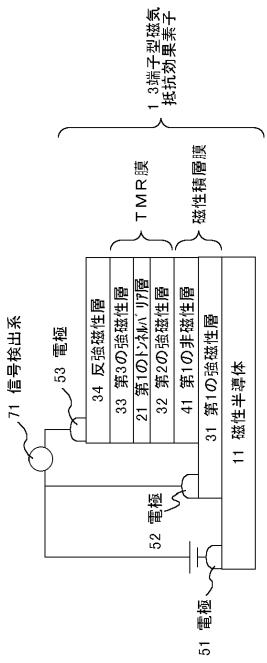


【図 2】



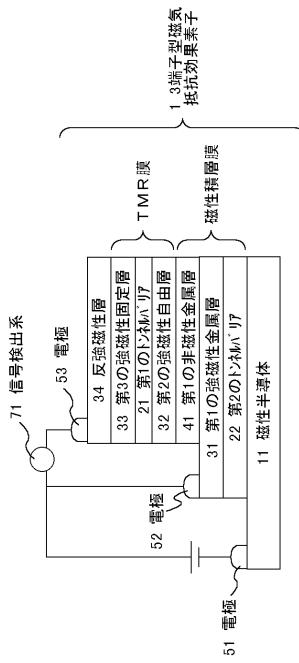
【図3】

図3



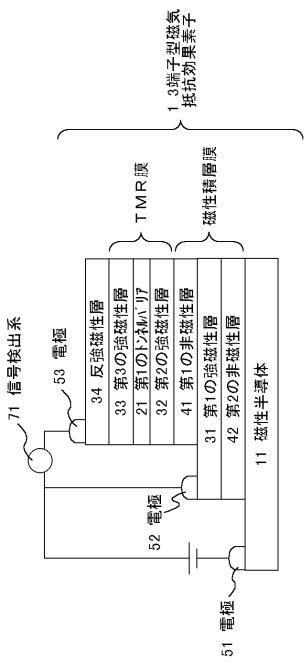
【図4】

図4



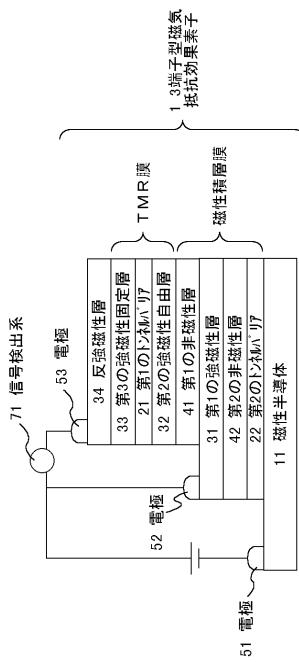
【図5】

図5



【図6】

図6



【図 7】

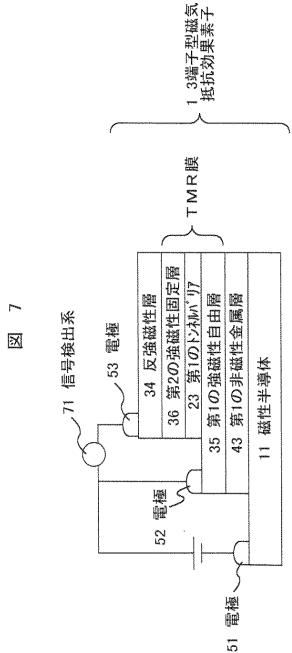


図 7

【図 8】

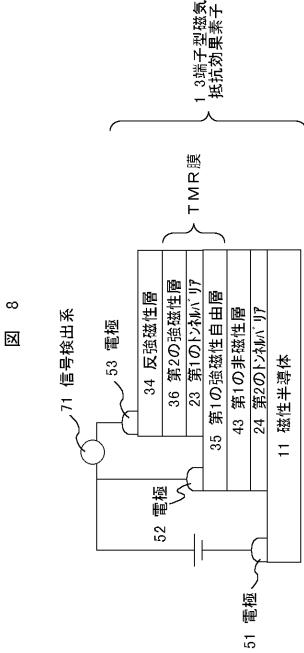
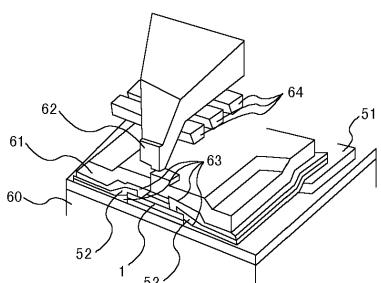


図 8

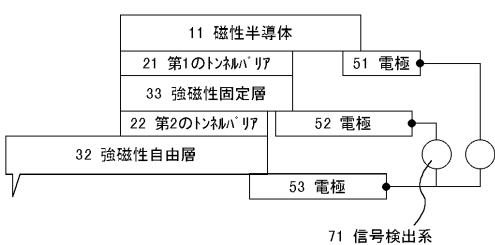
【図 9】

図 9



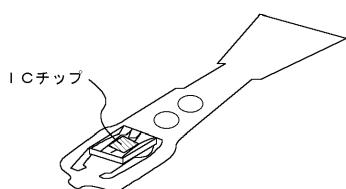
【図 10】

図 10



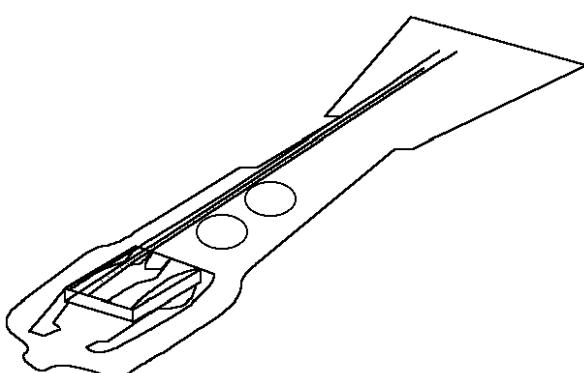
【図 11】

図 11



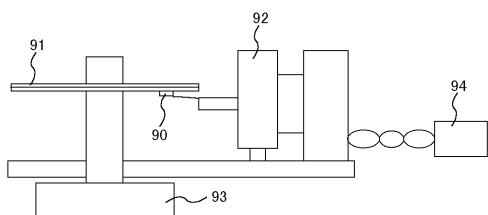
【図 12】

図 12



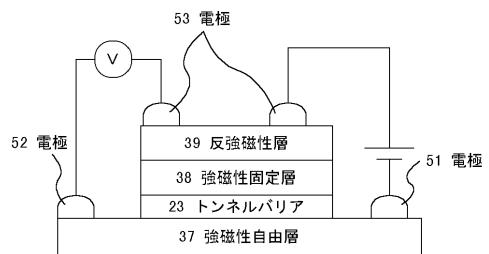
【図13】

図 13



【図14】

図 14



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 01 L 43/10

(72)発明者 伊藤 顯知
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

審査官 石坂 博明

(56)参考文献 特開2001-202604 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/33- 5/39,
H01F 10/00-10/32、41/14-41/34、
H01L 27/22、29/82、43/00-43/14