

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-194224

(P2009-194224A)

(43) 公開日 平成21年8月27日(2009.8.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 L 43/10 (2006.01)</b>	H O 1 L 43/10	4 M 1 1 9
<b>H O 1 L 43/08 (2006.01)</b>	H O 1 L 43/08	5 D 0 3 4
<b>H O 1 L 21/8246 (2006.01)</b>	H O 1 L 27/10 4 4 7	5 F 0 9 2
<b>H O 1 L 27/105 (2006.01)</b>	G 1 1 B 5/39	
<b>G 1 1 B 5/39 (2006.01)</b>		

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-34903 (P2008-34903)  
 (22) 出願日 平成20年2月15日 (2008.2.15)

(71) 出願人 000005223  
 富士通株式会社  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号  
 (74) 代理人 100089118  
 弁理士 酒井 宏明  
 (72) 発明者 古屋 篤史  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通アドバンステクノロジー株式  
 会社内  
 (72) 発明者 上原 裕二  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、ヘッドスライダ、磁気情報再生装置および磁気抵抗効果メモリ

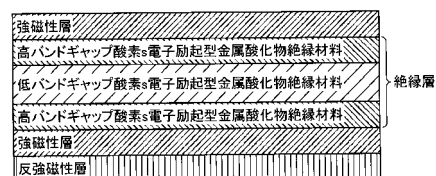
## (57) 【要約】

【課題】素子抵抗の低抵抗化を実現することを課題とする。

【解決手段】リード素子は、磁気記録媒体などに記録された記録ビットから出る小さな磁場変化を感知して、高密度で記録された磁気ビットを読取することを概要とする。そして、TMR膜を構成する絶縁層を、高バンドギャップ金属酸化物と、低バンドギャップ金属酸化物とで構成する点に特徴がある。具体的に説明すると、高バンドギャップ金属酸化物（高バンドギャップ酸素s電子励起型金属酸化物絶縁材料）間に、低バンドギャップ金属酸化物（低バンドギャップ酸素s電子励起型金属酸化物絶縁材料）を配置して絶縁層を構成する。

【選択図】 図1

実施例1に係るリード素子のTMR膜構造を示す概念図



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、  
前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、  
前記トンネルバリア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、強磁性材料からなる自由磁化部と、  
を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

**【請求項 2】**

前記トンネルバリア層は、前記固定磁化部および前記自由磁化部と接し前記高バンドギャップ金属酸化物からなる少なくとも 2 層の高バンドギャップ層と、前記高バンドギャップ層間に挟まれる低バンドギャップ金属酸化物から成る低バンドギャップ層を有することを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

10

**【請求項 3】**

前記高バンドギャップ金属酸化物は、酸化マグネシウムを含み、  
前記低バンドギャップ金属酸化物は、酸化亜鉛ないしは酸化カドミウムのうち少なくともいずれか 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 ないし 2 記載の磁気抵抗効果素子。

**【請求項 4】**

磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、  
前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、  
前記トンネルバリア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、強磁性材料からなる自由磁化部と、  
前記自由磁化部の上に配置され、磁気記録媒体に磁気記録を行う磁気書き込み部と、  
を有することを特徴とするヘッドスライダ。

20

**【請求項 5】**

前記トンネルバリア層は、前記固定磁化部および前記自由磁化部と接し前記高バンドギャップ金属酸化物からなる高バンドギャップ層と、前記高バンドギャップ層間に挟まれる低バンドギャップ金属酸化物から成る低バンドギャップ層を有することを特徴とする請求項 4 記載のヘッドスライダ。

30

**【請求項 6】**

前記高バンドギャップ金属酸化物は、酸化マグネシウムを含み、  
前記低バンドギャップ金属酸化物は、酸化亜鉛ないしは酸化カドミウムのうち少なくともいずれか 1 つを含むことを特徴とする請求項 4 ないし 5 記載のヘッドスライダ。

**【請求項 7】**

磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、  
前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、  
前記トンネルバリア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、強磁性材料からなる自由磁化部と、  
磁気記録媒体と、を有し、  
前記固定磁化部と自由磁化部に電圧を印加し、磁気記録媒体から生じる磁場で自由磁化部の磁化方向変化させることで、磁気記録媒体からの情報を読み出すことを特徴とする磁気情報再生装置。

40

**【請求項 8】**

前記トンネルバリア層は、前記固定磁化部および前記自由磁化部と接し前記高バンドギャップ金属酸化物からなる高バンドギャップ層と、前記高バンドギャップ層間に挟まれる低バンドギャップ金属酸化物から成る低バンドギャップ層を有することを特徴とする請求項 7 記載の磁気情報再生装置。

**【請求項 9】**

50

前記高バンドギャップ金属酸化物は、酸化マグネシウムを含み、

前記低バンドギャップ金属酸化物は、酸化亜鉛ないしは酸化カドミウムのうち少なくともいずれか１つを含むことを特徴とする請求項７ないし８記載の磁気情報再生装置。

【請求項１０】

磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、

前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、

前記トンネルバリア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、前記磁化方向に応じて情報を記録し、強磁性材料からなる自由磁化部と、

を有することを特徴とする磁気抵抗効果メモリ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

この発明は、磁気抵抗効果素子、ヘッドスライダ、磁気情報再生装置および磁気抵抗効果メモリに関する。

【背景技術】

【０００２】

従来より、ＨＤＤ(Hard Disk Drive)の大容量化に伴って高密度で微細に磁気記録された記録ビットを読取るために、リード素子のセンシング能力向上が求められている。

【０００３】

このリード素子には、磁気記録媒体などに記録された記録ビットから出る小さな磁場変化を感知することが可能なＧＭＲ(Giant Magneto Resistance)やＴＭＲ(Tunneling Magneto Resistance)といった巨大磁気抵抗効果を持つ多層膜素子が一般的に用いられ、高密度で記録された磁気ビットを正確に読取ることができる(例えば、特許文献１参照)。

20

【０００４】

【特許文献１】特開平１１－９７７６６号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかしながら、上記した従来のリード素子は、センシング能力の更なる向上に低抵抗化が必須であるという問題点があった。

30

【０００６】

すなわち、従来のリード素子に用いられるＴＭＲ膜は、例えば、図９に示すように、反強磁性層、強磁性層、マグネシウム酸化物絶縁層、および強磁性層を順に積層して構成される。そして、ＴＭＲ膜に電流が流れる際の抵抗の大部分は、絶縁層の材料およびその厚さにより決定されるが、マグネシウム酸化物を用いたＴＭＲ膜では面積当りの抵抗が $1 \sim 10 [\mu m^2]$ と大きいので、磁場変化を感知するための出力信号が小さくなってしまいう。したがって、高密度で記録された磁気ビットを正確に読取るためのセンシング能力をより向上させるには、リード素子の更なる低抵抗化が必須であるという問題点があった。

40

【０００７】

そこで、この発明は、上述した従来技術の課題を解決するためになされたものであり、素子抵抗の低抵抗化を実現することが可能な磁気抵抗効果素子、センシング能力をより向上させたヘッドスライダ、磁気情報再生装置および磁気抵抗効果メモリを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明は、磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、前記トンネルバリ

50

ア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、強磁性材料からなる自由磁化部と、を有することを要件とする。

【0009】

また、本発明は、上記の発明において、前記トンネルバリア層は、前記固定磁化部および前記自由磁化部と接し前記高バンドギャップ金属酸化物からなる少なくとも2層の高バンドギャップ層と、前記高バンドギャップ層間に挟まれる低バンドギャップ金属酸化物から成る低バンドギャップ層を有することを要件とする。

【0010】

また、本発明は、上記の発明において、前記高バンドギャップ金属酸化物は、酸化マグネシウムを含み、前記低バンドギャップ金属酸化物は、酸化亜鉛ないしは酸化カドミウムのうち少なくともいずれか1つを含むことを要件とする。

10

【0011】

また、本発明は、磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、前記トンネルバリア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、強磁性材料からなる自由磁化部と、前記自由磁化部の上に配置され、磁気記録媒体に磁気記録を行う磁気書き込み部とを有することを要件とする。

【0012】

また、本発明は、上記の発明において、前記トンネルバリア層は、前記固定磁化部および前記自由磁化部と接し前記高バンドギャップ金属酸化物からなる高バンドギャップ層と、前記高バンドギャップ層間に挟まれる低バンドギャップ金属酸化物から成る低バンドギャップ層を有することを要件とする。

20

【0013】

また、本発明は、上記の発明において、前記高バンドギャップ金属酸化物は、酸化マグネシウムを含み、前記低バンドギャップ金属酸化物は、酸化亜鉛ないしは酸化カドミウムのうち少なくともいずれか1つを含むことを要件とする。

【0014】

また、本発明は、磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、前記トンネルバリア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、強磁性材料からなる自由磁化部と、磁気記録媒体と、を有し、前記固定磁化部と自由磁化部に電圧を印加し、磁気記録媒体から生じる磁場で自由磁化部の磁化方向変化させることで、磁気記録媒体からの情報を読み出すことを要件とする。

30

【0015】

また、本発明は、上記の発明において、前記トンネルバリア層は、前記固定磁化部および前記自由磁化部と接し前記高バンドギャップ金属酸化物からなる高バンドギャップ層と、前記高バンドギャップ層間に挟まれる低バンドギャップ金属酸化物から成る低バンドギャップ層を有することを要件とする。

【0016】

また、本発明は、上記の発明において、前記高バンドギャップ金属酸化物は、酸化マグネシウムを含み、前記低バンドギャップ金属酸化物は、酸化亜鉛ないしは酸化カドミウムのうち少なくともいずれか1つを含むことを要件とする。

40

【0017】

また、本発明は、磁化方向が固定可能であり、強磁性材料を備える固定磁化部と、前記固定磁化部の上に配置され、高バンドギャップ金属酸化物と低バンドギャップ金属酸化物からなるトンネルバリア層と、前記トンネルバリア層の上に配置され、磁化方向が変化可能であり、前記磁化方向に応じて情報を記録し、強磁性材料からなる自由磁化部と、を有することを要件とする。

【発明の効果】

【0018】

50

本発明によれば、リード素子のような磁気抵抗効果素子の低抵抗化を実現することができるという効果を奏する。

【0019】

また、本発明によれば、製造上の膜厚のばらつきにより引き起こされる素子抵抗変化を抑制することができるという効果を奏する。

【0020】

また、本発明によれば、リード素子のセンシング能力をより向上させたヘッドスライダ、磁気情報再生装置および磁気抵抗効果メモリを得ることができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下に添付図面を参照して、この発明に係る磁気抵抗効果素子、ヘッドスライダ、磁気情報再生装置および磁気抵抗効果メモリを実施するための一実施形態について説明する。なお、以下では、本発明に係る磁気抵抗効果素子を実施するための一実施形態として、実施例1に係るリード素子を説明した後に、本発明に含まれる他の実施形態として他の実施例を説明する。

【0022】

最初に、図7および図8を用いて、本発明に係るリード素子を適用可能なハードディスク駆動装置（磁気情報再生装置：HDD）、およびヘッドスライダの具体例について簡単に説明する。図7は、ハードディスク駆動装置（磁気情報再生装置：HDD）の内部構造を概略的に示した図である。図8は、ヘッドスライダの具体例を示す図である。

【0023】

図7に示すように、このHDD11は筐体すなわちハウジング12を備える。ハウジング12は箱形のベース13およびカバー（図示されず）から構成される。ベース13は例えば平たい直方体の内部空間すなわち収容空間を区画する。ベース13は、例えばアルミニウムといった金属材料から鋳造に基づき成形されればよい。カバーはベース13の開口に結合される。カバーとベース12との間で収容空間は密閉される。カバーは、例えばプレス加工に基づき1枚の板材から成形されればよい。

【0024】

収容空間には、記憶媒体としての1枚以上の磁気ディスク14が収容される。磁気ディスク14はスピンドルモータ15の回転軸に装着される。スピンドルモータ15は、例えば5400rpmや7200rpm、10000rpm、15000rpmといった高速度で磁気ディスク14を回転させることができる。

【0025】

収容空間にはキャリッジ16がさらに収容される。キャリッジ16はキャリッジブロック17を備える。キャリッジブロック17は、垂直方向に延びる支軸18に回転自在に連結される。キャリッジブロック17には、支軸18から水平方向に延びる複数のキャリッジアーム19が区画される。キャリッジブロック17は例えば押し出し成形に基づきアルミニウムから成形されればよい。

【0026】

個々のキャリッジアーム19の先端にはヘッドサスペンション21が取付けられる。ヘッドサスペンション21はキャリッジアーム19の先端から前方に延びる。ヘッドサスペンション21にはフレキシヤが張り合わせられる。ヘッドサスペンション21の先端でフレキシヤにはジンバルが区画される。ジンバルには浮上ヘッドスライダ22が搭載される。ジンバルの働きで浮上ヘッドスライダ22はヘッドサスペンション21に対してその姿勢を変化させることができる。浮上ヘッドスライダ22には磁気ヘッドすなわち電磁変換素子が搭載される。

【0027】

磁気ディスク14の回転に基づき磁気ディスク14の表面で気流が生成されると、気流の働きで浮上ヘッドスライダ22には正圧すなわち浮力および負圧が作用する。浮力および負圧はヘッドサスペンション21の押し付け力に釣り合う。こうして磁気ディスク14

10

20

30

40

50

の回転中に比較的の高い剛性で浮上ヘッドスライダ 2 2 は浮上し続けることができる。

【 0 0 2 8 】

キャリッジブロック 1 7 には、例えばボイスコイルモータ ( V C M ) 2 3 といった動力源が接続される。V C M 2 3 の働きでキャリッジブロック 1 7 は支軸 1 8 回りで回転することができる。こうしたキャリッジブロック 1 7 の回転に基づきキャリッジアーム 1 9 およびヘッドサスペンション 2 1 の揺動は実現される。浮上ヘッドスライダ 2 2 の浮上中に支軸 1 8 回りでキャリッジアーム 1 9 が揺動すると、浮上ヘッドスライダ 2 2 は半径方向に磁気ディスク 1 4 の表面を横切ることができる。その結果、浮上ヘッドスライダ 2 2 上の電磁変換素子は最内周記録トラックと最外周記録トラックとの間でデータゾーンを横切ることができる。こうした浮上ヘッドスライダ 2 2 の移動に基づき電磁変換素子は目標の記録トラックに対して位置決めされることができる。

10

【 0 0 2 9 】

続いて、図 8 に示すように、この浮上ヘッドスライダ 2 2 は、例えば平たい直方体に形成される母材すなわちスライダ本体 2 5 を備える。スライダ本体 2 5 は、例えば A 1 2 O 3 - T i C ( アルチック ) といった硬質の非磁性材料から形成されればよい。スライダ本体 2 5 は媒体対向面すなわち浮上面 2 6 で磁気ディスク 1 4 に向き合う。浮上面 2 6 には平坦なベース面すなわち基準面が規定される。磁気ディスク 1 4 が回転すると、スライダ本体 2 5 の前端から後端に向かって浮上面 2 6 には気流 2 7 が作用する。

【 0 0 3 0 】

スライダ本体 2 5 の空気流出側端面には絶縁性の非磁性膜すなわち素子内蔵膜 2 8 が積層される。この素子内蔵膜 2 8 に電磁変換素子 2 9 が組み込まれる。素子内蔵膜 2 8 は、例えば A 1 2 O 3 ( アルミナ ) といった比較的軟質の絶縁非磁性材料から形成される。この浮上ヘッドスライダ 2 2 は例えばフェムトスライダに構成される。

20

【 0 0 3 1 】

浮上面 2 6 には、前述の気流 2 7 の上流側すなわち空気流入側でベース面から立ち上がる 1 筋のフロントレール 3 1 が形成される。フロントレール 3 1 はベース面の空気流入端に沿ってスライダ幅方向に延びる。同様に、浮上面 2 6 には、気流の下流側すなわち空気流出側でベース面から立ち上がるリアセンターレール 3 2 が形成される。リアセンターレール 3 2 はスライダ幅方向の中央位置に配置される。リアセンターレール 3 2 は素子内蔵膜 2 8 に至る。浮上面 2 6 には左右 1 対のリアサイドレール 3 3、3 3 がさらに形成される。リアサイドレール 3 3 は空気流出側でスライダ本体 2 5 の側端に沿ってベース面から立ち上がる。リアサイドレール 3 3、3 3 同士の間にはリアセンターレール 3 2 は配置される。

30

【 0 0 3 2 】

フロントレール 3 1、リアセンターレール 3 2 およびリアサイドレール 3 3、3 3 の頂上面にはいわゆる空気軸受け面 ( A B S ) 3 4、3 5、3 6、3 6 が規定される。空気軸受け面 3 4、3 5、3 6 の空気流入端は段差 3 7、3 8、3 9 でフロントレール 3 1、リアセンターレール 3 2 およびリアサイドレール 3 3 の頂上面に接続される。気流 2 7 が浮上面 2 6 に受け止められると、段差 3 7、3 8、3 9 の働きで空気軸受け面 3 4、3 5、3 6 には比較的大きな正圧すなわち浮力が生成される。しかも、フロントレール 3 1 の後方すなわち背後には大きな負圧が生成される。これら浮力および負圧の釣り合いに基づき浮上ヘッドスライダ 2 3 の浮上姿勢は確立される。

40

【 0 0 3 3 】

空気軸受け面 3 5 の空気流出側でリアセンターレール 3 2 には電磁変換素子 2 9 が埋め込まれる。電磁変換素子 2 9 は、ライト素子および後述するリード素子を有する。なお、浮上ヘッドスライダ 2 2 の形態はこういった形態に限られるものではない。

【 実施例 1 】

【 0 0 3 4 】

以下の実施例 1 では、実施例 1 に係るリード素子の概要および特徴、かかるリード素子の構成を順に説明し、最後に実施例 1 による効果を説明する。

50

## 【 0 0 3 5 】

## [ リード素子の概要および特徴 ( 実施例 1 ) ]

まず、図 1 を用いて、実施例 1 に係るリード素子の概要および特徴を説明する。図 1 は、実施例 1 に係るリード素子の TMR 膜構造を示す概念図である。

## 【 0 0 3 6 】

実施例 1 に係るリード素子は、磁気記録媒体などに記録された記録ビットから出る小さな磁場変化を感知して、高密度で記録された磁気ビットを読取ることを概要とする。そして、実施例 1 に係るリード素子は、TMR 膜を構成する絶縁層を、高バンドギャップ金属酸化物と、低バンドギャップ金属酸化物とで構成する点に特徴がある。

## 【 0 0 3 7 】

具体的に説明すると、図 1 に示すように、実施例 1 に係るリード素子は、高バンドギャップ金属酸化物 ( 高バンドギャップ酸素 s 電子励起型金属酸化物絶縁材料 ) 間に、低バンドギャップ金属酸化物 ( 低バンドギャップ酸素 s 電子励起型金属酸化物絶縁材料 ) を配置して絶縁層を構成する。

## 【 0 0 3 8 】

このように絶縁層を構成することで、実施例 1 に係るリード素子は、素子抵抗の低抵抗化を実現できる。

## 【 0 0 3 9 】

## [ リード素子の構成 ( 実施例 1 ) ]

次に、図 2 ~ 図 5 を用いて、ハードディスクに記録された記録ビットの読み取り素子として、上記のリード素子を適用する場合を説明する。図 2 は、実施例 1 に係るリード素子の構成を示す図である。図 3 は、実施例 1 に係る TMR 膜の原子配置モデルを示す図である。図 4 は、実施例 1 に係る各金属酸化物のバンド図である。図 5 は、実施例 1 に係る金属酸化物絶縁材料を用いた巨大磁気抵抗効果素子の伝導特性シミュレーション計算による評価値を示す図である。

## 【 0 0 4 0 】

図 2 に示すように、実施例 1 に係るリード素子は、上部シールド層、下部シールド層、非磁性層、サイド絶縁層および TMR 膜を備えて構成される。そして、実施例 2 に係るリード素子は、電極に接続された下部シールド層および上部シールド層の各々に接するようにして形成された非磁性層とサイド絶縁層とで TMR 膜を取り囲むようにして形成される。上部シールド層および下部シールド層は、読み取りたい記録ビット以外からの磁場を低減させる。

## 【 0 0 4 1 】

TMR 膜は、反強磁性層と、固定層と、絶縁層と、自由層とを順に積層して形成される。軟磁性材料で構成された自由層は、磁気記録媒体に記録された記録ビットから発生する磁場により、自らの磁化方向を変える。

## 【 0 0 4 2 】

自由層、絶縁層および固定層は、0.1 ~ 20 [ nm ] までの厚さでそれぞれが形成され、例えば、絶縁層にマグネシウム酸化物を用いる場合、単位平方  $\mu\text{m}$  あたりの面積抵抗を 10 [  $\Omega$  ] 以下にするためには、絶縁層の厚さを 1 [ nm ] 程度にする必要がある。

## 【 0 0 4 3 】

そして、自由層から固定層まで流れる電流量は、厚さ 1 [ nm ] 程度の絶縁層に流れるトンネル電流の電流量により決定されるので、このトンネル電流量を計算することで、リード素子の素子抵抗および抵抗変化率 ( 磁気抵抗効果 ) を評価することができる。トンネル電流とは、リード素子の TMR 膜に対して垂直に電圧をかけた場合に、TMR 膜の絶縁層にトンネル効果によって流れる電流をいう。

## 【 0 0 4 4 】

厚さ 1 [ nm ] の程度の非常に薄い層を流れる電流および抵抗は、TMR 膜の原子配置モデルを用いた第 1 原理電子状態計算方法により算出可能である ( W.H.Butler, X-G.Zhang, T.C.Schulthess, and J.M.MacLaren, Phys.Rev.B, vol. 63, p.054 416, 2001 参照 ) 。

10

20

30

40

50

## 【0045】

図3に示すように、実施例1に係るTMR膜の原子配置モデルは、鉄bcc結晶からなる二つの磁性層と、高バンドギャップ特性を有する金属酸化物からなる絶縁体、および低バンドギャップ特性を有する金属酸化物からなる絶縁体からなる絶縁層とで構成される。

## 【0046】

ここで、図4を用いて、絶縁層を構成する金属酸化物のバンドギャップについて説明する。絶縁層を構成するために用いることができる金属酸化物として、岩塩結晶型亜鉛酸化物、カドミウム酸化物およびマグネシウム酸化物などが考えられる。

## 【0047】

そして、図4（矢印部）に示すように、岩塩結晶型亜鉛酸化物、カドミウム酸化物およびマグネシウム酸化物は、カドミウム酸化物が最もバンドギャップが狭く、マグネシウム酸化物が最もバンドギャップが広いという特性を有する。

## 【0048】

そこで、図3に示すように、例えば、高バンドギャップ絶縁体としてマグネシウム酸化物を用いた高バンドギャップ絶縁層を各磁性層に接する側にそれぞれ配置し、例えば、低バンドギャップ絶縁体として岩塩結晶型亜鉛酸化物を用いた低バンドギャップ絶縁層を高バンドギャップ絶縁層間に配置することにより、TMR膜の原子配置モデルの絶縁層を形成する。

## 【0049】

上記のように構成されたTMR膜の原子配置モデルの高バンドギャップ絶縁層の層厚を0.2[nm]、低バンドギャップ絶縁層の層厚を0.8[nm]に設定したシミュレーション条件下で、第1原理電子状態計算方法によるシミュレーションを実行し、実施例1に係るリード素子の素子抵抗および抵抗変化率（磁気抵抗効果）を評価する。なお、シミュレーションの詳細は、（W.H.Butler,X-G.Zhang,T.C.Schulthess,and J.M.MacLaren,Phys.Rev.B,vol.63,p.054 416,2001参照）に従う。

## 【0050】

以下、図5を用いて、シミュレーション結果として得られた評価値について説明する。以下に登場する磁化平行（pc）とは、自由層が固定層と完全に同じ磁化の向きを持つ場合を示し、磁化反平行（apc）とは、自由層が固定層と完全に反対の磁化の向きを持つ場合を示す。そして、磁化平行状態での面積抵抗をRA<sub>pc</sub>で表し、磁化反平行状態での面積抵抗をRA<sub>apc</sub>で表す。なお、以下に登場する抵抗変化率は、RA<sub>apc</sub>からRA<sub>pc</sub>を減算した値をRA<sub>pc</sub>で除算することにより算出するものとする。

## 【0051】

リード素子のTMR膜を構成する絶縁層として、従来と同様にマグネシウム酸化物を用いた場合では、図5に示すように、面積抵抗を示す磁化平行RA<sub>pc</sub>および磁化反平行RA<sub>apc</sub>が、それぞれ4.5[μm<sup>2</sup>]および90[μm<sup>2</sup>]となり、抵抗変化率（磁気抵抗効果）が2000[%]となる。

## 【0052】

また、リード素子のTMR膜を構成する絶縁層として岩塩結晶型亜鉛酸化物を用いた場合では、図5に示すように、面積抵抗を示す磁化平行RA<sub>pc</sub>および磁化反平行RA<sub>apc</sub>が、それぞれ0.1[μm<sup>2</sup>]および0.2[μm<sup>2</sup>]となり、抵抗変化率が100[%]となる。すなわち、絶縁層としてマグネシウム酸化物を用いた場合に比較して、面積抵抗を小さくすることができるが、抵抗変化率も小さくなってしまう。

## 【0053】

これに対して、実施例1に係るリード素子のように、絶縁層を構成する各磁性層に接する部分に形成されたマグネシウム酸化物からなる高バンドギャップ絶縁層と、高バンドギャップ絶縁層間に形成された岩塩結晶型亜鉛酸化物からなる低バンドギャップ絶縁層とで絶縁層を構成する場合では、図5に示すように、面積抵抗を示す磁化平行RA<sub>pc</sub>および磁化反平行RA<sub>apc</sub>が、それぞれ0.07[μm<sup>2</sup>]および1.0[μm<sup>2</sup>]となり、抵抗変化率が1300[%]となる。すなわち、絶縁層としてマグネシウム酸化物、あ

10

20

30

40

50



るいは岩塩結晶型亜鉛酸化物を用いた場合に比較して、面積抵抗を小さくするとともに、抵抗変化率を大きくすることができる。

【0054】

[実施例1による効果]

上述してきたように、実施例1によれば、リード素子の素子抵抗を低抵抗化することができるという効果を奏する。また、素子抵抗を小さくすることができる結果、より微細な磁場変化を感知することができ、より高密度で記録された磁気ビットを正確に読取るためのセンシング能力をより向上させることができるという効果を奏する。

【0055】

また、実施例1によれば、素子抵抗を小さくすることができる結果、絶縁材料を厚くすることができる、製造上の膜厚のばらつきにより引き起こされる素子抵抗変化を抑制することができるという効果を奏する。

【実施例2】

【0056】

さて、これまで本発明に係る磁気抵抗効果素子を実施するための一実施形態として実施例1を説明してきたが、本発明は上述した実施例以外にも、種々の異なる形態にて実施されてよいものである。そこで、以下では、本発明に含まれる他の実施形態について説明する。

【0057】

[実施例1に係るリード素子の概念をMRAMに適用]

上記の実施例1で説明したリード素子の概念をMRAM(Magneto resistive Random Access Memory)に同様に適用することができる。例えば、図6に示すように、リード素子を構成する自由層(図2参照)の代わりに記録層を備え、記録電流層に電流を流して形成される磁場で記録層の磁化を制御する。固定層に対する磁化方向を平行または反平行状態にすることが記録ビットのONおよびOFFに対応し、垂直方向にセンス電流を流すことで磁気抵抗効果により磁化方向に対応した抵抗変化が得られる。

【0058】

また、磁気記録媒体に磁気記録を行うヘッドスライダに、上記の実施例1で説明したリード素子を適用することもできる。

【0059】

このようなことから、リード素子のセンシング能力をより向上させたヘッドスライダ、やMRAMを得ることができるという効果を奏する。

【0060】

また、図2に示したリード素子の構成は、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、リード素子のTMR膜を構成する各金属酸化物層の厚さ等は、本発明の目的を逸脱しない範囲で適宜変更するようにしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0061】

以上のように、本発明に係る磁気抵抗効果素子、ヘッドスライダ、磁気情報再生装置および磁気抵抗効果メモリは、磁気記録媒体などに記録された記録ビットから出る小さな磁場変化を感知して、高密度で記録された磁気ビットを読取ること等に有用であり、特に、素子抵抗の低抵抗化を実現することに適する。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】実施例1に係るリード素子のTMR膜構造を示す概念図である。

【図2】実施例1に係るリード素子の構成を示す図である。

【図3】実施例1に係るTMR膜の原子配置モデルを示す図である。

【図4】実施例1に係る各金属酸化物のバンド図である。

【図5】実施例1に係る金属酸化物絶縁材料を用いた巨大磁気抵抗効果素子の伝導特性シミュレーション計算による評価値を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 6】実施例 2 に係る M R A M の構成を示す図である。

【図 7】ハードディスク駆動装置（磁気再生記録装置：H D D）の内部構造を概略的に示した図である。

【図 8】ヘッドスライダの具体例を示す図である。

【図 9】従来の T M R 膜構造を示す概念図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

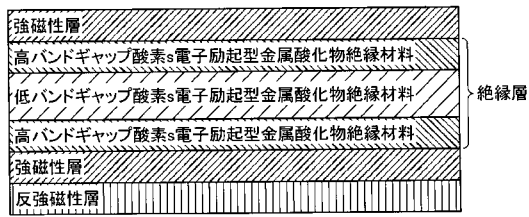
- 1 1    H D D
- 1 2    ハウジング
- 1 3    ベース
- 1 4    磁気ディスク
- 1 5    スピンドルモータ
- 1 6    キャリッジ
- 1 7    キャリッジブロック
- 1 8    支軸
- 1 9    キャリッジアーム
- 2 1    ヘッドサスペンション
- 2 2    浮上ヘッドスライダ
- 2 3    ボイスコイルモータ
- 2 5    スライダ本体
- 2 6    浮上面
- 2 7    気流
- 2 8    素子内蔵膜
- 2 9    電磁変換素子
- 3 1    フロントレール
- 3 2    リアセンターレール
- 3 3    リアサイドレール
- 3 4 ~ 3 6    空気軸受け面
- 3 7 ~ 3 9    段差

10

20

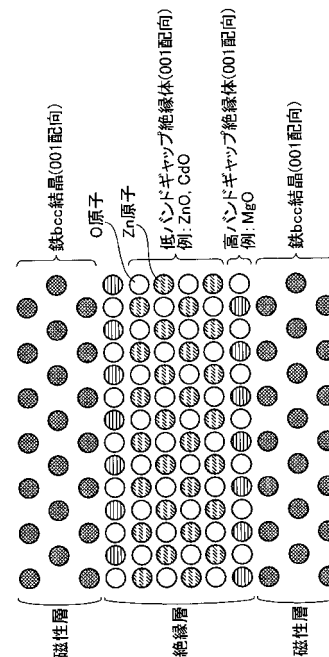
【 図 1 】

実施例1に係るリード素子のTMR膜構造を示す概念図



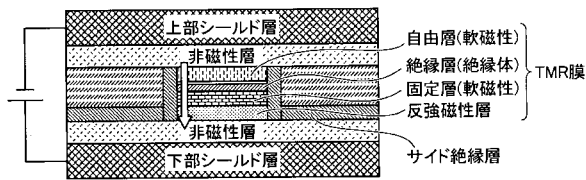
【 図 3 】

実施例1に係るTMR膜の原子配置モデルを示す図



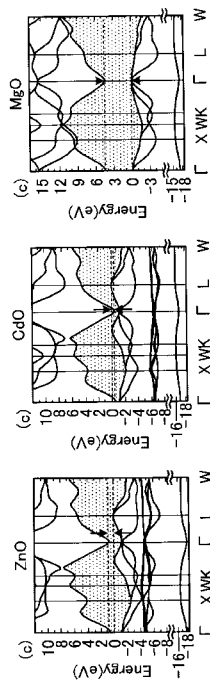
【 図 2 】

実施例1に係るリード素子の構成を示す図



【 図 4 】

実施例1に係る各金属酸化物のバンド図



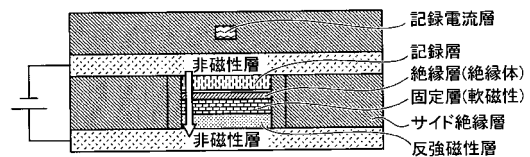
【 図 5 】

実施例1に係る金属酸化物絶縁材料を用いた巨大磁気抵抗効果素子の伝導特性シミュレーション計算による評価値を示す図

	(A)マグネシウム酸化物	(B)岩塩結晶型亜鉛酸化物	(C)岩塩結晶型亜鉛酸化物+界面1層マグネシウム酸化物
磁化平行RA <sub>pc</sub>	4.5[Ω μm <sup>2</sup> ]	0.1[Ω μm <sup>2</sup> ]	0.07[Ω μm <sup>2</sup> ]
反平行RA <sub>apc</sub>	90[Ω μm <sup>2</sup> ]	0.2[Ω μm <sup>2</sup> ]	1.0[Ω μm <sup>2</sup> ]
抵抗変化率	2000%	100%	1300%

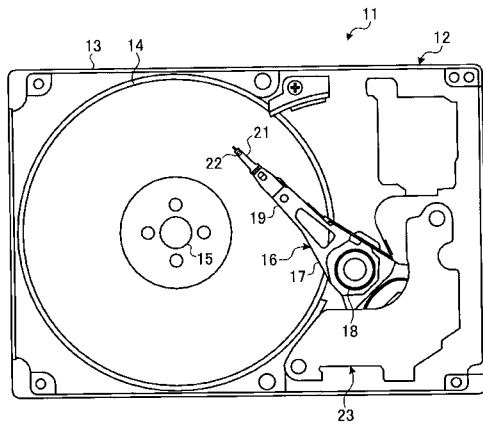
【 図 6 】

実施例2に係るMRAMの構成を示す図



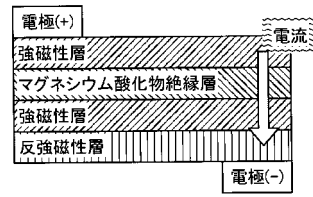
【図 7】

ハードディスク駆動装置(磁気再生記録装置: HDD)の内部構造を概略的に示した図



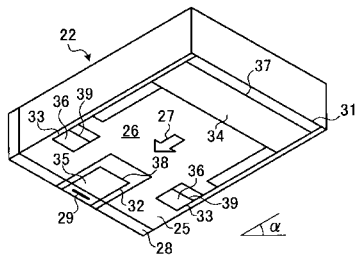
【図 9】

従来のTMR膜構造を示す概念図



【図 8】

ヘッドスライダの具体例を示す図



---

フロントページの続き

(72)発明者 野間 賢二

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 4M119 AA15 BB01 DD03

5D034 BA05 BA15 CA00

5F092 AA02 AB03 AB06 AC12 AD03 BB34 BB36 BC04 BC14 GA03