(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3680655号
(P3680655)
(45)発行日　平成17年8月10日(2005.8.10)　(24)登録日　平成17年5月27日(2005.5.27)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01L 43/08　H01L 43/08　Z
H01L 43/12　H01L 43/12

請求項の数 10　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願平11-243900
(22)出願日　平成11年8月30日(1999.8.30)
(65)公開番号　特開2001-68759(P2001-68759A)
(43)公開日　平成13年3月16日(2001.3.16)
審査請求日　平成14年10月22日(2002.10.22)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川６丁目７番３５号
(74)代理人　100067736
弁理士　小池　晃
(74)代理人　100086335
弁理士　田村　榮一
(74)代理人　100096677
弁理士　伊賀　誠司
(72)発明者　菅原　淳一
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　中塩　栄治
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁気抵抗効果素子及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

一定の方向に磁化が固定されている磁化固定層と、上記磁化固定層上に形成されたトンネル障壁層と、上記トンネル障壁層上に形成され、磁化方向が自在に変化する磁化自由層とを備え、

上記磁化自由層は、上記トンネル障壁層側から順に強磁性層とフリー層とを積層して形成され、

さらに、上記磁化自由層のフリー層上に非磁性金属層が存在し、上記非磁性金属層上に導電性反強磁性層を備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項２】

上記非磁性金属層は、Ｃｕにより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素子。

【請求項３】

上記非磁性金属層の厚さは、０．５ｎｍ以上且つ２．０ｎｍ以下であることを特徴とする請求項２記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項４】

上記磁化固定層は、反強磁性膜と、上記反強磁性膜上に形成された強磁性膜とを備えることを特徴とする請求項１記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項５】

上記磁化固定層は、反強磁性膜と、上記反強磁性膜上に形成された強磁性膜と、上記強

磁性膜上に形成された反強磁性的結合膜と、上記反強磁性的結合膜上に形成された強磁性膜とを備えることを特徴とする請求項１記載の磁気抵抗効果素子。
【請求項６】
上記反強磁性的結合膜は、Ｒｕにより形成されていることを特徴とする請求項５記載の磁気抵抗効果素子。
【請求項７】
上記反強磁性的結合膜の厚さは、０．３ｎｍ以上且つ１．０ｎｍ以下であることを特徴とする請求項６記載の磁気抵抗効果素子。
【請求項８】
基板上に、下部シールド層と、下部ギャップ層と、磁化固定層と、トンネル障壁層と、上記トンネル障壁層側から順に強磁性層とフリー層とを積層した磁化自由層と、非磁性金属層と、導電性反強磁性膜とを順次積層する積層工程を有すること特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。
【請求項９】
上記積層工程の後段に、感磁部を露出させるための製作工程を有することを特徴とする請求項８記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。
【請求項１０】
上記磁気抵抗効果素子を、インライン型スパッタリング装置を用いて、外気に触れさせることなく作成することを特徴とする請求項８記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、一定の方向に磁化が固定されている磁化固定層と、磁化固定層上に形成されたトンネル障壁層と、トンネル障壁層上に形成された磁化自由層とを備える磁気抵抗効果素子及びその製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
２つの磁性層の間に、非磁性且つ絶縁性である材料によって形成されたトンネル障壁層を存在させた状態で、磁性層に対して略垂直方向に電流を流すと、一方の磁性層から他方の磁性層に向かって、いわゆるトンネル電流が流れる。この現象は、強磁性トンネル効果として知られている。
【０００３】
このトンネル電流のコンダクタンスは、２つの磁性層の磁化方向の相対角度に依存して変化する。上記強磁性トンネル効果では、２つの磁性層の磁化の分極率から磁気抵抗比を理論的に算出する事ができる。例えば、２つの磁性層としてＦｅを用いた場合には、磁気抵抗比は、約４０％となることが予想される。
【０００４】
このため、上記強磁性トンネル効果を利用した磁気抵抗効果素子（以下、ＭＲ素子と称する。）であるトンネル接合型磁気抵抗素子（以下、ＴＭＲ素子と称する。）は、磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、ＭＲヘッドと称する。）の材料として注目を集めている。
【０００５】
ＭＲヘッドは、電極を介してＭＲ素子に流れる電流の電圧値を検出し、これによって磁気記録媒体に記録された磁気信号を読み取る。
【０００６】
上記ＴＭＲ素子は、磁化が固定されている磁化固定層と、磁化が固定されていない磁化自由層との間に、非磁性で且つ絶縁性の材料によって形成されたトンネル障壁層を備えて成る。外部磁界により磁化自由層の磁化方向が変化することで、磁化固定層の磁化方向と磁化自由層の磁化方向との相対角度が変化する。それにより、トンネル電流のコンダクタンスが変化する。ＴＭＲ素子をＭＲヘッドに利用した際には、このコンダクタンスの変化を検出することにより磁気信号を読みとる。

【０００７】
【発明が解決使用とする課題】
ところで、ＭＲヘッドでは、バルクハウゼンノイズを抑制するために、磁区制御を行いＭＲ素子を単磁区化することが必要となる。従来のＭＲヘッドのように、異方性磁気抵抗効果（ＡＭＲ：Anisotropic Magneto-Resistivity）素子、及び巨大磁気抵抗効果（ＧＭＲ：Giant Magneto-Resistivity）素子を感磁素子として用いた場合には、ＭＲ素子の両端部に、このＭＲ素子に対してバイアス磁界を印加する硬磁性材料を用いたバイアス層を設けている。これにより、ＭＲ素子の単磁区化を果たしている。
【０００８】
しかしながら、ＴＭＲ素子を使用してＭＲヘッドを作成した場合には、ＴＭＲ素子の両主面側に電極を配置し、膜面に対して略垂直方向に電流を流し、このときに絶縁層を流れるトンネル電流のコンダクタンスを測定して、磁気信号の読みとりを行っている。そのため、バイアス層をＴＭＲ素子の両端部に設けた場合には、磁化自由層と、磁化固定層との絶縁が保たれなくなることによりＴＭＲ素子がショートしてしまい、磁気信号の読みとりが不可能となる。
【０００９】
そのため、ＴＭＲ素子を感磁素子として使用してＭＲヘッドでは、ＴＭＲ素子の両端部にバイアス層を設けることによって磁区制御を行うことは、不可能となる。
【００１０】
上述した磁化固定層は、強磁性層と反強磁性層とを備えている。反強磁性層は、強磁性層と交換結合している。したがって、磁化固定層においては、磁化の制御がされている。しかしながら、磁化自由層においては、磁化の制御がされていない。
【００１１】
そこで、本発明は、上述したような従来の実状に鑑みて提案されたものであり、強磁性トンネル効果を利用している場合においても、バルクハウゼンノイズを抑制することが可能であり、安定な再生動作を行うことが可能である磁気抵抗効果素子及びその製造方法を提供することを目的とする。
【００１２】
上述の目的を達成するために、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、一定の方向に磁化が固定されている磁化固定層と、上記磁化固定層上に形成されたトンネル障壁層と、上記トンネル障壁層上に形成され、磁化方向が自在に変化する磁化自由層とを備えている。そして、上記磁化自由層は、上記トンネル障壁層側から順に強磁性層とフリー層とを積層して形成され、さらに、上記磁化自由層のフリー層上に非磁性金属層が存在し、上記非磁性金属層上に導電性反強磁性層を備える。
【００１３】
以上のように構成された磁気抵抗効果素子は、磁化自由層と導電性反強磁性層とが、非磁性金属層を介して交換結合することにより、磁化自由層における磁化方向を固定することなく、磁区を制御することが可能になる。
【００１４】
また、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法は、基板上に、下部シールド層と、下部ギャップ層と、磁化固定層と、トンネル障壁層と、上記トンネル障壁層側から順に強磁性層とフリー層とを積層した磁化自由層と、非磁性金属層と、導電性反強磁性膜とを順次積層する積層工程を有する。
【００１５】
したがって、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法によれば、磁化自由層において、磁化方向を固定することなく、磁区を制御することが可能な磁気抵抗効果素子を提供することが可能となる。
【００１６】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【００１７】
まず、本発明を適用した磁気抵抗効果素子として、図１に示すようなトンネル接合型磁気抵抗効果素子（以下、ＴＭＲ素子と称する。）１について説明する。このＴＭＲ素子１は、強磁性トンネル効果を利用した磁気抵抗効果素子（以下、ＭＲ素子とする。）である。なお、以下の説明で用いる図面は、各部の特徴をわかりやすく図示するために、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実際と同じであるとは限らない。
【００１８】
ＴＭＲ素子１は、第１の磁性金属層２と、トンネル障壁層３と、第２の磁性金属層４と、非磁性金属層５と、導電性反強磁性層６とが順次積層された構造を有している。
【００１９】
第１の磁性金属層２は、磁化固定層であり、磁化方向が固定されている。第１の磁性金属層２は、下地層７と、反強磁性層８と、ピン層９とが順次積層されて形成されている。ピン層９が、トンネル障壁層３側に形成される。
【００２０】
下地層７は、例えば、ＮｉＦｅによって形成される。反強磁性層８は、ピン層９と交換結合をすることで、ピン層９の磁化の方向を固定する。反強磁性層８は、反強磁性体によって形成される。使用される反強磁性体の例としては、ＩｒＭｎが挙げられる。ピン層９は、反強磁性層８との交換結合によって磁化の方向が固定されている。ピン層９は、強磁性体によって形成される。使用される強磁性体の例としては、ＣｏＦｅが挙げられる。
【００２１】
また、第１の金属磁性膜２としては、下地層７上に、いわゆる積層フェリを積層したものを使用することも可能である。積層フェリとは、特開平７－１６９０２６で開示されたものであり、２つの強磁性体でできた層の間に反強磁性的結合膜をはさんだものである。
【００２２】
反強磁性的結合膜としては、ルテニウムにより形成される膜が使用される。この場合、ルテニウムにより形成される膜の厚さを０．３～１．０ｎｍにすることで、２つの強磁性体の層の磁化の方向が逆方向となる。これにより、第１の金属磁性膜２からの磁気が外部にもれることがなくなる。
【００２３】
トンネル障壁層３は、非磁性で且つ絶縁性である金属によって作成された極めて薄い層である。例としては、Al_2O_3が挙げられるが、トンネル電流が流れるものであれば、特に限定されない。トンネル障壁層３は、ピン層９上に形成される。センス電流を膜面に垂直に流すと、このトンネル障壁層３にトンネル電流が流れる。
【００２４】
第２の磁性金属層４は、磁化自由層であり、磁化方向が自在に動く。第２の磁性金属層４は、トンネル障壁層３側から強磁性層１０と、フリー層１１とが順次積層されて形成されている。強磁性層１０は、フリー層１１におけるスピン分極率を上げる。強磁性層１０は、例えばＣｏＦｅによって形成される。フリー層１１は、磁化方向が自在である。フリー層１１は、軟磁性体によって形成される。例としては、ＮｉＦｅが挙げられる。
【００２５】
非磁性金属層５は、後述する導電性反強磁性層６によるフリー層１１の磁化の方向の制御を、弱める役割を果たす。この非磁性金属層５が存在しない場合には、導電性反強磁性層６とフリー層１１との交換結合が強くなるために、磁化方向の制御が強すぎてしまい、フリー層１１の磁化方向が強く固定されてしまう。非磁性金属層５は、例えばＣｕによって形成される。
【００２６】
非磁性金属層５は、Ｃｕによって形成される場合に、その厚さを０．５ｎｍ以上且つ２ｎｍ以下とされていることが好ましい。
【００２７】

Ｃｕにより形成された層の厚さが０．５ｎｍ未満の場合は、導電性反強磁性層６とフリー層１１との交換結合が強くなるために、磁化方向の制御が強すぎてしまう。これにより、フリー層１１の磁化方向が固定されてしまい、再生動作が不可能となる。Ｃｕにより形成された層の厚さが２ｎｍより大きい場合は、導電性反強磁性層６によるフリー層１１の磁化方向の制御が不可能となるため、フリー層１１に磁壁が生じてしまい、バルクハウゼンノイズを抑制することが不可能となる。

【００２８】

導電性反強磁性層６は、フリー層１１の磁化方向を制御する。導電性反強磁性層６による磁化方向の制御により、フリー層１１に磁壁が生じるのを防ぐことが可能となる。また、上述した非磁性金属層５が存在することにより、磁化方向の制御は弱まる。そのため、フリー層１１の磁化方向を一定に固定することはない。導電性反強磁性層６は、例えば、ＩｒＭｎによって形成される。

【００２９】

磁気トンネル接合素子１は、上述したピン層９と、フリー層１１との磁化方向の相対角度に依存して、トンネル障壁層３に流れるトンネル電流のコンダクタンスが変化することを利用している。

【００３０】

具体的には、ピン層９においては、磁化方向は固定されており、フリー層１１においては、導電性反強磁性層６による磁化方向の制御のために単磁区化されているものの、磁化方向は変化自在である。トンネル素子１には、各層に対して垂直な方向にセンス電流が流されている。

【００３１】

ピン層９の磁化方向に対してフリー層１１の磁化方向が異なることにより、トンネル障壁層３に流れるトンネル電流のコンダクタンスが変化する。つまり、外部磁界の変化に応じてフリー層１１の磁化方向が変化することによって、ピン層９の磁化方向に対するフリー層１１の磁化方向が変化し、それによりトンネル電流のコンダクタンスも変化する。ＴＭＲ素子１を、例えば、磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、ＭＲヘッドと称する。）に利用した際には、上述したトンネル電流のコンダクタンスの変化を測定して、磁気記録媒体などの記録媒体に記録された情報の再生を行う。

【００３２】

以上の説明からも明らかなように、本発明に係るＴＭＲ素子１は、フリー層１１の磁化方向を制御し、単磁区化する。そのため、フリー層１１において磁壁が生じることを防ぐことが可能となり、ヒステリシスの発生を防ぐことが可能となり、バルクハウゼンノイズを抑制することが可能となった。

【００３３】

つぎに、上記ＴＭＲ素子１の製造方法について、図２乃至図９を使用して説明する。ここでは、上記ＴＭＲ素子１の製造方法を、磁気デバイスの一つであるＭＲヘッド２０に対して適用した際の製造方法を例に挙げて具体的に説明するが、本発明は、以下の例に限定されるものではない。

【００３４】

ここで、ＭＲヘッド２０の構造について説明する。このＭＲヘッド２０は、図２に示すように、シールド２１ａ，２１ｂと、ギャップ２２ａ，２２ｂと、ＴＭＲ素子１とを備える。

【００３５】

ＴＭＲ素子１は、上述したように第１の磁性金属層２と、トンネル障壁層３と、第２の磁性金属層４と、非磁性金属層５と、導電性反強磁性層６とを備える。また、第２の磁性金属層２は、下地層７と、反強磁性層８と、ピン層９とからなる。第２の磁性金属層４は、強磁性層１０と、フリー層１１とからなる。

【００３６】

シールド２１ａ，２１ｂは、後述するギャップ２２ａ，２２ｂに対する電極を兼ねている

。シールド２１ａ，２１ｂは、導電性をもつ磁性材料から形成される。例としては、センダスト（Ｆｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金）等が挙げられる。また、このシールド２１ａとシールド２１ｂとの幅をシールド間距離という。

【００３７】

ギャップ２２ａ，２２ｂは、シールド２１ａ，２１ｂと、各磁性金属層とを磁気的に隔離する。具体的には、ギャップ２２ａは、シールド２１ａと第１の磁性金属層２とを隔離し、ギャップ２２ｂは、シールド２１ｂと第２の磁性金属層４とを隔離する。ギャップ２２ａ，２２ｂは、シールド２１ａ，２１ｂに対する電極も兼ねている。ギャップ２２ａ，２２ｂは、導電性をもつ非磁性材料から形成される。例としては、Ｃｕ等が挙げられる。

【００３８】

このように構成されたＭＲヘッド２０では、磁気記録媒体から印加される信号磁界に対して、第１の磁性金属層２の磁化方向は、略平行方向に固定される。また、磁気記録媒体から印加される信号磁界に対して、第２の磁性金属層４の磁化方向は、略垂直方向となる。そして、この磁気ヘッドに対して所定の信号磁界が印加されると、第２の磁性金属層４の磁化方向が変化する。

【００３９】

このとき、このＭＲヘッド２０では、第２の磁性金属層４から第１の磁性金属層２に向かって一定の電流が流れているが、これにより、第２の磁性金属層４と第１の磁性金属層２との間には、トンネル電流が流れることとなる。そして、この磁気ヘッドでは、第２の磁性金属層４の磁化と第１の磁性金属層２の磁化との相対角度が変化することにより、トンネル電流のコンダクタンスが変化する。

【００４０】

上述したトンネル電流のコンダクタンスは、第２の磁性金属層４と第１の磁性金属層２との間の電圧を測定することによって検出可能である。このＭＲヘッド２０は、このトンネル電流のコンダクタンスの変化を検出することにより磁気記録媒体に記録された情報を再生する。

【００４１】

以上のように構成されたＭＲヘッド２０の製造方法について説明する。

【００４２】

先ず、図３に示すように、基盤３０の一主面上に最終的に下層シールド２１ａとなる磁性膜３１ａを成膜する。磁性膜３１ａは、高度に平坦化されることが望ましい。基盤３０としては、ＡｌＴｉＣ系、ＴｉＯ－ＣａＯ系など、一般に薄膜ヘッドを製造する際に使用されるものを使用することが可能である。

【００４３】

次に、図４に示すように、磁性膜３１ａ上に、第１の非磁性膜３２ａと、軟磁性膜３３と、反強磁性膜３４と、強磁性膜３５と、第２の非磁性膜３６とが、例えば、スパッタリング法等の薄膜形成手法により順次積層される。最終的に、第１の非磁性膜３２ａはギャップ２２ａとなる。軟磁性膜３３は下地層７となる。反強磁性膜３４は反強磁性層８となる。強磁性膜３５はピン層９となる。第２の非磁性膜３６はトンネル障壁層３となる。

【００４４】

なお、非磁性膜３６として、Al_2O_3を使用する場合は、Al_2O_3を直接積層する方法と、Ａｌを積層した後、酸素プラズマにより酸化する方法とが挙げられる。酸素プラズマにより酸化する方法をとる場合、酸化の度合いは、酸化時間、ガス圧力、酸素分圧、高周波投入電力などを適宜調整することにより、制御可能である。

【００４５】

次に、図５に示すように、第２の非磁性膜３６上に、第２の強磁性膜３７と、第２の軟磁性膜３８と、第３の非磁性膜３９と、第２の反強磁性膜４０と、第１の非磁性層３２ｂとが、例えば、スパッタリング法等の薄膜形成手法により順次積層される。最終的に、第２の強磁性膜３７は強磁性層１０となり、第２の軟磁性膜３８はフリー層１１となり、第３の非磁性膜３９は非磁性金属層５となり、第２の反強磁性膜４０は導電性反強磁性層６と

なり、第１の非磁性層３２ｂはギャップ２２ｂとなる。
【００４６】
次に、第１の非磁性層３２ｂ上にレジスト材料を塗布することによりレジスト膜を形成し、フォトリソグラフィ法によりこのレジスト膜を所定の形状にパターニングすることによって、図６に示すようなレジストパターン４１を形成する。具体的に、レジスト膜は、最終的に残存させるＭＲトンネル素子１に相当する大きさにパターニングすればよい。
【００４７】
次に、図７に示すように、イオンミリングにより、磁性膜３１ａが露出するまでエッチングを施し、各層が所定の幅となるようにする。この、エッチングにより、トラック幅が規定される。また、摺動面からのＴＭＲ素子１の深さをデプスという。
【００４８】
次に、図８に示すように、エッチングを施して露出した磁性膜３２ａ上に絶縁膜４２を形成する。この際、レジストパターン４１上にも、絶縁膜４２が同時に形成される。
【００４９】
次に、図９に示すように、有機溶剤等によりレジストパターン４１を剥離する。この時、レジストパターン４１上に形成された絶縁膜４２も同時に剥離する。
【００５０】
次に、略同一面を形成する絶縁膜４２及び第１の非磁性膜３２ｂ上に、最終的にシールド２１ｂとなる磁性膜３１ｂを形成する。その後、磁性膜３１ｂを所定の形状に形成し、シールド２１ｂとする。磁性膜３１ｂを形成する方法としては、所定の形状とされたレジストパターンを用いたメッキ法、及びスパッタ法による成膜の後にエッチングを施す方法などが挙げられる。
【００５１】
次に、磁性膜３１ａに対してフォトリソグラフィ及びエッチングを施すことによって所定の形状に形成し、シールド２１ａとする。
【００５２】
次に、絶縁膜４２に開口部４３を形成する。この開口部４３からシールド２１ａを露出させ、開口部４３内に導電材料を充填することによりシールド２１ａを電気的に接続可能とすることで、図２に示すＭＲヘッド２０が作成される。なお、絶縁膜４２は、図２では図示されていないが、シールド２１ａとシールド２１ｂとの間及び周囲に充填された構造となっている。
【００５３】
以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気トンネル接合素子１の製造方法においては、各層の成膜過程や第２の非磁性膜３６の酸化過程などの各製造過程を連続して行うことが可能である。そのため、インライン型スパッタ装置内で製造を行うことが可能となり、製造途中の製品を大気に触れさせることなくＴＭＲ素子１を製造することが可能となる。そのため、品質の劣化を防ぐことが可能となる。また、ＴＭＲ素子１の製造工程の簡略化を図ることも可能となる。
【００５４】
【実施例】
つぎに、上述したＴＭＲ素子１をＭＲヘッド２０に対して適用した際の、非磁性金属層５の厚さと、再生感度及びバルクハウゼンノイズの発生との関係について、実施例に基づいて説明する。
【００５５】
実施例１
実施例１では、図２に示したＭＲヘッド２０と同様な構成のＭＲヘッドを作製した。各層に使用した材料は、下記の通りである。
【００５６】
トンネル素子３　　：Al_2O_3
非磁性層５　　：Ｃｕ

導電性反強磁性層６　　：$Ir_{20}Mn_{80}$
下地層７　　：$Ni_{80}Fe_{20}$
反強磁性層８　　：$Ir_{20}Mn_{80}$
ピン層９　　：$Co_{90}Fe_{10}$
強磁性層１０　　：$Co_{90}Fe_{10}$
フリー層１１　　：$Ni_{80}Fe_{20}$
シールド２１ａ，２１ｂ　：センダスト（Ｆｅ－Ｓｉ－Ａｌ合金）
ギャップ２２ａ，２２ｂ　：Ｃｕ
このとき、非磁性金属層５の厚さを０．５ｍｍとした。また、トラック幅を１μｍとし、デプスを１μｍとし、シールド間距離を０．２μｍとした。

【００５７】
実施例２
実施例２では、非磁性金属層５の厚さを１ｎｍとした以外は実施例１と同様にして、ＭＲヘッドを作製した。

【００５８】
実施例３
実施例３では、非磁性金属層５の厚さを２ｎｍとした以外は実施例１と同様にして、ＭＲヘッドを作製した。

【００５９】
実施例４
実施例４では、非磁性金属層５の厚さを３ｎｍとした以外は実施例１と同様にして、ＭＲヘッドを作製した。

【００６０】
比較例１
比較例１では、非磁性金属層５を形成せずにＭＲヘッドを作製した。なお、このＭＲヘッドは、非磁性金属層５が形成されていないことを除いては、上述した実施例１と同様な構成により作製した。

【００６１】
これら実施例１乃至実施例４、及び比較例１で作製したＭＲヘッドについて、再生感度とバルクハウゼンノイズの発生とを調べた。その結果を、表１に示す。

【００６２】
ここで、再生感度については、磁気記録媒体に記録された磁気信号の再生が可能であったものを△とし、磁気信号の再生が特に良好であったものを○として示している。また、磁気信号の再生が困難であったものを×として示している。バルクハウゼンノイズについては、発生が少なかったものを△とし、ほぼ発生が見られないものを○として示した。また、発生が著しかったもの×として示した。

【００６３】
【表１】

	Cu膜厚(nm)	再生感度	バルクハウゼンノイズ
実施例1	0.5	△	○
実施例2	1	○	○
実施例3	2	○	△
実施例4	3	○	×
比較例1	0	×	○

【００６４】
表１に示す結果から、比較例１のＭＲヘッドのように、非磁性金属層５の厚さが０．５ｎｍ未満である場合には、磁気信号の再生が困難であることがわかる。また、実施例４のＭＲヘッドのように、非磁性金属層５の厚さが２ｎｍ以上である場合には、バルクハウゼン

ノイズが十分に抑制できないことがわかる。したがって、非磁性金属層５の厚さは、０．５ｎｍ～２ｎｍが好ましいことがわかる。

【００６５】

【発明の効果】

以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、磁化自由層における磁化を制御し、単磁区化する。そのため、磁化自由層において磁壁が生じることを防ぐことが可能となり、ヒステリシスが発生することを防ぐことが可能となり、バルクハウゼンノイズの発生を抑制することが可能となった。したがって、強磁性トンネル効果を利用しており、且つ安定して再生動作する磁気抵抗効果素子を実現することが可能となる。

【００６６】

また、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法においては、各製造工程を連続して行うことが可能となる。そのため、磁気抵抗効果素子の製造工程の簡略化を図ることも可能となる。また、強磁性トンネル効果を利用しており、且つ安定して再生動作する磁気抵抗効果素子を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係るＭＲ素子を示す要部拡大断面図である。

【図２】同ＭＲ素子を利用して作成したＭＲヘッドの概略斜視図である。

【図３】同ＭＲ素子の製造方法を説明するための図であり、磁性膜までを形成した状態を示す断面図である。

【図４】同ＭＲ素子の製造方法を説明するための図であり、第２の非磁性膜までを形成した状態を示す断面図である。

【図５】同ＭＲ素子の製造方法を説明するための図であり、第１の非磁性膜までを形成した状態を示す断面図である。

【図６】同ＭＲ素子の製造方法を説明するための図であり、第１の非磁性膜上にレジストパターン４１を形成した状態を示す断面図である。

【図７】同ＭＲ素子の製造方法を説明するための図であり、第１の非磁性層から第１の非磁性膜に対してエッチング処理を施した状態を示す断面図である。

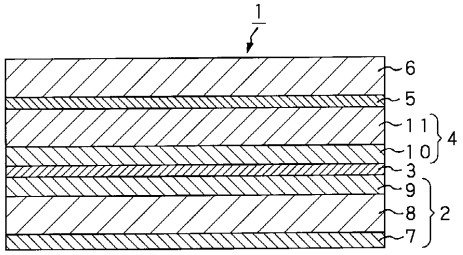
【図８】同ＭＲ素子の製造方法を説明するための図であり、絶縁膜を形成した状態を示す断面図である。

【図９】同ＭＲ素子の製造方法を説明するための図であり、レジストを除去した状態を示す断面図である。

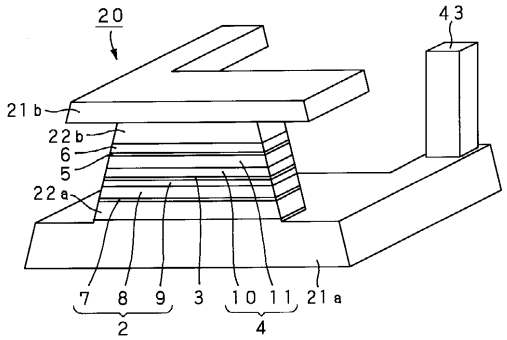
【符号の説明】

１　ＭＲトンネル素子、２　第１の磁性金属層、３　トンネル障壁層、４　第２の磁性金属層、５　非磁性金属層、６　導電性反強磁性層、７　下地層、８　反強磁性層、９　ピン層、１０　強磁性層、１１　フリー層

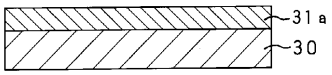
【図１】



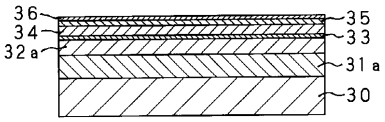
【図２】



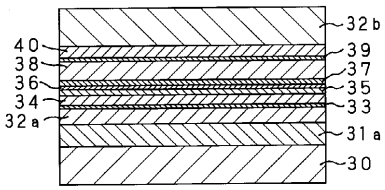
【図３】



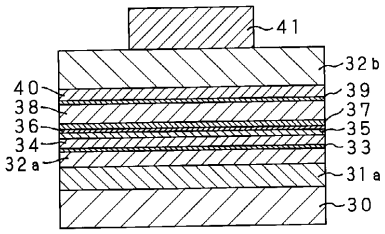
【図４】



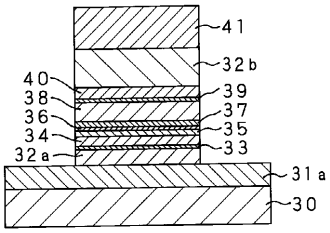
【図５】



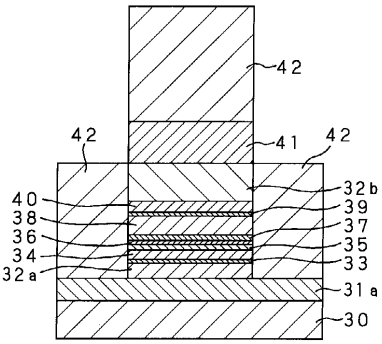
【図６】



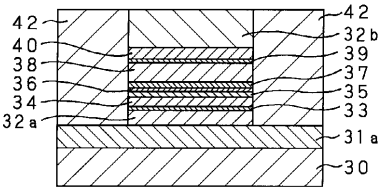
【図７】



【図８】



【図９】



フロントページの続き

(72)発明者　久保田　均
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉０８　東北大学大学院　工学研究科内

審査官　松本　貢

(56)参考文献　特開平１１－１３４６２０（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１７５９２５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H01L 43/08
H01L 43/12