

(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2008-66612

(P2008-66612A)

(43) 公開日 平成20年3月21日(2008.3.21)

| | | |
|-------------------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| HO 1 L 43/08 (2006.01) | HO 1 L 43/08 Z | 5 D O 3 4 |
| HO 1 L 43/12 (2006.01) | HO 1 L 43/12 | 5 E O 4 9 |
| G 1 1 B 5/39 (2006.01) | G 1 1 B 5/39 | 5 F O 9 2 |
| HO 1 F 10/32 (2006.01) | HO 1 F 10/32 | |
| HO 1 F 41/18 (2006.01) | HO 1 F 41/18 | |
| 審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁) 最終頁に続く | | |

(21) 出願番号 特願2006-244977 (P2006-244977)
 (22) 出願日 平成18年9月11日 (2006.9.11)

(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 100108187
 弁理士 横山 淳一
 (72) 発明者 駒垣 幸次郎
 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) 5D034 BA03 CA06 DA07
 5E049 BA06 BA12 CB01 DB12 GC06
 5F092 AA11 AA15 AB03 AC12 AD03
 BB03 BB10 BB17 BB22 BB36
 BB42 BB53 BC04 BC07 BC18
 BC22 CA19

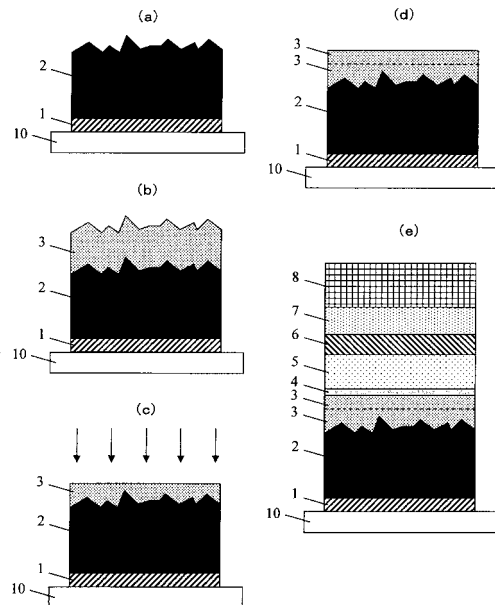
(54) 【発明の名称】 トンネル磁気抵抗効果素子及びその製造方法。

(57) 【要約】

【課題】トンネル磁気抵抗効果素子の薄層化を図るべく、反強磁性層の表面粗さやトンネルバリア層の結晶性の問題を解消し、良好な磁気抵抗特性を得る。

【解決手段】下地層、反強磁性層、第1の固定磁性層、非磁性中間層、第2の固定磁性層、トンネルバリア層、自由磁性層、保護層の順に積層された磁気抵抗効果において、第1の固定磁性層を平滑化することで、非磁性中間層をも平滑化し、第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の間に安定した反強磁性交換結合を得ることができる。また、トンネルバリア層をも平滑化し、薄層化した場合においても安定した磁気抵抗特性を得ることができる。さらに、結晶性を必要とするトンネルバリア層においても良好な磁気抵抗特性を得ることができる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下地層、反強磁性層、第 1 の固定磁性層、非磁性中間層、第 2 の固定磁性層、トンネルバリア層、自由磁性層、保護層の順に積層され、

前記第 1 の固定磁性層が平滑化された構造を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】

前記平滑化が中心線平均粗さRaが0.3nm以下であることを特徴とする、請求項 1 に記載された磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

前記反強磁性層がIr-Mn合金であることを特徴とする、請求項 1 又は請求項 2 に記載された磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

前記トンネルバリア層がMgOであることを特徴とする、請求項 3 に記載された磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

下地層、反強磁性層、第 1 の固定磁性層、非磁性中間層、第 2 の固定磁性層、トンネルバリア層、自由磁性層、保護層の順に積層し、

前記非磁性中間層の積層前に前記第 1 の固定磁性層を平滑化することを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 6】

前記平滑化後、非磁性中間層の積層前に、再度、第 1 の固定磁性層を積層することを特徴とする、請求項 5 に記載された磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 7】

前記平滑化がガスクラスタイオンビーム又は逆スパッタにより行われたことを特徴とする、請求項 5 又は請求項 6 に記載された磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 8】

前記反強磁性層がIr-Mn合金であることを特徴とする、請求項 5 から請求項 7 に記載された磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 9】

前記トンネルバリア層がMgOであることを特徴とする、請求項 8 に記載された磁気抵抗効果素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明はトンネル磁気抵抗効果素子及びその製造方法に関する。さらに詳しくは、トンネル磁気抵抗効果素子の膜構造に関する。

【背景技術】

【0002】

ハードディスクドライブ(HDD)の大容量小型化に伴い、高感度かつ高出力の薄膜磁気ヘッドが要求されている。この要求に対応するため、巨大磁気抵抗効果(GMR)素子の特性改善が進んでおり、一方では、GMRの2倍以上の抵抗変化率が期待できるトンネル磁気抵抗効果(TMR)素子の開発も積極的に行われている。

【0003】

トンネル磁気抵抗効果素子の膜構造を図1に示す。トンネル磁気抵抗効果素子は下地層1と、反強磁性層2と、反強磁性層2からの交換結合力により固定される第1の固定磁性層3と、非磁性中間層4と、第1の固定磁性層3と反強磁性交換結合する第2の固定磁性層5と、トンネルバリア層6と、自由磁性層7と、保護層8から構成される。

【0004】

10

20

30

40

50

一般的に、反強磁性層を薄くできることから図1に示すような非磁性中間層4を介して第1の固定磁性層3と第2の固定磁性層5が反強磁性交換結合する構造がとられている。また、磁気ヘッドとして磁気抵抗効果素子を用いる場合には、フォトレジストをマスクとしてイオンミリングにより素子形状を形成するため、その素子断面は図2に示すように素子テーパ部9を有する台形状となる。図2は媒体対向面に垂直な方向から見た断面図である。ところで、高密度化に対応するためには磁気ヘッドの狭コア幅化を図る必要がある。したがって、コア幅を規定する自由磁性層の幅が台形の上辺近傍にあるのか、下辺近傍にあるのかで、磁気ヘッドのコア幅は異なってくる。一般には図2に示すように狭コア幅を実現するため自由磁性層が台形の上辺近傍に来るように、反強磁性層2が第1の固定磁性層3の下側に積層される構造をとることが多い。

10

【0005】

ここで、トンネル磁気抵抗効果素子は、トンネルバリア層の厚さを小さくし、素子抵抗を下げることにより、大きな電流を流すことが可能となり、大きな出力電圧を得ることができる。また、静電破壊防止の観点からも素子抵抗が低いことが望まれている(特許文献1)。

【0006】

しかし、トンネルバリア層の膜厚は1nm以下であり、平滑性が確保されていない場合に、そのトンネルバリア層の膜厚を薄くすると、トンネルバリア層の一部にピンホールが発生し、このピンホール部からセンス電流が流れてしまうため、高出力が得られなくなってしまう。したがって、高出力を得るためには、トンネルバリア層を薄層化する必要があり、これを実現するには、まずトンネルバリア層の平滑化が重要となる。

20

【0007】

そこで、従来は、トンネルバリア層を成膜する前に第2の固定磁性層を逆スパッタなどにより平滑化し、その上にトンネルバリア層を積層することで、トンネルバリア層自体の平坦性を確保している。すなわち、トンネルバリア層の下地層を平滑化することでトンネルバリア層においても良好な平滑面を得ようとするものである。

【0008】

ここで、トンネル磁気抵抗効果素子のトンネルバリア層としては Al_2O_3 が一般的であるが、より高い磁気抵抗特性を得ることができるバリア層としてMgOが知られている(非特許文献1)。 Al_2O_3 は非結晶質であるが、MgOは結晶質であり、良好なトンネル磁気抵抗効果を得るにはその結晶構造が重要となる。MgOを用いて良好なトンネル磁気抵抗効果を得るためには、MgOの下地層となる第2の固定磁性層が非結晶質であることが知られている(非特許文献2)。

30

【0009】

一方、高密度化の要求から磁気ヘッドにおける磁気シールド間のギャップについても狭ギャップ化が求められる。磁気シールドの間にはトンネル磁気抵抗効果素子が挟まれるため、狭ギャップ化においてはトンネル磁気抵抗効果素子の中でも膜厚が厚い反強磁性層を薄層化することが重要である。一般的な反強磁性層としては、交換結合力が大きく、高いブロッキング温度を示すPt-Mn合金が用いられているが、反強磁性層として使用できる膜厚は10~20nmと比較的厚い。一方、Ir-Mn合金であれば、5~10nm程度の膜厚であっても使用できるため、今後の狭ギャップ化を考えると、反強磁性層としてIr-Mn合金が用いられる可能性が高い。しかし、Ir-Mn合金はPt-Mn合金に比べて、成膜した際の膜表面の粗さが大きいことが知られている。(特許文献2)

40

【特許文献1】特開2001-36164号公報

【特許文献2】特開2005-333106号公報

【非特許文献1】S.Yuasa et al., Giant room-temperature magnetoresistance in single-crystal Fe/MgO/Fe magnetic tunnel junctions, Nat.Mater.3(2004)868

【非特許文献2】D.D.Djayaprawira et al., 230% room-temperature magnetoresistance in CoFeB/MgO/CoFeB magnetic tunnel junctions, Appl.Phys.Lett.86(2005)09250

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

図6に第2の固定磁性層を逆スパッタした場合のTMR ratio(%)とRA(μm^2)の関係を示す。実験に用いたトンネル磁気抵抗効果膜の膜構成は、Taを5nm、Ruを2nm、IrMnを10nm、CoFeを2.5nm、Ruを0.8nm、CoFeBを3nm、MgOを1nm、CoFeBを3nm、Taを5nm、Ruを10nmとした。また、逆スパッタは真空チャンバー内においてArガス 10^{-2} Paの雰囲気中で行った。このように、トンネルバリア層としてMgOを用いる場合には、従来技術のように、第2の固定磁性層を逆スパッタ等により平滑化するとMgOの配向が阻害され、良好な磁気抵抗特性を得ることができない。しかし、トンネルバリア層の薄層化を図る場合や、反強磁性層特にIr-Mn合金を反強磁性層として用いるため膜の表面荒さが大きい場合には、平滑化は必須の技術となる。

10

【0011】

さらに、第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の間に生じる反強磁性交換結合は、その間に挟まれる非磁性中間層の膜厚依存が大きい。その非磁性中間層の膜厚は1nm以下と薄いため、膜厚にバラツキがある場合には第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の間に良好な交換結合を得ることができなくなる。すなわち、Ir-Mn合金を反強磁性層に用いた場合には、非磁性中間層の膜表面の粗さが大きくなり、良好な交換結合を得ることができない。

【0012】

したがって、本願では薄層化を図るべく、その際に生じる上記問題を解消し、良好な磁気抵抗特性が得られるトンネル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。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

そこで、薄層化を図った場合においても良好な磁気抵抗特性が得られる以下の構造及び手段を説明する。

【0014】

下地層、反強磁性層、第1の固定磁性層、非磁性中間層、第2の固定磁性層、トンネルバリア層、自由磁性層、保護層の順に積層された磁気抵抗効果において、第1の固定磁性層が平滑化された構造であることを特徴とする。第1の固定磁性層が平滑化されることで、その上に積層される非磁性中間層も平滑化され、第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の反強磁性交換結合が安定して得られる。また、さらにその上に積層されるトンネルバリア層も平滑化され、ピンホールを生じることなく薄層化することが可能となる。

30

【0015】

前記平滑化が中心線平均粗さRaが0.3nm以下であることを特徴とする。中心線平均粗さRaが0.3nm以下であれば、例えばPt-Mn合金を反強磁性層として用いた場合と同等の平滑面が得られたと言え、良好な磁気抵抗特性を得ることができる。

【0016】

また、前記反強磁性層がIr-Mn合金であることを特徴とする。反強磁性層にIr-Mn合金を用いた場合においては、例えばPt-Mn合金を用いた場合に比べて、成膜後の膜面の平滑性が極めて悪く、その上に非磁性中間層を積層しても第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の反強磁性交換結合が安定して得られないが、第1の固定磁性層を平滑化することで、第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の反強磁性交換結合が安定して得られる。さらに、Ir-Mn合金を反強磁性層として用いた場合には、トンネルバリア層を平滑化する効果は大きい。

40

【0017】

また、前記トンネルバリア層がMgOであることを特徴とする。トンネルバリア層にMgOを用いた場合には、その結晶構造が磁気抵抗特性に大きく影響するため、平滑化がさらに重要となる。しかし、第2の固定磁性層を平滑化した場合には、MgOの良好な結晶構造が得

50

られないため、第1の固定磁性層を平滑化することでMgOの良好な結晶構造を得ることができる。

【0018】

また、その磁気抵抗効果素子の製造方法は、下地層、反強磁性層、第1の固定磁性層、非磁性中間層、第2の固定磁性層、トンネルバリア層、自由磁性層、保護層の順に積層し、非磁性中間層の積層前に第1の固定磁性層を平滑化することを特徴とする。この磁気抵抗効果素子の製造方法により、前記の磁気抵抗効果素子が得られる。

【0019】

また、平滑化後、非磁性中間層の積層前に、再度、第1の固定磁性層を積層することを特徴とする。すなわち、第1の固定磁性層を所要の膜厚より薄くしておき、再度、第1の固定磁性層を成膜して所要の膜厚とするものである。

10

【0020】

また、前記第1の固定磁性層を平滑化が、ガスクラスタライオンビーム又は逆スパッタにより行われたことを特徴とする。平滑化手段としては、同一真空中で行える、ガスクラスタライオンビーム又は逆スパッタを用いることで、膜特性の劣化を防ぐことができる。

【0021】

また、これらの磁気抵抗効果素子の製造方法において、反強磁性層としてIr-Mn合金を、トンネルバリア層としてMgOを用いることを特徴とする。このような条件下において本願発明の効果が大きいからである。

【発明の効果】

20

【0022】

本願発明に係る磁気抵抗効果素子及びその製造方法によれば、第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の間において良好な反強磁性交換結合が得られ、さらに、トンネルバリア層の薄層化を図ることができ、高い磁気抵抗が得られる磁気抵抗効果素子を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、添付した図面に基づき本願発明の実施形態を詳細に説明する。

【0024】

(第1の実施形態)

30

図3に本願発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法の第1の実施形態を示す。図3は磁気抵抗効果膜の断面図である。図3(a)に示すように、 Al_2O_3 -TiCなる基板10上にTaからなる下地層1を成膜し、続けてIr-Mn合金からなる反強磁性層2を成膜する。ここで、Ir-Mn合金からなる反強磁性層2は、一般的に用いられているPt-Mn合金からなる反強磁性層に比べて膜の表面粗さが大きい。したがって、図3(b)に示すように、Ir-Mn合金の上に積層される第1の固定磁性層も下地となるIr-Mn合金の影響を受け表面が粗い状態となる。そこで、図3(c)に示すようにガスクラスタライオンビーム又は逆スパッタにより第1の固定磁性層の表面を平滑化する。次に、図3(d)に示すように、平滑化された第1の固定磁性層3の上にRuからなる非磁性中間層4、Co-Fe合金からなる第2の固定磁性層5、MgOからなるトンネルバリア層6、Co-Fe合金からなる自由磁性層7、Taからなる保護層8を続けてスパッタ法により積層する。なお、ガスクラスタライオンビームの照射又は逆スパッタを十分に行って、良好な磁気抵抗特性を得るために、第1の固定磁性層3は所要の膜厚よりも十分に厚く成膜しておくことが好ましい。

40

【0025】

本願発明に係るトンネル磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドに用いる場合には、例えば基板の Al_2O_3 -TiCの上に Al_2O_3 からなる絶縁層、NiFeからなるシールド層を積層してから、トンネル磁気抵抗効果素子を積層する。これは第2の実施形態においても同様である。

【0026】

トンネルバリア層に Al_2O_3 を用いている場合には、 Al_2O_3 は非結晶質であるため、その下地となる第2の固定磁性層をガスクラスタライオンビーム又は逆スパッタにより平滑化し

50

た場合であっても、その磁気抵抗特性に影響はなかったが、トンネルバリア層にMgOを用いている場合には、MgOは結晶質であるため、良好な磁気抵抗特性を得るためにはMgOの結晶構造が重要であり、その下地となる第2の固定磁性層をスクラスタイオンビーム又は逆スパッタにより平滑化した場合には、良好な磁気抵抗特性を得ることができなかった。

【0027】

しかし、本願発明によれば、スクラスタイオンビーム又は逆スパッタにより平滑化するのには第1の固定磁性層であるため、第2の固定磁性層の上に連続してトンネルバリア層としてMgOを成膜でき、極めて良好な磁気抵抗特性を得ることができた。

【0028】

図5に第1の固定磁性層の逆スパッタ時間とTMR ratio(%)及びRA(μm^2)の関係を示す。実験に用いたトンネル磁気抵抗効果膜の膜構成は、Taを5nm、Ruを2nm、IrMnを10nm、CoFeを2.5nm、Ruを0.8nm、CoFeBを3nm、MgOを1nm、CoFeBを3nm、Taを5nm、Ruを10nmとした。また、逆スパッタは真空チャンパー内においてArガス 10^{-2} Paの雰囲気中で行った。なお、逆スパッタ時間0(min)のデータは逆スパッタをおこなっていない磁気抵抗効果素子を表し、良好な磁気抵抗特性は得られていない。

【0029】

また、特に、反強磁性層としてIr-Mn合金を用いた場合には、反強磁性層、第1の固定磁性層、非磁性中間層を連続成膜すると、反強磁性層の表面における荒れが非磁性中間層にも影響を与えていたが、本願発明によれば、非磁性中間層であるRuも平滑化されているため、良好な第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の間の反強磁性交換結合が得られる。

【0030】

このようにして製造された、下地層、反強磁性層、第1の固定磁性層、非磁性中間層、第2の固定磁性層、トンネルバリア層、自由磁性層、保護層の順に積層され、第1の固定磁性層が平滑化された構造を有する磁気抵抗効果素子は、良好な磁気抵抗特性を示す。

【0031】

なお、反強磁性層や非磁性中間層を逆スパッタなどにより平滑化することも考えられるが、反強磁性層と第1の固定磁性層との間の良好な交換結合や第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の間の良好な反強磁性交換結合が得られない。

【0032】

(第2の実施形態)

図4に本願発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法の第2の実施形態を示す。図4は磁気抵抗効果膜の断面図である。図4(a)に示すように、 Al_2O_3 -TiCからなる基板1上にTaからなる下地層1を成膜し、続けてIr-Mn合金からなる反強磁性層2を成膜する。図4(b)に示すようにIr-Mn合金からなる反強磁性層2の膜の表面粗さが大きいため、その上に積層する第1の固定磁性層3の表面も荒れた状態となる。そこで、図4(c)に示すように、ガスクラスタイオンビーム又は逆スパッタにより第1の固定磁性層3の表面を平滑化する。ここまでは、第1の実施形態と同様の方法である。

【0033】

ここで、ガスクラスタイオンビーム又は逆スパッタにより第1の固定磁性層3の表面を平滑化する際の、ガスクラスタイオンビームの照射時間又は逆スパッタ時間を長くして、第1の固定磁性層3を所要の膜厚よりも薄くしておき、図4(d)に示すように、第1の固定磁性層3を再度スパッタにより成膜して所要の膜厚にし、その後、Ruからなる非磁性中間層4、Co-Fe合金からなる第2の固定磁性層5、MgOからなるトンネルバリア層6、Co-Fe合金からなる自由磁性層7、Taからなる保護層8を続けてスパッタ法により積層することもできる。ガスクラスタイオンビームの照射時間又は逆スパッタ時間を長くすることで、第1の固定磁性層の十分な平滑化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】トンネル磁気抵抗効果素子の膜構造の断面図である。

【図2】磁気抵抗効果素子のテーパ形状を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図3】第1の実施形態における磁気抵抗効果素子及びその製造方法を示す図である。

【図4】第2の実施形態における磁気抵抗効果素子の製造方法を示す図である。

【図5】本願発明における第1の固定磁性層の逆スパッタ時間とTMR ratio(%)及びRA(μm^2) の関係を示す図である。

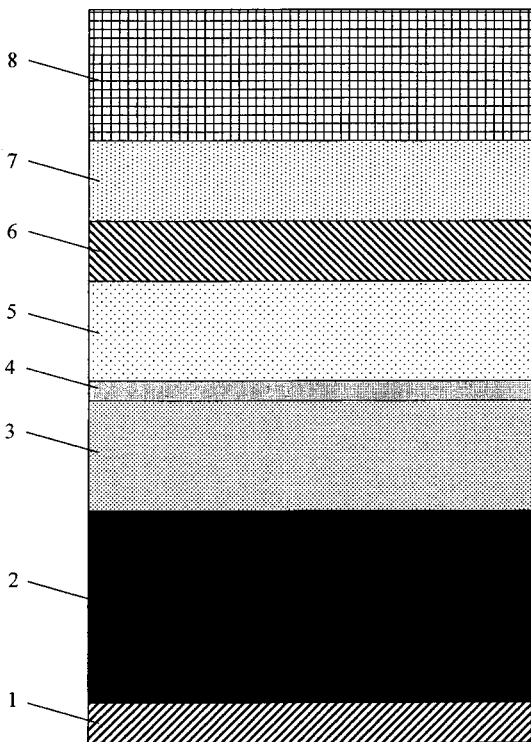
【図6】従来技術の第2の固定磁性層を逆スパッタした場合のTMR ratio(%)とRA(μm^2) の関係を示す図である。

【符号の説明】

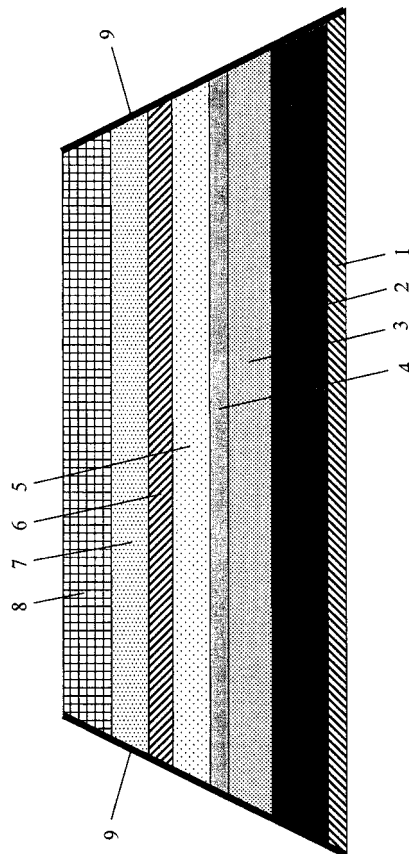
【0035】

- 1下地層
- 2反強磁性層
- 3第1の固定磁性層
- 4非磁性中間層
- 5第2の固定磁性層
- 6トンネルバリア層
- 7自由磁性層
- 8保護層
- 9素子テーパー部
- 10基板

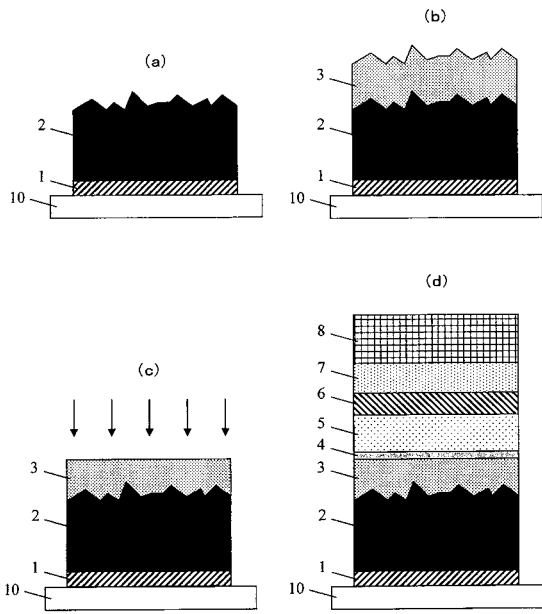
【図1】



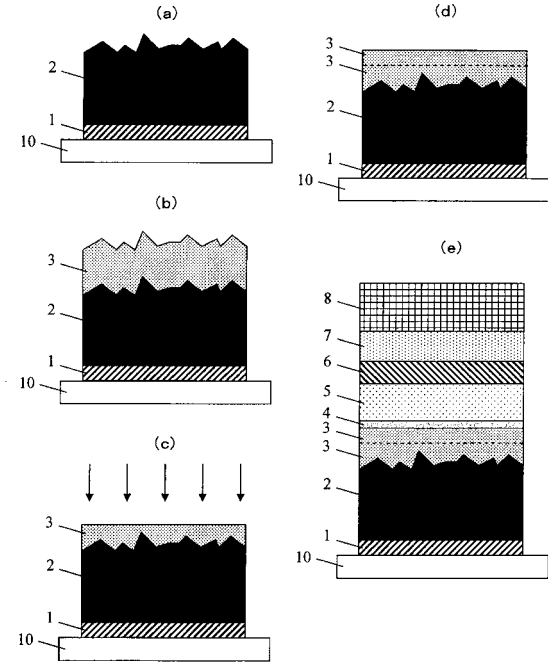
【図2】



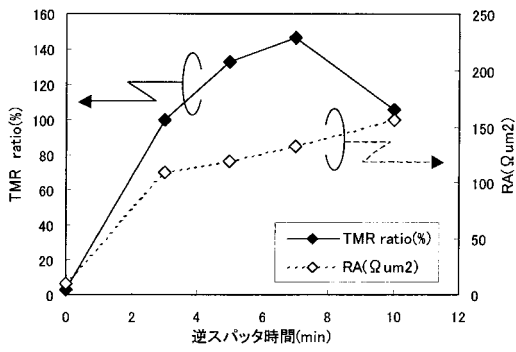
【 図 3 】



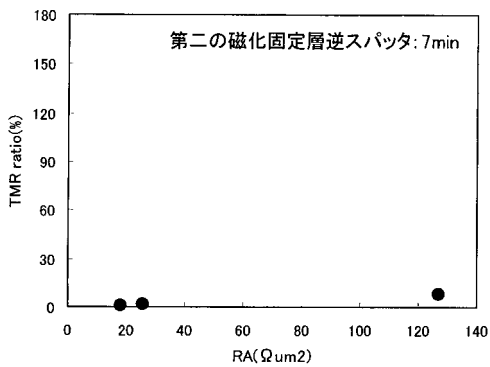
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

H 0 1 F 10/30 (2006.01)

F I

H 0 1 F 10/30

テーマコード(参考)