

(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2005-19990  
(P2005-19990A)

(43) 公開日 平成17年1月20日(2005.1.20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

**H01L 43/10**  
**C22C 38/00**  
**G01R 33/09**  
**G11B 5/39**  
**H01F 10/16**

F 1

H01L 43/10  
C22C 38/00 303Z  
G11B 5/39  
H01F 10/16  
H01F 10/32

テーマコード(参考)

2 G017  
5 D034  
5 E049

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-180612 (P2004-180612)  
(22) 出願日 平成16年6月18日 (2004.6.18)  
(31) 優先権主張番号 10/602504  
(32) 優先日 平成15年6月24日 (2003.6.24)  
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 503116280  
ヒタチグローバルストレージテクノロジーズネザーランドビーブイ  
オランダ国 1076エーゼット, アムステルダム, ロケーテリケード 1  
(74) 代理人 100068504  
弁理士 小川 勝男  
(74) 代理人 100095876  
弁理士 木崎 邦彦  
(72) 発明者 メアリー・エフ・デルナー  
アメリカ合衆国95062、カリフォルニア州、サンタクラーズ、フォレストアベニュー 148

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された反強磁性結合膜を有する磁気装置

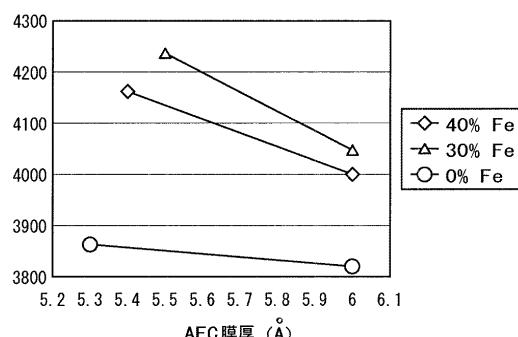
## (57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗効果再生ヘッドおよび磁気トンネル接合装置において、2層の強磁性層における反強磁性交換結合を強くする反強磁性結合(AFC)材料が望まれている。

【解決手段】 磁気抵抗効果再生ヘッドおよび磁気トンネル接合装置に組み込まれる積層構造は、改良された反強磁性結合(AFC)膜に対して反強磁性的に結合された2層の強磁性層の強磁性構造を有する。 AFC膜は、 $Ru_{100-x}Fe_x$ の合金であり、xは、約10原子パーセントと約60原子パーセントの間にある。このAFC膜は、交換結合を2倍まで大きくし、かつCo合金強磁性層に対する適応を可能とするhcp結晶構造を有する。

【選択図】 図5

図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

反強磁性的に結合された第1の強磁性膜および第2の強磁性膜と、前記第1の強磁性膜および第2の強磁性膜の間に配置された反強磁性結合膜とを有し、前記反強磁性結合膜は、RuおよびFeを含む合金から形成されてなることを特徴とする磁気装置。

## 【請求項 2】

前記第1の強磁性膜および第2の強磁性膜は、それぞれ、Coを含む合金から形成されてなることを特徴とする請求項1記載の磁気装置。

## 【請求項 3】

RuおよびFeを含む前記合金は、本質的にRuおよびFeからなり、かつ $Ru_{100-x}Fe_x$ の組成を有する合金であり、xは、約10原子パーセントと約60原子パーセントの間にあることを特徴とする請求項1記載の磁気装置。 10

## 【請求項 4】

所定の範囲内の磁界がないときに好適な方向に固定された磁気モーメントを有する強磁性固定層と、

所定の範囲内の磁界があるときに、前記強磁性固定層の前記磁気モーメントに対して自由に回転する磁気モーメントを有する強磁性自由層と、

前記強磁性固定層および前記強磁性自由層の間で接触するように配置された非磁性スペーサ層と、を有し、

前記強磁性固定層および前記強磁性自由層の少なくとも一方は、反強磁性的に結合された第1の強磁性膜および第2の強磁性膜と、RuおよびFeを含む反強磁性結合膜とを有することを特徴とする磁気装置。 20

## 【請求項 5】

前記磁気装置はスピン・バルブ磁気抵抗効果センサであり、前記非磁性スペーサ層は導電性金属材料から形成されてなることを特徴とする請求項4記載の磁気装置。

## 【請求項 6】

前記磁気装置は磁気トンネル接合装置であり、前記非磁性スペーサ層は電気絶縁材料から形成されてなることを特徴とする請求項4記載の磁気装置。

## 【請求項 7】

基板と、

前記基板上に形成され、かつ、印加磁界ないときに好適な方向に固定された磁化方向を有する強磁性固定層と、

前記強磁性固定層と接触した非磁性金属導電性スペーサ層と、

前記非磁性金属導電性スペーサ層と接触し、かつ、前記強磁性固定層の前記磁化方向に対して自由に回転する磁化方向を有する強磁性自由層と、を有し、

前記強磁性固定層および前記強磁性自由層の少なくとも一方は、

反強磁性的に結合された第1の強磁性膜および第2の強磁性膜と、

前記第1の強磁性膜および第2の強磁性膜の間で接触するように配置された反強磁性結合膜と、を有し、

前記反強磁性結合膜は、前記第1の強磁性膜および第2の強磁性膜がそれらの磁気モーメントが反平行を向いた状態で結合するのに十分な膜厚を有し、

前記反強磁性結合膜は、本質的にRuおよびFeからなる材料から形成され、かつ、 $Ru_{100-x}Fe_x$ の組成を有し、xは、約10原子パーセントと約60原子パーセントの間にあることを特徴とする磁気抵抗効果スピン・バルブ・センサ。 40

## 【請求項 8】

基板と、

前記基板上に形成され、かつ、印加磁界ないときに好適な方向に固定された磁化方向を有する強磁性固定層と、

前記強磁性固定層と接触したトンネル・バリア絶縁層と、

前記強磁性固定層の前記磁化方向に対して自由に回転する磁化方向を有し、かつ、前記 50

トンネル・バリア絶縁層と接触した強磁性検知層と、を有し、

前記強磁性固定層および強磁性検知層の少なくとも一方は、

反強磁性的に結合された第1の強磁性膜および第2の強磁性膜と、

前記第1の強磁性膜および第2の強磁性膜の間で接触するように配置された反強磁性結合膜と、を有し、

前記反強磁性結合膜は、前記第1の強磁性膜および第2の強磁性膜がそれらの磁気モーメントが反平行を向いた状態で結合するのに十分な膜厚を有し、

前記反強磁性結合膜は、本質的にRuおよびFeからなる材料から形成され、かつ、Ru<sub>100-x</sub>Fe<sub>x</sub>の組成を有し、xは、約10原子パーセントと約60原子パーセントの間にあることを特徴とする磁気トンネル接合装置。 10

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、反強磁性結合( AFC )膜によって反強磁性的に交換結合された強磁性層を用いた磁気装置に関する。これらの装置としては、磁気記録ディスク、巨大磁気抵抗(GMR)効果に基づいた磁気抵抗効果再生ヘッド、および、磁気記憶素子および磁気抵抗効果再生ヘッドとして用いられる磁気トンネル接合(MTJ)装置がある。

#### 【0002】

本出願は、磁気装置を磁気抵抗効果再生ヘッドおよびMTJ装置としてクレームするものであり、係属中の同時出願は、磁気装置を磁気記録ディスクとしてクレームするものである。 20

#### 【背景技術】

#### 【0003】

AFC膜によって分離された少なくとも2層の強磁性層を使用した磁気記録ディスクが、米国特許第6280813号明細書に記載されている。本特許は、参照して本出願に引用する。ルテニウム(Ru)は、強磁性層におけるコバルト(Co)合金材料と同じ六方最密(hcp)結晶構造を有し、かつ最も強いといわれている交換結合を有しているので、AFC膜に好適な材料である。

#### 【0004】

スピニ・バルブ(SV)GMR再生ヘッドは、非磁性金属導電スペーサ層、一般的には銅(Cu)によって分離された2層の非結合強磁性層を有するサンドイッチ構造であり、2層の強磁性層のうちの1層における磁化方向(磁気モーメント)は固定されているが、自由強磁性層すなわちセンス強磁性層における磁化方向は自由に回転する。基本的なSV磁気抵抗効果センサについては米国特許第5206590号明細書に記載されている。 30

#### 【0005】

磁気トンネル接合(MTJ)装置は、一般にアルミナからなるトンネル・バリア層と称される非磁性電気絶縁層によって分離された2層の強磁性層を有している。2層の強磁性層のうちの1層は、固定層であって、その磁化方向は、層面内に配向されているが、印加磁界があるときに回転できないように固定されている。強磁性固定層は界面交換バイアスによって隣り合った反強磁性層に固定できるが、強磁性自由層は固定層の磁化方向に対して回転可能な磁化方向を有している。トンネル・バリア絶縁層を介して直交するように流れるトンネル電流は、2層の強磁性層の相対的磁化方向によって変化する。MTJ装置は、磁気記憶アレイにおける記憶素子として、また、磁気記録装置における磁気抵抗効果再生ヘッドとしての用途がある。 40

#### 【0006】

SV磁気抵抗効果センサおよびMTJ装置は、強磁性自由層と強磁性固定層の一方あるいは両方を、AFC膜によって反平行の向きに反強磁性交換結合された2層の強磁性膜を有する積層構造体と交換することによって改良されてきた。この積層構造体は、磁気的に強固なので、強磁性層として用いられるとき、2層の反平行膜は一緒に回転する。これらの改良されたSVセンサは、米国特許第5408377号および第5465185号明細 50

書に記載されており、これらは参考としてここに引用される。また、MTJ装置は、米国特許第5841692号および第5966012号明細書に記載されているように、この種の積層構造体を自由層および固定層と換えることによって改良されてきた。これらの特許は、ここに参考として引用される。

#### 【0007】

Ruも、SVセンサおよびMTJ装置に使用されるこれらの積層構造体におけるAFC膜にとって好適な材料である。Ruは、非常に薄いAFC膜の制限下において強い反強磁性結合を発揮し、また、コバルト(Co)、コバルト-鉄(Co-Fe)、およびニッケル-鉄(Ni-Fe)の強磁性膜間において非常に強い反強磁性結合を発揮する。この強磁性膜は積層構造の反平行配向強磁性膜の対を形成する。

10

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

磁気装置のある用途においては、反強磁性交換結合強度をRuによって得られるものよりも大きくすることが望ましい。これは、合金強磁性層のモーメントが大きくなると、反強磁性交換結合が強くなることが知られている磁気抵抗効果再生ヘッドおよびMTJ装置を用途とする場合である。したがって、磁気抵抗効果再生ヘッドおよびMTJ装置における交換結合を大きくするための一つの方法は、高モーメント強磁性材をAFC膜と強磁性層の界面に加えることである。しかしながら、この方法は、磁気抵抗効果再生ヘッドおよびMTJ装置にさらなる層を付加する必要があり、また、固有のノイズを増加させることがある。

20

#### 【0009】

要求されるものは、強磁性層間における反強磁性交換結合を強くするAFC膜の材料である。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本発明は、改良されたAFC膜と反強磁性的に結合された2層の強磁性層の強磁性構造を有する磁気装置である。AFC膜は、 $\text{Ru}_{100-x}\text{Fe}_x$ の合金であり、xは、約10原子パーセントと約60原子パーセントの間である。このAFC膜は、交換結合を2倍まで大きくし、かつCo合金強磁性層との適合が可能なhcp結晶構造を有する。

30

#### 【0011】

本発明の本質および利点をより完全に理解するためには、下記の詳細な説明とこれに伴う添付図を参照すべきである。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

本発明によれば、AFC膜と反強磁性的に結合された2層の強磁性層を有する磁気装置において、強磁性層間における反強磁性交換結合を強くすることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0013】

#### 反強磁性結合磁気記録ディスク

図1は、AFC膜16によって分離された2層の強磁性膜12、14を有する典型的な反強磁性結合磁気記録ディスク10を示す図である。強磁性膜12、14は、典型的には、CoPtCrBのようなCo合金からなり、AFC膜は、典型的にはRuである。Ru・AFC膜16の膜厚は、隣り合った強磁性膜12、14のそれぞれの磁気モーメント22、24が、Ru・AFC膜16を介して反強磁性的に交換結合され、かつ零磁界において反平行となるように、選択される。強磁性膜12、14は、それぞれ、磁気モーメント値 $M_{r1}t_1$ 、 $M_{r2}t_2$ を有している。ここで、 $M_r$ は残留磁化であり、 $t$ は膜厚である。隣り合う強磁性膜12、14のそれぞれの磁気モーメント22、24の向きは、反平行に配置され、そのため、相殺するように加えられて、複合層10の磁気モーメントが減少する。矢印22、24は、AFC膜16の直上直下にある各磁区の磁気モーメントの向

40

50

きをそれぞれ示している。

#### 【0014】

図2は、図1に示されたものと同様の反強磁性結合磁気記録ディスクにおける主ヒステリシス・ループを示す図である。水平の矢印の組は、ヒステリシス・ループの異なる点における強磁性膜12、14の向きを示している。印加磁界は正方向(矢印30、32)に増加する。印加磁界が大きい場合、反強磁性結合は打ち負かされて、2層の強磁性膜12、14の磁気モーメントは、両方とも印加磁界(矢印42、44)に対して平行となる。印加磁界が減少するのに伴い(矢印34)、裏面側のより薄い強磁性膜14の磁気モーメントは逆転し、表面側のより厚い強磁性膜12の磁気モーメントに対し、かつ印加磁界に対して反平行となり(矢印52、54)、ネット・モーメントが低下する。この転換は、Ru・AFC膜16を介した結合によって生じる、裏面側強磁性膜14の作用を受ける交換磁界( $H_{ex}$ )において大体発生する。強磁性膜12、14を反平行に配置するためには、交換磁界が、裏面側強磁性膜14の磁化を反転するのに必要な強制磁界に勝ることが必要である。10

#### 【0015】

また、米国特許出願公開第2002/0098390号明細書に記載されているように、AFC膜16を有する反強磁性結合膜12、14を積層反強磁性結合磁気記録ディスクに組み込んでもよい。なお、上記米国出願は、参考としてここに引用される。このような積層ディスクの場合、反強磁性磁気結合をもたらさない非磁性スペーサ膜を上部強磁性膜12の上に配置し、また、第3の強磁性膜をこの非磁性スペーサ膜の上に配置する。20

#### スピニ・バルブ磁気抵抗効果センサ

強磁性自由層および強磁性固定層としての反強磁性結合強磁性積層膜を有するSV磁気抵抗効果センサを図3に概略的に示す。この構造は、基板61上に形成されたバッファ層62としてのタンタル(Ta)膜を有している。積層強磁性自由層90は、Ru・AFC膜93によって分離された強磁性NiFe(パーマロイ)膜92、94からなる。強磁性膜92、94は、それぞれ、紙面に向かう矢印95と、紙面から離れる矢印96によって示されるような、反平行に配置された磁気モーメントを有している。20

#### 【0016】

Cu層65が強磁性自由層90の上に形成されて非強磁性金属スペーサ層として作用し、スピニ・バルブ構造をなしている。Cuが示されているが、銀(Ag)、金(Au)、およびそれらの合金類のような、高導電性の他の非強磁性金属材料を使用することができる。強磁性固定層70も積層構造を有しており、この積層構造は、Cuスペーサ層65の上に直接形成された第1の強磁性膜72、この膜72の上に形成されたRu・AFC膜73、およびこのRu・AFC膜73の上に形成された第2の強磁性膜74を有している。2層の強磁性固定膜72、74は、強磁性自由層90の形成時に印加された磁界に対して約90度回転した印加磁界中に形成される。30

#### 【0017】

鉄-マンガン(Fe-Mn)反強磁性膜66は、第2の強磁性固定膜74上に形成され、この第2の強磁性固定膜74と交換結合する。他の好適な反強磁性層には、Ir-Mn、Pt-Mn、Pd-Mn、およびNi-Mnがある。最後に、キャップ層67がFe-Mn反強磁性膜66上に形成される。好適なキャップ材料は、Ta、ジルコニア(Zr)、CuとAuの合金、あるいは、他の酸化物のような高抵抗材料である。40

#### 【0018】

また、図3は、磁気記録装置においてこのスピニ・バルブ磁気抵抗効果センサを検知回路に接続する手段についても概略的に示している。該センサと、電流源82および検出手段84との間に回路を形成するため、リード線80が設けられている。当該技術分野では周知のように、最適なセンサ反応回路を得るために、横バイアス層および縦バイアス層のようなセンサ素子(不図示)をさらに必要なことがある。記録媒体の磁気信号は、検出手段84によって検出される。この検出手段84は、積層強磁性自由層90の磁化方向が、記録媒体からの磁気信号に応答して、積層強磁性固定層70の固定磁化方向に対して回50

転するのに伴って変化するセンサの抵抗を検出する。

【0019】

積層強磁性固定層70の2層の強磁性膜72、74は、それぞれ矢印76、78によって示された磁化方向を有している。2層の強磁性膜72、74の磁気モーメントは、Ru·AFC膜73を介した反強磁性結合によって反平行配置となる。この反強磁性結合のため、また、2層の強磁性膜72、74がほぼ同じ厚さを有しているため、強磁性膜のそれぞれの磁気モーメントは互いに相殺され、その結果、積層固定層70にはネット磁気モーメントが本質的になくなる。従って、積層固定層70には本質的に双極磁界が発生せず、また、積層強磁性自由層90におけるネット磁気モーメントの方向に影響を与える磁界は存在しない。

10

磁気トンネル接合装置

MTJ装置を図4に示す。積層強磁性固定層118は、非強磁性Ru·AFC膜210によって分離された2層の強磁性膜200、225のサンドイッチ構造からなる。非強磁性Ru·AFC膜210は、強磁性膜200、225の磁気モーメントが互いに反平行に配置されるように強磁性膜200、225を反強磁性的に結合する。積層強磁性固定層118の2層の強磁性膜200、225は、反強磁性結合膜210を介する反強磁性交換結合によって反平行となる磁気モーメントを有している。この反強磁性結合のため、また、2層の強磁性膜200、225がほぼ同じ膜厚とされているため、強磁性膜のそれぞれの磁気モーメントは、本質的に互いに相殺され、その結果、強磁性固定層118には本質的にネット磁気モーメントは存在しない。従って、本質的に強磁性固定層118によって双極磁界は発生せず、また、強磁性自由層すなわち強磁性センス層132の磁化方向に影響を与える磁界はない。

20

【0020】

強磁性膜200、225をそれぞれ厳密に同じ膜厚に正確に形成することは不可能なので、強磁性固定層118のネット磁気モーメントは、通常の蒸着工程の自然な結果として小さな、しかしそれではない値となると考えられる。下部強磁性膜200は反強磁性交換層116の上に形成される。この反強磁性交換層116によって強磁性膜200に交換バイアスが付与され、その結果、強磁性膜200の磁気モーメントは、所定の範囲内における磁界の下で回転することが防止される。強磁性膜225は、強磁性膜200に反強磁性的に結合されるので、この強磁性膜の磁気モーメントも回転が防止される。

30

【0021】

同様に、強磁性自由層132は、薄い非強磁性AFC膜260によって分離された2層の強磁性膜245、270からなり、非強磁性AFC膜260は強磁性膜245、270の磁気モーメントを反強磁性的に結合する。

【0022】

図4のMTJ装置において、積層された強磁性固定層118と強磁性自由層132は非磁性スペーサ120によって分離されている。非磁性スペーサ120は、トンネル・バリア絶縁層であって、典型的にはアルミナから形成されている。MTJ装置が磁気抵抗効果記録ヘッドとして使用される場合、強磁性固定層と強磁性自由層を構成する強磁性膜の磁気モーメントは、S V · G M R ヘッドを示す図3に示すような向きとなっている。しかしながら、MTJ装置が磁気記憶素子として使用される場合、積層された強磁性層118、132におけるそれぞれの強磁性膜の磁気モーメントは、反平行の配置となるが、強磁性膜245、270の磁気モーメントは、剛性単体として一緒に回転し、その結果、強磁性自由層132のネット磁気モーメントは、強磁性固定層118のネットモーメント(矢印282)に対して、平行(矢印280)あるいは反平行(矢印281)となる。

40

好適な実施例

本発明は、上記と同様の磁気装置であるが、AFC膜はRu-Fe合金から形成される。AFC磁気記録ディスクの構造は、典型的には、

基板\シード層\下地層\強磁性層1\AFC膜\強磁性層2\保護膜である。

50

## 【0023】

AFC膜としてRu-Fe合金を使用することによって、2層の強磁性層間における交換結合が実質的に大きくなる。

## 【0024】

AFC膜としての $\text{Ru}_{65}\text{Fe}_{35}$ の合金（下付き数字は原子パーセントを示す）の場合について、裏面側強磁性層に作用する交換磁界（ $H_{ex}$ ）を測定した結果、強磁性層1、2に対して同じ強磁性合金および同じ膜厚を使用したとき、純粹のRu-AFCの場合に1575 Oeであるのに対して2750 Oeであった。図2を参照することによって、より大きい $H_{ex}$ は、より厚くおよび／またはより大きい飽和保磁力を材料を裏面側強磁性層に使用できることを意味することが理解できるであろう。また、得られた構造体はより安定的である。10

## 【0025】

図5は、下記の構造、すなわち、

基板\CrTi<sub>5.0</sub>\RuAl\CrTi<sub>2.0</sub>\強磁性層CoCr<sub>1.0</sub>\RuまたはRu<sub>65</sub>Fe<sub>35</sub>のAFC膜\強磁性層CoPt<sub>1.2</sub>Cr<sub>1.6</sub>B<sub>9</sub>\保護膜CN<sub>x</sub>に対するAFCの膜厚の関数としての飽和保磁力を示す図である。

## 【0026】

Ru-Feで形成されたディスクの飽和保磁力がRuで形成されたものより大きいのは、Ru-Fe・AFC膜によって得られる結合強度がより大きいからである。反強磁性交換結合強度の大きいことによる利点には、裏面側強磁性層のMr<sub>t</sub>を大きくする能力、およびAFC膜と接触した低モーメント強磁性層を使用する際の適応性が大きいことが挙げられる。20

## 【0027】

改良されたAFC膜に対する組成範囲はRu<sub>100-x</sub>Fe<sub>x</sub>であり、ここで、xは約10原子パーセントから約60原子パーセントの間である。この合金中間層は、交換結合を2倍まで大きく、また、hcp結晶構造を有しており、その結果、現行のディスク構造と互換性がある。この範囲の下限は、交換結合の増大がそれとわかるときのFeの原子パーセントであり、また、この範囲の上限は、Ru-Fe合金が強磁性になり、および／またはそのhcp結晶構造を喪失するときである。

## 【0028】

図2および図3は、強磁性自由層および強磁性固定層の両方が本発明による積層構造を備えた磁気装置を示している。しかしながら、強磁性自由層および強磁性固定層のいずれか一方が積層構造であっても本発明の範囲内である。30

## 【0029】

本発明は、好適な実施例を参照して詳しく示しあつて説明したが、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、形態および細部を変更できることは当業者には理解できるであろう。従って、開示された発明は、単に説明のためであり、かつ、特許請求の範囲によつてのみ範囲が制限されると考えるべきである。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0030】

【図1】Ru・AFC膜を有するAFC磁気記録ディスクの概略図である。40

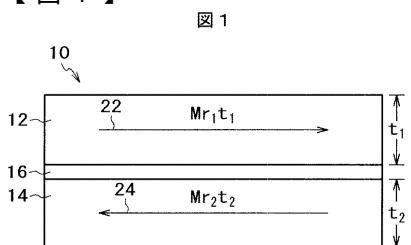
【図2】図1と同様のAFC磁気記録ディスクに対するM-Hヒステリシス・ループを示すグラフである。

【図3】積層された反強磁性結合強磁性自由層および同固定層を有するSV磁気抵抗効果センサの概略図である。

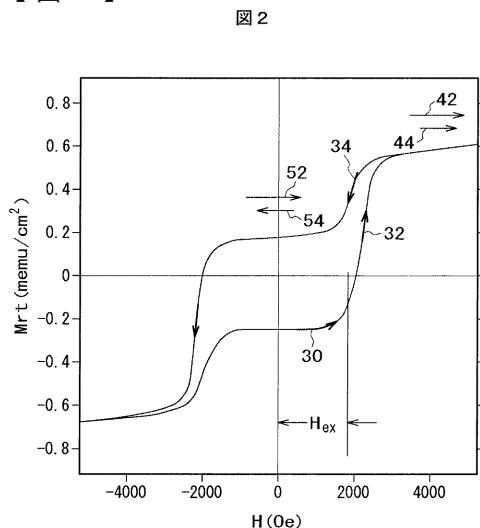
【図4】積層された反強磁性結合強磁性自由層および同固定層を有するMTJ装置の概略図である。

【図5】従来のRu・AFC膜を有するAFC磁気記録ディスクおよび本発明のRu-Fe合金AFC膜を有するAFC磁気記録ディスクにおけるそれぞれの飽和保磁力を、Feの原子パーセントを種々変えて比較したグラフである。50

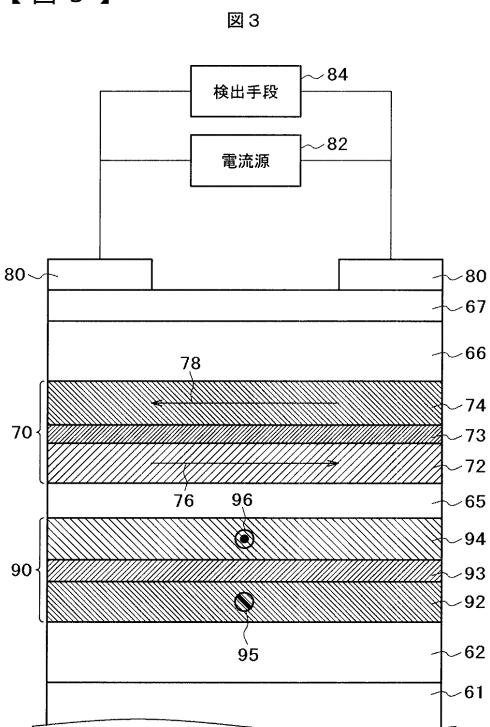
【図1】



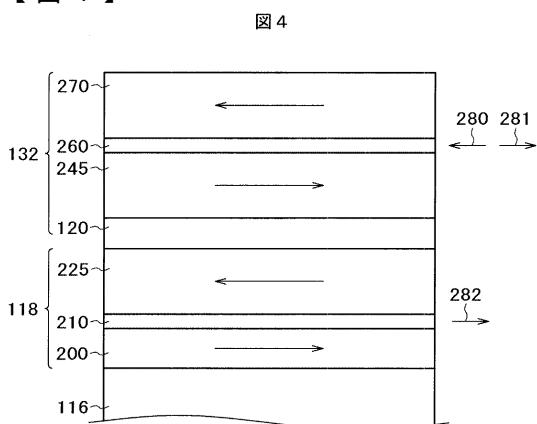
【図2】



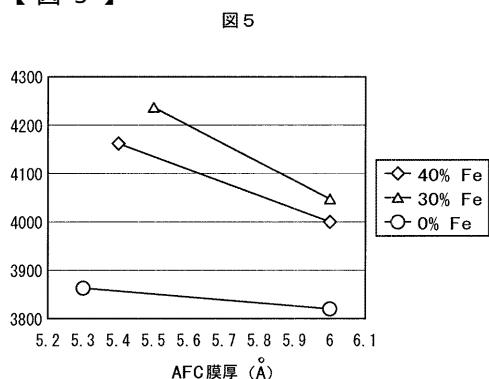
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
H 01 F 10/32	H 01 L 43/08	Z
H 01 L 43/08	G 01 R 33/06	R

(72)発明者 エリック・エドワード・フラートン  
アメリカ合衆国95037、カリフォルニア州、モーガンヒル、クイルコート 17212  
Fターム(参考) 2G017 AA10 AD54  
5D034 BA04 BA05  
5E049 BA12 BA16 CB02 DB02 DB12