

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6291608号  
(P6291608)

(45) 発行日 平成30年3月14日(2018.3.14)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/8239 (2006.01)		HO 1 L 27/105	4 4 7	
HO 1 L 27/105 (2006.01)		HO 1 L 43/08	Z	
HO 1 L 43/08 (2006.01)		HO 1 L 29/82	Z	
HO 1 L 29/82 (2006.01)				

請求項の数 20 (全 29 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-53612(P2017-53612)</p> <p>(22) 出願日 平成29年3月17日(2017.3.17)</p> <p>審査請求日 平成29年3月17日(2017.3.17)</p> <p>(出願人による申告)平成28年度、国立研究開発法人 科学技術振興機構「革新的研究開発推進プログラム(IMPACT)」 「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」委託研究、 産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号</p> <p>(74) 代理人 100108062 弁理士 日向寺 雅彦</p> <p>(72) 発明者 大沢 裕一 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内</p> <p>(72) 発明者 與田 博明 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内</p> <p>(72) 発明者 ブヤンダライ アルタンサルガイ 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】磁気記憶装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1部分と、第2部分と、前記第1部分と前記第2部分との間の第3部分と、を含む金属含有層と、

前記第1部分から前記第2部分に向かう第1方向と交差する第2方向において前記第3部分から離れた第1磁性層と、

前記第3部分と前記第1磁性層との間に設けられた第2磁性層と、

前記第1磁性層と前記第2磁性層との間に設けられた第1非磁性層であって、前記第1非磁性層の一部の前記第2方向における位置は、前記第1非磁性層の別の一部の前記第2方向における位置と異なり、カーブした前記第1非磁性層と、

前記第1部分及び第2部分と電氣的に接続された制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記第1部分から前記第2部分に向かう第1電流を前記金属含有層に供給する第1動作と、

前記第2部分から前記第1部分に向かう第2電流を前記金属含有層に供給する第2動作と、

を実施する磁気記憶装置。

【請求項2】

第1化合物層をさらに備え、

前記第 3 部分の少なくとも一部は、前記第 1 方向において、前記第 2 磁性層の少なくとも一部と、前記第 1 化合物層の少なくとも一部と、の間に設けられた請求項 1 記載の磁気記憶装置。

【請求項 3】

前記第 1 化合物層は、絶縁性であり、

前記第 1 化合物層の少なくとも一部は、前記第 1 方向において、前記第 1 部分の一部と、前記第 2 部分の一部と、の間に設けられた請求項 2 記載の磁気記憶装置。

【請求項 4】

導電性の第 1 層をさらに備え、

前記第 1 化合物層は、絶縁性であり、

前記第 1 化合物層から前記第 1 層に向かう方向は、前記第 1 方向に沿う請求項 2 記載の磁気記憶装置。

10

【請求項 5】

前記第 1 化合物層は、アルミニウム、マグネシウム、タンタル、ホウ素、カルシウム、ケイ素、ゲルマニウム、ガリウム、インジウム、タングステン、チタン、銅、およびパラジウムからなる群より選択される少なくとも 1 つの元素の酸化物を含む請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の磁気記憶装置。

【請求項 6】

第 1 化合物層をさらに備え、

前記金属含有層は、前記第 1 部分と前記第 3 部分との間の第 4 部分をさらに含み、

前記第 1 化合物層から前記第 4 部分に向かう方向は、前記第 2 方向に沿う請求項 1 記載の磁気記憶装置。

20

【請求項 7】

前記第 1 化合物層は、導電性であり、

前記第 1 化合物層の少なくとも一部は、前記第 1 方向において、前記第 1 部分の一部と、前記第 2 部分の一部と、の間に設けられた請求項 6 記載の磁気記憶装置。

【請求項 8】

前記第 1 化合物層の一部から前記第 4 部分に向かう方向は、前記第 2 方向に沿い、

前記第 1 化合物層の別の一部から前記第 2 磁性層に向かう方向は、前記第 2 方向に沿い、

前記第 1 化合物層の前記一部の前記第 2 方向における長さは、前記第 1 化合物層の前記別の一部の前記第 2 方向における長さよりも長い請求項 6 または 7 に記載の磁気記憶装置。

30

【請求項 9】

前記第 1 化合物層は、鉄シリコン、銅シリコン、アルミニウムインジウム、ニッケルシリコン、コバルトシリコン、および銅インジウムからなる群より選択される少なくとも 1 つを含む請求項 6 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の磁気記憶装置。

【請求項 10】

第 1 絶縁層をさらに備え、

前記第 1 絶縁層は、第 1 絶縁領域と、第 2 絶縁領域と、第 3 絶縁領域と、を含み、

前記第 2 絶縁領域は、前記第 1 方向において前記第 1 絶縁領域から離れ、

前記第 1 非磁性層は、前記第 1 方向において、前記第 1 絶縁領域と前記第 2 絶縁領域との間に設けられ、

前記第 1 非磁性層は、前記第 2 方向において、前記第 3 絶縁領域と前記第 2 磁性層との間に設けられた請求項 1 記載の磁気記憶装置。

40

【請求項 11】

前記第 1 絶縁層は、アルミニウム、マグネシウムボロン、ホウ素、カルシウム、ケイ素、ゲルマニウム、ガリウム、インジウム、タングステン、チタン、銅、およびパラジウムからなる群より選択された少なくとも 1 つの酸化物を含む請求項 10 記載の磁気記憶装置。

50

## 【請求項 1 2】

第 2 絶縁層をさらに備え、

前記第 1 絶縁領域の一部は、前記第 1 方向において、前記第 2 絶縁層の一部と前記第 1 非磁性層との間に設けられた請求項 1 0 記載の磁気記憶装置。

## 【請求項 1 3】

前記第 2 絶縁層は、アルミニウム、マグネシウムボロン、ホウ素、カルシウム、ケイ素、ゲルマニウム、ガリウム、インジウム、タングステン、チタン、銅、およびパラジウムからなる群より選択された少なくとも 1 つの酸化物を含む請求項 1 2 記載の磁気記憶装置。

## 【請求項 1 4】

第 3 磁性層と、  
第 2 非磁性層と、  
第 4 磁性層と、  
をさらに備え、

前記金属含有層は、前記第 2 部分と前記第 3 部分との間の第 5 部分をさらに含み、

前記第 5 部分は、前記第 1 方向において前記第 3 部分から離れ、

前記第 3 磁性層は、前記第 2 方向において前記第 5 部分から離れ、

前記第 4 磁性層は、前記第 5 部分と前記第 3 磁性層との間に設けられ、

前記第 2 非磁性層は、前記第 3 磁性層と前記第 4 磁性層との間に設けられ、

前記第 1 非磁性層の形状は、前記第 2 非磁性層の形状と異なる請求項 1 記載の磁気記憶装置。

10

## 【請求項 1 5】

第 1 化合物層と、  
第 2 化合物層と、  
をさらに備え、

前記第 3 部分の少なくとも一部は、前記第 2 方向において、前記第 2 磁性層の少なくとも一部と、前記第 1 化合物層の少なくとも一部と、の間に設けられ

前記第 5 部分の少なくとも一部は、前記第 2 方向において、前記第 4 磁性層の少なくとも一部と、前記第 2 化合物層の少なくとも一部と、の間に設けられた請求項 1 4 記載の磁気記憶装置。

30

## 【請求項 1 6】

第 1 化合物層をさらに備え、

前記金属含有層は、前記第 1 部分と前記第 3 部分との間の第 4 部分をさらに含み、

前記第 4 部分から前記第 1 化合物層に向かう方向は、前記第 2 方向に沿い、

前記第 2 方向における前記第 1 化合物層の位置は、前記第 2 方向における前記第 4 部分の位置と、前記第 2 方向における前記第 1 非磁性層の位置と、の間にある請求項 1 記載の磁気記憶装置。

## 【請求項 1 7】

前記第 1 方向における前記第 1 化合物層の長さは、前記第 1 方向における前記第 2 磁性層の長さよりも長い請求項 2 ~ 9、1 5、および 1 6 のいずれか 1 つに記載の磁気記憶装置。

40

## 【請求項 1 8】

絶縁性の第 1 化合物層をさらに備え、

前記金属含有層の少なくとも一部から前記第 1 化合物層に向かう方向は、前記第 1 方向および前記第 2 方向と交差する第 3 方向に沿う請求項 1 記載の磁気記憶装置。

## 【請求項 1 9】

前記第 1 非磁性層は、第 1 非磁性領域と、第 2 非磁性領域と、第 3 非磁性領域と、を含み、

前記第 1 方向における前記第 3 非磁性領域の位置は、前記第 1 方向における前記第 1 非磁性領域の位置と、前記第 1 方向における前記第 2 非磁性領域の位置と、の間にあり、

50

前記第 2 方向における前記第 3 非磁性領域の位置は、前記第 2 方向における前記第 1 非磁性領域の位置と、前記第 2 方向における前記金属含有層の位置と、の間にあり、

前記第 2 方向における前記第 3 非磁性領域の位置は、前記第 2 方向における前記第 2 非磁性領域の位置と、前記第 2 方向における前記金属含有層の位置と、の間にある請求項 1 ~ 18 のいずれか 1 つに記載の磁気記憶装置。

【請求項 20】

前記第 1 非磁性層は、第 1 非磁性領域と、第 2 非磁性領域と、第 3 非磁性領域と、を含み、

前記第 1 方向および前記第 2 方向と交差する第 3 方向における前記第 3 非磁性領域の位置は、前記第 3 方向における前記第 1 非磁性領域の位置と、前記第 3 方向における前記第 2 非磁性領域の位置と、の間にあり、

前記第 2 方向における前記第 1 非磁性領域の位置および前記第 2 方向における前記第 2 非磁性領域の位置は、前記第 2 方向における前記第 3 非磁性領域の位置と、前記第 2 方向における前記金属含有層の位置と、の間にある請求項 1 ~ 18 のいずれか 1 つに記載の磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、磁気記憶装置に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気記憶装置において、動作が安定していることが望ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 8704320 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態によれば、動作を安定化できる磁気記憶装置が提供される。

【課題を解決するための手段】

【0005】

実施形態に係る磁気記憶装置は、金属含有層と、第 1 磁性層と、第 2 磁性層と、第 1 非磁性層と、制御部と、を含む。前記金属含有層は、第 1 部分と、第 2 部分と、前記第 1 部分と前記第 2 部分との間の第 3 部分と、を含む。前記第 1 磁性層は、前記第 1 部分から前記第 2 部分に向かう第 1 方向と交差する第 2 方向において前記第 3 部分から離れている。前記第 2 磁性層は、前記第 3 部分と前記第 1 磁性層との間に設けられている。前記第 1 非磁性層は、前記第 1 磁性層と前記第 2 磁性層との間に設けられている。前記第 1 非磁性層の一部の前記第 2 方向における位置は、前記第 1 非磁性層の別の部分の前記第 2 方向における位置と異なり、前記第 1 非磁性層は、カーブしている。前記制御部は、前記第 1 部分及び第 2 部分と電氣的に接続されている。前記制御部は、前記第 1 部分から前記第 2 部分に向かう第 1 電流を前記金属含有層に供給する第 1 動作と、前記第 2 部分から前記第 1 部分に向かう第 2 電流を前記金属含有層に供給する第 2 動作と、を実施する。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図 1】図 1 ( a ) 及び図 1 ( b ) は、第 1 実施形態に係る磁気記憶装置を例示する断面図である。

【図 2】図 2 ( a ) 及び図 2 ( b ) は、実施形態に係る磁気記憶装置の製造方法を例示する工程断面図である。

【図 3】図 3 ( a ) 及び図 3 ( b ) は、実施形態に係る磁気記憶装置の製造方法を例示す

10

20

30

40

50

る工程断面図である。

【図4】第1実施形態に係る磁気記憶装置の一部の断面写真である。

【図5】図5(a)及び図5(b)は、第1実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図6】図6(a)及び図6(b)は、第1実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図7】図7(a)～図7(d)は、第1実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図8】図8(a)～図8(d)は、第1実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

10

【図9】図9(a)及び図9(b)は、第1実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図10】図10(a)および図10(b)は、第2実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図11】第3実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する斜視断面図である。

【図12】第3実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する斜視断面図である。

【図13】図13(a)～図13(d)は、第3実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する斜視断面図である。

【図14】図14(a)～図14(c)は、第3実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する斜視断面図である。

20

【図15】第4実施形態に係る磁気記憶装置を例示する断面図である。

【図16】図16(a)及び図16(b)は、第4実施形態に係る別の磁気記憶装置を例示する断面図である。

【図17】図17(a)及び図17(b)は、第5実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する平面図である。

【図18】第6実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図19】第6実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図20】図20(a)及び図20(b)は、第7実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【図21】第7実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を表す斜視断面図である。

30

【図22】第8実施形態に係る磁気記憶装置の一部を表す斜視断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に、本発明の各実施形態について図面を参照しつつ説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚さと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同じとは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

また、本願明細書と各図において、既に説明したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【0008】

40

図1(a)及び図1(b)は、第1実施形態に係る磁気記憶装置を例示する断面図である。

図1(b)は、図1(a)の一部を拡大した断面図である。

図1に表される磁気記憶装置100は、金属含有層10と、第1磁性層21と、第2磁性層22と、第1非磁性層30と、第1化合物層40と、制御部90と、を含む。

【0009】

金属含有層10は、第1部分11と、第2部分12と、第3部分13と、を含む。第3部分13は、第1部分11と第2部分12との間に設けられる。金属含有層10は、金属元素を含む。

【0010】

50

第 1 部分 1 1 から第 2 部分 1 2 に向かう方向を第 1 方向とする。第 1 方向は、例えば、図 1 に表される X 軸方向に沿う。X 軸方向に対して垂直な 1 つの方向を Y 軸方向とする。X 軸方向および Y 軸方向に対して垂直な方向を Z 軸方向とする。第 1 方向と交差する方向を第 2 方向とする。第 2 方向は、例えば Z 軸方向に沿う。第 1 方向および第 2 方向と交差する方向を第 3 方向とする。第 3 方向は、例えば Y 軸方向に沿う。

以下では、第 1 方向、第 2 方向、および第 3 方向が、それぞれ、X 軸方向、Z 軸方向、および Y 軸方向に沿う場合について説明する。

【 0 0 1 1 】

第 1 磁性層 2 1 は、Z 軸方向において第 3 部分 1 3 から離れている。第 2 磁性層 2 2 は、第 3 部分 1 3 と第 1 磁性層 2 1 との間に設けられる。第 1 非磁性層 3 0 は、第 1 磁性層 2 1 と第 2 磁性層 2 2 との間に設けられる。第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および第 1 非磁性層 3 0 は、第 3 部分 1 3 と電極 3 5 との間に設けられる。

10

【 0 0 1 2 】

第 3 部分 1 3 の少なくとも一部は、Z 軸方向において、第 1 化合物層 4 0 の少なくとも一部と、第 2 磁性層 2 2 の少なくとも一部と、の間に設けられる。第 1 化合物層 4 0 の少なくとも一部は、Z 軸方向において、ベース層 2 0 の一部と、第 3 部分 1 3 の少なくとも一部と、の間に設けられる。

【 0 0 1 3 】

制御部 9 0 は、第 1 部分 1 1 および第 2 部分 1 2 と電氣的に接続されている。制御部 9 0 は、第 1 動作および第 2 動作を実施する。制御部 9 0 は、第 1 動作において、第 1 部分 1 1 から第 2 部分 1 2 に向かう第 1 電流を金属含有層 1 0 に供給する。制御部 9 0 は、第 2 動作において、第 2 部分 1 2 から第 1 部分 1 1 に向かう第 2 電流を金属含有層 1 0 に供給する。第 1 動作および第 2 動作は、書き込み動作に対応する。

20

【 0 0 1 4 】

第 1 非磁性層 3 0 は、カーブ(curve)している。第 1 非磁性層 3 0 は、例えば、湾曲している。第 1 非磁性層 3 0 の一部の Z 軸方向における位置は、第 1 非磁性層 3 0 の別の一部の Z 軸方向における位置と異なる。第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および電極 3 5 は、例えば、第 1 非磁性層 3 0 に沿ってカーブしている。

【 0 0 1 5 】

本実施形態によれば、磁気記憶装置 1 0 0 の書き込み動作時および読み出し動作時のエラーレートを低減することができる。これは、第 1 非磁性層 3 0 のカーブが、第 1 非磁性層 3 0 に電圧が印加された際の電圧効果を高めることに基づく。本実施形態によれば、動作を安定化できる磁気記録装置を提供できる。

30

【 0 0 1 6 】

以下で、第 1 実施形態に係る磁気記憶装置 1 0 0 について具体的に説明する。

第 1 化合物層 4 0 の Z 軸方向における長さは、X 軸方向において変化している。第 1 化合物層 4 0 は、第 1 領域 4 1 と、第 2 領域 4 2 と、第 3 領域 4 3 と、を含む。第 3 領域 4 3 は、X 軸方向において、第 1 領域 4 1 と第 2 領域 4 2 との間に設けられる。第 3 領域 4 3 の Z 軸方向における長さは、例えば、第 1 領域 4 1 の Z 軸方向における長さよりも短く、第 2 領域 4 2 の Z 軸方向における長さよりも短い。

40

【 0 0 1 7 】

第 1 化合物層 4 0 の X 軸方向における長さは、例えば、第 1 非磁性層 3 0 の X 軸方向における長さよりも長い。第 1 非磁性層 3 0 の少なくとも一部の X 軸方向における位置は、第 1 領域 4 1 の X 軸方向における位置と、第 2 領域 4 2 の X 軸方向における位置と、の間にある。

【 0 0 1 8 】

図 1 に表される例では、第 1 化合物層 4 0 の一部は、X 軸方向において、金属含有層 1 0 の一部と金属含有層 1 0 の別の部分との間に設けられる。第 1 化合物層 4 0 の別の部分は、X 軸方向において、ベース層 2 0 の一部とベース層 2 0 の別の部分との間に設けられる。

50

## 【 0 0 1 9 】

金属含有層 1 0 は、第 1 面 S 1 および第 2 面 S 2 を有する。第 1 面 S 1 の一部は、第 2 面 S 2 の一部と第 2 磁性層 2 2 との間に設けられる。第 2 面 S 2 の一部は、第 1 面 S 1 の一部と第 1 化合物層 4 0 との間に設けられる。

## 【 0 0 2 0 】

第 1 面 S 1 は、第 1 点 P 1 と、第 2 点 P 2 と、第 3 点 P 3 と、を含む。第 3 点 P 3 の X 軸方向における位置は、第 1 点 P 1 の X 軸方向における位置と、第 2 点 P 2 の X 軸方向における位置と、の間にある。第 1 領域 4 1 から第 1 点 P 1 に向かう方向、第 2 領域 4 2 から第 2 点 P 2 に向かう方向、および第 3 領域 4 3 から第 3 点 P 3 に向かう方向のそれぞれは、Z 軸方向に沿っている。

10

## 【 0 0 2 1 】

第 3 点 P 3 の Z 軸方向における位置は、例えば、第 1 点 P 1 の Z 軸方向における位置と第 1 化合物層 4 0 の Z 軸方向における位置との間、及び、第 2 点 P 2 の Z 軸方向における位置と第 1 化合物層 4 0 の Z 軸方向における位置との間、にある。

## 【 0 0 2 2 】

第 1 非磁性層 3 0 は、第 1 非磁性領域 3 1 と、第 2 非磁性領域 3 2 と、第 3 非磁性領域 3 3 と、を含む。第 3 非磁性領域 3 3 の X 軸方向における位置は、第 1 非磁性領域 3 1 の X 軸方向における位置と、第 2 非磁性領域 3 2 の X 軸方向における位置と、の間にある。

## 【 0 0 2 3 】

第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、第 1 非磁性領域 3 1 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置、及び、第 2 非磁性領域 3 2 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と異なる。第 3 非磁性領域 3 3 の Z 軸方向における位置は、例えば、第 1 非磁性領域 3 1 の Z 軸方向における位置と金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置との間、及び、第 2 非磁性領域 3 2 の Z 軸方向における位置と金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置との間、にある。

20

## 【 0 0 2 4 】

第 3 非磁性領域 3 3 から第 3 点 P 3 に向かう方向は、Z 軸方向に沿う。第 1 非磁性領域 3 1 の X 軸方向における位置は、例えば、第 1 点 P 1 の X 軸方向における位置と第 3 点 P 3 の X 軸方向における位置との間にある。または、第 1 点 P 1 から第 1 非磁性領域 3 1 に向かう方向が、Z 軸方向に沿っていても良い。第 2 非磁性領域 3 2 の X 軸方向における位置は、例えば、第 2 点 P 2 の X 軸方向における位置と第 3 点 P 3 の X 軸方向における位置との間にある。または、第 2 点 P 2 から第 2 非磁性領域 3 2 に向かう方向が、Z 軸方向に沿っていても良い。

30

## 【 0 0 2 5 】

図 1 に表される例では、磁気記憶装置 1 0 0 は、複数の積層体 S B および複数の第 1 化合物層 4 0 を含む。金属含有層 1 0 は、複数の第 3 部分 1 3 を含む。複数の積層体 S B は、X 軸方向において互いに離れている。複数の第 1 化合物層 4 0 は、X 軸方向において互いに離れている。複数の第 3 部分 1 3 は、それぞれ、Z 軸方向において、複数の積層体 S B と複数の第 1 化合物層 4 0 との間に設けられる。それぞれの積層体 S B において、第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および第 1 非磁性層 3 0 は、カーブしている。

40

## 【 0 0 2 6 】

積層体 S B は、例えば、磁気抵抗変化素子として機能する。第 1 磁性層 2 1 と、第 1 非磁性層 3 0 と、第 2 磁性層 2 2 と、を含む経路における電気抵抗値は、第 1 磁性層 2 1 の磁化の向きと、第 2 磁性層 2 2 の磁化の向きと、の相対的な関係に応じて変化する。例えば、第 1 非磁性層 3 0 は絶縁性であり、積層体 S B は磁気トンネル接合を有する。第 1 磁性層 2 1 は、例えば、参照層として機能する。第 2 磁性層 2 2 は、例えば、記憶層として機能する。

## 【 0 0 2 7 】

第 2 磁性層 2 2 の磁化がある方向に向く第 1 状態が、記憶される第 1 情報に対応する。第 2 磁性層 2 2 の磁化が別の方向に向く第 2 状態が、記憶される第 2 情報に対応する。第

50

1情報は、例えば「0」及び「1」の一方に対応する。第2情報は、「0」及び「1」の他方に対応する。

【0028】

第2磁性層22の磁化の向きは、例えば、金属含有層10を流れる電流の向きにより制御することができる。金属含有層10は、例えば、Spin Orbit Layer (SOL)として機能する。例えば、金属含有層10と第2磁性層22との間において生じるスピン軌道トルクによって、第2磁性層22の磁化の向きを変えることができる。スピン軌道トルクは、金属含有層10に流れる電流に基づく。

【0029】

この電流は、制御部90により供給される。制御部90は、例えば、駆動回路95と、複数のスイッチ素子Sw (Sw1およびSw2)を含む。制御部90は、第1部分11、第2部分12、および複数の第1磁性層21と電気的に接続される。複数のスイッチ素子Swは、それぞれ、複数の第1磁性層21と駆動回路95との間の電流経路上に設けられる。

10

【0030】

制御部90は、第1動作(第1書き込み動作)において、第1電流を金属含有層10に供給する。これにより、第1状態が形成される。第1電流は、第1部分11から第2部分12に向けて流れる。制御部90は、第2動作において、第2電流を金属含有層10に供給する。これにより、第2状態が形成される。第2電流は、第2部分12から第1部分11に向けて流れる。

20

【0031】

例えば、第1動作後(第1状態)における第1磁性層21と第1部分11との間の第1電気抵抗値は、第2動作後(第2状態)における第1磁性層21と第1部分11との間の第2電気抵抗値と異なる。この電気抵抗値の差は、例えば、第1状態と第2状態との間における、第2磁性層22の磁化の向きの差に基づく。

【0032】

制御部90は、読み出し動作において、例えば、第1磁性層21と第1部分11との間の電気抵抗値に応じた特性(電圧または電流などでも良い)を検出する。

【0033】

複数のスイッチ素子Swの動作により、複数の積層体SBの1つが選択される。選択した積層体SBについて、書き込み動作および読み出し動作を行うことができる。複数の積層体SBの1つを選択するときには、その積層体SBの第1磁性層21に所定の選択電圧が印加される。このとき、別の積層体SBには、非選択電圧が印加される。選択電圧の電位は、非選択電圧の電位とは異なる。選択電圧の電位が非選択電圧の電位と異なっていれば、選択電圧は0ボルトであっても良い。

30

【0034】

第1非磁性層30がカーブしているとき、第1磁性層21に選択電圧が印加された際の、第1非磁性層30における電圧効果を高めることができる。この結果、選択されていない積層体SBの第2磁性層22への意図しない情報の書き込みおよび読み出しが抑制される。従って、本実施形態によれば、書き込み動作時および読み出し動作のエラーレートを低減できる。本実施形態によれば、動作を安定化できる磁気記憶装置を提供できる。

40

【0035】

金属含有層10は、例えば、タンタルおよびタングステンからなる群より選択される少なくとも1つを含む。金属含有層10は、例えば、 $\text{Ta}$ -タンタルおよび $\text{Ti}$ -タングステンからなる群より選択される少なくとも1つを含む。これらの材料におけるスピホール角は、負である。これらの材料におけるスピホール角の絶対値は大きい。これにより、書き込み電流により、第2磁性層22の磁化の向きを効率的に制御できる。

【0036】

金属含有層10は、白金および金からなる群より選択される少なくとも1つを含んでも良い。これらの材料におけるスピホール角は、正である。これらの材料におけるスピ

50

ホール角の絶対値は大きい。これにより、第1電流および第2電流を供給した際、第2磁性層22の磁化の向きを効率的に制御できる。

【0037】

スピンホール角の極性により、第2磁性層22に加わるスピン軌道トルクの方角(向き)が異なる。例えば、金属含有層10は、第2磁性層22にスピン軌道相互作用トルクを与える。

【0038】

ベース層20は、例えば、絶縁性である。ベース層20は、基板の少なくとも一部でも良い。ベース層20は、例えば、酸化シリコンおよび酸化アルミニウムからなる群より選択される少なくとも1つを含む。

【0039】

第1磁性層21は、例えば、Co(コバルト)またはCoFeB(コバルト-鉄-ボロン)を含む。第1磁性層21の磁化の向きは、例えば、面内の方向に沿う。第1磁性層21の磁化の向きは、第2磁性層22の磁化の向きに比べて変化し難い。

【0040】

第1磁性層21の厚さは、例えば、第2磁性層22の厚さよりも大きい。これにより、第1磁性層21の磁化の向きが、第2磁性層22の磁化の向きに比べて、より変化し難くなる。

【0041】

第1磁性層21は、例えば、第1~第3膜を含んでも良い。第1膜は、第3膜と第1非磁性層30との間に設けられる。第2膜は、第1膜と第3膜との間に設けられる。第1膜は、例えば、CoFeB膜(厚さは、例えば、1.5nm以上2.5nm以下)を含む。第2膜は、例えば、Ru膜(厚さは、例えば、0.7nm以上0.9nm以下)を含む。第3膜は、例えば、CoFeB膜(厚さは、例えば、1.5nm以上2.5nm以下)を含む。

【0042】

例えば、強磁性層が設けられても良い。強磁性層と第1非磁性層30との間に、第1磁性層21が設けられる。強磁性層は、例えば、IrMn層(厚さは7nm以上9nm以下)である。強磁性層によって、第1磁性層21の磁化の向きがより変化し難くなる。この強磁性層の上にTa層が設けられても良い。

【0043】

第2磁性層22は、例えば、強磁性材料および軟磁性材料の少なくともいずれかを含む。第2磁性層22は、例えば、人工格子を含んでも良い。

【0044】

第2磁性層22は、例えば、FePd(鉄-パラジウム)、FePt(鉄-白金)、CoPd(コバルト-パラジウム)、およびCoPt(コバルト-白金)からなる群より選択された少なくとも1つを含む。上記の軟磁性材料は、例えば、CoFeB(コバルト-鉄-ボロン)を含む。上記の人工格子は、例えば、第1膜と第2膜を含む積層膜を含む。例えば、第1膜、磁性材料を含み、第2膜は、非磁性材料を含む。第1膜は、例えば、NiFe(ニッケル-鉄)、Fe(鉄)、およびCo(コバルト)の少なくともいずれかを含む。第2膜は、例えば、Cu(銅)、Pd(パラジウム)、およびPt(白金)からなる群より選択される少なくとも1つを含む。

【0045】

第2磁性層22は、フェリ磁性材料を含んでも良い。

【0046】

図1に表される例において、第1磁性層21の磁化の向きおよび第2磁性層22の磁化の向きは、例えば、X軸方向に沿う。これは、例えば、第1磁性層21および第2磁性層22のカーブによる逆磁歪効果に基づく。第2磁性層22は、例えば、金属含有層10に電流が流れた際に、金属含有層10から磁化方向と反平行な偏極スピンを得る。第2磁性層22は、面内の形状磁気異方性および面内の結晶磁気異方性の少なくともいずれかをさ

10

20

30

40

50

らに有しても良い。

【0047】

第1磁性層21および第2磁性層22をZ軸方向から見た場合の形状は、例えば、円形、楕円形、または多角形である。これらの形状は、正方形、長方形、または平行四辺形であることが望ましい。Z軸方向から見た場合の形状が、互いに直交する辺を含むことで、第1磁性層21および第2磁性層22に応力の面内異方性がより大きく働き、磁気的な面内異方性を大きくできる。

【0048】

第1非磁性層30は、例えば、MgO（酸化マグネシウム）、CaO（酸化カルシウム）、SrO（酸化ストロンチウム）、TiO（酸化チタン）、VO（酸化バナジウム）、NbO（酸化ニオブ）、およびAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（酸化アルミニウム）からなる群より選択された少なくとも1つを含む。第1非磁性層30は、例えば、トンネルバリア層である。第1非磁性層30がMgOを含む場合、第1非磁性層30の厚さは、例えば、約1nmである。

10

【0049】

第1化合物層40は、例えば、絶縁性の化合物を含む。この場合、第1化合物層40は、例えば、アルミニウム、マグネシウム、タンタル、ホウ素、カルシウム、ケイ素、ゲルマニウム、ガリウム、インジウム、タングステン、チタン、銅、およびパラジウムからなる群より選択される少なくとも1つの元素の酸化物を含む。

【0050】

第1化合物層40における電気抵抗率は、金属含有層10の電気抵抗率よりも高いことが望ましい。この場合、金属含有層10に電流を流した際に、第3部分13の電流密度を高めることができる。このため、より小さな第1電流および第2電流で、第1状態および第2状態を形成することができる。第1化合物層40が絶縁性である場合、第1電流および第2電流をさらに小さくすることができる。

20

【0051】

第1化合物層40は、導電性の化合物を含んでいても良い。この場合、第1化合物層40は、鉄シリコン、銅シリコン、アルミニウムインジウム、ニッケルシリコン、コバルトシリコン、および銅インジウムからなる群より選択される少なくとも1つを含む。

【0052】

図2(a)、図2(b)、図3(a)、および図3(b)は、第1実施形態に係る磁気記憶装置の製造方法を例示する工程断面図である。

30

【0053】

図2(a)に表されるように、膜40Aをベース層20の上に形成する。膜40Bを膜40Aの上に形成する。膜40Aに含まれる材料の少なくとも一部は、膜40Bに含まれる材料の少なくとも一部と異なる。膜40Aは、例えば、酸化アルミニウムを含む。膜40Bは、例えば、マグネシウムと、アルミニウムと、ボロンと、の合金を含む。

【0054】

金属含有膜10Aを、ベース層20、膜40A、および膜40Bの上に形成する。磁性膜22Aを、金属含有膜10Aの上に形成する。非磁性膜30Aを、磁性膜22Aの上に形成する。図2(b)に表されるように、磁性膜21Aを、非磁性膜30Aの上に形成する。金属膜35Aを、磁性膜21Aの上に形成する。

40

【0055】

図3(a)に表されるように、金属膜35Aの一部、磁性膜21Aの一部、非磁性膜30Aの一部、および磁性膜22Aの一部、金属含有膜10Aの一部、膜40Aの一部、および膜40Bの一部を除去する。金属含有膜10Aが、Y方向において分断され、金属含有層10が形成される。膜40Aおよび膜40Bが、Y方向において分断され、層40aおよび層40bが形成される。それぞれの金属含有層10の上において、X軸方向に並べられた積層体SBが形成される。

【0056】

50

層40aおよび層40bに熱を加える。図3(b)に表されるように、層40aに含まれる材料と層40bに含まれる材料とが反応し、第1化合物層40が形成される。第1化合物層40の体積は、層40aの体積と、層40bの体積と、の和と異なる。例えば、第1化合物層40の体積は、層40aの体積と、層40bの体積と、の和よりも大きい。

【0057】

この体積への変化によって、金属含有層10に応力が加えられる。この応力により、金属含有層10の第1面S1の第1点P1～第3点P3のZ軸方向における位置が変化する。この結果、第1磁性層21、第2磁性層22、および第1非磁性層30に力が加えられ、これらの層がカーブする。

【0058】

図1(a)に表されるように、制御部90を、第1部分11、第2部分12、および電極35と電氣的に接続する。以上の工程により、第1実施形態に係る磁気記憶装置が作製される。

【0059】

層40aおよび層40bの加熱工程は、積層体SBの形成後に行われることが望ましい。第1磁性層21、第2磁性層22、および第1非磁性層30をカーブさせやすいためである。

【0060】

膜40Aおよび膜40Bを加熱し、第1化合物膜を形成した後に、積層体SBを形成しても良い。または、第1化合物膜を形成した後に、磁性膜22A、非磁性膜30A、および磁性膜21Aを形成しても良い。これらの製造方法においても、金属含有膜10Aの一部および第1化合物膜の一部を除去し、金属含有層10および第1化合物層40を形成した際に、金属含有膜10Aおよび第1化合物膜の応力が解放される。これにより、第1磁性層21、第2磁性層22、および第1非磁性層30をカーブさせることができる。

【0061】

上述した実施形態に係る磁気記憶装置の製造工程において、膜40Aおよび膜40Bの一方のみを形成しても良い。この場合、膜40Aおよび膜40Bの一方に含まれる材料が、金属含有膜10Aに含まれる金属材料と反応する。これにより、第1化合物層40が形成される。

【0062】

図4は、第1実施形態に係る磁気記憶装置の一部の断面写真である。

図4に表されるように、第1非磁性層30は、カーブしている。さらに、金属含有層10のZ軸方向と交差する面は、カーブしている。

【0063】

図5(a)、図5(b)、図6(a)、および図6(b)は、第1実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【0064】

図5(a)に表される磁気記憶装置110において、第3非磁性領域33は、X軸方向に沿っている。第3非磁性領域33近傍の曲率が相対的に小さく、第1非磁性領域31および第2非磁性領域32近傍の曲率が相対的に大きい。同様に、第1磁性層21および第2磁性層22は、X軸方向における両端近傍の曲率が大きい。

【0065】

図5(b)に表される磁気記憶装置120において、第1化合物層40のX軸方向における長さは、第1非磁性層30のX軸方向における長さよりも短い。第1化合物層40のX軸方向における長さは、第1非磁性層30のX軸方向における長さと同じであってもよい。第3非磁性領域33近傍の曲率は相対的に小さく、第1非磁性領域31および第2非磁性領域32近傍の曲率は相対的に大きい。同様に、第1磁性層21および第2磁性層22は、X軸方向における中心近傍の曲率が大きい。

【0066】

図1(a)、図1(b)、図5(a)、および図5(b)に表された例では、第1非磁

10

20

30

40

50

性層 30 が下方に向けて凸にカーブしている。第 1 非磁性層 30 は、図 6 ( a ) および図 6 ( b ) に表されるように、上方に向けて凸にカーブしていても良い。

【 0 0 6 7 】

図 6 ( a ) および図 6 ( b ) に表される磁気記憶装置 130 および 140 において、第 3 領域 43 の Z 軸方向における長さは、第 1 領域 41 の Z 軸方向における長さよりも長く、第 2 領域 42 の Z 軸方向における長さよりも長い。第 1 点 P1 の Z 軸方向における位置および第 2 点 P2 の Z 軸方向における位置は、第 3 点 P3 の Z 軸方向における位置と、第 1 化合物層 40 の Z 軸方向における位置と、の間にある。第 1 非磁性領域 31 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置および第 2 非磁性領域 32 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、第 3 非磁性領域 33 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と、金属含有層 10 の Z 軸方向における位置と、の間にある。

10

【 0 0 6 8 】

磁気記憶装置 130 において、第 1 化合物層 40 の X 軸方向における長さは、第 1 非磁性層 30 の X 軸方向における長さよりも長い。第 3 非磁性領域 33 近傍の曲率は相対的に小さく、第 1 非磁性領域 31 および第 2 非磁性領域 32 近傍の曲率は相対的に大きい。同様に、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 は、X 軸方向における両端近傍の曲率が大きい。

【 0 0 6 9 】

磁気記憶装置 140 において、第 1 化合物層 40 の X 軸方向における長さは、第 1 非磁性層 30 の X 軸方向における長さよりも短い。第 1 化合物層 40 の X 軸方向における長さは、第 1 非磁性層 30 の X 軸方向における長さと同じであっても良い。第 3 非磁性領域 33 近傍の曲率は、第 1 非磁性領域 31 および第 2 非磁性領域 32 近傍の曲率と実質的に同じである。

20

【 0 0 7 0 】

図 5 ( a )、図 5 ( b )、および図 6 ( a ) に表されるように、第 2 磁性層 22 が局部的に大きくカーブしている場合、第 2 磁性層 22 が全体的にカーブしている場合に比べて、第 1 状態および第 2 状態の形成に必要な第 1 電流および第 2 電流を小さくすることができる。

【 0 0 7 1 】

図 7 ( a ) ~ 図 7 ( d ) は、第 1 実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

30

【 0 0 7 2 】

図 7 ( a ) ~ 図 7 ( d ) に表される磁気記憶装置では、第 1 化合物層 40 が、X 軸方向において、金属含有層 10 の一部と金属含有層 10 の別の一部との間に設けられる。第 1 化合物層 40 は、例えば、X 軸方向においてベース層 20 と重なっていない。図 7 ( a ) ~ 図 7 ( d ) に表される磁気記憶装置のその他の構成は、例えば、それぞれ、図 5 ( a )、図 5 ( b )、図 6 ( a )、および図 6 ( b ) に表される磁気記憶装置と同様である。

【 0 0 7 3 】

図 8 ( a ) ~ 図 8 ( d ) は、第 1 実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

40

【 0 0 7 4 】

図 8 ( a ) ~ 図 8 ( d ) に表される磁気記憶装置は、第 1 層 45 を含む。第 1 化合物層 40 から第 1 層 45 に向かう方向は、X 軸方向に沿う。第 1 層 45 は、X 軸方向において複数設けられている。複数の第 1 層 45 は、互いに離れている。第 1 化合物層 40 は、X 軸方向において、第 1 層 45 同士の間設けられる。第 1 化合物層 40 は、例えば、第 1 元素と第 2 元素の化合物を含む。第 1 元素と第 2 元素は、互いに異なる。第 1 層 45 は、第 1 元素および第 2 元素と異なる第 3 元素を含む。第 1 層 45 は、第 3 元素の化合物を含んでいても良い。第 1 層 45 は、例えば、酸化シリコンを含む。

【 0 0 7 5 】

第 1 層 45 の内部応力は、第 1 化合物層 40 の内部応力と異なる。第 1 層 45 を設ける

50

ことで、積層体 S B に働く応力を調整することができる。第 1 層 4 5 の少なくとも一部と積層体 S B の少なくとも一部が Z 軸方向において重なっていない場合、第 1 層 4 5 の電気抵抗率は、第 1 化合物層 4 0 の電気抵抗率よりも小さいことが望ましい。第 1 層 4 5 の電気抵抗率が、第 1 化合物層 4 0 の電気抵抗率よりも小さいことで、第 1 状態および第 2 状態を形成するための第 1 電流および第 2 電流を小さくできる。

【 0 0 7 6 】

図 8 ( a ) ~ 図 8 ( d ) に表される磁気記憶装置のその他の構成は、例えば、それぞれ、図 5 ( a )、図 5 ( b )、図 6 ( a )、および図 6 ( b ) に表される磁気記憶装置と同様である。

【 0 0 7 7 】

図 9 ( a ) および図 9 ( b ) は、第 1 実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

図 9 ( a ) に表される磁気記憶装置 1 5 0 および図 9 ( b ) に表される磁気記憶装置 1 6 0 では、第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および第 1 非磁性層 3 0 のそれぞれの Z 軸方向における長さが、X 軸方向において変化している。

【 0 0 7 8 】

磁気記憶装置 1 5 0 では、第 3 非磁性領域 3 3 の Z 軸方向における長さが、第 1 非磁性領域 3 1 の Z 軸方向における長さよりも長く、第 2 非磁性領域 3 2 の Z 軸方向における長さよりも長い。第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、第 1 非磁性領域 3 1 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置との間、及び、第 2 非磁性領域 3 2 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置との間、にある。

【 0 0 7 9 】

磁気記憶装置 1 6 0 では、第 3 非磁性領域 3 3 の Z 軸方向における長さが、第 1 非磁性領域 3 1 の Z 軸方向における長さよりも短く、第 2 非磁性領域 3 2 の Z 軸方向における長さよりも短い。第 1 非磁性領域 3 1 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置および第 2 非磁性領域 3 2 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と、金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置と、の間にある。

【 0 0 8 0 】

第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および第 1 非磁性層 3 0 のそれぞれの曲率は、第 2 磁性層 2 2 から電極 3 5 に向かうほど緩やかになっている。

【 0 0 8 1 】

第 2 磁性層 2 2 の一部は、Z 軸方向において第 3 非磁性領域 3 3 と重なり、第 2 磁性層 2 2 の別の一部は、Z 軸方向において第 1 非磁性領域 3 1 または第 2 非磁性領域 3 2 と重なっている。磁気記憶装置 1 5 0 において、第 2 磁性層 2 2 の上記一部の Z 軸方向における長さは、第 2 磁性層 2 2 の上記別の一部の Z 軸方向における長さよりも長い。磁気記憶装置 1 6 0 において、第 2 磁性層 2 2 の上記一部の Z 軸方向における長さは、第 2 磁性層 2 2 の上記別の一部の Z 軸方向における長さよりも短い。

【 0 0 8 2 】

図 1 0 ( a ) および図 1 0 ( b ) は、第 2 実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

図 1 0 ( a ) に表される磁気記憶装置 2 0 0 において、金属含有層 1 0 は、さらに第 4 部分 1 4 を含む。第 4 部分 1 4 は、X 軸方向において、複数設けられる。複数の第 4 部分 1 4 の 1 つは、X 軸方向において、第 1 部分 1 1 と第 3 部分 1 3 との間に設けられる。複数の第 4 部分 1 4 の別の 1 つは、X 軸方向において、第 2 部分 1 2 と第 3 部分 1 3 との間に設けられる。例えば、複数の第 3 部分 1 3 と複数の第 4 部分 1 4 が、X 軸方向において交互に設けられる。

【 0 0 8 3 】

第 1 化合物層 4 0 から第 4 部分 1 4 に向かう方向は、Z 軸方向に沿っている。第 1 化合

10

20

30

40

50

物層 4 0 の一部が、Z 軸方向において、第 3 部分 1 3 と重なっていても良い。第 1 面 S 1 は、第 1 点 P 1 と、第 2 点 P 2 と、第 3 点 P 3 と、を含む。複数の第 1 化合物層 4 0 の 1 つおよび複数の第 4 部分 1 4 の 1 つから第 1 点 P 1 に向かう方向は、Z 軸方向に沿う。複数の第 1 化合物層 4 0 の別の 1 つおよび複数の第 4 部分 1 4 の別の 1 つから第 2 点 P 2 に向かう方向は、Z 軸方向に沿う。複数の第 3 部分 1 3 の 1 つから第 3 点 P 3 に向かう方向は、Z 軸方向に沿う。第 1 点 P 1 および第 2 点 P 2 は、Z 軸方向において第 2 磁性層 2 2 と重なっていない。第 3 点 P 3 は、Z 軸方向において第 2 磁性層 2 2 と重なっている。

【 0 0 8 4 】

第 3 点 P 3 の X 軸方向における位置は、第 1 点 P 1 の X 軸方向における位置と、第 2 点 P 2 の X 軸方向における位置と、の間にある。第 3 点 P 3 の Z 軸方向における位置は、第 1 点 P 1 の Z 軸方向における位置と第 1 化合物層 4 0 の Z 軸方向における位置との間、及び、第 2 点 P 2 の Z 軸方向における位置と第 1 化合物層 4 0 の Z 軸方向における位置との間、にある。

10

【 0 0 8 5 】

第 1 非磁性層 3 0 において、第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、第 1 非磁性領域 3 1 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と、金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置と、の間にある。第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、第 2 非磁性領域 3 2 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と、金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置と、の間にある。

【 0 0 8 6 】

20

図 1 0 ( a ) に表される磁気記憶装置 2 0 0 では、第 1 化合物層 4 0 は、X 軸方向において、金属含有層 1 0 の一部と、金属含有層 1 0 の別の一部と、の間に設けられる。または、第 1 化合物層 4 0 は、X 軸方向において、金属含有層 1 0 の一部と金属含有層 1 0 の別の一部との間、及び、ベース層 2 0 の一部とベース層 2 0 の別の一部との間、に設けられていても良い。

【 0 0 8 7 】

図 1 0 ( b ) に表される磁気記憶装置 2 1 0 のように、第 1 化合物層 4 0 は、X 軸方向において、複数の第 1 層 4 5 同士の間設けられていても良い。第 1 層 4 5 から第 3 部分 1 3 および積層体 S B に向かう方向は、Z 軸方向に沿っている。第 1 層 4 5 の内部応力は、第 1 化合物層 4 0 の内部応力と異なる。

30

【 0 0 8 8 】

磁気記憶装置 2 0 0 および 2 1 0 のように、第 1 化合物層 4 0 が第 4 部分 1 4 と Z 軸方向において重なっている場合、第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および第 1 非磁性層 3 0 のそれぞれの X 軸方向における両端近傍の曲率を大きくでき、それぞれの層を局所的にカーブさせることができる。従って、書き込み動作時および読み出し動作時のエラーレートを低減しつつ、第 1 状態および第 2 状態を形成するための第 1 電流および第 2 電流を小さくできる。

【 0 0 8 9 】

図 1 0 ( b ) に表されるように、第 1 層 4 5 と積層体 S B が Z 軸方向において重なっている場合、電極 3 5 に選択電圧を印加した際の第 2 磁性層 2 2 に誘起される磁気異方性の変化に分布が発生しうる。第 2 磁性層 2 2 の端部近傍の磁化の向きは、第 2 磁性層 2 2 の中心近傍の磁化の向きに比べて、不安定である。第 2 磁性層 2 2 に誘起される磁気異方性の変化に分布が生じることで、第 2 磁性層 2 2 の端部近傍の磁化の向きの不安定性を改善することができる。これにより、磁気記憶装置 2 1 0 の書き込み動作時および読み出し動作時のエラーレートをさらに低減することができる。動作をさらに安定化できる。

40

【 0 0 9 0 】

磁気記憶装置 2 0 0 および 2 1 0 において、第 1 化合物層 4 0 は、絶縁性または導電性である。第 1 化合物層 4 0 が導電性であると、磁気記憶装置 2 0 0 および 2 1 0 の動作時の電圧を低減させることができる。

【 0 0 9 1 】

50

図 1 1 は、第 3 実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する斜視断面図である。

図 1 2 は、第 3 実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する斜視断面図である。

【 0 0 9 2 】

図 1 1 および図 1 2 に表される磁気記憶装置 3 0 0 および 3 1 0 では、第 1 化合物層 4 0 の厚さが、Y 軸方向において変化している。第 1 化合物層 4 0 において、第 3 領域 4 3 は、Y 軸方向において、第 1 領域 4 1 と第 2 領域 4 2 との間に設けられる。第 3 領域 4 3 の Z 軸方向における長さは、例えば、第 1 領域 4 1 の Z 軸方向における長さよりも短く、第 2 領域 4 2 の Z 軸方向における長さよりも短い。

【 0 0 9 3 】

第 1 面 S 1 の第 3 点 P 3 の Y 軸方向における位置は、第 1 点 P 1 の Y 軸方向における位置と、第 2 点 P 2 の Y 軸方向における位置と、の間にある。第 1 点 P 1 から第 1 領域 4 1 に向かう方向、第 2 点 P 2 から第 2 領域 4 2 に向かう方向、および第 3 点 P 3 から第 3 領域 4 3 に向かう方向のそれぞれは、Z 軸方向に沿っている。第 3 点 P 3 の Z 軸方向における位置は、例えば、第 1 点 P 1 の Z 軸方向における位置と第 1 化合物層 4 0 の Z 軸方向における位置との間、及び、第 2 点 P 2 の Z 軸方向における位置と第 1 化合物層 4 0 の Z 軸方向における位置との間、にある。

10

【 0 0 9 4 】

第 1 非磁性層 3 0 において、第 3 非磁性領域 3 3 の Y 軸方向における位置は、第 1 非磁性領域 3 1 の Y 軸方向における位置と、第 2 非磁性領域 3 2 の Y 軸方向における位置と、の間にある。第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、例えば、第 1 非磁性領域 3 1 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と、金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置と、の間にある。第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、例えば、第 2 非磁性領域 3 2 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と、金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置と、の間にある。

20

【 0 0 9 5 】

図 1 1 に表される磁気記憶装置 3 0 0 では、複数の第 3 部分 1 3 が、Z 軸方向において、複数の第 1 非磁性層 3 0 と第 1 化合物層 4 0 との間に設けられる。図 1 2 に表される磁気記憶装置 3 1 0 のように、複数の第 1 化合物層 4 0 が設けられていても良い。この場合、複数の第 3 部分 1 3 は、それぞれ、Z 軸方向において、複数の第 1 非磁性層 3 0 と、複数の第 1 化合物層 4 0 と、の間に設けられる。

30

【 0 0 9 6 】

図 1 3 ( a ) ~ 図 1 3 ( d ) および図 1 4 ( a ) ~ 図 1 4 ( c ) は、第 3 実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【 0 0 9 7 】

図 1 3 ( a ) および図 1 3 ( b ) に表されるように、第 1 化合物層 4 0 の Y 軸方向における長さは、金属含有層 1 0 の Y 軸方向における長さよりも長くても良い。図 1 3 ( a ) に表されるように、金属含有層 1 0 の Y 軸方向における長さは、例えば、第 2 磁性層 2 2 の Y 軸方向における長さと同じである。または、図 1 3 ( b ) に表されるように、金属含有層 1 0 の Y 軸方向における長さは、第 2 磁性層 2 2 の Y 軸方向における長さよりも長くても良い。図 1 3 ( a ) および図 1 3 ( b ) に表されるように、第 3 非磁性領域 3 3 における曲率は、例えば、第 1 非磁性領域 3 1 における曲率よりも大きく、第 2 非磁性領域 3 2 における曲率よりも大きい。

40

【 0 0 9 8 】

図 1 3 ( c ) および図 1 3 ( d ) に表されるように、第 1 非磁性領域 3 1 の Z 軸方向における位置および第 2 非磁性領域 3 2 の Z 軸方向における位置が、第 3 非磁性領域 3 3 の Z 軸方向における位置と金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置との間にあっても良い。第 3 領域 4 3 の Z 軸方向における長さは、第 1 領域 4 1 の Z 軸方向における長さよりも長く、第 2 領域 4 2 の Z 軸方向における長さよりも長い。

【 0 0 9 9 】

図 1 3 ( c ) および図 1 4 ( a ) に表されるように、第 1 化合物層 4 0 の Y 軸方向にお

50

ける長さは、例えば、金属含有層 10 の Y 軸方向における長さと同じである。図 13 (d) および図 14 (b) に表されるように、第 1 化合物層 40 の Y 軸方向における長さが、金属含有層 10 の少なくとも一部の Y 軸方向における長さより長く、第 2 磁性層 22 の Y 軸方向における長さよりも長くても良い。図 13 (d) および図 14 (b) に表されるように、金属含有層 10 の Y 軸方向における長さが、Z 軸方向において変化していても良い。

#### 【0100】

図 13 (c)、図 13 (d)、および図 14 (c) に表されるように、第 1 非磁性領域 31 における曲率は、例えば、第 2 非磁性領域 32 における曲率と実質的に同じであり、第 3 非磁性領域 33 における曲率と実質的に同じである。図 14 (a) および図 14 (b) に表されるように、第 2 非磁性領域 32 における曲率が第 3 非磁性領域 33 における曲率よりも大きく、第 1 非磁性領域 32 における曲率が第 3 非磁性領域 33 における曲率よりも大きくても良い。

10

#### 【0101】

図 14 (c) に表されるように、第 1 化合物層 40 の Y 軸方向における長さが、金属含有層 10 の Y 軸方向における長さよりも短く、第 2 磁性層 22 の Y 軸方向における長さよりも短くても良い。この場合、第 1 化合物層 40 は、例えば、Y 軸方向において、金属含有層 10 の一部と金属含有層 10 の別の一部との間に設けられる。

#### 【0102】

図 13 (a) ~ 図 13 (d) および図 14 (a) ~ 図 14 (c) に表される磁気記憶装置において、第 1 化合物層 40 は、図 11 に表される磁気記憶装置 300 と同様に、X 軸方向に延びている。または、図 13 (a) ~ 図 13 (d) および図 14 (a) ~ 図 14 (c) に表される磁気記憶装置において、第 1 化合物層 40 は、図 12 に表される磁気記憶装置 310 と同様に、X 軸方向において複数設けられていても良い。

20

#### 【0103】

図 11、図 12、図 13 (a) ~ 図 13 (d)、および図 14 (a) ~ 図 14 (c) に表される磁気記憶装置において、図 9 (a) および図 9 (b) に表される磁気記憶装置のように、第 1 磁性層 21、第 2 磁性層 22、および第 1 非磁性層 30 のそれぞれの Z 軸方向における長さが、Y 軸方向において変化していても良い。

#### 【0104】

例えば、図 11、図 12、図 13 (a)、および図 13 (b) に表される磁気記憶装置において、第 3 非磁性領域 33 の Z 軸方向における長さが、第 1 非磁性領域 31 の Z 軸方向における長さよりも長く、第 2 非磁性領域 32 の Z 軸方向における長さよりも長くても良い。

30

#### 【0105】

例えば、図 13 (c)、図 13 (d)、および図 14 (a) ~ 図 14 (c) に表される磁気記憶装置において、第 3 非磁性領域 33 の Z 軸方向における長さが、第 1 非磁性領域 31 の Z 軸方向における長さよりも短く、第 2 非磁性領域 32 の Z 軸方向における長さよりも短くても良い。

#### 【0106】

第 1 化合物層 40 の厚さは、X 軸方向および Y 軸方向において変化していても良い。この場合、第 1 非磁性層 30 の各点の Z 軸方向における位置は、X 軸方向および Y 軸方向において変化する。第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 は、例えば、第 1 非磁性層 30 に沿ってカーブする。この場合、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 における磁気的な面内異方性は、より曲率が大きな方向に従って変化する。

40

#### 【0107】

図 15 は、第 4 実施形態に係る磁気記憶装置を例示する断面図である。

図 15 に表される磁気記憶装置 400 では、金属含有層 10 は、第 5 部分 15 をさらに含む。第 5 部分 15 は、X 軸方向において、第 3 部分 13 と第 2 部分 12 との間に設けられる。第 5 部分 15 は、X 軸方向において、第 3 部分 13 から離れている。第 3 磁性層 2

50

3は、Z軸方向において、第5部分15から離れている。第4磁性層24は、第5部分15と第3磁性層23との間に設けられる。第2非磁性層50は、第3磁性層23と第4磁性層24との間に設けられる。第5部分15は、Z軸方向において、第3磁性層23、第4磁性層24、第2非磁性層50、および電極36を含む第2積層体SB2と重なっている。

【0108】

第1非磁性層30は、カーブしている。第3磁性層23、第4磁性層24、および第2非磁性層50は、カーブしていない。第2非磁性層50は、X軸方向およびY軸方向に沿って設けられる。

【0109】

第1磁性層21と第2磁性層22の磁化の向きが同じであり、第3磁性層23と第4磁性層24の磁化の向きが同じ場合でも、第1積層体SB1の電気抵抗値は、第2積層体SB2の電気抵抗値と異なる。具体的には、第1磁性層21、第1非磁性層30、および第2磁性層22を含む経路の電気抵抗値は、第3磁性層23、第2非磁性層50、および第4磁性層24を含む経路の電気抵抗値と異なる。これは、例えば、第2磁性層22がカーブし、第4磁性層24がカーブしていないことに基づく。

【0110】

第1非磁性層30の電気抵抗値は、例えば、第2非磁性層50の電気抵抗値と異なる。例えば、第1非磁性層30の抵抗と面積の積(RA)は、第2非磁性層50の抵抗と面積の積と異なる。これは、例えば、第1非磁性層30がカーブし、第2非磁性層50がカーブしていないことに基づく。

【0111】

電極35と電極36との間の電気抵抗値は、第1磁性層21の磁化の向きと第2磁性層22の磁化の向きとの相対的な関係、及び、第3磁性層23の磁化の向きと第4磁性層24の磁化の向きとの相対的な関係に応じて変化する。これらの磁性層の磁化の向きの相対的な関係、及び、第1非磁性層30と第2非磁性層50との間の電気抵抗値およびRAの違いにより、電極35と電極36との間の電気抵抗値を、複数の状態の間で変化させることが可能である。すなわち、本実施形態に係る磁気記憶装置400は、多値記録が可能である。

【0112】

図16(a)及び図16(b)は、第4実施形態に係る別の磁気記憶装置を例示する断面図である。

図16(b)は、図16(a)の一部を拡大した断面図である。

図16(a)に表される磁気記憶装置410は、第2化合物層60をさらに含む。複数の第3部分13の1つは、Z軸方向において、第1化合物層40と重なっている。複数の第3部分13の別の1つは、Z軸方向において、第2化合物層60と重なっている。

【0113】

第2化合物層60のZ軸方向における長さは、X軸方向において変化している。第2化合物層60は、第4領域64と、第5領域65と、第6領域66と、を含む。第6領域66は、X軸方向において、第4領域64と第5領域65との間に設けられる。第6領域66のZ軸方向における長さは、例えば、第4領域64のZ軸方向における長さよりも短く、第5領域65のZ軸方向における長さよりも短い。

【0114】

第2化合物層60のX軸方向における長さは、例えば、第2非磁性層50のX軸方向における長さよりも長い。第2化合物層60のX軸方向における長さは、第2非磁性層50のX軸方向における長さと同じでも良い。第2化合物層60のX軸方向における長さは、第2非磁性層50のX軸方向における長さよりも短くても良い。

【0115】

第1面S1は、第4点P4と、第5点P5と、第6点P6と、をさらに含む。第6点P6のX軸方向における位置は、第4点P4のX軸方向における位置と、第5点P5のX軸

10

20

30

40

50

方向における位置と、の間にある。第4領域64から第4点P4に向かう方向、第5領域65から第5点P5に向かう方向、および第6領域66から第6点P6に向かう方向のそれぞれは、Z軸方向に沿っている。

【0116】

第6点P6のZ軸方向における位置は、例えば、第4点P4のZ軸方向における位置と第2化合物層60のZ軸方向における位置との間、及び、第5点P5のZ軸方向における位置と第2化合物層60のZ軸方向における位置との間、にある。

【0117】

第2非磁性層50は、第4非磁性領域54と、第5非磁性領域55と、第6非磁性領域56と、を含む。第6非磁性領域56のX軸方向における位置は、第4非磁性領域54のX軸方向における位置と、第5非磁性領域55のX軸方向における位置と、の間にある。

10

【0118】

第6非磁性領域56の少なくとも一部のZ軸方向における位置は、第4非磁性領域54の少なくとも一部のZ軸方向における位置、及び、第5非磁性領域55の少なくとも一部のZ軸方向における位置と異なる。第6非磁性領域56のZ軸方向における位置は、例えば、第4非磁性領域54のZ軸方向における位置と金属含有層10のZ軸方向における位置との間、及び、第5非磁性領域55のZ軸方向における位置と金属含有層10のZ軸方向における位置との間、にある。

【0119】

第1積層体SB1の第1非磁性層30は、カーブしている。第2積層体SB2の第2磁性層50は、カーブしている。第1非磁性層30の形状は、第2非磁性層50の形状と異なる。同様に、第1磁性層21および第2磁性層22の形状は、第3磁性層23および第4磁性層24の形状と異なる。これらの形状の違いは、例えば、以下の違いに基づく。

20

第4領域64と第6領域66との間のZ軸方向における長さの差は、第1領域41と第3領域43との間のZ軸方向における長さの差と、異なる。このため、第2化合物層60の形状は、第1化合物層40の形状と異なる。第1点P1と第3点P3との間のZ軸方向における距離は、第4点P4と第6点P6との間のZ軸方向における距離と、異なる。

【0120】

第2化合物層60に含まれる化合物は、例えば、第1化合物層40に含まれる化合物と同じである。第2化合物層60に含まれる化合物は、第1化合物層40に含まれる化合物と異なっても良い。

30

【0121】

第1磁性層21と第2磁性層22の磁化の向きが同じであり、第3磁性層23と第4磁性層24の磁化の向きが同じ場合でも、第1積層体SB1の電気抵抗値は、第2積層体SB2の電気抵抗値と異なる。これは、例えば、第1磁性層21と第3磁性層23の形状が異なり、第2磁性層22と第4磁性層24の形状が異なることに基づく。

【0122】

第1非磁性層30の電気抵抗値は、例えば、第2非磁性層50の電気抵抗値と異なる。例えば、第1非磁性層30の抵抗と面積の積(RA)は、第2非磁性層50の抵抗と面積の積と異なる。これは、第1非磁性層30と第2非磁性層50の形状が異なることに基づく。

40

【0123】

本変形例に係る磁気記憶装置410は、磁気記憶装置400と同様に多値記録が可能である。

【0124】

図17(a)及び図17(b)は、第5実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する平面図である。

図17(a)および図17(b)では、第1化合物層40が破線で表されている。

【0125】

図17(a)および図17(b)に表される磁気記憶装置500および510では、第

50

1 化合物層 40 が第 4 方向 D4 に沿って設けられる。第 4 方向 D4 は、例えば、Z 軸方向に対して垂直であり、X 軸方向および Y 軸方向と交差する。

【0126】

金属含有層 10 の一部（第 3 部分 13）は、Z 軸方向において、第 1 化合物層 40 の一部と積層体 SB との間に設けられる。第 1 化合物層 40 の一部は、Z 軸方向において、ベース層 20 の一部と、金属含有層 10 の一部（第 3 部分 13）と、の間に設けられる。

【0127】

第 1 化合物層 40 において、第 3 領域 43 の第 4 方向 D4 における位置は、第 1 領域 41 の第 4 方向 D4 における位置と、第 2 領域 42 の第 4 方向 D4 における位置と、の間にある。第 1 領域 41 および第 2 領域 42 は、Z 軸方向において、金属含有層 10 および積層体 SB と重なっていない。

10

【0128】

第 4 方向 D4 における第 1 化合物層 40 の長さ L1 は、第 5 方向 D5 における第 1 化合物層 40 の長さ L2 よりも長い。第 5 方向 D5 は、例えば、Z 軸方向および第 4 方向 D4 に対して垂直であり、X 軸方向および Y 軸方向と交差する。第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の磁化の向きは、例えば、X 軸方向および Y 軸方向に交差する。

【0129】

第 1 化合物層 40 を形成した際に、第 1 化合物層 40 は、例えば第 4 方向 D4 に沿って膨張する。第 1 化合物層 40 の Z 軸方向における厚さが、第 4 方向 D4 において変化する。この結果、第 1 磁性層 21、第 2 磁性層 22、および第 1 非磁性層 30 がカーブする。このとき、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の磁化の向きは、例えば、図 17 (a) に表される矢印 A1 のように、第 5 方向 D5 に沿う。積層体 SB の第 4 方向 D4 または第 5 方向 D5 における長さは、積層体 SB の X 軸方向または Y 軸方向における長さよりも長い。このため、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の磁化の向きは、第 4 方向 D4 または第 5 方向 D5 を向きやすい。

20

【0130】

図 17 (a) に表される磁気記憶装置 500 によれば、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 のカーブによる磁化の容易軸の方向と、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の形状磁気異方性による磁化の容易軸の方向と、を揃えることができる。この結果、歩留まりを向上させることができる。

30

【0131】

図 17 (b) に表される磁気記憶装置 510 のように、積層体 SB は、第 1 化合物層 40 に沿って設けられていても良い。この例では、形状磁気異方性から、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の磁化の向きは、図 17 (b) の矢印 A3 に表されるように、積層体 SB の第 4 方向 D4 における一端と他端とを結ぶ方向に向き易い。一方で、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 のカーブにより、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の磁化の向きは、第 5 方向 D5 に沿う方向に変化し易くなる。

【0132】

図 17 (b) に表される磁気記憶装置 510 によれば、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 のカーブによる磁化の容易軸の方向と、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の形状磁気異方性による磁化の容易軸の方向と、を異ならせることができる。

40

【0133】

図 17 (a) および図 17 (b) に表される磁気記憶装置 500 および 510 では、第 1 磁性層 21 および第 2 磁性層 22 の磁化の向きが、金属含有層 10 を電流が流れる方向 (X 軸方向) に対して傾斜している。これにより、金属含有層 10 の第 1 部分 11 と第 2 部分 12 との間に電流を流した際に、第 2 磁性層 22 の磁化の向きの変化時間を短縮することができる。本実施形態によれば、より短い時間で、第 2 磁性層 22 に情報を書き込むことができる。

【0134】

図 18 は、第 6 実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

50

図18に表される磁気記憶装置600では、第4部分14は、Z軸方向において、ベース層20と第1化合物層40との間に設けられる。第1化合物層40のZ軸方向における位置は、第4部分14のZ軸方向における位置と、第2磁性層22のZ軸方向における位置と、の間にある。第1化合物層40は、例えば、Z軸方向において積層体SBと重なっていない。

【0135】

第1化合物層40を形成する際、第3部分13の一部は、例えば圧縮応力を受ける。この圧縮応力により、第1磁性層21、第2磁性層22、および非磁性層30がカーブする。

【0136】

図19は、第6実施形態に係る別の磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

図19に表される磁気記憶装置610では、第1化合物層40のZ軸方向における長さは、X軸方向において変化している。例えば、第1化合物層40の一部はZ軸方向において積層体SBと重なっておらず、第1化合物層40の別の一部はZ軸方向において積層体SBと重なっている。第1化合物層40の上記一部のZ軸方向における長さは、第1化合物層40の上記別の一部のZ軸方向における長さよりも長い。

【0137】

第1化合物層40を形成する際、例えば、第1化合物層40がX軸方向に膨張する。第1化合物層40の膨張により、第1化合物層40の一部が、積層体SBのX軸方向における端部の下に広がる。この結果、第1磁性層21、第2磁性層22、および非磁性層30がカーブする。

【0138】

図20(a)及び図20(b)は、第7実施形態に係る磁気記憶装置の一部を例示する断面図である。

【0139】

図20(a)に表される磁気記憶装置700は、第1絶縁層70をさらに含む。第1絶縁層70は、第1絶縁領域71、第2絶縁領域72、および第3絶縁領域73を含む。第1絶縁領域71および第2絶縁領域72は、X軸方向において互いに離れている。第3絶縁領域73のX軸方向における位置は、第1絶縁領域71のX軸方向における位置と、第2絶縁領域72のX軸方向における位置と、の間にある。第1絶縁領域71および第2絶縁領域72のそれぞれにおいて、Z軸方向における長さは、X軸方向における長さよりも長い。第3絶縁領域73のX軸方向における長さは、第3絶縁領域73のZ軸方向における長さよりも長い。

【0140】

積層体SBは、X軸方向において、第1絶縁領域71と第2絶縁領域72との間に設けられる。積層体SBは、Z軸方向において、第3部分13と第3絶縁領域73との間に設けられる。

【0141】

第1絶縁層70は、例えば、以下の工程により形成される。

積層体SBを金属含有層10の上に形成する。金属含有層10の上面および積層体SBの表面を覆う金属層を形成する。この金属層は、例えば、アルミニウム、マグネシウムボロン、ホウ素、カルシウム、ケイ素、ゲルマニウム、ガリウム、インジウム、タングステン、チタン、銅、およびパラジウムからなる群より選択された少なくとも1つを含む。この金属層を酸化すると、体積が増加しつつ第1絶縁層70が形成される。体積が増加した際に、積層体SBが圧縮応力を受けることで、第1磁性層21、第2磁性層22、および非磁性層30がカーブする。

【0142】

図20(b)に表される磁気記憶装置700は、第2絶縁層75をさらに含む。第2絶縁層75は、積層体SB同士の間設けられる。第4部分14から第2絶縁層75に向かう方向は、Z軸方向に沿う。第2絶縁層75は、X軸方向において複数設けられる。第1

10

20

30

40

50

絶縁領域 7 1 は、X 軸方向において、複数の第 2 絶縁層 7 5 の 1 つと、複数の積層体 S B の 1 つと、の間に設けられる。第 2 絶縁領域 7 2 は、X 軸方向において、複数の第 2 絶縁層 7 5 の別の 1 つと、複数の積層体 S B の 1 つと、の間に設けられる。

【 0 1 4 3 】

第 2 絶縁層 7 5 は、例えば、以下の工程により形成される。

積層体 S B を金属含有層 1 0 の上に形成する。金属含有層 1 0 の上面および積層体 S B の表面を覆う第 1 絶縁層 7 0 を形成する。第 1 絶縁層 7 0 は、例えば、酸化アルミニウムを含む。第 1 絶縁層 7 0 の上に金属層を形成する。この金属層は、X 軸方向において、積層体 S B 同士の間形成される。この金属層は、例えば、アルミニウム、マグネシウムボロン、ホウ素、カルシウム、ケイ素、ゲルマニウム、ガリウム、インジウム、タングステン、チタン、銅、およびパラジウムからなる群より選択された少なくとも 1 つを含む。この金属層を酸化すると、体積が増加しつつ第 2 絶縁層 7 5 が形成される。体積が増加した際に、積層体 S B が圧縮応力を受けることで、第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および第 1 非磁性層 3 0 がカーブする。

10

【 0 1 4 4 】

図 2 1 は、第 8 実施形態に係る磁気記憶装置の一部を表す斜視断面図である。

図 2 1 に表される磁気記憶装置 8 0 0 のように、Z 軸方向において、第 4 部分 1 4 と絶縁層 7 0 との間に、第 1 化合物層 4 0 の少なくとも一部が設けられていても良い。例えば、第 1 化合物層 4 0 の一部は、Z 軸方向において第 4 部分 1 4 と重なり、第 1 化合物層 4 0 の別の一部は、Z 軸方向において積層体 S B と重なる。第 1 化合物層 4 0 の上記一部の Z 軸方向における長さは、第 1 化合物層 4 0 の上記別の一部の Z 軸方向における長さよりも長い。積層体 S B の一部は、例えば、Z 軸方向において、第 1 化合物層 4 0 の一部と第 3 絶縁領域 7 3 の一部との間に設けられる。

20

【 0 1 4 5 】

磁気記憶装置 8 0 0 における第 1 化合物層 4 0 は、例えば以下の工程により形成される。

金属含有層 1 0 の上面および積層体 S B の表面を覆う第 1 絶縁層 7 0 を形成する。この絶縁層は、例えば、窒化シリコンまたは酸化シリコンを含む。金属含有層 1 0 の上面に向かって、指向性を有する酸素イオンビームまたは酸素プラズマを照射する。金属含有層 1 0 の第 4 部分 1 4 の一部が酸素と反応し、第 1 化合物層 4 0 が形成される。このとき、第 1 化合物層 4 0 が X 軸方向に膨張し、第 1 化合物層 4 0 の一部が、積層体 S B の X 軸方向における端部の下に設けられる。この結果、第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および非磁性層 3 0 がカーブする。

30

【 0 1 4 6 】

図 2 2 は、第 9 実施形態に係る磁気記憶装置の一部を表す斜視断面図である。

図 2 2 に表される磁気記憶装置 9 0 0 では、第 1 化合物層 4 0 は、Y 軸方向において、1 つの金属含有層 1 0 の少なくとも一部と、別の金属含有層 1 0 の少なくとも一部と、の間に設けられる。1 つの金属含有層 1 0 と別の金属含有層 1 0 との間において、1 つの第 1 化合物層 4 0 が X 軸方向に延びている。または、1 つの金属含有層 1 0 と別の金属含有層 1 0 との間において、第 1 化合物層 4 0 が、X 軸方向において複数設けられていても良い。この場合、複数の第 1 化合物層 4 0 の 1 つの X 軸方向における位置は、複数の積層体 S B の 1 つの X 軸方向における位置と同じである。

40

【 0 1 4 7 】

金属含有層 1 0 同士の間で電流が流れないようにするため、第 1 化合物層 4 0 は絶縁性であることが望ましい。第 1 化合物層 4 0 を金属含有層 1 0 同士の間形成する際に、第 1 化合物層 4 0 の体積が膨張することで、金属含有層 1 0 が圧縮応力を受ける。この圧縮応力により、第 1 磁性層 2 1、第 2 磁性層 2 2、および第 1 非磁性層 3 0 がカーブする。この結果、例えば、第 1 非磁性領域 3 1 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置および第 2 非磁性領域 3 2 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置は、第 3 非磁性領域 3 3 の少なくとも一部の Z 軸方向における位置と、金属含有層 1 0 の Z 軸方向における位置と、

50

の間に設けられる。

【0148】

第2絶縁層75は、例えば、以下の工程により形成される。

金属含有膜10Aの上に、磁性膜22A、非磁性膜30A、磁性膜21A、および金属膜35Aを形成する。この構造体を、Y方向において複数に分断する。このとき、金属含有膜10Aの一部を残す。残った金属含有膜10Aの一部を酸化させて膨張させることで積層体SBをカーブさせる。

または、金属含有膜10Aの一部の下に、酸素を過剰に含む膜を形成しておき、この膜と残った金属含有膜10Aの一部とを反応させて膨張させることで積層体SBをカーブさせても良い。

10

【0149】

以上で説明した各実施形態によれば、磁気記憶装置の書き込み動作時および読み出し動作時のエラーレートを低減することができる。実施形態によれば、動作を安定化できる磁気記憶装置を提供できる。

【0150】

なお、本願明細書において、「垂直」及び「平行」は、厳密な垂直及び厳密な平行だけではなく、例えば製造工程におけるばらつきなどを含むものであり、実質的に垂直及び実質的に平行であれば良い。

【0151】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明の実施形態は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、磁気記憶装置に含まれる金属含有層、第1磁性層、第2磁性層、第1非磁性層、第1化合物層、第2非磁性層、第2化合物層、第1絶縁層、第2絶縁層、制御部、などの各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

20

【0152】

また、各具体例のいずれか2つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

【0153】

その他、本発明の実施の形態として上述した磁気記憶装置を基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全ての磁気記憶装置も、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属する。

30

【0154】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

【0155】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

40

【符号の説明】

【0156】

10 金属含有層、 10A 金属含有膜、 11 第1部分、 12 第2部分、 13 第3部分、 14 第4部分、 15 第5部分、 20 ベース層、 21 第1磁性層、 21A 磁性膜、 22 第2磁性層、 22A 磁性膜、 23 第3磁性層、 24 第4磁性層、 30 第1非磁性層、 30A 非磁性膜、 31 第1非磁性領域、 32 第2非磁性領域、 33 第3非磁性領域、 35、36 電極、 35A 金属膜、

50

40 第1化合物層、 40A 膜、 40a 層、 40B 膜、 40b 層、 41 第1領域、 42 第2領域、 43 第3領域、 45 第1層、 50 第2非磁性層、 54 第4非磁性領域、 55 第5非磁性領域、 56 第6非磁性領域、 60 第2化合物層、 64 第4領域、 65 第5領域、 66 第6領域、 70 第1絶縁層、 71 第1絶縁領域、 72 第2絶縁領域、 73 第3絶縁領域、 75 第2絶縁層、 90 制御部、 95 駆動回路、 100~160、 200、 210、 300、 310、 400、 410、 500、 510、 600、 610、 700、 800、 900 磁気記憶装置、 A1、 A3 矢印、 D4 第4方向、 D5 第5方向、 L1、 L2 長さ、 P1 第1点、 P2 第2点、 P3 第3点、 P4 第4点、 P5 第5点、 P6 第6点、 S1 第1面、 S2 第2面、 SB 積層体、 SB1 第1積層体、 SB2 第2積層体、 Sw、 Sw1、 Sw2 スイッチ素子

10

【要約】

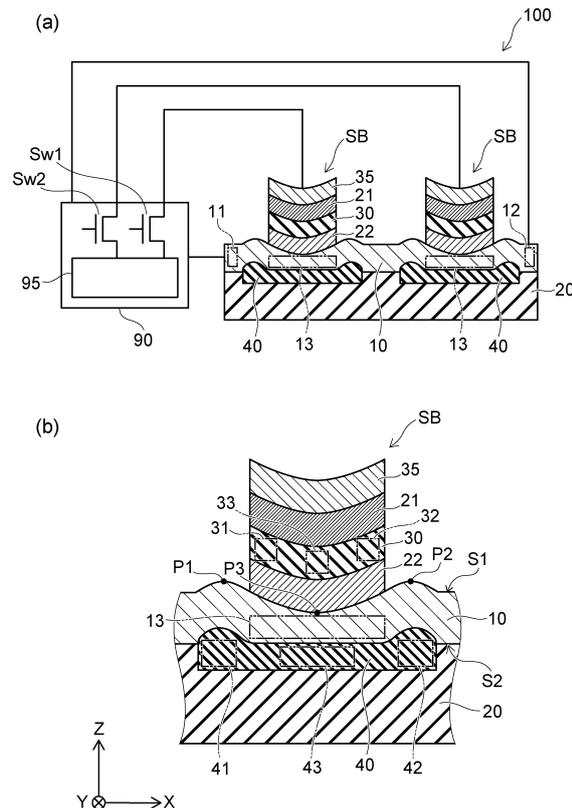
【課題】動作を安定化できる磁気記憶装置を提供する。

【解決手段】実施形態に係る磁気記憶装置は、金属含有層と、第1磁性層と、第2磁性層と、第1非磁性層と、制御部と、を含む。金属含有層は、第1部分と、第2部分と、第1部分と第2部分との間の第3部分と、を含む。第1磁性層は、第1部分から第2部分に向かう第1方向と交差する第2方向において第3部分から離れている。第2磁性層は、第3部分と第1磁性層との間に設けられている。第1非磁性層は、第1磁性層と第2磁性層との間に設けられ、カーブしている。制御部は、第1部分及び第2部分と電気的に接続されている。制御部は、第1部分から第2部分に向かう第1電流を金属含有層に供給する第1動作と、第2部分から第1部分に向かう第2電流を金属含有層に供給する第2動作と、を実施する。

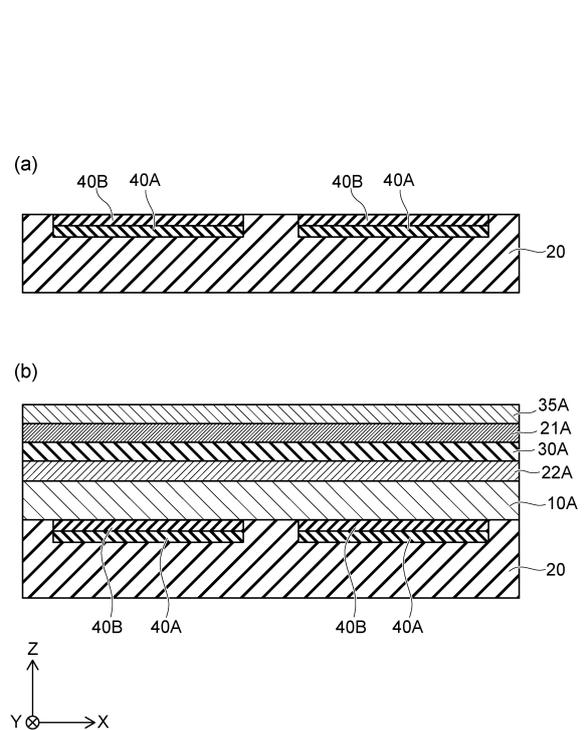
20

【選択図】図1

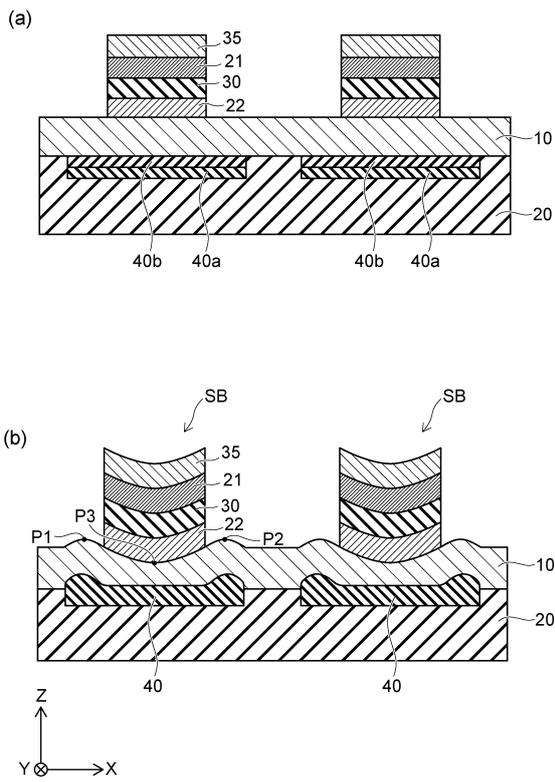
【図1】



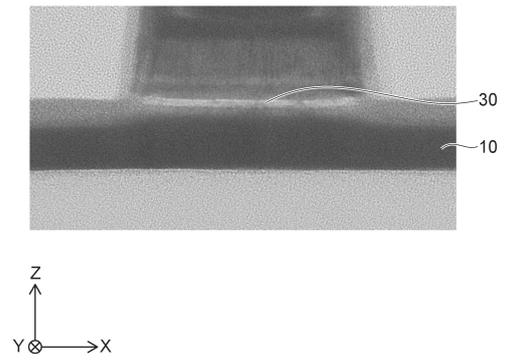
【図2】



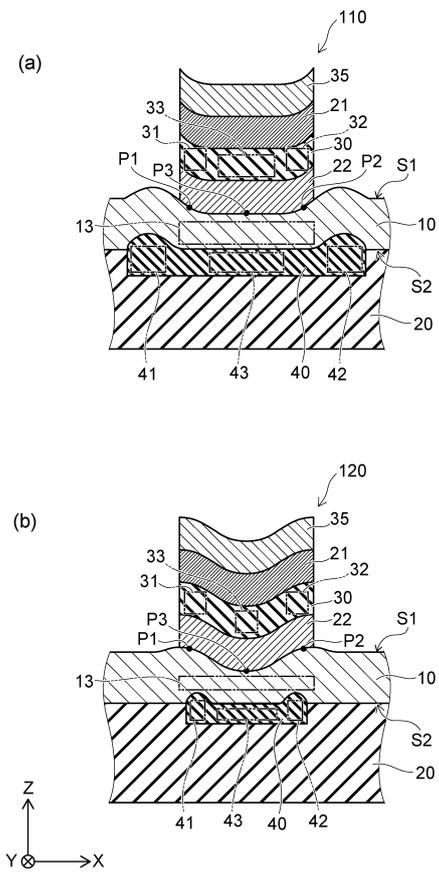
【 図 3 】



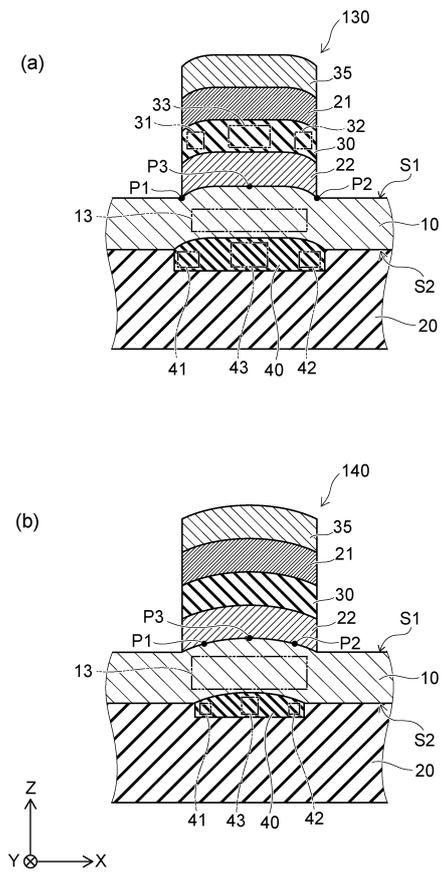
【 図 4 】



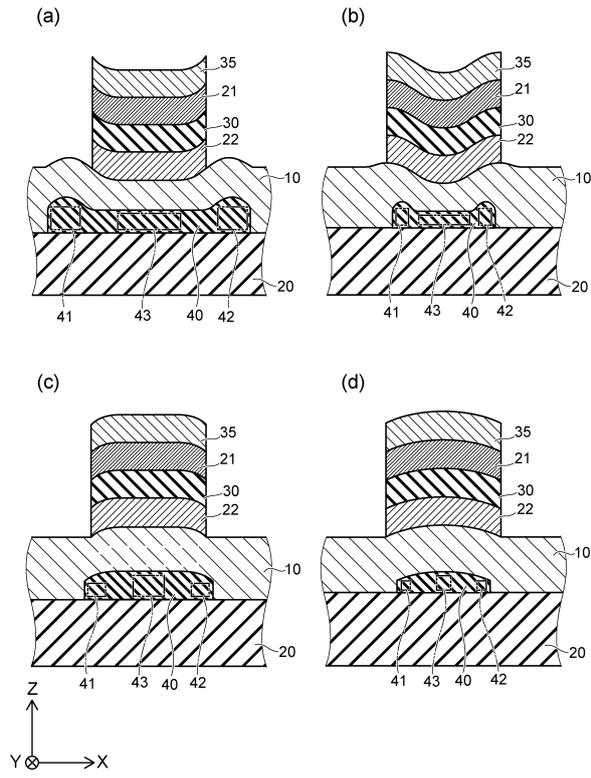
【 図 5 】



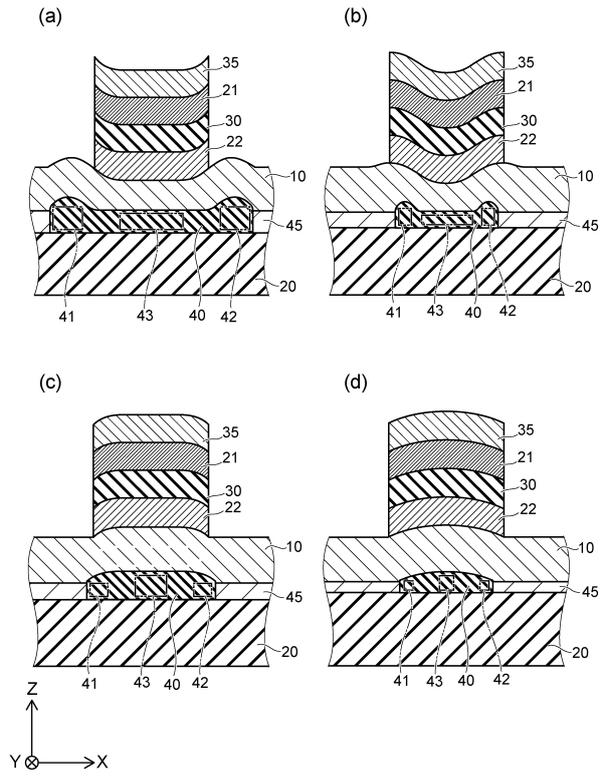
【 図 6 】



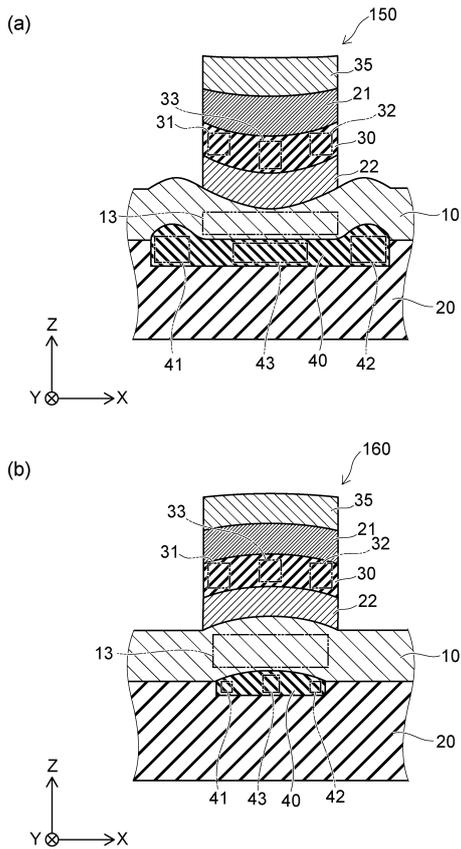
【 図 7 】



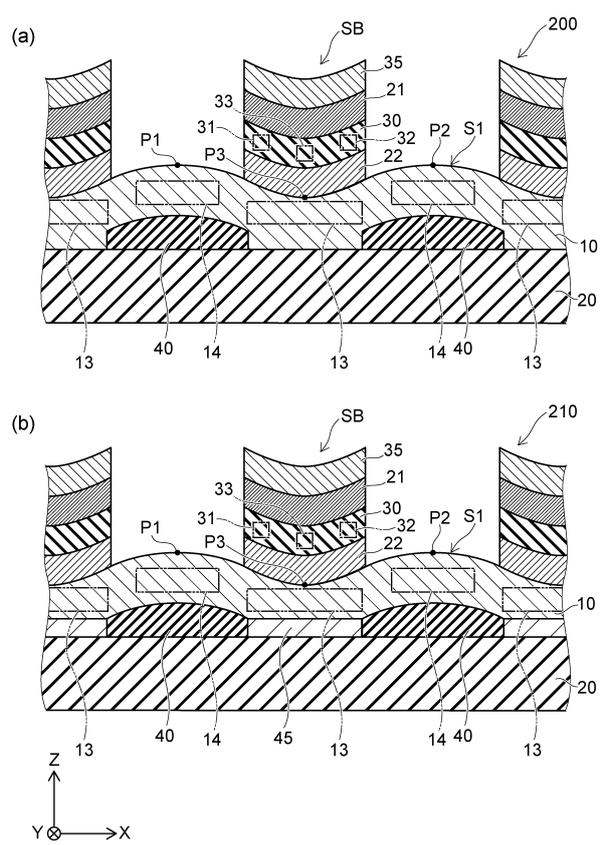
【 図 8 】



【 図 9 】

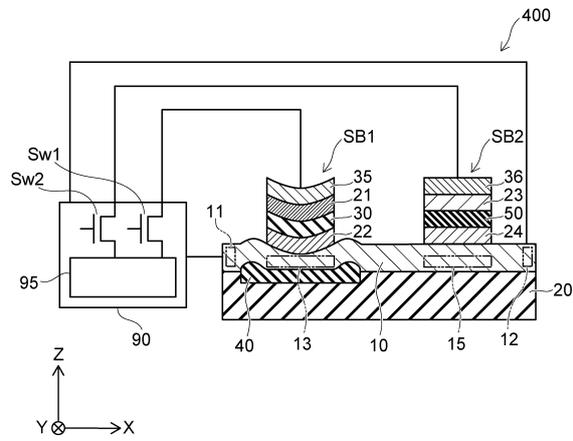


【 図 10 】

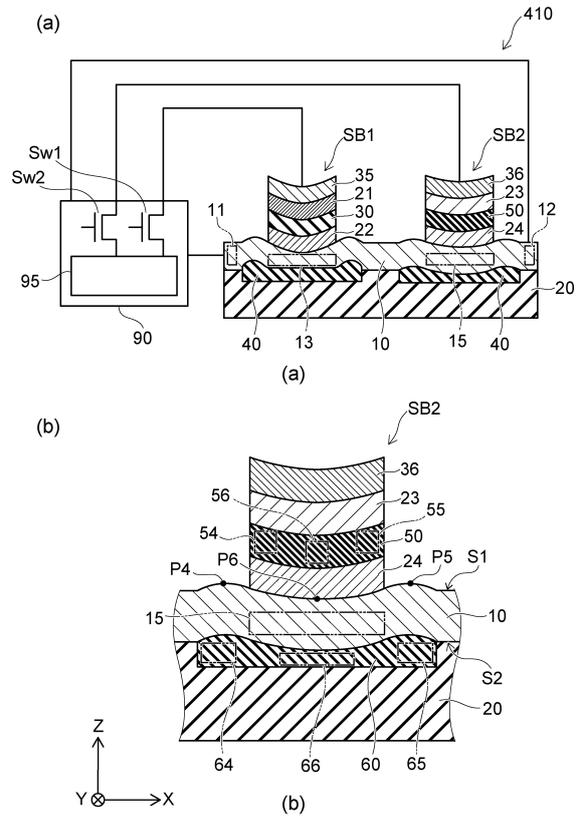




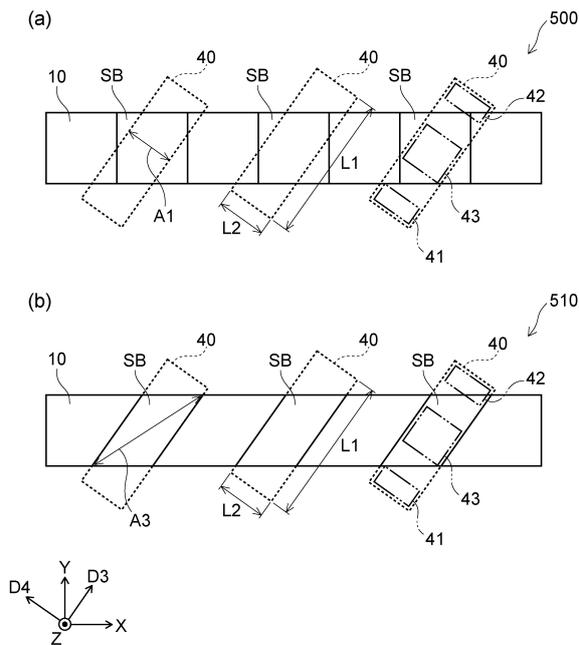
【 図 1 5 】



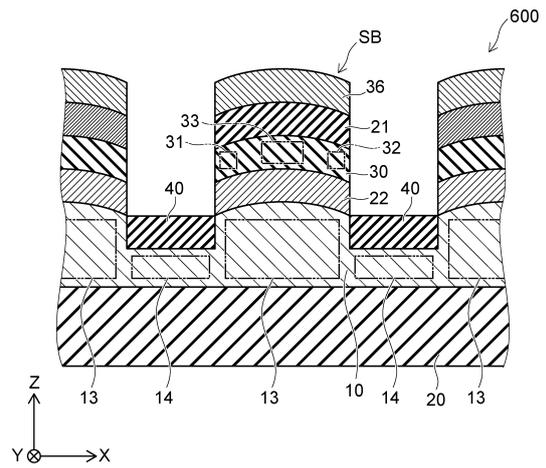
【 図 1 6 】



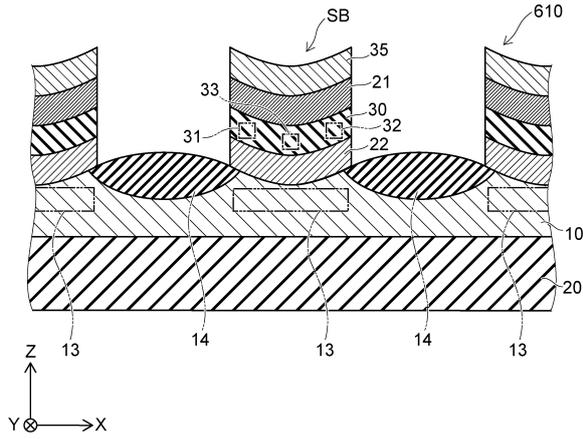
【 図 1 7 】



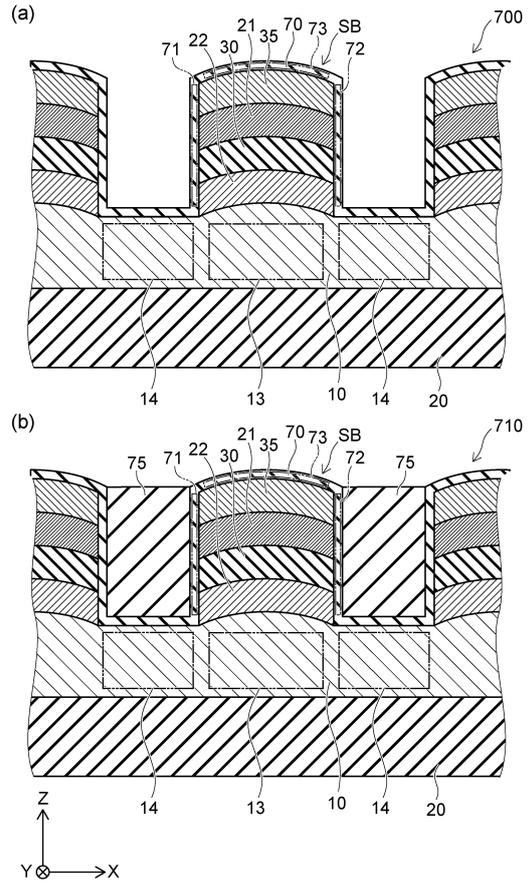
【 図 1 8 】



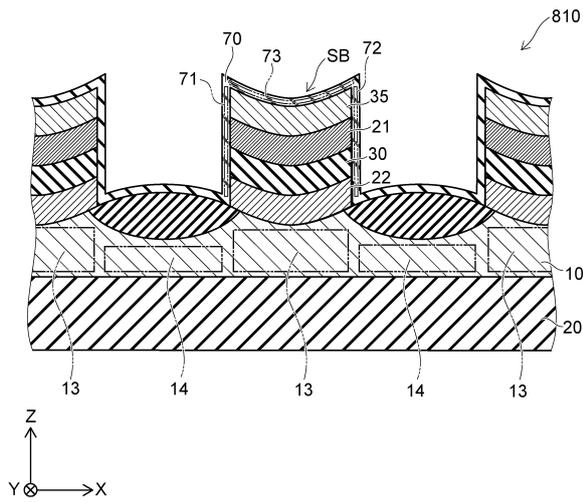
【図19】



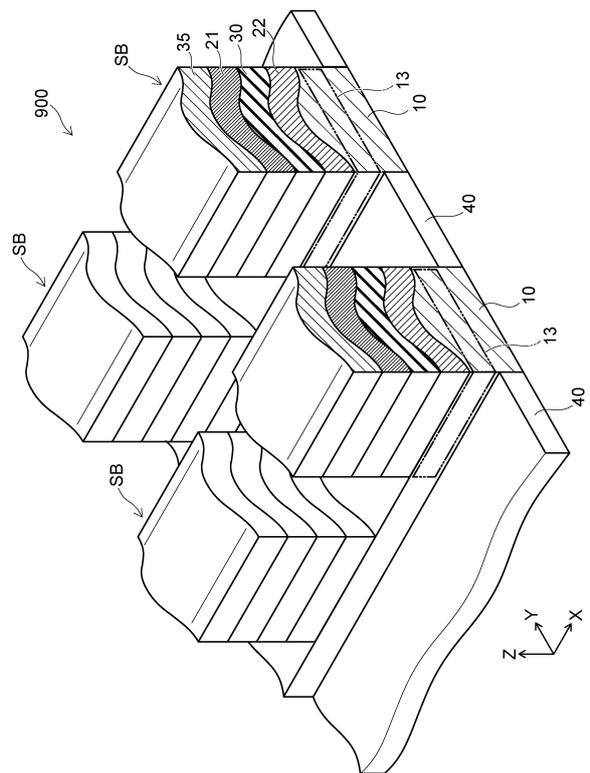
【図20】



【図21】



【図22】



## フロントページの続き

- (72)発明者 白鳥 聡志  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 清水 真理子  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 杉山 英行  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 加藤 侑志  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 上田 智志

- (56)参考文献 米国特許第09218864 (US, B1)  
特開2014-086640 (JP, A)  
Shunsuke FUKAMI et al., A sub-ns three-terminal spin-orbit torque induced switching device, 2016 IEEE Symposium on VLSI Technology, 2016年6月14日, <DOI: 10.1109/VLSIT.2016.7573379>  
H. YODA et al., Voltage-Control Spintronics Memory (VoCSM) Having Potentials of Ultra-Low Energy-Consumption and High-Density, 2016 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 2016年12月3日, pp.27.6.1 - 27.6.4

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/8239, 27/105, 29/82, 43/08

JSTPlus / JMEDPlus / JST7580 (JDreamIII)