

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7561708号  
(P7561708)

(45)発行日 令和6年10月4日(2024.10.4)

(24)登録日 令和6年9月26日(2024.9.26)

(51)国際特許分類

F I

G 1 1 B 5/31 (2006.01) G 1 1 B 5/31 A

G 1 1 B 5/02 (2006.01) G 1 1 B 5/31 E

G 1 1 B 5/02 R

請求項の数 11 (全28頁)

(21)出願番号	特願2021-125149(P2021-125149)	(73)特許権者	000003078
(22)出願日	令和3年7月30日(2021.7.30)		株式会社東芝
(65)公開番号	特開2023-20022(P2023-20022A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43)公開日	令和5年2月9日(2023.2.9)	(73)特許権者	317011920
審査請求日	令和5年11月14日(2023.11.14)		東芝デバイス&ストレージ株式会社
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74)代理人	110004026
			弁理士法人 i X
		(72)発明者	中川 裕治
			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	高岸 雅幸
			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	成田 直幸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気ヘッド及び磁気記録装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1磁極と、  
第2磁極と、  
前記第1磁極と前記第2磁極との間に設けられた積層体と、  
を備え、  
前記積層体は、  
第1磁性層と、  
前記第1磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第2磁性層と、  
前記第2磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第3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非磁性層と、  
前記第2磁性層と前記第3磁性層との間に設けられた第2非磁性層と、  
前記第1磁極と前記第1磁性層との間に設けられた第3非磁性層と、  
前記第3磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第4非磁性層と、  
を含み、  
前記第4非磁性層は、Cu、Au、Cr、Al、V及びAgよりなる群から選択された少なくとも1つを含み、  
前記第3磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10atm\% \leq x \leq 50atm\%, 10atm\% \leq y \leq 90atm\%)$ を含み、第2元素Eは、Cr、V、Mn、Ti及びScよりなる群から選択された少なくとも1つを含み、

10

20

第2方向に沿う前記第1磁極の第1磁極長さは、前記第2方向に沿う前記第2磁極の第2磁極長さよりも短く、前記第2方向は、前記第1磁性層から前記第2磁性層への第1方向に対して垂直で前記第1磁極の媒体対向面に沿い、

第3方向に沿う前記第1磁性層の第1磁性層長さは、前記第3方向に沿う前記第2磁性層の第2磁性層長さよりも長く、前記第3方向は、前記第1方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

【請求項2】

第1磁極と、

第2磁極と、

前記第1磁極と前記第2磁極との間に設けられた積層体と、

を備え、

前記積層体は、

第1磁性層と、

前記第1磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第2磁性層と、

前記第2磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第3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非磁性層と、

前記第2磁性層と前記第3磁性層との間に設けられた第2非磁性層と、

前記第1磁極と前記第1磁性層との間に設けられた第3非磁性層と、

を含み、

前記第3磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10atm\% \times 50atm\%、10atm\% \times 90atm\%)$ を含み、第2元素Eは、Cr、V、Mn、Ti及びScよりなる群から選択された少なくとも1つを含み、

前記第3磁性層は、前記第2磁極と接し、

第2方向に沿う前記第1磁極の第1磁極長さは、前記第2方向に沿う前記第2磁極の第2磁極長さよりも短く、前記第2方向は、前記第1磁性層から前記第2磁性層への第1方向に対して垂直で前記第1磁極の媒体対向面に沿い、

第3方向に沿う前記第1磁性層の第1磁性層長さは、前記第3方向に沿う前記第2磁性層の第2磁性層長さよりも長く、前記第3方向は、前記第1方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

【請求項3】

前記第3方向は、前記第2方向と交差した、請求項1または2に記載の磁気ヘッド。

【請求項4】

前記第3方向は、前記第2方向に沿う、請求項1または2に記載の磁気ヘッド。

【請求項5】

第1磁極と、

第2磁極と、

前記第1磁極と前記第2磁極との間に設けられた積層体と、

を備え、

前記積層体は、

第1磁性層と、

前記第1磁極と前記第1磁性層との間に設けられた第2磁性層と、

前記第1磁極と前記第2磁性層との間に設けられた第3磁性層と、

前記第2磁性層と前記第1磁性層との間に設けられた第1非磁性層と、

前記第3磁性層と前記第2磁性層との間に設けられた第2非磁性層と、

前記第1磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第3非磁性層と、

前記第3磁性層と前記第1磁極との間に設けられた第4非磁性層と、

を含み、

前記第4非磁性層は、Cu、Au、Cr、Al、V及びAgよりなる群から選択された少なくとも1つを含み、

前記第3磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10atm\% \times 50a$

10

20

30

40

50

t m %、1 0 a t m % y 9 0 a t m %) を含み、第 2 元素 E は、C r、V、M n、T i 及び S c よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

第 2 方向に沿う前記第 1 磁極の第 1 磁極長さは、前記第 2 方向に沿う前記第 2 磁極の第 2 磁極長さよりも短く、前記第 2 方向は、前記第 2 磁性層から前記第 1 磁性層への第 1 方向に対して垂直で前記第 1 磁極の媒体対向面に沿い、

第 3 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層長さは、前記第 3 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層長さよりも長く、前記第 3 方向は、前記第 1 方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

#### 【請求項 6】

第 1 磁極と、

10

第 2 磁極と、

前記第 1 磁極と前記第 2 磁極との間に設けられた積層体と、

を備え、

前記積層体は、

第 1 磁性層と、

前記第 1 磁極と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 2 磁性層と、

前記第 1 磁極と前記第 2 磁性層との間に設けられた第 3 磁性層と、

前記第 2 磁性層と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 1 非磁性層と、

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

20

前記第 1 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 3 非磁性層と、

を含み、

前記第 3 磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10atm\% \leq x \leq 50atm\%、10atm\% \leq y \leq 90atm\%)$  を含み、第 2 元素 E は、C r、V、M n、T i 及び S c よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

前記第 3 磁性層は、前記第 1 磁極と接し、

第 2 方向に沿う前記第 1 磁極の第 1 磁極長さは、前記第 2 方向に沿う前記第 2 磁極の第 2 磁極長さよりも短く、前記第 2 方向は、前記第 2 磁性層から前記第 1 磁性層への第 1 方向に対して垂直で前記第 1 磁極の媒体対向面に沿い、

第 3 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層長さは、前記第 3 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層長さよりも長く、前記第 3 方向は、前記第 1 方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

30

#### 【請求項 7】

前記第 3 方向は、前記第 2 方向と交差した、請求項 6 に記載の磁気ヘッド。

#### 【請求項 8】

前記第 3 方向は、前記第 2 方向に沿う、請求項 6 に記載の磁気ヘッド。

#### 【請求項 9】

前記組成比 x は、2 5 a t m % 以上 3 5 a t m % 以下である、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

#### 【請求項 10】

前記組成比 y は、1 0 a t m % 以上 3 0 a t m % 以下である、請求項 9 に記載の磁気ヘッド。

40

#### 【請求項 11】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッドと、

電気回路と、

を備え、

前記電気回路は、前記積層体に電流を供給可能であり、

前記電流は、前記第 1 磁性層から前記第 2 磁性層への向きを有する、磁気記録装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

50

本発明の実施形態は、磁気ヘッド及び磁気記録装置に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気ヘッドを用いて、HDD (Hard Disk Drive) などの磁気記録媒体に情報が記録される。磁気ヘッド及び磁気記録装置において、記録密度の向上が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2008-277586号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態は、記録密度の向上が可能な磁気ヘッド及び磁気記録装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によれば、磁気ヘッドは、第1磁極と、第2磁極と、前記第1磁極と前記第2磁極との間に設けられた積層体と、を含む。前記積層体は、第1磁性層と、前記第1磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第2磁性層と、前記第2磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第3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非磁性層と、前記第2磁性層と前記第3磁性層との間に設けられた第2非磁性層と、前記第1磁極と前記第1磁性層との間に設けられた第3非磁性層と、前記第3磁性層と前記第2磁極との間に設けられた第4非磁性層と、を含む。前記第4非磁性層は、Cu、Au、Cr、Al、V及びAgよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。前記第3磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10atm\% \leq x \leq 50atm\%, 10atm\% \leq y \leq 90atm\%)$ を含む。第2元素Eは、Cr、V、Mn、Ti及びScよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。第2方向に沿う前記第1磁極の第1磁極長さは、前記第2方向に沿う前記第2磁極の第2磁極長さよりも短い。前記第2方向は、前記第1磁性層から前記第2磁性層への第1方向に対して垂直で前記第1磁極の媒体対向面に沿う。第3方向に沿う前記第1磁性層の第1磁性層長さは、前記第3方向に沿う前記第2磁性層の第2磁性層長さよりも長い。前記第3方向は、前記第1方向に対して垂直である。

【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ヘッドを例示する模式図である。

【図2】図2は、第1実施形態に係る磁気記録装置を例示する模式的断面図である。

【図3】図3(a)及び図3(b)は、第1実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。

【図4】図4(a)及び図4(b)は、第1実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。

【図5】図5は、第1実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

【図6】図6は、第1実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

【図7】図7は、第1実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

【図8】図8は、第1実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

【図9】図9(a)及び図9(b)は、第2実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。

【図10】図10(a)及び図10(b)は、第2実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。

【図11】図11は、第2実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

【図12】図12は、第2実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】図 1 3 は、第 2 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

【図 1 4】図 1 4 は、第 2 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

【図 1 5】図 1 5 ( a ) 及び図 1 5 ( b ) は、磁気ヘッドに含まれる磁性層の特性を例示するグラフ図である。

【図 1 6】図 1 6 は、磁気ヘッドに含まれる磁性層の特性を例示するグラフ図である。

【図 1 7】図 1 7 は、磁気ヘッドに含まれる磁性層の特性を例示するグラフ図である。

【図 1 8】図 1 8 は、実施形態に係る磁気記録装置を例示する模式的斜視図である。

【図 1 9】図 1 9 は、実施形態に係る磁気記録装置の一部を例示する模式的斜視図である。

【図 2 0】図 2 0 は、実施形態に係る磁気記録装置を例示する模式的斜視図である。

【図 2 1】図 2 1 ( a ) 及び図 2 1 ( b ) は、実施形態に係る磁気記録装置の一部を例示する模式的斜視図である。

10

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 7 】

( 第 1 実施形態 )

図 1 ( a ) 及び図 1 ( b ) は、第 1 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。

図 1 ( a ) は、断面図である。図 1 ( b ) は、図 1 ( a ) の矢印 A R 1 から見た平面図である。

図 2 は、第 1 実施形態に係る磁気記録装置を例示する模式的断面図である。

図 2 に示すように、実施形態に係る磁気記録装置 2 1 0 は、磁気ヘッド 1 1 0 と、電気回路 2 0 D と、を含む。磁気記録装置 2 1 0 は、磁気記録媒体 8 0 を含んでも良い。磁気記録装置 2 1 0 において、少なくとも記録動作が行われる。記録動作において、磁気ヘッド 1 1 0 を用いて磁気記録媒体 8 0 に情報が記録される。

20

【 0 0 0 8 】

磁気ヘッド 1 1 0 は、記録部 6 0 を含む。後述するように、磁気ヘッド 1 1 0 は、再生部を含んでも良い。記録部 6 0 は、第 1 磁極 3 1 と、第 2 磁極 3 2 と、積層体 2 0 と、を含む。積層体 2 0 は、第 1 磁極 3 1 と第 2 磁極 3 2 との間に設けられる。

【 0 0 0 9 】

例えば、第 1 磁極 3 1 及び第 2 磁極 3 2 は、磁気回路を形成する。第 1 磁極 3 1 は、例えば、主磁極である。第 2 磁極 3 2 は、例えば、トレーリングシールドである。

【 0 0 1 0 】

磁気記録媒体 8 0 から磁気ヘッド 1 1 0 への方向を Z 軸方向とする。Z 軸方向に対して垂直な 1 つの方向を X 軸方向とする。Z 軸方向及び X 軸方向に対して垂直な方向を Y 軸方向とする。Z 軸方向は、例えばハイト方向に対応する。X 軸方向は、例えば、ダウントラック方向に対応する。Y 軸方向は、例えば、クロストラック方向に対応する。ダウントラック方向に沿って、磁気記録媒体 8 0 と磁気ヘッド 1 1 0 とが相対的に移動する。磁気記録媒体 8 0 の所望の位置に、磁気ヘッド 1 1 0 から生じる磁界（記録磁界）が印加される。磁気記録媒体 8 0 の所望の位置の磁化が、記録磁界に応じた方向に制御される。これにより、磁気記録媒体 8 0 に情報が記録される。

30

【 0 0 1 1 】

第 1 磁極 3 1 から第 2 磁極 3 2 への方向を第 1 方向 D 1 とする。第 1 方向 D 1 は、実質的に X 軸方向に沿う。実施形態において、第 1 方向 D 1 は、X 軸方向に対して、小さい角度で傾斜しても良い。

40

【 0 0 1 2 】

図 2 に示すように、コイル 3 0 c が設けられる。この例では、コイル 3 0 c の一部は、第 1 磁極 3 1 と第 2 磁極 3 2 との間にある。この例では、シールド 3 3 が設けられている。X 軸方向において、シールド 3 3 と第 2 磁極 3 2 との間に第 1 磁極 3 1 がある。コイル 3 0 c の別の一部が、シールド 3 3 と第 1 磁極 3 1 との間にある。これらの複数の要素の間に、絶縁部 3 0 i が設けられる。シールド 3 3 は、例えば、リーディングシールドである。磁気ヘッド 1 1 0 は、サイドシールド（図示しない）を含んでも良い。

【 0 0 1 3 】

50

図 2 に示すように、記録回路 30D から、コイル 30c に記録電流  $I_w$  が供給される。第 1 磁極 31 から、記録電流  $I_w$  に応じた記録磁界が磁気記録媒体 80 に印加される。

【0014】

図 2 に示すように、第 1 磁極 31 は、媒体対向面 30F を含む。媒体対向面 30F は、例えば、ABS (Air Bearing Surface) である。媒体対向面 30F は、例えば、磁気記録媒体 80 に対向する。媒体対向面 30F は、例えば、X - Y 平面に沿う。

【0015】

図 2 に示すように、電気回路 20D が、積層体 20 に電氣的に接続される。この例では、積層体 20 は、第 1 磁極 31 及び第 2 磁極 32 と電氣的に接続される。磁気ヘッド 110 に、第 1 端子 T1 及び第 2 端子 T2 が設けられる。第 1 端子 T1 は、第 1 配線 W1 及び第 1 磁極 31 を介して積層体 20 と電氣的に接続される。第 2 端子 T2 は、第 2 配線 W2 及び第 2 磁極 32 を介して積層体 20 と電氣的に接続される。電気回路 20D から、例えば、電流 (例えば、直流電流) が積層体 20 に供給される。

10

【0016】

図 1 (a) 及び図 1 (b) に示すように、積層体 20 は、第 1 磁性層 21、第 2 磁性層 22、第 3 磁性層 23、第 1 非磁性層 41、第 2 非磁性層 42、第 3 非磁性層 43 及び第 4 非磁性層 44 を含む。図 1 (a) 及び図 1 (b) においては、絶縁部 30i は省略されている。

【0017】

第 2 磁性層 22 は、第 1 磁性層 21 と第 2 磁極 32 との間に設けられる。第 3 磁性層 23 は、第 2 磁性層 22 と第 2 磁極 32 との間に設けられる。第 1 非磁性層 41 は、第 1 磁性層 21 と第 2 磁性層 22 との間に設けられる。第 2 非磁性層 42 は、第 2 磁性層 22 と第 3 磁性層 23 との間に設けられる。第 3 非磁性層 43 は、第 1 磁極 31 と第 1 磁性層 21 との間に設けられる。第 4 非磁性層 44 は、第 3 磁性層 23 と第 2 磁極 32 との間に設けられる。

20

【0018】

第 1 非磁性層 41 は、例えば、第 1 磁性層 21 と第 2 磁性層 22 と接して良い。第 2 非磁性層 42 は、例えば、第 2 磁性層 22 と第 3 磁性層 23 と接して良い。第 3 非磁性層 43 は、例えば、第 1 磁極 31 と第 1 磁性層 21 と接して良い。第 4 非磁性層 44 は、例えば、第 3 磁性層 23 と第 2 磁極 32 と接して良い。

30

【0019】

図 1 (a) に示すように、この例では、第 1 磁性層 21 から第 2 磁性層 22 への第 1 方向 D1 は、第 1 磁極 31 の媒体対向面 30F に対して傾斜する。第 1 方向 D1 は、積層体 20 の積層方向に対応する。

【0020】

第 1 方向 D1 に対して垂直で、第 1 磁極 31 の媒体対向面 30F に沿う方向を第 2 方向 D2 とする。第 2 方向 D2 は、例えば、Y 軸方向 (クロストラック方向) である。

【0021】

図 1 (b) に示すように、第 2 方向 D2 に沿う第 1 磁極 31 の長さを第 1 磁極長さ  $w_1$  とする。第 2 方向 D2 に沿う第 2 磁極 32 の長さを第 2 磁極長さ  $w_2$  とする。これらの長さは、幅でも良い。第 1 磁極長さ  $w_1$  は、第 2 磁極長さ  $w_2$  よりも短い。

40

【0022】

第 1 磁極長さ  $w_1$  は、実用的に、第 1 磁極 31 の X 軸方向の中心位置における、第 1 磁極 31 の第 2 方向 D2 (Y 軸方向) に沿う長さとして良い。第 2 磁極長さ  $w_2$  は、実用的に、第 2 磁極 32 の X 軸方向の中心位置における、第 2 磁極 32 の第 2 方向 D2 (Y 軸方向) に沿う長さとして良い。

【0023】

第 1 磁極長さ  $w_1$  が第 2 磁極長さ  $w_2$  よりも短いことで、第 1 磁極 31 からの磁界が、第 2 磁極 32 に入り易くなり、第 2 磁極 32 がトレーリングシールドとして機能し易い。

【0024】

50

図 1 ( a ) に示すように、第 1 方向  $D_1$  に対して垂直な 1 つの方向を第 3 方向  $D_3$  とする。この例では、第 3 方向  $D_3$  は、第 2 方向  $D_2$  と交差する。第 3 方向  $D_3$  は、例えば、第 2 方向  $D_2$  に対して垂直である。この例では、第 1 方向  $D_1$  が媒体対向面 30 F に対して傾斜しているため、第 3 方向  $D_3$  は、媒体対向面 30 F に対して傾斜する。

【 0025】

第 3 方向  $D_3$  に沿う第 1 磁性層 21 の長さを第 1 磁性層長さ  $L_{21}$  とする。第 3 方向  $D_3$  に沿う第 2 磁性層 22 の長さを第 2 磁性層長さ  $L_{22}$  とする。第 1 磁性層長さ  $L_{21}$  は、第 2 磁性層長さ  $L_{22}$  よりも長い。後述するように、このような長さの関係により、積層体 20 において安定した発振が得やすくなる。

【 0026】

図 1 ( b ) に示すように、このような積層体 20 に電流  $i_c$  が供給される。電流  $i_c$  は、例えば、上記の電気回路 20 D から供給される。図 1 ( b ) に示すように、電流  $i_c$  は、第 1 磁性層 21 から第 2 磁性層 22 への向きを有する。図 1 ( a ) 及び図 1 ( b ) に示すように、電流  $i_c$  に伴う電子流  $j_e$  は、第 2 磁性層 22 から第 1 磁性層 21 への向きを有する。

【 0027】

例えば、しきい値以上の電流  $i_c$  が積層体 20 を流れることで、積層体 20 の磁化が発振する。積層体 20 は、例えば S T O ( Spin-Torque Oscillator ) として機能する。発振に伴い、積層体 20 から交番磁界 ( 例えば高周波磁界 ) が発生する。積層体 20 で発生した交番磁界が磁気記録媒体 80 に印加され、磁気記録媒体 80 への書き込みがアシストされる。例えば、M A M R ( Microwave Assisted Magnetic Recording ) が実施可能である。

【 0028】

磁気ヘッド 110 においては、第 1 磁性層 21 及び第 2 磁性層 22 は、例えば、発振層として機能する。第 3 磁性層 23 は、スピン注入層として機能する。第 3 磁性層 23 の磁化は、特定の方向に固定されない。動作中において、第 3 磁性層 23 の磁化の向きは、変化可能である。

【 0029】

例えば、第 1 磁極 31 で反射したスピントルクが第 1 磁性層 21 に作用する。例えば、第 3 磁性層 23 からの透過のスピントルクが第 2 磁性層 22 に注入される。第 1 磁性層 21 及び第 2 磁性層 22 において、互いに逆向きの磁化が生じ、これらの磁化が安定して発振し易くなると考えられる。

【 0030】

磁気ヘッド 110 において、第 4 非磁性層 44 は、例えば、Cu、Au、Cr、Al、V 及び Ag よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含む。第 3 磁性層 23 は、例えば、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y$  ( 10 atm%  $x$  50 atm%、10 atm%  $y$  90 atm% ) を含み、第 2 元素 E は、Cr、V、Mn、Ti 及び Sc よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含む。

【 0031】

第 1 磁性層 21 及び第 2 磁性層 22 は、上記の第 2 元素を含まない。または、第 1 磁性層 21 及び第 2 磁性層 22 における第 2 元素の濃度は、第 3 磁性層 23 における第 2 元素の濃度よりも低い。第 1 磁性層 21 は、Fe、Co 及び Ni の少なくとも 1 つを含む。第 2 磁性層 22 は、Fe、Co 及び Ni の少なくとも 1 つを含む。

【 0032】

例えば、第 1 磁性層 21 及び第 2 磁性層 22 は、正のスピン分極を有する。第 3 磁性層 23 は、負のスピン分極を有する。このような積層体 20 において、高い効率の発振が得られる。

【 0033】

例えば、第 2 磁極 32 からの透過のスピントルクが第 3 磁性層 23 に注入される。第 3 磁性層 23 において、第 2 磁極 32 の磁化に対して平行な磁化が生じ、第 3 磁性層 23 か

10

20

30

40

50

ら第2磁性層22への透過のスピントルクが安定すると考えられる。第1磁性層21及び第2磁性層22の磁化が発振し易くなると考えられる。

【0034】

図3(a)及び図3(b)は、磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

図3(a)は、実施形態に係る磁気ヘッド110に対応する。磁気ヘッド110においては、第1磁性層21のサイズ(第1磁性層長さ $L_{21}$ 、図1(a)参照)は、第2磁性層22のサイズ(第2磁性層長さ $L_{22}$ 、図1(a)参照)よりも大きい。図3(b)は、参考例の磁気ヘッド118に対応する。磁気ヘッド118においては、第1磁性層21のサイズは、第2磁性層22のサイズと同じである。例えば、図3(a)及び図3(b)に示すように、第1磁性層21の磁化 $21M$ と、第2磁性層22の磁化 $22M$ が反平行である。

10

【0035】

図3(b)に示すように、第1磁性層21の影響による磁界 $31M$ が、第1磁極31に生じる。第2磁性層22の影響による磁界 $32M$ が、第2磁極32に生じる。参考例の磁気ヘッド118においては、第1磁性層21のサイズが第2磁性層22のサイズと同じであるため、磁界 $31M$ は、磁界 $32M$ と実質的に同じになる。

【0036】

これに対して、図3(a)に示すように、第1磁性層21のサイズが第2磁性層22のサイズよりも大きい磁気ヘッド110の場合、第1磁性層21の影響による磁界 $31M$ が大きくなり、第2磁性層22の影響による磁界 $32M$ が小さい、または、実質的に生じない。

20

【0037】

このように、実施形態に係る磁気ヘッド110においては、第1磁性層長さ $L_{21}$ を第2磁性層長さ $L_{22}$ よりも長くすることで、第1磁極31における磁界 $31M$ を大きくできる。そして、第2磁極32における磁界 $32M$ を抑制できる。これにより、第1磁極31と積層体20との相互作用を大きくできる。第2磁極32で生じるノイズを抑制できる。

【0038】

実施形態においては、積層体20において安定した発振が得やすい。これにより、安定したMAMRが実施できる。実施形態によれば、記録密度の向上が可能な磁気ヘッドを提供できる。

30

【0039】

実施形態において、第1非磁性層41は、例えば、Ru、Ir、Ta及びWよりなる群から選択された少なくとも1つの第1元素を含む。第1方向 $D_1$ に沿う第1非磁性層41の厚さを第1非磁性層厚さ $t_{41}$ (図1(b)参照)とする。実施形態において、第1非磁性層厚さ $t_{41}$ は、例えば、0.2nm以上3nm以下である。このような構成により、第1磁性層21及び第2磁性層22は、反強磁性結合し易い。

【0040】

第1磁性層21及び第2磁性層22が反強磁性結合することで、例えば、積層体20から発生する交番磁界の垂直成分(Z軸方向に沿う成分)が抑制される。一方、交番磁界の面内成分(X-Y平面に沿う成分)は、強まる。実施形態において、積層体20から発生する交番磁界の垂直成分(Z軸方向に沿う成分)が抑制されることで、例えば、SNRが向上する。

40

【0041】

実施形態において、第1磁性層21の磁気厚さは、第2磁性層22の磁気厚さと実質的に同じで良い。例えば、第1方向 $D_1$ に沿う第1磁性層21の厚さ(第1磁性層厚さ $t_{21}$ )と、第1磁性層21の飽和磁化と、の第1積は、第1方向 $D_1$ に沿う第2磁性層22の厚さ(第2磁性層厚さ $t_{22}$ )と、第2磁性層22の飽和磁化と、の第2積と実質的に同じで良い。例えば、第1積は、第2積の0.8倍以上1.25倍以下で良い。

【0042】

例えば、第2磁性層厚さ $t_{22}$ は、第1磁性層厚さ $t_{21}$ の0.8倍以上1.25倍以

50



下で良い。

#### 【0043】

実施形態において、第1磁性層厚さ $t_{21}$ は、例えば、5 nm以上15 nm以下である。1つの例において、第1磁性層厚さ $t_{21}$ は、例えば、8 nm以上10 nm以下である。第2磁性層厚さ $t_{22}$ は、例えば、5 nm以上15 nm以下である。1つの例において、第2磁性層厚さ $t_{22}$ は、例えば、8 nm以上10 nm以下である。

#### 【0044】

第1方向D1に沿う第3磁性層23の厚さを第3磁性層厚さ $t_{23}$ （図1（b）参照）とする。第3磁性層厚さ $t_{23}$ は、例えば、第1磁性層厚さ $t_{21}$ よりも薄く、第2磁性層厚さ $t_{22}$ よりも薄い。第3磁性層厚さ $t_{23}$ は、例えば、第1磁性層厚さ $t_{21}$ の0.7倍以下であり、第2磁性層厚さ $t_{22}$ の0.7倍以下である。第3磁性層厚さ $t_{23}$ は、例えば、0.5 nm以上6 nm以下である。第3磁性層厚さ $t_{23}$ は、例えば、1 nm以上5 nm以下でも良い。

10

#### 【0045】

第1方向D1に沿う第2非磁性層42の厚さを第2非磁性層厚さ $t_{42}$ （図1（b）参照）とする。第2非磁性層厚さ $t_{42}$ は、例えば、1 nm以上5 nm以下である。第1方向D1に沿う第3非磁性層43の厚さを第3非磁性層厚さ $t_{43}$ （図1（b）参照）とする。第3非磁性層厚さ $t_{43}$ は、例えば、1 nm以上5 nm以下である。第1方向D1に沿う第4非磁性層44の厚さを第4非磁性層厚さ $t_{44}$ （図1（b）参照）とする。第4非磁性層厚さ $t_{44}$ は、例えば、1 nm以上5 nm以下である。このような厚さにより、例えば、層間のスピン伝導が容易になる。例えば、安定した発振が得やすくなる。

20

#### 【0046】

実施形態において、第2非磁性層42及び第3非磁性層43は、例えば、Cu、Au、Cr、Al、V及びAgよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。第2非磁性層42及び第3非磁性層43において、例えば、高いスピン透過率が得られる。例えば、安定した発振が得やすくなる。

#### 【0047】

磁気ヘッド110において、第1方向D1と媒体対向面30Fとの間の角度 $\theta_1$ （図1（a）参照）は、例えば、10度以上30度以下でよい。

#### 【0048】

図4（a）及び図4（b）は、第1実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。図4（a）は、断面図である。図4（b）は、図4（a）の矢印AR1から見た平面図である。

30

図4（a）に示すように、磁気ヘッド111の記録部60も、第1磁極31と、第2磁極32と、第1磁極31と第2磁極32との間に設けられた積層体20と、を含む。図4（a）及び図4（b）に示すように、積層体20は、第1～第3磁性層21～23、及び、第1～第3非磁性層41～43を含む。第2磁性層22は、第1磁性層21と第2磁極32との間に設けられる。第3磁性層23は、第2磁性層22と第2磁極32との間に設けられる。第1非磁性層41は、第1磁性層21と第2磁性層22との間に設けられる。第2非磁性層42は、第2磁性層22と第3磁性層23との間に設けられる。第3非磁性層43は、第1磁極31と第1磁性層21との間に設けられる。例えば、第3磁性層23は、第2磁極32と接して良い。例えば、第3磁性層23の磁化と第2磁極32の磁化とが結合し、第3磁性層23から第2磁性層22への透過のスピントルクが安定すると考えられる。第1磁性層21及び第2磁性層22の磁化が発振し易くなると考えられる。

40

#### 【0049】

磁気ヘッド111においては、第1磁性層21は、Fe、Co及びNiの少なくとも1つを含む。第2磁性層22は、Fe、Co及びNiの少なくとも1つを含む。第3磁性層23は、例えば、 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$ （10 at m %  $x$  50 at m %、10 at m %  $y$  90 at m %）を含み、第2元素Eは、Cr、V、Mn、Ti及びScよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。

50

## 【 0 0 5 0 】

第 1 磁性層 2 1 及び第 2 磁性層 2 2 は、上記の第 2 元素を含まない。または、第 1 磁性層 2 1 及び第 2 磁性層 2 2 における第 2 元素の濃度は、第 3 磁性層 2 3 における第 2 元素の濃度よりも低い。第 1 磁性層 2 1 は、F e、C o 及び N i の少なくとも 1 つを含む。第 2 磁性層 2 2 は、F e、C o 及び N i の少なくとも 1 つを含む。

## 【 0 0 5 1 】

例えば、第 1 磁性層 2 1 及び第 2 磁性層 2 2 は、正のスピンの分極を有する。第 3 磁性層 2 3 は、負のスピンの分極を有する。

## 【 0 0 5 2 】

磁気ヘッド 1 1 1 における上記以外の構成として、磁気ヘッド 1 1 0 に関して説明した構成を適用して良い。例えば、第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 1 1 においても、安定した発振が得られる。

## 【 0 0 5 3 】

例えば、図 4 ( b ) に示すように、積層体 2 0 に電流 i c が供給される。電流 i c は、電気回路 2 0 D ( 図 2 参照 ) から供給される。電流 i c は、第 1 磁性層 2 1 から第 2 磁性層 2 2 への向きを有する。電流 i c に伴う電子流 j e は、第 2 磁性層 2 2 から第 1 磁性層 2 1 への向きを有する。

## 【 0 0 5 4 】

図 5 は、第 1 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

図 5 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 1 2 においては、第 1 方向 D 1 ( 積層方向 ) は、媒体対向面 3 0 F に沿っている。磁気ヘッド 1 1 2 においても、例えば、第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 1 2 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 1 0 と同様で良い。

## 【 0 0 5 5 】

図 6 は、第 1 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

図 6 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 1 3 においては、第 1 方向 D 1 ( 積層方向 ) は、媒体対向面 3 0 F に沿っている。磁気ヘッド 1 1 3 においても、例えば、第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 1 3 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 1 1 と同様で良い。

## 【 0 0 5 6 】

図 7 は、第 1 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

図 7 は、図 1 ( a ) の矢印 A R 1 から見た平面図に対応する。図 7 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 1 4 において、積層体 2 0 は、第 1 ~ 第 3 磁性層 2 1 ~ 2 3、及び、第 1 ~ 第 4 非磁性層 4 1 ~ 4 4 を含む。図 7 に示すように、第 3 方向 D 3 は、第 2 方向 D 2 ( Y 軸方向であり、クロストラック方向 ) に沿っている。第 3 方向 D 3 に沿う第 1 磁性層 2 1 の第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 3 方向 D 3 に沿う第 2 磁性層 2 2 の第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 1 4 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 1 0 と同様で良い。

## 【 0 0 5 7 】

図 8 は、第 1 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

図 8 は、図 4 ( a ) の矢印 A R 1 から見た平面図に対応する。図 8 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 1 5 において、積層体 2 0 は、第 1 ~ 第 3 磁性層 2 1 ~ 2 3、及び、第 1 ~ 第 3 非磁性層 4 1 ~ 4 3 を含む。図 8 に示すように、第 3 方向 D 3 は、第 2 方向 D 2 ( Y 軸方向であり、クロストラック方向 ) に沿っている。第 3 方向 D 3 に沿う第 1 磁性層 2 1 の第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 3 方向 D 3 に沿う第 2 磁性層 2 2 の第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 1 5 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 1 1 と同様で良い。

## 【 0 0 5 8 】

磁気ヘッド 1 1 2 ~ 1 1 5 においても、安定した発振が得られる。

## 【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

50

(第2実施形態)

図9(a)及び図9(b)は、第2実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。

図9(a)は、断面図である。図9(b)は、図9(a)の矢印AR1から見た平面図である。

図9(a)に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド120も、第1磁極31と、第2磁極32と、第1磁極31と第2磁極32との間に設けられた積層体20と、を含む。磁気ヘッド120において、積層体20に含まれる複数の層の順番が、磁気ヘッド110における複数の層の順番と異なる。磁気ヘッド120におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド110の構成と同様で良い。

【0060】

10

図9(a)及び図9(b)に示すように、磁気ヘッド120において、積層体20は、第1～第3磁性層21～23、及び、第1～第4非磁性層41～44を含む。第2磁性層22は、第1磁極31と第1磁性層21との間に設けられる。第3磁性層23は、第1磁極31と第2磁性層22との間に設けられる。第1非磁性層41は、第2磁性層22と第1磁性層21との間に設けられる。第2非磁性層42は、第3磁性層23と第2磁性層22との間に設けられる。第3非磁性層43は、第1磁性層21と第2磁極32の間に設けられる。第4非磁性層44は、第1磁極31と第3磁性層23との間に設けられる。

【0061】

図9(b)に示すように、積層体20に電流 $i_c$ が供給される。電流 $i_c$ は、電気回路20D(図2参照)から供給される。電流 $i_c$ は、第1磁性層21から第2磁性層22への向きを有する。電流 $i_c$ に伴う電子流 $j_e$ は、第2磁性層22から第1磁性層21への向きを有する。

20

【0062】

例えば、第2磁極32で反射したスピントルクが第1磁性層21に作用する。例えば、第3磁性層23からの透過のスピントルクが第2磁性層22に注入される。第1磁性層21及び第2磁性層22において、互いに逆向きの磁化が生じ、これらの磁化が安定して発振し易くなると考えられる。第1磁性層21及び第2磁性層22は、例えば、発振層として機能する。第3磁性層23は、スピン注入層として機能する。第3磁性層23の磁化は、特定の方向に固定されない。磁気ヘッド120において、MAMRが実施可能である。

【0063】

30

第2磁性層22から第1磁性層21への方向を第1方向D1とする。第1方向D1に対して垂直で第1磁極31の媒体対向面30Fに沿う方向を第2方向D2とする。第2方向D2は、例えば、Y軸方向(クロストラック方向)である。図9(b)に示すように、第2方向D2に沿う第1磁極31の第1磁極長さ $w_1$ は、第2方向D2に沿う第2磁極32の第2磁極長さ $w_2$ よりも短い。

【0064】

図9(a)に示すように、第1方向D1に対して垂直な1つの方向を第3方向D3とする。この例では、第3方向D3は第2方向D2と交差する。この例では、第1方向D1は、媒体対向面30Fに対して傾斜している。第3方向D3は、媒体対向面30Fに対して傾斜している。第3方向D3に沿う第2磁性層22の第2磁性層長さ $L_{22}$ は、第3方向D3に沿う第1磁性層21の第1磁性層長さ $L_{21}$ よりも長い。

40

【0065】

このような構成により、第1磁極31における磁界 $M_1$ を大きくできる。そして、第2磁極32における磁界 $M_2$ を抑制できる。これにより、第1磁極31と積層体20との相互作用を大きくできる。第2磁極32で生じるノイズを抑制できる。

【0066】

実施形態においては、積層体20において安定した発振が得やすい。これにより、安定したMAMRが実施できる。実施形態によれば、記録密度の向上が可能な磁気ヘッドを提供できる。

【0067】

50

磁気ヘッド120において、第4非磁性層44は、例えば、Cu、Au、Cr、Al、V及びAgよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。第3磁性層23は、例えば、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y$  (10atm%  $x$  50atm%、10atm%  $y$  90atm%)を含み、第2元素Eは、Cr、V、Mn、Ti及びScよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。

【0068】

第1磁性層21及び第2磁性層22は、上記の第2元素を含まない。または、第1磁性層21及び第2磁性層22における第2元素の濃度は、第3磁性層23における第2元素の濃度よりも低い。第1磁性層21は、Fe、Co及びNiの少なくとも1つを含む。第2磁性層22は、Fe、Co及びNiの少なくとも1つを含む。

10

【0069】

例えば、第1磁性層21及び第2磁性層22は、正のスピン分極を有する。第3磁性層23は、負のスピン分極を有する。このような積層体20において、高い効率の発振が得られる。

【0070】

例えば、第1磁極31からの透過のスピントルクが第3磁性層23に注入される。第3磁性層23において、第1磁極31の磁化に対して平行な磁化が生じ、第3磁性層23から第2磁性層22への透過のスピントルクが安定すると考えられる。第1磁性層21及び第2磁性層22の磁化が発振し易くなると考えられる。

【0071】

20

磁気ヘッド120において、磁気ヘッド110に関して説明した構成が適用できる。例えば、磁気ヘッド120において、第1非磁性層41は、Ru、Ir、Ta及びWよりなる群から選択された少なくとも1つの第1元素を含む。第1方向D1に沿う第1非磁性層41の第1非磁性層厚さ $t_{41}$  (図9(b)参照)は、例えば、0.2nm以上3nm以下である。第1磁性層21及び第2磁性層22が反強磁性結合することで、例えば、第1磁性層21の磁化による磁界と、第2磁性層22の磁化による磁界と、が実質的にキャンセルされる。これにより、積層体20から発生する交番磁界の垂直成分(Z軸方向に沿う成分)が抑制される。一方、交番磁界の面内成分(X-Y平面に沿う成分)は、強まる。実施形態において、積層体20から発生する交番磁界の垂直成分(Z軸方向に沿う成分)が抑制されることで、例えば、SNRが向上する。

30

【0072】

図10(a)及び図10(b)は、第2実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式図である。

図10(a)は、断面図である。図10(b)は、図10(a)の矢印AR1から見た平面図である。

図10(a)に示すように、磁気ヘッド121の記録部60も、第1磁極31と、第2磁極32と、第1磁極31と第2磁極32との間に設けられた積層体20と、を含む。図10(a)及び図10(b)に示すように、積層体20は、第1～第3磁性層21～23、及び、第1～第3非磁性層41～43を含む。第2磁性層22は、第1磁性層21と第2磁極32との間に設けられる。第3磁性層23は、第2磁性層22と第2磁極32との間に設けられる。第1非磁性層41は、第1磁性層21と第2磁性層22との間に設けられる。第2非磁性層42は、第2磁性層22と第3磁性層23との間に設けられる。第3非磁性層43は、第1磁極31と第1磁性層21との間に設けられる。例えば、第3磁性層23は、第2磁極32と接して良い。

40

【0073】

磁気ヘッド121において、第1磁性層21は、Fe、Co及びNiの少なくとも1つを含む。第2磁性層22は、Fe、Co及びNiの少なくとも1つを含む。第3磁性層23は、例えば、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y$  (10atm%  $x$  50atm%、10atm%  $y$  90atm%)を含み、第2元素Eは、Cr、V、Mn、Ti及びScよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。

50

## 【 0 0 7 4 】

第 1 磁性層 2 1 及び第 2 磁性層 2 2 は、上記の第 2 元素を含まない。または、第 1 磁性層 2 1 及び第 2 磁性層 2 2 における第 2 元素の濃度は、第 3 磁性層 2 3 における第 2 元素の濃度よりも低い。第 1 磁性層 2 1 は、F e、C o 及び N i の少なくとも 1 つを含む。第 2 磁性層 2 2 は、F e、C o 及び N i の少なくとも 1 つを含む。

## 【 0 0 7 5 】

例えば、第 1 磁性層 2 1 及び第 2 磁性層 2 2 は、正のスピンの分極を有する。第 3 磁性層 2 3 は、負のスピンの分極を有する。

## 【 0 0 7 6 】

磁気ヘッド 1 2 1 における上記以外の構成として、磁気ヘッド 1 2 0 に関して説明した構成を適用して良い。例えば、第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 2 1 においても、安定した発振が得られる。

## 【 0 0 7 7 】

例えば、図 1 0 ( b ) に示すように、積層体 2 0 に電流  $i_c$  が供給される。電流  $i_c$  は、電気回路 2 0 D ( 図 2 参照 ) から供給される。電流  $i_c$  は、第 1 磁性層 2 1 から第 2 磁性層 2 2 への向きを有する。電流  $i_c$  に伴う電子流  $j_e$  は、第 2 磁性層 2 2 から第 1 磁性層 2 1 への向きを有する。

## 【 0 0 7 8 】

図 1 1 は、第 2 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

図 1 1 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 2 2 においては、第 1 方向 D 1 ( 積層方向 ) は、媒体対向面 3 0 F に沿っている。磁気ヘッド 1 2 2 においても、例えば、第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 2 2 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 2 0 と同様で良い。

## 【 0 0 7 9 】

図 1 2 は、第 2 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的断面図である。

図 1 2 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 2 3 においては、第 1 方向 D 1 ( 積層方向 ) は、媒体対向面 3 0 F に沿っている。磁気ヘッド 1 2 3 においても、例えば、第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 2 3 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 2 1 と同様で良い。

## 【 0 0 8 0 】

図 1 3 は、第 2 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

図 1 3 は、図 9 ( a ) の矢印 A R 1 から見た平面図に対応する。図 1 3 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 2 4 において、積層体 2 0 は、第 1 ~ 第 3 磁性層 2 1 ~ 2 3、及び、第 1 ~ 第 4 非磁性層 4 1 ~ 4 4 を含む。図 1 3 に示すように、第 3 方向 D 3 は、第 2 方向 D 2 ( Y 軸方向であり、クロストラック方向 ) に沿っている。第 3 方向 D 3 に沿う第 1 磁性層 2 1 の第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 3 方向 D 3 に沿う第 2 磁性層 2 2 の第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 2 4 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 2 0 と同様で良い。

## 【 0 0 8 1 】

図 1 4 は、第 2 実施形態に係る磁気ヘッドを例示する模式的平面図である。

図 1 4 は、図 1 0 ( a ) の矢印 A R 1 から見た平面図に対応する。図 1 4 に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド 1 2 5 において、積層体 2 0 は、第 1 ~ 第 3 磁性層 2 1 ~ 2 3、及び、第 1 ~ 第 3 非磁性層 4 1 ~ 4 3 を含む。図 1 4 に示すように、第 3 方向 D 3 は、第 2 方向 D 2 ( Y 軸方向であり、クロストラック方向 ) に沿っている。第 3 方向 D 3 に沿う第 1 磁性層 2 1 の第 1 磁性層長さ L 2 1 は、第 3 方向 D 3 に沿う第 2 磁性層 2 2 の第 2 磁性層長さ L 2 2 よりも長い。磁気ヘッド 1 2 5 におけるこれ以外の構成は、磁気ヘッド 1 2 1 と同様で良い。

## 【 0 0 8 2 】

磁気ヘッド 1 2 2 ~ 1 2 5 においても、安定した発振が得られる。

## 【 0 0 8 3 】

磁気ヘッド 111 ~ 115、及び、磁気ヘッド 120 ~ 125 において、第 1 ~ 第 3 磁性層 21 ~ 23、及び、第 1 ~ 第 3 非磁性層 41 ~ 43 には、磁気ヘッド 110 に関して説明した構成が適用されても良い。

【0084】

例えば、磁気ヘッド 111 ~ 115、及び、磁気ヘッド 120 ~ 125 において、第 1 磁性層 21 の磁気厚さは、第 2 磁性層 22 の磁気厚さの 0.8 倍以上 1.25 倍以下で良い。例えば、第 2 磁性層厚さ  $t_{22}$  は、第 1 磁性層厚さ  $t_{21}$  の 0.8 倍以上 1.25 倍以下で良い。第 1 磁性層厚さ  $t_{21}$  は、例えば、5 nm 以上 15 nm 以下である。第 2 磁性層厚さ  $t_{22}$  は、例えば、5 nm 以上 15 nm 以下である。

【0085】

第 3 磁性層厚さ  $t_{23}$  は、例えば、第 1 磁性層厚さ  $t_{21}$  よりも薄く、第 2 磁性層厚さ  $t_{22}$  よりも薄い。第 3 磁性層厚さ  $t_{23}$  は、例えば、第 1 磁性層厚さ  $t_{21}$  の 0.7 倍以下であり、第 2 磁性層厚さ  $t_{22}$  の 0.7 倍以下である。第 1 ~ 第 3 磁性層 21 ~ 23 は、Fe、Co 及び Ni の少なくとも 1 つを含む。

【0086】

磁気ヘッド 111 ~ 115、及び、磁気ヘッド 120 ~ 125 において、第 2 非磁性層 42 及び第 3 非磁性層 43 は、例えば、Cu、Au、Cr、Al、V 及び Ag よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含む。第 2 非磁性層厚さ  $t_{42}$  は、例えば、1 nm 以上 5 nm 以下である。第 3 非磁性層厚さ  $t_{43}$  は、例えば、1 nm 以上 5 nm 以下である。

【0087】

実施形態に係る磁気ヘッド 111 ~ 115、及び、120 ~ 125 は、既に説明した電気回路 20D (図 2 参照) と共に用いられても良い。実施形態に係る磁気ヘッド及び電気回路 20D は、実施形態に係る磁気記録装置 210 (図 2 参照) に含まれる。磁気記録装置 210 は、磁気記録媒体 80 を含んでも良い。

【0088】

以下、第 3 磁性層 23 の材料の特性の例について説明する。

第 1 実施形態及び第 2 実施形態において、第 3 磁性層 23 は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y$  (10 at m%  $x$  50 at m%、10 at m%  $y$  90 at m%) を含む。第 2 元素 E は、Cr、V、Mn、Ti 及び Sc よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含む。組成比  $x$  及び組成比  $y$  は、原子パーセント (at m%) である。第 1 磁性層 21 及び第 2 磁性層 22 は、第 2 元素 E を含まない。または、第 1 磁性層 21 及び第 2 磁性層 22 における第 2 元素 E の濃度は、第 3 磁性層 23 における第 2 元素 E の濃度よりも低い。このような材料により、第 3 磁性層 23 において、例えば、高い飽和磁束密度と、負で絶対値が大きいスピンの分極と、が得やすい。

【0089】

図 15 (a) 及び図 15 (b) は、磁気ヘッドに含まれる磁性層の特性を例示するグラフ図である。

図 15 (a) は、磁性層が第 2 元素を含まないときの特性を例示している。この例において、磁性層は、 $Fe_{100-x}Co_x$  を含む。図 15 (a) の横軸は、組成比  $x$  (Co の濃度) である。縦軸は、飽和磁束密度  $B_m1$  である。図 15 (a) に示すように、組成比  $x$  が 10 at m% 以上 50 at m% において、高い飽和磁束密度  $B_m1$  が得られる。組成比  $x$  が 75 at m% 以下において、磁性層は BCC 構造を有する。組成比  $x$  が 75 at m% を超えると、磁性層は fcc 構造を有する。

【0090】

図 15 (b) は、磁性層における第 2 元素の組成比を変えたときの特性を例示している。図 15 (b) の横軸は、組成比  $y$  である。この例では、第 2 元素 E は、Cr である。縦軸は、飽和磁束密度  $B_m1$  である。図 15 (b) に示すように、組成比  $y$  が高いと、飽和磁束密度  $B_m1$  が得られる。磁性層が  $Fe_{50}Co_{50}$ 、または  $Fe_{90}Co_{10}$  を含む場合は、実質的に同等の特性が得られる。磁性層が  $Fe_{70}Co_{30}$  を含む場合、他の組成のときと比べて、同じ組成比  $y$  において高い飽和磁束密度  $B_m1$  が得られる。磁性層が第 2 元

10

20

30

40

50

素を含む場合において、組成比  $x$  は、 $10 \text{ at m \%}$  以上  $50 \text{ at m \%}$  以下であることが好ましい。

【0091】

図16は、磁気ヘッドに含まれる磁性層の特性を例示するグラフ図である。

図16は、CoのFeに対する組成比が固定されたときに組成比  $y$  を変更したときの磁性層のスピンの分極の変化を例示している。図16の横軸は、第2元素Eの組成比  $y$  である。縦軸は、スピン分極  $P_s$  (スピン分極の値) である。図16に示すように、第2元素Eの組成比  $y$  が  $3 \text{ at m \%}$  以上において、負のスピン分極  $P_s$  が得られる。組成比  $y$  が高いと、負のスピン分極  $P_s$  の絶対値が大きくなる。組成比  $y$  が  $10 \text{ at m \%}$  以上において、絶対値が大きい負のスピン分極  $P_s$  が得られる。例えば、組成比  $y$  は、 $10 \text{ at m \%}$  以上  $30 \text{ at m \%}$  以下でも良い。

10

【0092】

図15(b)及び図16から分かるように、実施形態において、Coの組成比  $x$  は、 $10 \text{ at m \%}$  以上  $50 \text{ at m \%}$  以下であり、第2元素Eの組成比  $y$  は、 $10 \text{ at m \%}$  以上であることが好ましい。第2元素Eの組成比  $y$  は、 $90 \text{ at m \%}$  以下であることが好ましい。これにより、高い飽和磁束密度  $B_m$  が得られる。実施形態において、第2元素Eの組成比  $y$  は、 $10 \text{ at m \%}$  以上  $50 \text{ at m \%}$  以下でも良い。

【0093】

図17は、磁気ヘッドに含まれる磁性層の特性を例示するグラフ図である。

図17は、第3磁性層23の組成を変更したときの発振強度OSを例示している。この例において、組成比  $y$  は  $20 \text{ at m \%}$  であり、Coの組成比  $x$  が変更される。第2元素Eは、Crである。図17の横軸は、組成比  $x$  である。縦軸は、発振強度OSである。図17から分かるように、組成比  $x$  が  $10 \text{ at m \%}$  以上  $50 \text{ at m \%}$  以下において、高い発振強度OSが得られる。この条件において、例えば、MAMRによる記録密度が向上し易い。組成比  $x$  は、 $25 \text{ at m \%}$  以上  $35 \text{ at m \%}$  以下であることがより好ましい。高い発振強度OSが安定して得易い。

20

【0094】

このように、第3磁性層23(例えば負のスピン分極を有する磁性層)が上記の組成を有することが好ましい。これにより、例えば高い飽和磁束密度  $B_m$  と、絶対値が大きい負のスピン分極  $P_s$  と、が得やすい。例えば、安定した発振が得易い。

30

【0095】

実施形態において、第3磁性層23の第3磁性層厚さ  $t_{23}$  は、例えば、 $5 \text{ nm}$  以上  $15 \text{ nm}$  以下であることが好ましい。第1非磁性層41の第1非磁性層厚さ  $t_{41}$ 、及び、第2非磁性層42の第2非磁性層厚さ  $t_{42}$  のそれぞれは、例えば、 $0.5 \text{ nm}$  以上  $6 \text{ nm}$  以下であることが好ましい。

【0096】

図18は、実施形態に係る磁気記録装置を例示する模式的斜視図である。

図18に示すように、実施形態に係る磁気ヘッド(例えば、磁気ヘッド110)は、磁気記録媒体80と共に用いられる。この例では、磁気ヘッド110は、記録部60及び再生部70を含む。磁気ヘッド110の記録部60により、磁気記録媒体80に情報が記録される。再生部70により、磁気記録媒体80に記録された情報が再生される。

40

【0097】

磁気記録媒体80は、例えば、媒体基板82と、媒体基板82の上に設けられた磁気記録層81と、を含む。磁気記録層81の磁化83が記録部60により制御される。

【0098】

再生部70は、例えば、第1再生磁気シールド72a、第2再生磁気シールド72b、及び磁気再生素子71を含む。磁気再生素子71は、第1再生磁気シールド72aと第2再生磁気シールド72bとの間に設けられる。磁気再生素子71は、磁気記録層81の磁化83に応じた信号を出力可能である。

【0099】

50

図 18 に示すように、磁気記録媒体 80 は、媒体移動方向 85 の方向に、磁気ヘッド 110 に対して相対的に移動する。磁気ヘッド 110 により、任意の位置において、磁気記録層 81 の磁化 83 に対応する情報が制御される。磁気ヘッド 110 により、任意の位置において、磁気記録層 81 の磁化 83 に対応する情報が再生される。

【0100】

図 19 は、実施形態に係る磁気記録装置の一部を例示する模式的斜視図である。

図 19 は、ヘッドスライダを例示している。

磁気ヘッド 110 は、ヘッドスライダ 159 に設けられる。ヘッドスライダ 159 は、例えば A12O3 / TiC などを含む。ヘッドスライダ 159 は、磁気記録媒体の上を、浮上または接触しながら、磁気記録媒体に対して相対的に運動する。

10

【0101】

ヘッドスライダ 159 は、例えば、空気流入側 159A 及び空気流出側 159B を有する。磁気ヘッド 110 は、ヘッドスライダ 159 の空気流出側 159B の側面などに配置される。これにより、磁気ヘッド 110 は、磁気記録媒体の上を浮上または接触しながら磁気記録媒体に対して相対的に運動する。

【0102】

図 20 は、実施形態に係る磁気記録装置を例示する模式的斜視図である。

図 21 (a) 及び図 21 (b) は、実施形態に係る磁気記録装置の一部を例示する模式的斜視図である。

図 20 に示すように、実施形態に係る磁気記録装置 150 においては、ロータリーアクチュエータが用いられる。記録用媒体ディスク 180 は、スピンドルモータ 180M に装着される。記録用媒体ディスク 180 は、スピンドルモータ 180M により矢印 AR の方向に回転する。スピンドルモータ 180M は、駆動装置制御部からの制御信号に応答する。本実施形態に係る磁気記録装置 150 は、複数の記録用媒体ディスク 180 を備えても良い。磁気記録装置 150 は、記録媒体 181 を含んでもよい。記録媒体 181 は、例えば、SSD (Solid State Drive) である。記録媒体 181 には、例えば、フラッシュメモリなどの不揮発性メモリが用いられる。例えば、磁気記録装置 150 は、ハイブリッド HDD (Hard Disk Drive) でも良い。

20

【0103】

ヘッドスライダ 159 は、記録用媒体ディスク 180 に記録する情報の、記録及び再生を行う。ヘッドスライダ 159 は、薄膜状のサスペンション 154 の先端に設けられる。ヘッドスライダ 159 の先端付近に、実施形態に係る磁気ヘッドが設けられる。

30

【0104】

記録用媒体ディスク 180 が回転すると、サスペンション 154 による押し付け圧力と、ヘッドスライダ 159 の媒体対向面 (ABS) で発生する圧力と、がバランスする。ヘッドスライダ 159 の媒体対向面と、記録用媒体ディスク 180 の表面と、の間の距離が、所定の浮上量となる。実施形態において、ヘッドスライダ 159 は、記録用媒体ディスク 180 と接触しても良い。例えば、接触走行型が適用されても良い。

【0105】

サスペンション 154 は、アーム 155 (例えばアクチュエータアーム) の一端に接続されている。アーム 155 は、例えば、ボビン部などを有する。ボビン部は、駆動コイルを保持する。アーム 155 の他端には、ボイスコイルモータ 156 が設けられる。ボイスコイルモータ 156 は、リニアモータの一種である。ボイスコイルモータ 156 は、例えば、駆動コイル及び磁気回路を含む。駆動コイルは、アーム 155 のボビン部に巻かれる。磁気回路は、永久磁石及び対向ヨークを含む。永久磁石と対向ヨークとの間に、駆動コイルが設けられる。サスペンション 154 は、一端と他端とを有する。磁気ヘッドは、サスペンション 154 の一端に設けられる。アーム 155 は、サスペンション 154 の他端に接続される。

40

【0106】

アーム 155 は、ボールベアリングによって保持される。ボールベアリングは、軸受部

50



１５７の上下の２箇所に設けられる。アーム１５５は、ボイスコイルモータ１５６により回転及びスライドが可能である。磁気ヘッドは、記録用媒体ディスク１８０の任意の位置に移動可能である。

【０１０７】

図２１（ａ）は、磁気記録装置の一部の構成を例示しており、ヘッドスタックアセンブリ１６０の拡大斜視図である。

図２１（ｂ）は、ヘッドスタックアセンブリ１６０の一部となる磁気ヘッドアセンブリ（ヘッドジンバルアセンブリ：ＨＧＡ）１５８を例示する斜視図である。

【０１０８】

図２１（ａ）に示すように、ヘッドスタックアセンブリ１６０は、軸受部１５７と、ヘッドジンバルアセンブリ１５８と、支持フレーム１６１と、を含む。ヘッドジンバルアセンブリ１５８は、軸受部１５７から延びる。支持フレーム１６１は、軸受部１５７から延びる。支持フレーム１６１の延びる方向は、ヘッドジンバルアセンブリ１５８の延びる方向とは逆である。支持フレーム１６１は、ボイスコイルモータ１５６のコイル１６２を支持する。

【０１０９】

図２１（ｂ）に示すように、ヘッドジンバルアセンブリ１５８は、軸受部１５７から延びたアーム１５５と、アーム１５５から延びたサスペンション１５４と、を有している。

【０１１０】

サスペンション１５４の先端には、ヘッドスライダ１５９が設けられる。ヘッドスライダ１５９に、実施形態に係る磁気ヘッドが設けられる。

【０１１１】

実施形態に係る磁気ヘッドアセンブリ（ヘッドジンバルアセンブリ）１５８は、実施形態に係る磁気ヘッドと、磁気ヘッドが設けられたヘッドスライダ１５９と、サスペンション１５４と、アーム１５５と、を含む。ヘッドスライダ１５９は、サスペンション１５４の一端に設けられる。アーム１５５は、サスペンション１５４の他端と接続される。

【０１１２】

サスペンション１５４は、例えば、信号の記録及び再生用のリード線（図示しない）を有する。サスペンション１５４は、例えば、浮上量調整のためのヒーター用のリード線（図示しない）を有しても良い。サスペンション１５４は、例えばスピントランスファトルク発振子用などのためのリード線（図示しない）を有しても良い。これらのリード線と、磁気ヘッドに設けられた複数の電極と、が電氣的に接続される。

【０１１３】

磁気記録装置１５０において、信号処理部１９０が設けられる。信号処理部１９０は、磁気ヘッドを用いて磁気記録媒体への信号の記録及び再生を行う。信号処理部１９０は、信号処理部１９０の入出力線は、例えば、ヘッドジンバルアセンブリ１５８の電極パッドに接続され、磁気ヘッドと電氣的に接続される。

【０１１４】

実施形態に係る磁気記録装置１５０は、磁気記録媒体と、実施形態に係る磁気ヘッドと、可動部と、位置制御部と、信号処理部と、を含む。可動部は、磁気記録媒体と磁気ヘッドとを離間させ、または、接触させた状態で相対的に移動可能とする。位置制御部は、磁気ヘッドを磁気記録媒体の所定記録位置に位置合わせする。信号処理部は、磁気ヘッドを用いた磁気記録媒体への信号の記録及び再生を行う。

【０１１５】

例えば、上記の磁気記録媒体として、記録用媒体ディスク１８０が用いられる。上記の可動部は、例えば、ヘッドスライダ１５９を含む。上記の位置制御部は、例えば、ヘッドジンバルアセンブリ１５８を含む。

【０１１６】

実施形態は、以下の構成（例えば技術案）を含んでも良い。

（構成１）

10

20

30

40

50

第 1 磁極と、  
 第 2 磁極と、  
 前記第 1 磁極と前記第 2 磁極との間に設けられた積層体と、  
 を備え、  
 前記積層体は、

第 1 磁性層と、  
 前記第 1 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 2 磁性層と、  
 前記第 2 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 3 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 非磁性層と、  
 前記第 2 磁性層と前記第 3 磁性層との間に設けられた第 2 非磁性層と、  
 前記第 1 磁極と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 3 非磁性層と、  
 前記第 3 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 4 非磁性層と、

10

を含み、

前記第 4 非磁性層は、Cu、Au、Cr、Al、V 及び Ag よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

前記第 3 磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10atm\% \ x \ 50atm\%、10atm\% \ y \ 90atm\%)$  を含み、第 2 元素 E は、Cr、V、Mn、Ti 及び Sc よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

第 2 方向に沿う前記第 1 磁極の第 1 磁極長さは、前記第 2 方向に沿う前記第 2 磁極の第 2 磁極長さよりも短く、前記第 2 方向は、前記第 1 磁性層から前記第 2 磁性層への第 1 方向に対して垂直で前記第 1 磁極の媒体対向面に沿い、

20

第 3 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層長さは、前記第 3 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層長さよりも長く、前記第 3 方向は、前記第 1 方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

【0117】

(構成 2)

第 1 磁極と、  
 第 2 磁極と、  
 前記第 1 磁極と前記第 2 磁極との間に設けられた積層体と、  
 を備え、  
 前記積層体は、

30

第 1 磁性層と、  
 前記第 1 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 2 磁性層と、  
 前記第 2 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 3 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 非磁性層と、  
 前記第 2 磁性層と前記第 3 磁性層との間に設けられた第 2 非磁性層と、  
 前記第 1 磁極と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 3 非磁性層と、

を含み、

前記第 3 磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10atm\% \ x \ 50atm\%、10atm\% \ y \ 90atm\%)$  を含み、第 2 元素 E は、Cr、V、Mn、Ti 及び Sc よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

40

前記第 3 磁性層は、前記第 2 磁極と接し、

第 2 方向に沿う前記第 1 磁極の第 1 磁極長さは、前記第 2 方向に沿う前記第 2 磁極の第 2 磁極長さよりも短く、前記第 2 方向は、前記第 1 磁性層から前記第 2 磁性層への第 1 方向に対して垂直で前記第 1 磁極の媒体対向面に沿い、

第 3 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層長さは、前記第 3 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層長さよりも長く、前記第 3 方向は、前記第 1 方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

【0118】

(構成 3)

50

前記第 1 磁性層は、F e、C o 及び N i の少なくとも 1 つを含み、

前記第 2 磁性層は、F e、C o 及び N i の少なくとも 1 つを含む、構成 1 または 2 に記載の磁気ヘッド。

【 0 1 1 9 】

( 構成 4 )

前記第 3 方向は、前記第 2 方向と交差した、構成 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【 0 1 2 0 】

( 構成 5 )

前記第 1 方向は、前記媒体対向面に対して傾斜した、構成 4 に記載の磁気ヘッド。

10

【 0 1 2 1 】

( 構成 6 )

前記第 3 方向は、前記第 2 方向に沿う、構成 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【 0 1 2 2 】

( 構成 7 )

第 1 磁極と、

第 2 磁極と、

前記第 1 磁極と前記第 2 磁極との間に設けられた積層体と、

を備え、

前記積層体は、

20

第 1 磁性層と、

前記第 1 磁極と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 2 磁性層と、

前記第 1 磁極と前記第 2 磁性層との間に設けられた第 3 磁性層と、

前記第 2 磁性層と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 1 非磁性層と、

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

前記第 1 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 3 非磁性層と、

前記第 3 磁性層と前記第 1 磁極との間に設けられた第 4 非磁性層と、

を含み、

前記第 4 非磁性層は、C u、A u、C r、A l、V 及び A g よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

30

前記第 3 磁性層は、 $(F e_{100-x}C o_x)_{100-y}E_y(10atm\% \times 50atm\%、10atm\% \times y \times 90atm\%)$  を含み、第 2 元素 E は、C r、V、M n、T i 及び S c よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

第 2 方向に沿う前記第 1 磁極の第 1 磁極長さは、前記第 2 方向に沿う前記第 2 磁極の第 2 磁極長さよりも短く、前記第 2 方向は、前記第 2 磁性層から前記第 1 磁性層への第 1 方向に対して垂直で前記第 1 磁極の媒体対向面に沿い、

第 3 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層長さは、前記第 3 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層長さよりも長く、前記第 3 方向は、前記第 1 方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

【 0 1 2 3 】

40

( 構成 8 )

第 1 磁極と、

第 2 磁極と、

前記第 1 磁極と前記第 2 磁極との間に設けられた積層体と、

を備え、

前記積層体は、

第 1 磁性層と、

前記第 1 磁極と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 2 磁性層と、

前記第 1 磁極と前記第 2 磁性層との間に設けられた第 3 磁性層と、

前記第 2 磁性層と前記第 1 磁性層との間に設けられた第 1 非磁性層と、

50

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

前記第 1 磁性層と前記第 2 磁極との間に設けられた第 3 非磁性層と、

を含み、

前記第 3 磁性層は、 $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y(10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%、10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%)$ を含み、第 2 元素 E は、Cr、V、Mn、Ti 及び Sc よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含み、

前記第 3 磁性層は、前記第 1 磁極と接し、

第 2 方向に沿う前記第 1 磁極の第 1 磁極長さは、前記第 2 方向に沿う前記第 2 磁極の第 2 磁極長さよりも短く、前記第 2 方向は、前記第 2 磁性層から前記第 1 磁性層への第 1 方向に対して垂直で前記第 1 磁極の媒体対向面に沿い、

第 3 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層長さは、前記第 3 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層長さよりも長く、前記第 3 方向は、前記第 1 方向に対して垂直である、磁気ヘッド。

【0124】

(構成 9)

前記第 1 磁性層は、Fe、Co 及び Ni の少なくとも 1 つを含み、

前記第 2 磁性層は、Fe、Co 及び Ni の少なくとも 1 つを含む、構成 7 または 8 に記載の磁気ヘッド。

【0125】

(構成 10)

前記第 3 方向は、前記第 2 方向と交差した、構成 7 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【0126】

(構成 11)

前記第 1 方向は、前記媒体対向面に対して傾斜した、構成 10 に記載の磁気ヘッド。

【0127】

(構成 12)

前記第 3 方向は、前記第 2 方向に沿う、構成 7 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【0128】

(構成 13)

前記組成比 x は、25 atm% 以上 35 atm% 以下である、構成 1 ~ 12 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【0129】

(構成 14)

前記組成比 y は、10 atm% 以上 30 atm% 以下である、構成 13 に記載の磁気ヘッド。

【0130】

(構成 15)

前記第 1 非磁性層は、Ru、Ir、Ta 及び W よりなる群から選択された少なくとも 1 つの第 1 元素を含み、

前記第 1 方向に沿う前記第 1 非磁性層の厚さは、0.2 nm 以上 3 nm 以下である、構成 1 ~ 14 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【0131】

(構成 16)

前記第 1 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層厚さと、前記第 1 磁性層の飽和磁化と、の第 1 積は、前記第 1 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層厚さと、前記第 2 磁性層の飽和磁化と、の第 2 積の 0.8 倍以上 1.25 倍以下である、構成 1 ~ 15 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【0132】

(構成 17)

10

20

30

40

50

前記第 3 磁性層の前記第 1 方向に沿う第 3 磁性層厚さは、前記第 1 方向に沿う前記第 1 磁性層の第 1 磁性層厚さの 0.7 倍以下であり、前記第 1 方向に沿う前記第 2 磁性層の第 2 磁性層厚さの 0.7 倍以下である、構成 1 ~ 15 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

【0133】

(構成 18)

前記第 2 磁性層厚さは、前記第 1 磁性層厚さの 0.8 倍以上 1.25 倍以下である、構成 17 に記載の磁気ヘッド。

【0134】

(構成 19)

前記第 2 非磁性層及び前記第 3 非磁性層は、Cu、Au、Cr、Al、V 及び Ag よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含む、構成 1 ~ 17 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッド。

10

【0135】

(構成 20)

構成 1 ~ 19 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッドと、

電気回路と、

を備え、

前記電気回路は、前記積層体に電流を供給可能であり、

前記電流は、前記第 1 磁性層から前記第 2 磁性層への向きを有する、磁気記録装置。

【0136】

実施形態によれば、記録密度の向上が可能な磁気ヘッド及び磁気記録装置が提供できる。

20

【0137】

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。

【0138】

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、磁気ヘッドに含まれる、磁極、積層体、磁性層、非磁性層、及び配線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。

30

【0139】

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。

【0140】

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

【0141】

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。

40

【0142】

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。

【符号の説明】

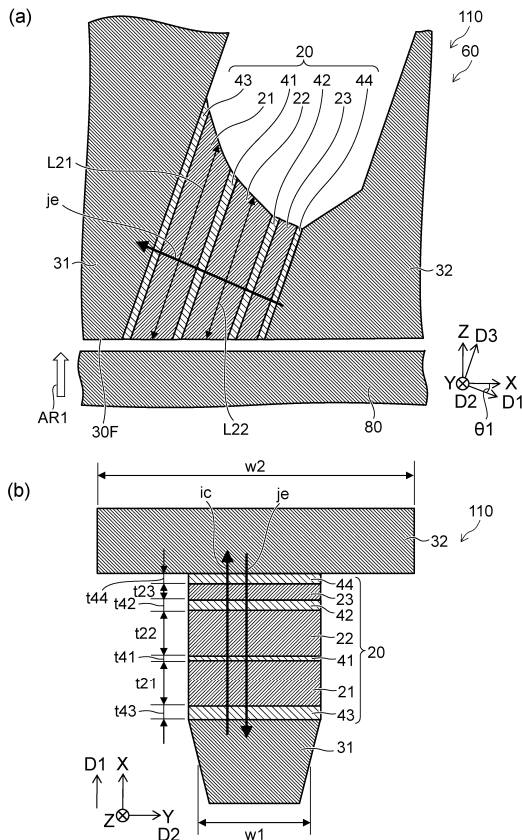
【0143】

50

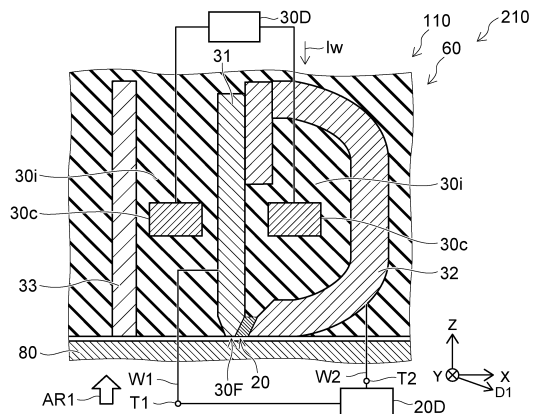
20...積層体、20D...電気回路、21~23...第1~第3磁性層、21M、22M...磁化、25a~25c...磁性層、30D...記録回路、30F...媒体対向面、30c...コイル、30i...絶縁部、31、32...第1、第2磁極、31M、32M...磁界、33...シールド、41~44...第1~第4非磁性層、45a~45d...非磁性層、60...記録部、70...再生部、71...磁気再生素子、72a、72b...第1、第2再生磁気シールド、80...磁気記録媒体、81...磁気記録層、82...媒体基板、83...磁化、85...媒体移動方向、1...角度、110~115、118、120~125...磁気ヘッド、150...磁気記録装置、154...サスペンション、155...アーム、156...ボイスコイルモータ、157...軸受部、158...ヘッドジンバルアセンブリ、159...ヘッドスライダ、159A...空気流入側、159B...空気流出側、160...ヘッドスタックアセンブリ、161...支持フレーム、162...コイル、180...記録用媒体ディスク、180M...スピンドルモータ、181...記録媒体、190...信号処理部、210...磁気記録装置、AR、AR1...矢印、Bm1...飽和磁束密度、D1~D3...第1~第3方向、Iw...記録電流、L21、L22...第1、第2磁性層長さ、OS...発振強度、Ps1...スピン分極、SNR...SN比、T1、T2...第1、第2端子、W1、W2...第1、第2配線、ic...電流、je...電子流、t21~t23...第1~第3磁性層厚さ、t41~t44...第1~第4非磁性層厚さ、w1、w2...第1、第2磁極長さ

【図面】

【図1】



【図2】



10

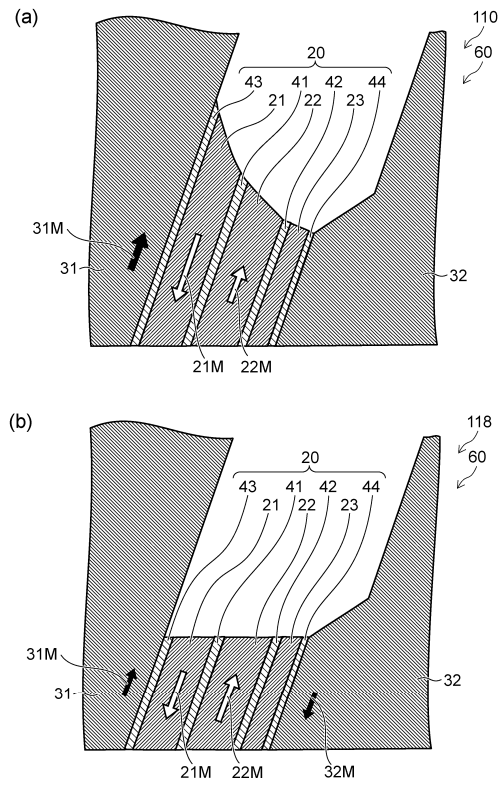
20

30

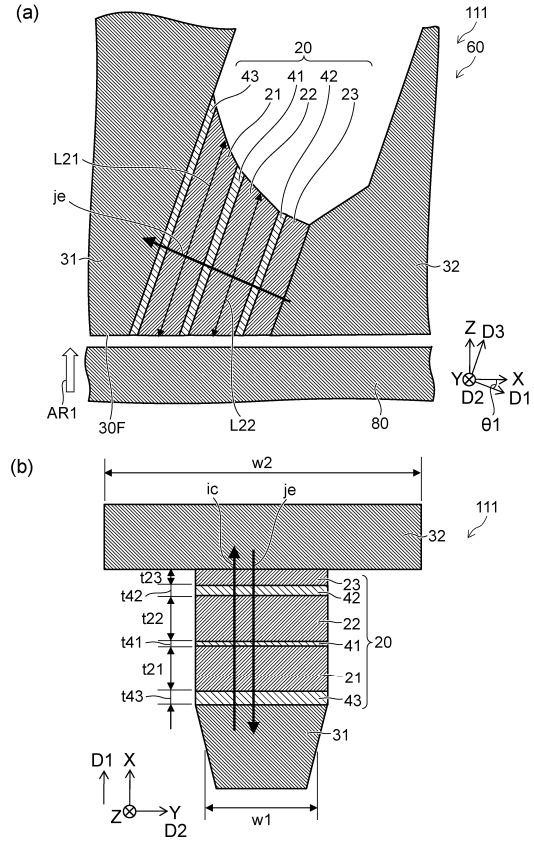
40

50

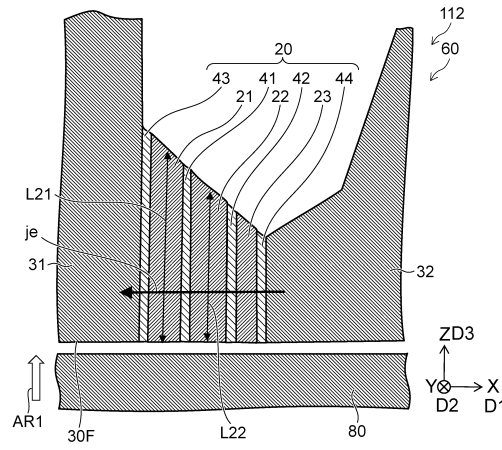
【図 3】



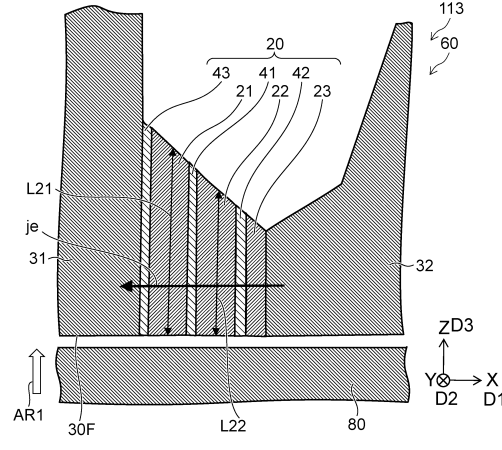
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

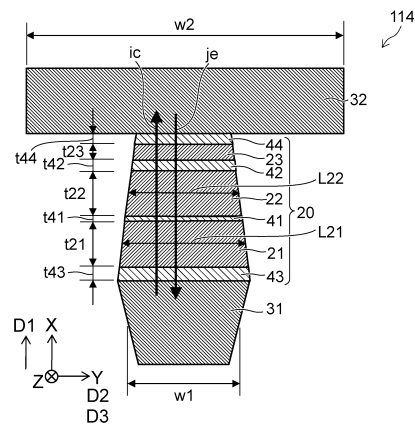
20

30

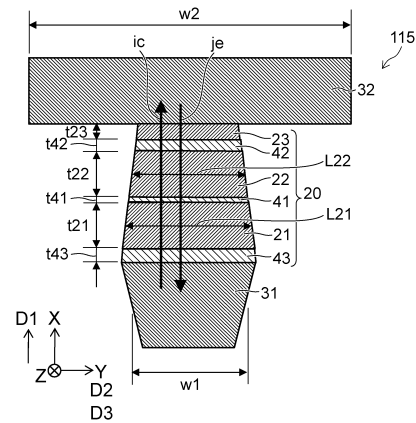
40

50

【 図 7 】

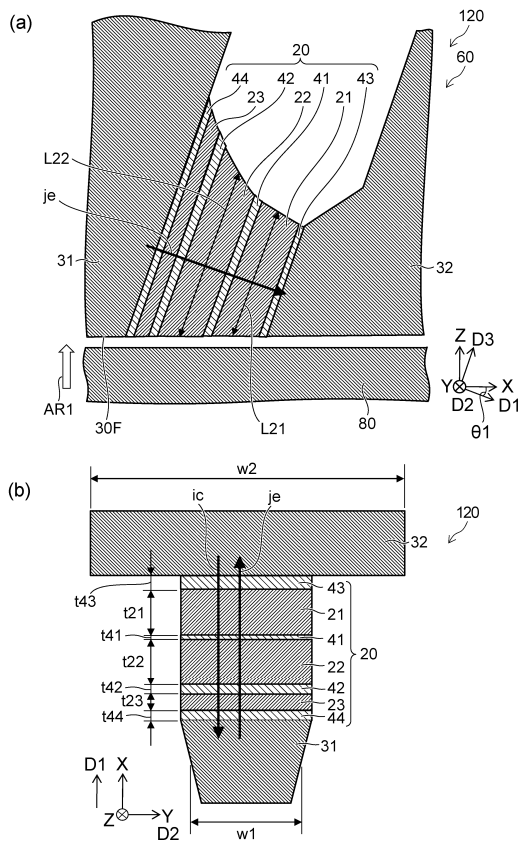


【 図 8 】

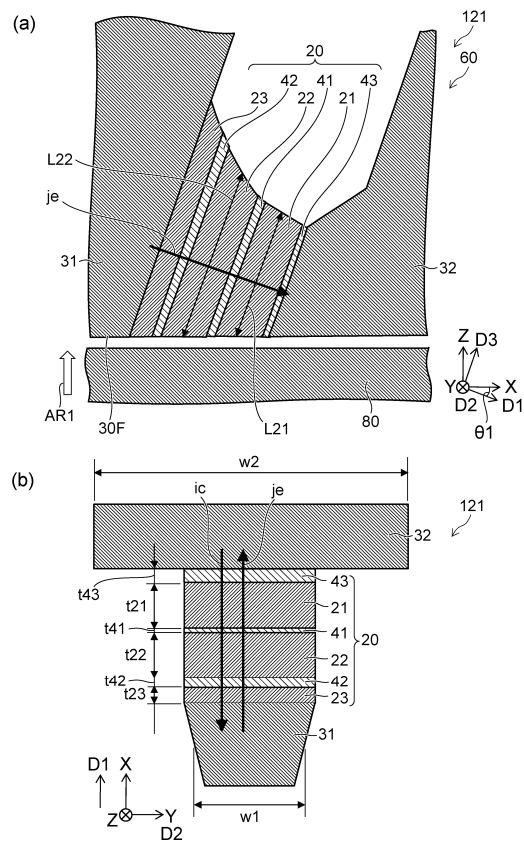


10

【 図 9 】



【 図 10 】



20

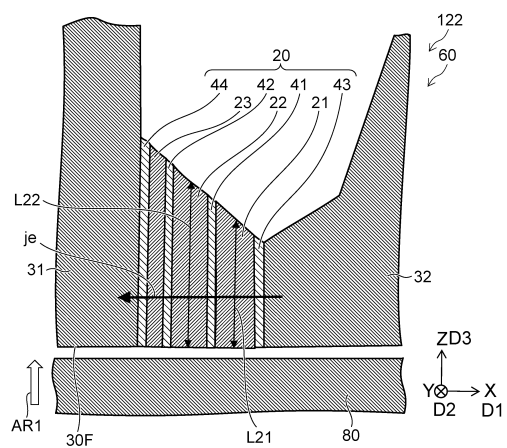
30

40

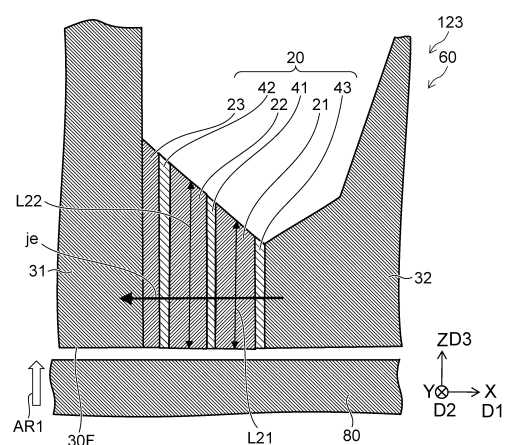
50



【 图 1 1 】

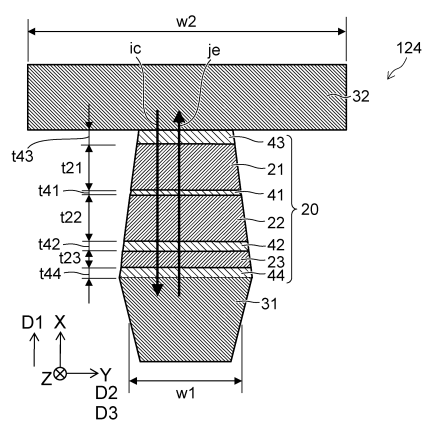


【圖 1 2】

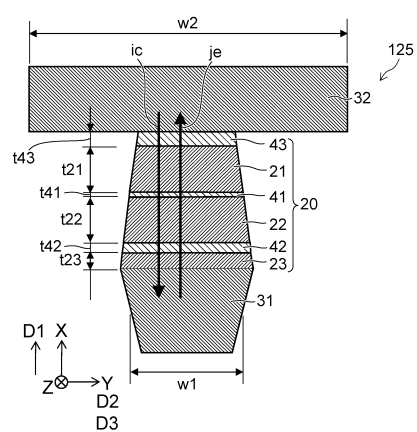


10

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



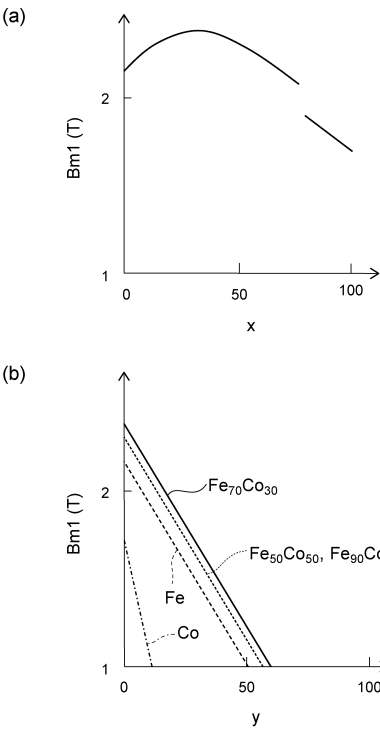
20

30

40

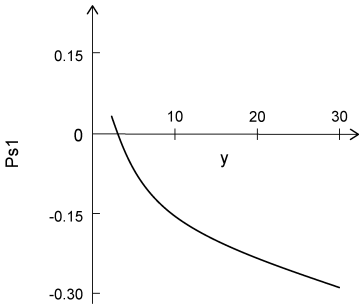
50

【 図 1 5 】



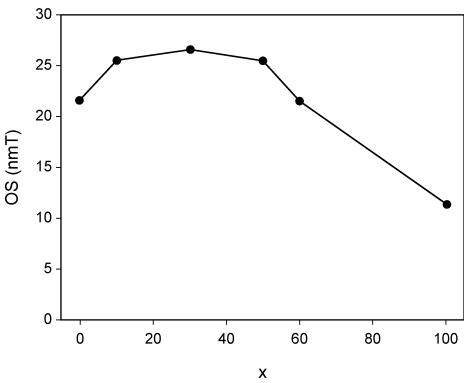
10

【 図 1 6 】

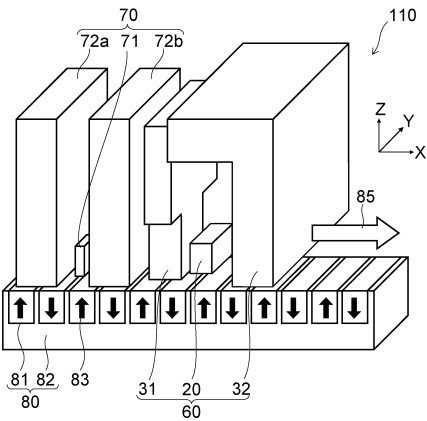


20

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

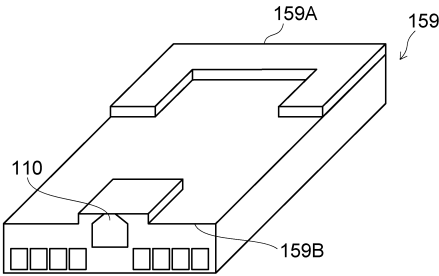


30

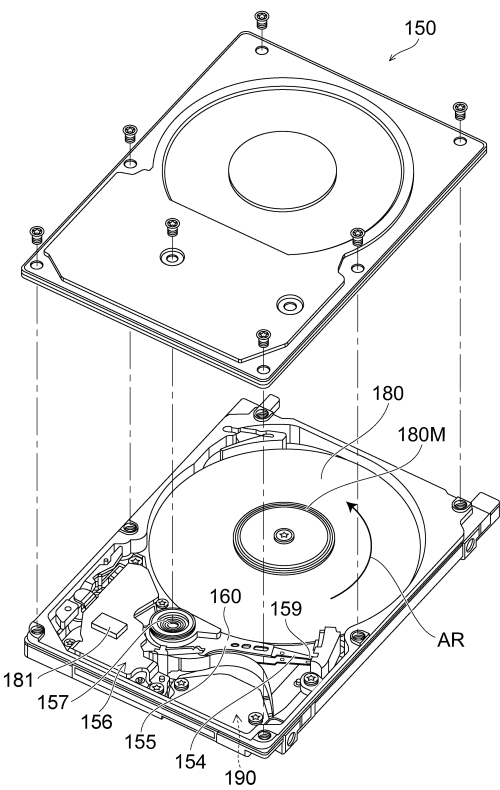
40

50

【図 19】



【図 20】

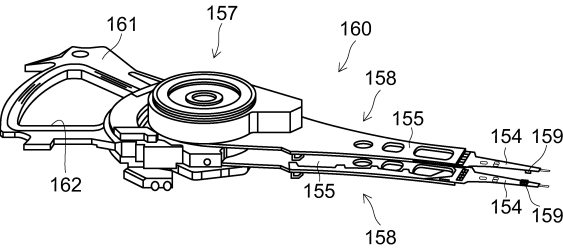


10

20

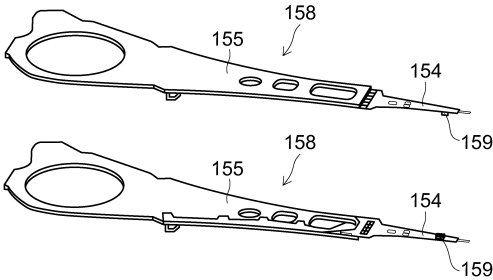
【図 21】

(a)



30

(b)



40

50

フロントページの続き

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 永澤 鶴美  
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 前田 知幸  
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内  
審査官 川中 龍太  
(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 4 8 0 0 2 ( J P , A )  
特開 2 0 1 7 - 1 4 7 0 0 7 ( J P , A )  
特開 2 0 1 8 - 1 4 7 5 4 0 ( J P , A )  
特開 2 0 2 0 - 0 3 0 8 7 1 ( J P , A )  
特開 2 0 2 0 - 1 4 9 7 3 7 ( J P , A )  
特開 2 0 2 1 - 0 4 4 0 2 9 ( J P , A )  
特開 2 0 2 1 - 0 7 7 4 3 5 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 0 0 3 3 5 4 ( J P , A )  
米国特許第 0 8 5 8 2 2 4 0 ( U S , B 1 )  
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
G 1 1 B 5 / 3 1  
G 1 1 B 5 / 0 2