

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年12月16日(16.12.2021)



(10) 国際公開番号

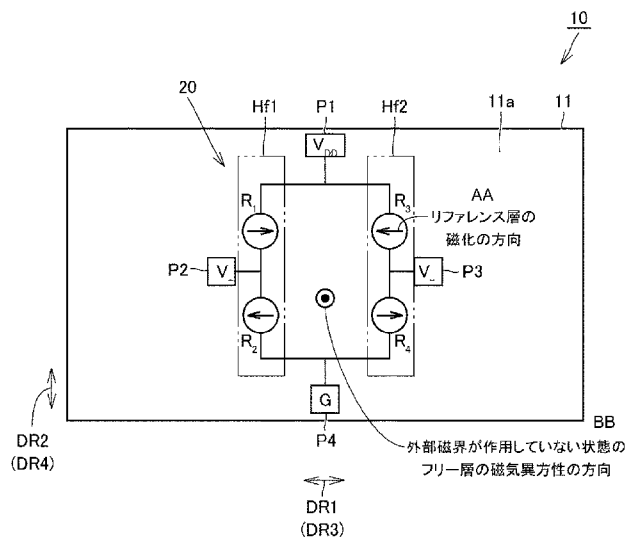
WO 2021/250924 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 43/08 (2006.01) *G01R 33/09* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/001868
- (22) 国際出願日: 2021年1月20日(20.01.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-101452 2020年6月11日(11.06.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 久保田 将司 (KUBOTA, Masashi);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番
1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI
PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大
阪市北区中之島三丁目 2 番 4 号 中之島フェス
ティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: MAGNETIC SENSOR CHIP AND MAGNETIC SENSOR DEVICE

(54) 発明の名称: 磁気センサチップおよび磁気センサ装置

FIG.5



AA Magnetization direction of the reference layer
BB Direction of magnetic anisotropy of free layer
in state in which no external magnetic field is acting

(57) Abstract: A magnetic sensor chip (10) is provided with: a base plate (11) having a first main surface (11a) and a magnetoresistive element section (20) having a prescribed magnetic-sensing direction parallel to the first main surface (11a). The magnetoresistive element section (20) includes a reference layer, an intermediate layer, and a free layer that are stacked along a stacking direction that is perpendicular to the first main surface (11a). When no external magnetic field is acting on the magnetic sensor chip (10), the direction of magnetic anisotropy of the free layer is parallel to the



WO 2021/250924 A1

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

stacking direction and perpendicular to the magnetic sensing direction (DR3). If stress is acting on the base plate (11) such as to dominate in a first direction that is parallel to the first main surface (11a), the direction of stress-induced magnetic anisotropy (DR4) that develops in the free layer is perpendicular to the magnetic-sensing direction (DR3) and the stacking direction.

(57) 要約 : 磁気センサチップ(10)は、第1主面(11a)を有する基板(11)と、第1主面(11a)に平行な所定の感磁方向を有する磁気抵抗素子部(20)と、を備える。磁気抵抗素子部(20)は、第1主面(11a)に垂直となる積層方向に積層されたりファレンス層と、中間層と、フリー層と、を含む。磁気センサチップ(10)に外部磁界が作用していない状態におけるフリー層の磁気異方性の方向は、積層方向に平行、かつ、感磁方向(DR3)に垂直である。基板(11)に対して、第1主面(11a)に平行な第1方向に支配的となるように応力が作用した場合に、フリー層に発現する応力誘起磁気異方性の方向(DR4)は、感磁方向(DR3)および積層方向に垂直である。

明 細 書

発明の名称：磁気センサチップおよび磁気センサ装置

技術分野

[0001] 本開示は、外部磁界を検知する磁気センサチップ、およびこれを備えた磁気センサ装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、磁界に対して特殊な応答をする磁気渦構造を利用した磁気抵抗素子が開発されている。

[0003] R. Antos, Y. Otani and J. Shibata, “Magnetic vortex dynamics”, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 031004 (2008) (非特許文献1)には、磁気渦構造は、強磁性体のサブミクロンスケールのディスクにおいて発現することが開示されている。交換エネルギー、静磁エネルギー(形状異方性)、ゼーマンエネルギー、および各種磁気異方性エネルギーの競合によりその磁気構造が決定付けられる。

[0004] 磁気渦構造においては、ディスク面内の動径方向に並ぶスピンは互いに平行に配列するが、円の中心(コア)ではスピンの垂直方向を向く。磁気渦構造を有する磁気抵抗素子におけるヒステリシスループにおいては、磁化曲線の一部に線形的な領域が現れる。

[0005] H. Weitensfelder et al., “Noise Characterization of Vortex-State GMR Sensors with Different Free Layer Thicknesses”, Proceedings 2, 2013 (2018) (非特許文献2)には、フリー層に渦磁化層を用いた巨大磁気抵抗(GMR)センサにおいて、フリー層の膜厚(ディスクアスペクト比=フリー層の膜厚/ディスク直径)の増加によって線形領域を拡大・感度を減少させる技術が開示されている。

[0006] また、素子平面ではなく、素子平面に垂直方向へバイアス磁界を印可した場合と等価な効果が得られるバイアス方法として、フリー層への垂直磁化膜の利用が挙げられる。具体的には、MgO上のCoFeBは、その界面でのFe原子の3

d軌道と0原子の2p軌道間の軌道混成により垂直磁気異方性が発現することが知られている。

[0007] T. Nakano et al., “Magnetic-sensor performance evaluated from magneto-conductance curve in magnetic tunnel junctions using in-plane or perpendicularly magnetized synthetic antiferromagnetic reference layers”, AIP Advances 8, 045011 (2018) (非特許文献3) には、上記の現象を用い、トンネル磁気抵抗(TMR)センサのフリー層を垂直磁化膜とすることで、線形領域を拡大し感度を減少させる技術が開示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0008] 非特許文献1: R. Antos, Y. Otani and J. Shibata, “Magnetic vortex dynamics”, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 031004 (2008)

非特許文献2: H. Weitenfelder et al., “Noise Characterization of Vortex-State GMR Sensors with Different Free Layer Thicknesses”, Proceedings 2, 2013 (2018)

非特許文献3: T. Nakano et al., “Magnetic-sensor performance evaluated from magneto-conductance curve in magnetic tunnel junctions using in-plane or perpendicularly magnetized synthetic antiferromagnetic reference layers”, AIP Advances 8, 045011 (2018)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、非特許文献1から3のいずれにおいても、磁気抵抗素子が形成された基板に応力が作用した場合に、磁気抵抗素子に発現する応力誘起磁気異方性については十分に考慮されていない。

[0010] 応力誘起磁気異方性について何ら考慮しない場合には、外部から磁気抵抗

素子に応力が入力されたり、経時的な変化によって磁気抵抗素子に作用する応力が変化したりした場合に、オフセット電圧が変動することが懸念される。

[0011] 本開示は、上記のような問題に鑑みてなされたものであり、本開示の目的は、応力変動に対する信頼性を向上させることができる磁気センサチップおよび磁気センサ装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本開示に基づく磁気センサチップは、外部磁界を検知するものである。当該磁気センサチップは、第1主面を有する基板と、上記第1主面に平行な所定の感磁方向を有するように上記第1主面上に設けられた磁気抵抗素子部と、を備える。上記磁気抵抗素子部は、磁化方向が固定されたリファレンス層と、外部磁界により磁化方向が変化するフリー層と、上記リファレンス層と上記フリー層との間に介在する中間層とを含む。上記リファレンス層、上記中間層、および上記フリー層は、上記第1主面に垂直となる積層方向に積層されている。上記磁気センサチップに外部磁界が作用していない状態における上記フリー層の磁気異方性の方向は、上記積層方向に平行、かつ、上記感磁方向に垂直である。上記基板に対して、上記第1主面に平行な第1方向に支配的となるように応力が作用した場合に、上記フリー層に発現する応力誘起磁気異方性の方向は、上記感磁方向および上記積層方向に垂直である。

[0013] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあつては、上記フリー層は、正の磁歪定数を有していてもよい。また、上記基板に対して上記第1方向に作用する応力として、圧縮応力が作用してもよい。この場合には、上記第1方向は、上記感磁方向と平行であり、かつ、上記積層方向に垂直であることが好ましい。

[0014] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあつては、上記フリー層は、負の磁歪定数を有していてもよい。また、上記基板に対して上記第1方向に作用する応力として、引張応力が作用してもよい。この場合には、上記第1方向は、上記感磁方向と平行であり、かつ、上記積層方向に垂直であることが好

ましい。

- [0015] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記基板は、長手方向に延在する長手形状を有していてもよい。この場合には、上記長手方向は、上記第1方向と平行であり、かつ、上記感磁方向と平行であってもよい。
- [0016] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記フリー層は、負の磁歪定数を有していてもよい。また、上記基板に対して上記第1方向に作用する応力として、圧縮応力が作用してもよい。この場合には、上記第1方向は、上記感磁方向と垂直であり、かつ、上記積層方向に垂直であってもよい。
- [0017] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記フリー層は、正の磁歪定数を有していてもよい。また、上記基板に対して上記第1方向に作用する応力として、引張応力が作用してもよい。この場合には、上記第1方向は、上記感磁方向と垂直であり、かつ、上記積層方向に垂直であってもよい。
- [0018] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記基板は、長手方向に延在する長手形状を有していてもよい。この場合には、上記長手方向は、上記第1方向と平行であり、かつ、上記感磁方向と垂直であってもよい。
- [0019] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記フリー層は、膜面に垂直な軸回りに渦状に磁化された磁気渦構造を有していてもよい。
- [0020] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記フリー層は、ディスク形状を有していてもよい。
- [0021] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記フリー層は、垂直磁化膜であってもよい。
- [0022] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記磁気抵抗素子部は、TMR素子で構成されていてもよい。
- [0023] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記磁気抵抗素子部は、巨大磁気抵抗（GMR）素子で構成されていてもよい。
- [0024] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記磁気抵抗素子部は

、ハーフブリッジ回路を構成する第1磁気抵抗素子部および第2磁気抵抗素子部を含んでいてもよい。

[0025] 上記本開示に基づく磁気センサチップにあっては、上記磁気抵抗素子部は、第1ハーフブリッジ回路を構成する第1磁気抵抗素子部および第2磁気抵抗素子部、ならびに、第2ハーフブリッジ回路を構成する第3磁気抵抗素子部および第4磁気抵抗素子部を含んでいてもよい。この場合には、上記第1ハーフブリッジ回路と上記第2ハーフブリッジ回路とによってフルブリッジ回路が構成されていてもよい。

[0026] 本開示の磁気センサ装置は、上記磁気センサチップと、上記磁気センサを搭載する搭載基板と、を備える。

[0027] 本開示の磁気センサ装置は、上記磁気センサチップと、上記磁気センサを搭載する搭載基板と、上記磁気センサチップをモールドする封止樹脂と、を備える。上記磁気センサチップにおける上記基板の熱膨張係数と、上記モールド樹脂の熱膨張係数とが異なる。

[0028] 本開示の磁気センサ装置は、上記磁気センサチップと、上記磁気センサを搭載する搭載基板と、を備える。上記第1主面の周囲に、上記基板の熱膨張係数よりも大きい構造物が配置されていない。

発明の効果

[0029] 本開示によれば、応力変動に対する信頼性を向上させることができる磁気センサチップおよび磁気センサ装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]実施の形態1に係る磁気センサチップを備えた磁気センサ装置を示す図である。

[図2]実施の形態1に係る磁気センサチップに作用する応力と、当該応力によって発現する応力誘起磁気異方性を示す図である。

[図3]変形例1に係る磁気センサ装置を示す図である。

[図4]変形例2に係る磁気センサ装置を示す図である。

[図5]実施の形態1に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。

[図6]実施の形態1に係る磁気センサチップに具備される磁気抵抗素子部の積層構造を示す概略断面図である。

[図7]図6に示す磁気抵抗素子部において、リファレンス層、中間層、およびフリー層の積層構造、ならびに、フリー層およびリファレンス層の磁化の方向を模式的に示す斜視図である。

[図8]図6に示す磁気抵抗素子部において、フリー層の磁化が外部磁界によって変化する様子を平面的に示す図である。

[図9]実施の形態2に係る磁気センサチップに具備される磁気抵抗素子部の積層構造を示す概略断面図である。

[図10]図9に示す磁気抵抗素子部において、リファレンス層、中間層、およびフリー層の積層構造、ならびに、フリー層およびリファレンス層の磁化の方向を模式的に示す斜視図である。

[図11]図9に示す磁気抵抗素子部において、フリー層の磁化が外部磁界によって変化する様子を平面的に示す図である。

[図12]実施の形態3に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。

[図13]実施の形態4に係る磁気センサチップを備えた磁気センサ装置を示す図である。

[図14]実施の形態4に係る磁気センサチップに作用する応力と、当該応力によって発現する応力誘起磁気異方性を示す図である。

[図15]変形例3に係る磁気センサ装置を示す図である。

[図16]実施の形態5に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。

[図17]実施の形態6に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。

[図18]実施の形態7に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。

[図19]実施の形態8に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。

[図20]磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が平行であり、かつ基板に作用する応力が経時的に減少する場合における第1評価結果を定性的に示す図である。

[図21]磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が平行であり、

かつ、基板に作用する応力が経時的に増加する場合における第2評価結果を定性的に示す図である。

[図22]磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が垂直であり、かつ、基板に作用する応力が経時的に減少する場合における第3評価結果を定性的に示す図である。

[図23]磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が垂直であり、かつ、基板に作用する応力が経時的に増加する場合における第4評価結果を定性的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、本開示の実施の形態について、図を参照して詳細に説明する。なお、以下に示す実施の形態においては、同一のまたは共通する部分について図中同一の符号を付し、その説明は繰り返さない。

[0032] (実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る磁気センサチップを備えた磁気センサ装置を示す図である。図2は、実施の形態1に係る磁気センサチップに作用する応力と、当該応力によって発現する応力誘起磁気異方性を示す図である。

[0033] 図1に示すように、実施の形態1に係る磁気センサ装置100は、搭載基板1、第1リードフレーム2a、第2リードフレーム2b、支持フレーム2c、ボンディングワイヤ3a、3b、封止樹脂4、および磁気センサチップ10を備える。

[0034] 磁気センサチップ10は、支持フレーム2cに支持されている。より具体的には、磁気センサチップ10は、後述する磁気抵抗素子部が形成された基板11(図2参照)の第1主面11a(図2参照)が搭載基板1が位置する側と反対側を向くように、支持フレーム2cに支持されている。

[0035] 磁気センサチップ10の一端側は、ボンディングワイヤ3aによって第1リードフレーム2aに電氣的に接続されている。磁気センサチップ10の他端側は、ボンディングワイヤ3bによって第2リードフレーム2bに電氣的に接続されている。

- [0036] 磁気センサチップ10は、封止樹脂4によってモールドされている。具体的には、磁気センサチップ10は、支持フレーム2cに支持されるとともに第1リードフレーム2aおよび第2リードフレーム2bに電氣的に接続された状態で、封止樹脂4によってモールドされている。封止樹脂4は、搭載基板1上に設けられている。
- [0037] 封止樹脂4から外部に露出する第1リードフレーム2aの先端部は、搭載基板1上に設けられた端子電極に電氣的に接続されている。同様に、封止樹脂4から外部に露出する第2リードフレーム2bの先端部は、搭載基板1上に設けられた他の端子電極に電氣的に接続されている。
- [0038] 図2に示すように、磁気センサチップ10は、平面視した場合に、長手方向(DR1方向)および短手方向(DR2方向)を有する長手形状を有する。より具体的には、磁気センサチップ10は、平面視した場合に、長手方向に延びる矩形形状を有する。
- [0039] 磁気センサチップ10は、基板11と、後述する磁気抵抗素子部を備える。当該磁気抵抗素子部によって、磁気センサチップ10は、外部磁界を検知することができる。磁気センサチップ10は、上記長手方向(DR1方向)と平行な方向に感磁方向(DR3方向)を有する。
- [0040] 磁気センサチップ10は、基板11に対して、当該基板11が有する第1主面11aに平行な第1方向に支配的となるように応力が作用している。具体的には、当該第1方向は、長手方向と平行であり、感磁方向とも平行である。第1方向に作用する応力としては、基板11に対して、圧縮応力F1が作用している。
- [0041] 磁気センサチップ10は、たとえば、基板11の熱膨張係数と上記封止樹脂4の熱膨張係数との差によって、上記第1方向(より特定的には上記長手方向)に平行な方向に初期応力が作用するようにモールドされている。このように磁気センサチップ10がモールドされることにより、初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向は、上記第1方向(より特定的には長手方向)に平行な方向が支配的になる。な

お、第1方向に平行な方向に初期応力を作用させるためのファクターは、上記の熱膨張係数に限定されず、適宜選択することができる。たとえば、上記ファクターとしては、材料自体の残留応力による内部応力が挙げられる。

[0042] なお、封止樹脂4の熱膨張係数を基板11の熱膨張係数よりも大きくすることにより、上記のような圧縮応力F1を作用させることができる。さらに、第1リードフレーム2a、第2リードフレーム2b、支持フレーム2c、および搭載基板1の各々の熱膨張係数を、上記基板11の熱膨張係数よりも大きくすることにより、より確実に圧縮応力F1を作用させることができる。

[0043] 後述するように、磁気抵抗素子部が有するフリー層36（図6，7参照）は、正の磁歪定数を有している。これにより、基板11に対して、長手方向に平行な第1方向に圧縮応力が作用する状態においては、矢印AR1に示すように、感磁方向に垂直な方向に応力誘起磁気異方性がフリー層36に発現する。

[0044] 以下の変形例1、および変形例2のような搭載基板1への磁気センサチップ10の搭載構造においても、上述の実施の形態1同様に、初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向が、上記第1方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となっている。

[0045] 図3は、変形例1に係る磁気センサ装置を示す図である。図3に示すように、変形例1に係る磁気センサ装置100A1は、搭載基板1、ボンディングワイヤ3a，3b、封止樹脂4、および磁気センサチップ10を備える。

[0046] 磁気センサチップ10は、搭載基板1が有する搭載面1aに固定されている。より具体的には、磁気センサチップ10は、磁気抵抗素子部が形成された基板11の第1主面11aが搭載基板1が位置する側と反対側を向くように、搭載面1aに固定されている。

[0047] 磁気センサチップ10の一端側は、ボンディングワイヤ3aによって上記搭載面1aに設けられた端子電極に電氣的に接続されている。磁気センサ

ップ10の他端側は、ボンディングワイヤ3bによって上記搭載面1aに設けられた他の端子電極に電氣的に接続されている。

[0048] 磁気センサチップ10は、封止樹脂4によって上記搭載面1a上にモールドされている。この場合においても、封止樹脂4の熱膨張係数は、磁気センサチップ10が有する基板11の熱膨張係数と異なっている。具体的には、封止樹脂4の熱膨張係数は、基板11の熱膨張係数よりも大きくなっている。また、搭載基板1の熱膨張係数も、基板11の熱膨張係数よりも大きくなっている。

[0049] このように磁気センサチップ10を搭載基板1に搭載する場合であっても、基板11に作用する初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向は、上記第1方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となる。

[0050] 図4は、変形例2に係る磁気センサ装置を示す図である。図4に示すように、変形例2に係る磁気センサ装置100A2は、搭載基板1、導電部材6、アンダーフィル4A、および磁気センサチップ10を備える。

[0051] 磁気センサチップ10は、導電部材6によって搭載基板1上に設けられた端子電極と電氣的に接続されている。導電部材6は、たとえば導電性ペースト等の導電性を有する部材によって構成されている。磁気センサチップ10は、磁気抵抗素子部が形成された基板11の第1主面11aが搭載基板1を向くように配置されている。

[0052] 磁気センサチップ10と搭載基板1との間には、アンダーフィル4Aが充填されている。アンダーフィル4Aは、たとえばシリコン系樹脂やエポキシ系樹脂等の樹脂によって構成されている。

[0053] この場合においても、アンダーフィル4Aの熱膨張係数は、磁気センサチップ10が有する基板11の熱膨張係数と異なっている。具体的には、アンダーフィル4Aの熱膨張係数は、基板11の熱膨張係数よりも大きくなっている。また、搭載基板1の熱膨張係数も、基板11の熱膨張係数よりも大きくなっている。

- [0054] このように磁気センサチップ10を搭載基板1に搭載する場合であっても、基板11に作用する初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向は、上記第1方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となる。
- [0055] 図5は、実施の形態1に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。図5を参照して、磁気センサチップ10の詳細について説明する。
- [0056] 磁気センサチップ10は、第1主面11aを有する基板11と、磁気抵抗素子部20とを備える。磁気抵抗素子部20は、第1主面11aに平行な所定の感磁方向（DR3方向）を有するように第1主面11a上に設けられている。具体的には、上述のように、感磁方向は、基板11の長手方向（DR1方向）と平行となっている。なお、感磁方向は、後述するリファレンス層34が有する磁化の方向によって決定されるものである。感磁方向は、リファレンス層34の磁化方向に対して±30度の方向であり、リファレンス層34の磁化方向に平行であることが好ましい。感磁方向が、リファレンス層34の磁化方向に平行であることにより、精度よく外部磁界を検知することができる。
- [0057] 磁気抵抗素子部20は、第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部R2、第3磁気抵抗素子部R3、および第4磁気抵抗素子部R4を含む。第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部R2、第3磁気抵抗素子部R3、および第4磁気抵抗素子部R4は、フルブリッジ回路を構成する。
- [0058] 具体的には、第1磁気抵抗素子部R1の一方側は、電源電圧V_{dd}を印加するための電極部P1に接続されている。第1磁気抵抗素子部R1の他方側は、出力電圧V₊を取り出すための電極部P2に接続されている。
- [0059] 第2磁気抵抗素子部R2の一方側は、出力電圧V₊を取り出すための電極部P2に接続されている。第2磁気抵抗素子部R2の他方側は、グランド電極としての電極部P4に接続されている。
- [0060] 第3磁気抵抗素子部R3の一方側は、電源電圧V_{dd}を印加するための電極部P1に接続されている。第3磁気抵抗素子部R3の他方側は、出力電圧

V₋を取り出すための電極部P₃に接続されている。

- [0061] 第4磁気抵抗素子部R₄の一方側は、出力電圧V₋を取り出すための電極部P₃に接続されている。第4磁気抵抗素子部R₄の他方側は、グランド電極としての電極部P₄に接続されている。
- [0062] 第1磁気抵抗素子部R₁および第2磁気抵抗素子部R₂が、直列接続されることにより、第1ハーフブリッジ回路H_{f1}が構成される。第3磁気抵抗素子部R₃および第4磁気抵抗素子部R₄が、直列接続されることにより、第2ハーフブリッジ回路H_{f2}が構成される。
- [0063] 第1ハーフブリッジ回路H_{f1}および第2ハーフブリッジ回路H_{f2}が、並列接続されることにより、フルブリッジ回路が構成される。
- [0064] 電極部P₁と電極部P₄との間に電源電圧V_{dd}を印加すると、電極部P₂および電極部P₃からは、外部磁界の強度に応じて、出力電圧V₊、V₋が取り出される。出力電圧V₊、V₋は、差動増幅器（不図示）を介して差動増幅される。
- [0065] 第1磁気抵抗素子部R₁、第2磁気抵抗素子部R₂、第3磁気抵抗素子部R₃、および第4磁気抵抗素子部R₄の各々は、単数または複数の単位素子を含む。単位素子は、TMR素子である。すなわち、第1磁気抵抗素子部R₁、第2磁気抵抗素子部R₂、第3磁気抵抗素子部R₃、および第4磁気抵抗素子部R₄の各々は、TMR素子によって構成されている。
- [0066] 単位素子は、後述するように、フリー層36、中間層35、リファレンス層34を有する。図5中においては、第1磁気抵抗素子部R₁、第2磁気抵抗素子部R₂、第3磁気抵抗素子部R₃、および第4磁気抵抗素子部R₄に含まれるリファレンス層34の磁化方向を矢印で示している。
- [0067] 第1磁気抵抗素子部R₁、第2磁気抵抗素子部R₂、第3磁気抵抗素子部R₃、および第4磁気抵抗素子部R₄に含まれるリファレンス層34の磁化方向は、基板11の長手方向に平行となっている。
- [0068] 第1ハーフブリッジ回路H_{f1}を構成する第1磁気抵抗素子部R₁および第2磁気抵抗素子部R₂において、第1磁気抵抗素子部R₁におけるリファ

レンス層 3 4 の磁化方向と、第 2 磁気抵抗素子部 R 2 におけるリファレンス層 3 4 の磁化方向は、逆向きである。

[0069] 同様に、第 2 ハーフブリッジ回路 H f 2 を構成する第 3 磁気抵抗素子部 R 3 および第 4 磁気抵抗素子部 R 4 において、第 3 磁気抵抗素子部 R 3 におけるリファレンス層 3 4 の磁化方向と、第 4 磁気抵抗素子部 R 4 におけるリファレンス層 3 4 の磁化方向は、逆向きである。

[0070] また、第 1 ハーフブリッジ回路 H f 1 における第 1 磁気抵抗素子部 R 1 のリファレンス層 3 4 の磁化方向と、第 2 ハーフブリッジ回路 H f 2 における第 4 磁気抵抗素子部 R 4 のリファレンス層 3 4 の磁化方向は、同じ向きである。

[0071] 同様に、第 1 ハーフブリッジ回路 H f 1 における第 2 磁気抵抗素子部 R 2 のリファレンス層 3 4 の磁化方向と、第 2 ハーフブリッジ回路 H f 2 における第 3 磁気抵抗素子部 R 3 のリファレンス層 3 4 の磁化方向は、同じ向きである。

[0072] 図 6 は、実施の形態 1 に係る磁気センサチップに具備される磁気抵抗素子部の積層構造を示す概略断面図である。

[0073] 図 6 に示すように、磁気抵抗素子部に含まれる上述の単位素子は、下部電極層としてのシード層 3 0、反強磁性層 3 1、強磁性層 3 2、結合層 3 3、リファレンス層 3 4、中間層 3 5、フリー層 3 6、上部電極層としてのキャップ層 3 9 を含む。これらは、基板 1 1 側から順に積層されている。

[0074] シード層 3 0 は、反強磁性層 3 1 の結晶を適切に成長させるための層である。シード層 3 0 としては、たとえば、Ru と Ta との積層膜を採用することができる。なお、シード層 3 0 は、他の金属や合金からなる単一の金属膜、および複数種の上記金属膜が積層されたものを採用することができる。

[0075] 反強磁性層 3 1 は、シード層 3 0 上に設けられている。反強磁性層 3 1 としては、たとえば、IrMn を採用することができる。なお、反強磁性層 3 1 は、PtMn 等の Mn を含む合金であってもよい。

[0076] 強磁性層 3 2 は、反強磁性層 3 1 上に設けられている。強磁性層 3 2 とし

ては、たとえば、C o F eを採用することができる。なお、強磁性層32は、C o F e B等であってもよい。強磁性層32の磁化は、反強磁性層31との積層界面に作用する交換結合磁界によって所定の面内方向に固定される。

[0077] 結合層33は、強磁性層32上に設けられている。結合層33は、強磁性層32とリファレンス層34との間に配置されており、強磁性層32とリファレンス層34との間に合成反強磁性結合(SAF: synthetic anti-ferromagnetic)を生じさせる。

[0078] 結合層33は、非磁性層によって構成されている。結合層33としては、たとえばR uを採用することができる。

[0079] リファレンス層34は、結合層33上に設けられている。リファレンス層34は、強磁性層によって構成されている。リファレンス層34としては、たとえば、C o F e Bを採用することができる。なお、リファレンス層34は、C o F e等であってもよい。

[0080] 上述の強磁性層32、結合層33、およびリファレンス層34は、S A F構造を形成している。これにより、リファレンス層34の磁化方向を強固に固定することができる。

[0081] 中間層35は、リファレンス層34上に設けられている。中間層35は、リファレンス層34とフリー層36との間に配置されている。中間層35を絶縁層とした場合は、T M Rのトンネルバリア層として機能する。中間層35は、絶縁層によって構成されている。この場合は、中間層35としては、たとえば、M g Oを採用することができる。

[0082] フリー層36は、中間層35上に設けられている。フリー層36は、第1強磁性フリー層37と、第2強磁性フリー層38とを含む。第1強磁性フリー層37と、第2強磁性フリー層38とは、中間層35上に順に積層されている。

[0083] 第1強磁性フリー層37は、中間層35上に設けられている。第1強磁性フリー層37としては、たとえば、C o F e Bを採用することができる。

[0084] 第2強磁性フリー層38は、第1強磁性フリー層37上に設けられている

。第2強磁性フリー層38としては、たとえば、NiFeを採用することができる。当該第2強磁性フリー層の組成をNi82.5Fe17.5とすることにより、フリー層36の磁歪定数を正の値とすることができる。この場合においては、フリー層36の磁歪定数は、+1ppm以下の正の値となる。

[0085] キャップ層39は、フリー層36上に設けられている。より具体的には、キャップ層39は、第2強磁性フリー層38上に設けられている。キャップ層39としては、たとえばRuとTaとの積層膜を採用することができる。なお、キャップ層39は、他の金属や合金からなる単一の金属膜、および複数種の上記金属膜が積層されたものを採用することができる。

[0086] 以上のように、実施の形態1に係る単位素子が、フリー層36の下方側にリファレンス層34を配置するBottom-pinned型のTMR素子である場合を例示して説明したが、これに限定されず、フリー層36上方側にリファレンス層34を配置するTop-pinned型のTMR素子であってもよい。

[0087] また、単位素子は、TMR素子に限定されず、GMR素子であってもよい。すなわち、第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部R2、第3磁気抵抗素子部R3、および第4磁気抵抗素子部R4の各々は、GMR素子によって構成されてもよい。この場合には、中間層35として、トンネルバリア層に代えてスペーサ層を用いる。当該スペーサ層としては、Cuを採用することができる。

[0088] 図7は、図6に示す磁気抵抗素子部において、リファレンス層、中間層、およびフリー層の積層構造、ならびに、フリー層およびリファレンス層の磁化の方向を模式的に示す斜視図である。なお、図7においては、磁気センサチップ10に外部磁界が印加されていない状態におけるフリー層およびリファレンス層の磁化の方向を模式的に示している。

[0089] 図7に示すように、単位素子は、ディスク形状を有しており、これにより、リファレンス層34、中間層35、およびフリー層36の各々もディスク形状を有する。

- [0090] リファレンス層 34 の磁化は、当該リファレンス層 34 が有する膜面に平行な方向に固定されている。具体的には、リファレンス層 34 の磁化は、上述のように、基板 11 の長手方向に平行な方向に固定されている。
- [0091] フリー層 36 は、自身が有する膜面に垂直な軸回りに渦状に磁化された磁気渦構造を有する。このような磁気渦構造は、フリー層の膜厚とディスク直径を適切なディスクアスペクト比（フリー層の膜厚／ディスク直径）に制御することで発現させることができる。
- [0092] 磁気センサチップ 10 に外部磁界が作用していない状態においては、磁気渦の中心は、膜面の中央に位置する。この状態においては、フリー層 36 の磁気異方性の方向（すなわち、総計された磁化の方向）は、第 1 主面 11a に垂直となる上記リファレンス層 34、上記中間層 35、およびフリー層 36 の積層方向に平行な方向である。
- [0093] 後述するように、磁気センサチップ 10 に外部磁界が作用する場合には、当該フリー層 36 においては、外部磁界の強度に応じて磁化渦の中心が移動するとともに、印加磁界と同一方向の磁化を有する面積が支配的となっていく。
- [0094] 図 8 は、図 6 に示す磁気抵抗素子部において、フリー層の磁化が外部磁界によって変化する様子を平面的に示す図である。すなわち、図 8 においては、感磁方向に平行な方向に外部磁界が変化した場合におけるフリー層 36 の渦状の磁化の向きの変化を示している。
- [0095] なお、図 8 においては、感磁方向の一方側を正方向（ 0° 方向）とし、感磁方向の他方側を負方向（ 180° 方向）とする。図 8 中においては、一例として、リファレンス層 34 の磁化が、上述のように感磁方向と平行であり、感磁方向の他方側を向くように固定されている場合を示している。
- [0096] この場合において、図 8 中における左側は、外部磁界が、 180° 方向（負方向）に大きい場合を示しており、図 8 中における中央は、外部磁界が作用していない（印加されていない）場合を示しており、図 8 中における右側は、外部磁界が、 0° 方向（正方向）に大きい場合を示している。

- [0097] 図8中の中央に示すように、外部磁界が作用していない場合には、フリー層36において磁気渦の中心は、フリー層36の中央に位置している。
- [0098] 図8中の左側から2番目に示すように、負方向に外部磁界が作用すると、フリー層36において磁気渦の中心は、フリー層36の中央から面内方向において感磁方向に垂直となる垂直方向の一方側（図8中下方側）に移動する。さらに、負方向への外部磁界が大きくなると、図8中の左から1番目に示すように、フリー層36の磁束密度が飽和して、フリー層36の磁化は、リファレンス層34の固定された磁化の向きと平行となる。
- [0099] 図8中の左側から4番目に示すように、正方向に外部磁界が印加されると、フリー層36において磁気渦の中心は、フリー層36の中央から面内方向において感磁方向に垂直となる垂直方向の他方側（図8中上方側）に移動する。さらに、正方向への外部磁界が大きくなると、図8中の左から5番目に示すように、フリー層36の磁束密度が飽和して、フリー層36の磁化は、リファレンス層34の固定された磁化の向きと反平行となる。
- [0100] 上記のように、外部磁界の強度に応じてフリー層36の磁気異方性の向きが変化することにより、磁気センサチップ10にあっては外部磁界を検知することができる。
- [0101] 一般的に、磁気センサ装置は、設置環境下において温度や応力の履歴を受ける。たとえば、磁気センサ装置を備えた電流センサは、電流が流れるバスバー等の電流経路の近傍に配置されることがある。電流経路に電流が流れる場合には、発熱によりその周辺雰囲気温度も高くなる。このような環境下において、長期に亘って磁気センサ装置を使用した場合には、経時的な劣化により、磁気センサ装置に具備される磁気センサチップに作用する応力が変化する。また、外部から磁気センサチップに外力が入力される場合にも磁気センサチップに作用する応力が変化する。
- [0102] このような場合には、上記応力の変動によって、磁気センサチップに設けられた磁気抵抗部（より詳細にはフリー層）に応力誘起磁気異方性が発現する。応力誘起磁気異方性が、磁気センサチップの感磁方向に入力される場合

には、出力電圧－入力磁界との関係において、オフセット電圧が変動する。

[0103] ここで、実施の形態 1 に係る磁気センサチップ 10 においては、上述のように基板 11 に作用する初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向が、上記第 1 方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となっている。

[0104] また、磁気センサチップ 10 に外部磁界が作用していない状態におけるフリー層 36 の磁気異方性の方向は、上記積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直となっている。

[0105] さらに、基板 11 に対して、上記第 1 主面 11a に平行な第 1 方向に支配的となるように圧縮応力を作用させた場合には、フリー層 36 の磁歪定数を正とすることにより、フリー層 36 に発現する応力誘起磁気異方性の方向は、感磁方向および上記積層方向に垂直となる。

[0106] このため、上述のように基板 11 の第 1 方向に作用する圧縮応力が変動した場合であっても、フリー層に発現する応力誘起磁気異方性が感磁方向に入力されることを抑制できる。この結果、実施の形態 1 に係る磁気センサチップ 10 および磁気センサ装置 100 においては、オフセット電圧の変動を抑制でき、これにより、応力変動に対する信頼性を向上させることができる。

[0107] （製造方法）

上記磁気センサ装置 100 を製造するに際しては、まず、磁気センサチップ 10 を製造する。磁気センサチップ 10 を製造するにあたり、板状の基材を準備する。基材としては、Siウエハを採用することができる。続いて、基材の表面にドライエッチングを行ないトレンチ部を形成し、めっき法やスパッタ法によってトレンチ部に配線部を形成する。配線部としては、Cu等を採用することができる。次に、トレンチ部の開口から外側に隆起する余剰の配線部を化学機械研磨法（CMP：Chemical Mechanical Polishing）によって研磨する。

[0108] 続いて、基材の表面に酸化膜を形成する。酸化膜としては、たとえば、SiO₂を成膜する。次に、フォトリソグラフィおよびドライエッチングにより

、TMR素子を形成する領域以外の酸化膜を除去する。

[0109] 続いて、酸化膜がパターニングされた基材の表面全体に、TMR積層膜を形成する。なお、TMR積層膜は、パターニングされることにより、TMR素子（単位素子）となる膜である。具体的には、上記基材の表面全体に、シード膜、反強磁性層膜、強磁性膜、結合膜、リファレンス膜、中間膜、フリー膜、キャップ膜を順に成膜し、TMR積層膜を形成する。

[0110] シード膜、反強磁性層膜、強磁性膜、結合膜、リファレンス膜、中間膜、フリー膜、キャップ膜は、上述のシード層30、反強磁性層31、強磁性層32、結合層33、リファレンス層34、中間層35、フリー層36、キャップ層39と同様の組成で構成されている。続いて、上記TMR積層膜が形成された基材を磁界中でアニールする。

[0111] 次に、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いて、TMR積層膜をパターニングし、所望の領域に複数のTMR素子（単位素子）を形成する。この際、上述のシード膜が残るようにTMR積層膜が部分的に除去される。また、TMR素子のディスク直径は、たとえば、 $1\mu\text{m}$ とする。

[0112] 続いて、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いて、残留したシード膜の一部を除去し、配線パターンを形成する。当該配線パターンは、後述する金属配線とともに複数のTMR素子（単位素子）を直並列に接続するために用いられる。

[0113] 次に、複数のTMR素子を覆うように基材の表面上に絶縁膜を形成する。絶縁膜としては、たとえば、 SiO_2 を採用することができる。続いて、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いて、絶縁膜の一部を除去し、コンタクトホールを形成する。

[0114] 次に、フォトリソグラフィおよびリフトオフにより、上記コンタクトホールに金属配線を形成する。金属配線としては、Cuを用いることができる。金属配線は、上述の配線パターンとともに、複数のTMR素子を直列に接続するために用いられる。

[0115] 具体的には、複数のTMR素子は、第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵

抗素子部 R 2, 第 3 磁気抵抗素子部 R 3, 第 4 磁気抵抗素子部 R 4 の各々において、下部側同士が配線パターンで接続され、上部側同士が金属配線で接続される。下部側同士および上部側同士が交互に電氣的に接続されることにより、複数の TMR 素子は、直並列に接続される。

[0116] 続いて、金属配線を覆うように絶縁膜上にパッシベーション膜を成膜する。パッシベーション膜としては、たとえば SiO₂ を採用することができる。次に、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いて、パッシベーション膜の一部を除去し、開口部を形成する。

[0117] 次に、リファレンス層の磁化方向を固定する。ここでは、上述の図 5 に示すように、フルブリッジ回路を構成する第 1 磁気抵抗素子部 R 1, 第 2 磁気抵抗素子部 R 2, 第 3 磁気抵抗素子部 R 3, 第 4 磁気抵抗素子部 R 4 毎に、リファレンス層の磁化方向を決定する。

[0118] 第 1 磁気抵抗素子部 R 1, 第 2 磁気抵抗素子部 R 2, 第 3 磁気抵抗素子部 R 3, 第 4 磁気抵抗素子部 R 4 毎にリファレンス層 3 4 の磁化方向を固定する方法としては、電磁石もしくは永久磁石により磁界を印加しながらレーザー照射により局所加熱する方法、電磁石もしくは永久磁石により磁界を印加しながら素子の近傍に配置したヒーター用配線に通電加熱する方法、あるいは局所的に磁界印加できる冶具を配置した状態で熱処理する方法等がある。

[0119] 続いて、基材をバックグラインドし、基材を薄型化する。具体的には、上記磁気抵抗素子部が形成されていない側の基材の表面を研削する。次に、基材をダイシングすることにより、磁気センサチップ 10 が切り出される。具体的には、上記リファレンス層 3 4 の磁化方向に、基板 11 の長手方向が平行となるように、磁気センサチップ 10 を個片化する。

[0120] 続いて、磁気センサチップ 10 を公知の方法でパッケージする。具体的には、支持フレーム 2 c に磁気センサチップ 10 を固定する。また、第 1 リードフレーム 2 a と磁気センサチップに形成された電極とをボンディングワイヤ 3 a で接続し、第 2 リードフレーム 2 b と磁気センサチップに形成された電極とをボンディングワイヤ 3 b で接続する。この状態で、搭載基板 1 上に

磁気センサチップ10を樹脂モールドする。

[0121] 上記のような工程を経て、実施の形態1に係る磁気センサ装置100を製造することができる。

[0122] (実施の形態2)

図9は、実施の形態2に係る磁気センサチップに具備される磁気抵抗素子部の積層構造を示す概略断面図である。図9を参照して、実施の形態2に係る磁気センサチップについて説明する。

[0123] 図9に示すように、実施の形態2に係る磁気センサチップは、実施の形態1に係る磁気センサチップ10と比較した場合に、磁気抵抗素子部を構成する単位素子の積層構造が相違する。その他の構成については、ほぼ同様である。

[0124] 具体的には、実施の形態2に係る単位素子において、フリー層36Bが、垂直磁化膜によって構成されている。より詳細的には、単位素子は、シード層30、反強磁性層31、強磁性層32、結合層33、リファレンス層34、中間層35、フリー層36B、およびキャップ層39を含む。これらは、基板11側から順に積層されている。

[0125] フリー層36Bに用いられる垂直磁化膜としては、たとえば、CoFeBを採用することができる。この場合には、実施の形態1と比較して、フリー層を単層で形成してもよく、より具体的には、第2強磁性フリー層としてのNiFeを省略してもよい。

[0126] 垂直磁化膜は、TMRの構造においては、トンネルバリア層としての中間層35上に形成されるフリー層36Bの膜厚を一定以下に制御することで発現させることができる。

[0127] 図10は、図9に示す磁気抵抗素子部において、リファレンス層、中間層、およびフリー層の積層構造、ならびに、フリー層の磁気異方性の方向の変化を模式的に示す斜視図である。

[0128] 図10に示すように、フリー層36Bとして垂直磁化膜を用いる場合、フリー層36Bの磁気異方性は、外部磁界の大きさに応じて、膜面に対する磁

気異方性の傾きが変化する。

- [0129] 磁気センサチップ10に外部磁界が作用していない状態においては、フリー層36Bの磁気異方性の方向は、リファレンス層34、上記中間層35、およびフリー層36Bの積層方向に平行な方向である。磁気センサチップ10に外部磁界が作用する場合には、矢印AR2に示すように、感磁方向に近づくように、フリー層36Bの磁気異方性が傾斜する。
- [0130] 図11は、図9に示す磁気抵抗素子部において、フリー層の磁化が外部磁界によって変化する様子を平面的に示す図である。
- [0131] なお、図11においても、感磁方向の一方側を正方向(0°方向)とし、感磁方向の他方側を負方向(180°方向)とする。リファレンス層34の磁化は、一例として上述のように、感磁方向と平行であり、感磁方向の他方側を向くように固定されている。
- [0132] この場合において、図11中における左側は、外部磁界が、180°方向(負方向)に大きい場合を示しており、図11中における中央は、外部磁界が作用していない(印加されていない)場合を示しており、図11中における右側は、外部磁界が、0°方向(正方向)に大きい場合を示している。
- [0133] 図11中の中央に示すように、外部磁界が作用していない場合には、フリー層36Bにおいて、磁気異方性は、当該フリー層36Bの膜面に垂直となっている。
- [0134] 図11中の左側から2番目に示すように、負方向に外部磁界が作用すると、フリー層36Bにおいて磁気異方性は、感磁方向の他方側に近づくように傾斜する。さらに、負方向への外部磁界が大きくなると、図11中の左から1番目に示すように、さらに感磁方向の他方側に近づくように傾斜する。
- [0135] 図11中の左側から4番目に示すように、正方向に外部磁界が印加されると、フリー層36Bにおいて磁気異方性は、感磁方向の一方側に近づくように傾斜する。さらに、正方向への外部磁界が大きくなると、さらに感磁方向の一方側に近づくように傾斜する。
- [0136] 上記のように、外部磁界の強度に応じてフリー層36Bの磁気異方性の向

きが変化することにより、磁気センサチップ10は、外部磁界を検知することができる。

[0137] 以上のように構成される場合であっても、基板11に対して応力が作用した場合に、当該応力が支配的に作用する第1方向、外部磁界が作用していない場合におけるフリー層36Bの磁気異方性の方向と上記積層方向および感磁方向との関係、ならびに、フリー層36Bに発現する応力誘起磁気異方性の方向と上記積層方向および感磁方向との関係は、実施の形態1とほぼ同様である。

[0138] このため、実施の形態2に係る磁気センサチップおよび磁気センサ装置においても、実施の形態1とほぼ同様の効果が得られる。

[0139] (実施の形態3)

図12は、実施の形態3に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。図12を参照して、実施の形態3に係る磁気センサチップ10Cについて説明する。

[0140] 図12に示すように、実施の形態3に係る磁気センサチップ10Cは、実施の形態1に係る磁気センサチップ10と比較した場合に、磁気抵抗素子部20Cの構成が相違する。その他の構成については、ほぼ同様である。

[0141] 磁気抵抗素子部20Cにおいては、第1フルブリッジ回路12および第2フルブリッジ回路13が並列に接続されている。

[0142] 磁気抵抗素子部20Cは、第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部R2、第3磁気抵抗素子部R3、第4磁気抵抗素子部R4、第5磁気抵抗素子部R5、第6磁気抵抗素子部R6、第7磁気抵抗素子部R7、および第8磁気抵抗素子部R8を含む。

[0143] 第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部R2、第3磁気抵抗素子部R3、第4磁気抵抗素子部R4によって第1フルブリッジ回路12が構成されている。第5磁気抵抗素子部R5、第6磁気抵抗素子部R6、第7磁気抵抗素子部R7、および第8磁気抵抗素子部R8によって第2フルブリッジ回路13が構成されている。

[0144] 第1フルブリッジ回路12と第2フルブリッジ回路13とは並列で接続されている。第2フルブリッジ回路13は、第1フルブリッジ回路12が有する出力特性とは正負反対の出力特性を有する。

[0145] 以上のように構成される場合であっても、基板11に対して応力が作用した場合に、当該応力が支配的に作用する第1方向、外部磁界が作用していない場合におけるフリー層36の磁気異方性の方向と上記積層方向および感磁方向との関係、ならびに、フリー層36に発現する応力誘起磁気異方性の方向と上記積層方向および感磁方向との関係は、実施の形態1とほぼ同様である。

[0146] このため、実施の形態3に係る磁気センサチップ10Cおよびこれを備えた磁気センサ装置においても、実施の形態1とほぼ同様の効果が得られる。

[0147] (実施の形態4)

図13は、実施の形態4に係る磁気センサチップを備えた磁気センサ装置を示す図である。図14は、実施の形態4に係る磁気センサチップに作用する応力と、当該応力によって発現する応力誘起磁気異方性を示す図である。

[0148] 実施の形態4に係る磁気センサ装置100Dは、実施の形態1に係る磁気センサ装置100と比較して、搭載基板1への磁気センサチップ10Dの搭載方法が相違する。これにより、実施の形態4においては、磁気センサチップ10Dに作用する初期応力として、基板11の長手方向に沿って引張応力が作用する点、フリー層36が負の磁歪定数を有する点が主として相異なる。

[0149] 図13に示すように、磁気センサ装置100Dは、搭載基板1、ボンディングワイヤ3a、3b、覆い部材7、および磁気センサチップ10Dを備える。

[0150] 磁気センサチップ10Dは、搭載基板1が有する搭載面1a上に固定されている。より具体的には、磁気センサチップ10Dは、磁気抵抗素子部が形成された基板11の第1主面11aが搭載基板1が位置する側と反対側を向くように、搭載面1aに固定されている。磁気センサチップ10Dは、たと

えば、接着剤等によって搭載面 1 a に固定されている。

[0151] 磁気センサチップ 10 D の一端側は、ボンディングワイヤ 3 a によって上記搭載面 1 a に設けられた端子電極に電氣的に接続されている。磁気センサチップ 10 の他端側は、ボンディングワイヤ 3 b によって上記搭載面 1 a に設けられた他の端子電極に電氣的に接続されている。

[0152] 覆い部材 7 は、磁気センサチップ 10 D との間に空隙が形成されるように、搭載面 1 a を覆っている。磁気センサチップ 10 D は、中空モールドされている。すなわち、基板 11 の第 1 主面 11 a の周囲に、上記基板 11 の熱膨張係数よりも大きい構造物が配置されていない。一方で、搭載基板 1 の熱膨張係数は、基板 11 の熱膨張係数よりも大きくなっている。搭載基板 1 と基板 11 との間に設けられた上記接着剤の熱膨張係数も、基板 11 の熱膨張係数よりも大きくなってもよい。

[0153] 図 14 に示すように、磁気センサチップ 10 D は、長手方向に延びる長手形状を有しており、上記長手方向 (DR1 方向) と平行な方向に感磁方向 (DR3 方向) を有する。

[0154] この場合においては、磁気センサチップ 10 は、基板 11 に対して、当該基板 11 が有する第 1 主面 11 a に平行な第 1 方向に支配的となるように応力が作用している。具体的には、当該第 1 方向は、長手方向と平行であり、感磁方向とも平行である。第 1 方向に作用する応力としては、基板 11 に対して、引張応力 F_2 が作用している。

[0155] 磁気センサチップ 10 D は、基板 11 の熱膨張係数と、磁気センサチップ 10 D の周囲 (より特定的には、基板 11 の第 1 主面 11 a 側) の空隙 (中空) との熱膨張係数との差によって、上記第 1 方向 (より特定的には上記長手方向) に平行な方向に初期応力が作用するようにモールドされている。このように磁気センサチップ 10 がモールドされることにより、初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向は、上記第 1 方向 (より特定的には長手方向) に平行な方向が支配的になる。

[0156] なお、磁気センサチップ 10 D の周囲の空隙の熱膨張係数は、基板 11 の

熱膨張係数よりも小さい。これにより、上記のような引張応力 F_2 を作用させることができる。

[0157] 上述するように、磁気抵抗素子部が有するフリー層は、負の磁歪定数を有している。これにより、基板 11 に対して、長手方向に平行な第 1 方向に引張応力が作用する状態においては、感磁方向に垂直な方向に応力誘起磁気異方性がフリー層に発現する。なお、フリー層 36 の組成（より詳細には第 1 強磁性フリー層の組成）を $Ni_{83}Fe_{16.9}$ とすることにより、フリー層の磁歪定数を -1 ppm の負の値にすることができる。

[0158] 以下の変形例 3 のような搭載基板 1 への磁気センサチップ 10 の搭載構造においても、上述の実施の形態 4 同様に、初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向が、上記第 1 方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となっている。また、基板 11 へは、上記のような引張応力 F_2 を作用させることができる。

[0159] 図 15 は、変形例 3 に係る磁気センサ装置を示す図である。図 15 に示すように、変形例 3 に係る磁気センサ装置 100D1 は、搭載基板 1、導電部材 6 および磁気センサチップ 10 を備える。

[0160] 磁気センサチップ 10 は、導電部材 6 によって搭載基板 1 上に設けられた端子電極と電氣的に接続されている。導電部材 6 は、たとえば導電性ペースト等の導電性を有する部材によって構成されている。磁気センサチップ 10 は、磁気抵抗素子部が形成された基板 11 の第 1 主面 11a が搭載基板 1 を向くように配置されている。

[0161] 導電部材 6 が設けられていない部分において、磁気センサチップ 10 と搭載基板 1 との間には、空隙が形成されている。すなわち、基板 11 の第 1 主面 11a の周囲に、上記基板 11 の熱膨張係数よりも大きい構造物が配置されていない。このように磁気センサチップ 10 を搭載基板 1 に搭載する場合であっても、基板 11 に上記のような引張応力 F_2 を作用させることができる。

[0162] 実施の形態 3 に係る磁気センサチップ 10 においても、上述のように基板

11に作用する初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向が、上記第1方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となっている。

[0163] また、磁気センサチップ10に外部磁界が作用していない状態におけるフリー層36の磁気異方性の方向は、上記積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直となっている。

[0164] さらに、基板11に対して、上記第1主面11aに平行な第1方向に支配的となるように引張応力を作用させた場合には、フリー層の磁歪定数を負とすることにより、フリー層に発現する応力誘起磁気異方性の方向は、図14中矢印AR3方向に示すように、感磁方向および上記積層方向に垂直となる。

[0165] このため、上述のように基板11の第1方向に作用する引張応力が変動した場合であっても、フリー層に発現する応力誘起磁気異方性が感磁方向に入力されることを抑制できる。この結果、実施の形態3に係る磁気センサチップ10および磁気センサ装置100Dにおいては、オフセット電圧の変動を抑制でき、これにより、応力変動に対する信頼性を向上させることができる。

[0166] （実施の形態5）

図16は、実施の形態5に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。図16を参照して、実施の形態5に係る磁気センサチップ10Eについて説明する。

[0167] 図16に示すように、実施の形態5に係る磁気センサチップ10Eは、実施の形態1に係る磁気センサチップ10と比較した場合に、基板11の長手方向（DR1方向）に圧縮応力が作用する点については同様である。この場合においても、基板11に対して応力が作用した場合に、当該応力が支配的に作用する第1方向は、基板11の長手方向と平行である。

[0168] 一方で、基板11の短手方向（DR2方向）に平行な方向にリファレンス層34の磁化が固定されており、感磁方向（DR3方向）が短手方向と平行

である点が、実施の形態1と比較して相異なる。なお、磁気抵抗素子部の構成は、実施の形態1とほぼ同様である。

[0169] 実施の形態5に係る磁気センサチップ10Eにおいても基板11に作用する初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向が、上記第1方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となっている。

[0170] また、磁気センサチップ10に外部磁界が作用していない状態におけるフリー層36の磁気異方性の方向は、上記積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直となっている。

[0171] さらに、基板11に対して、上記第1主面11aに平行な第1方向に支配的となるように圧縮応力を作用させた場合には、フリー層36の磁歪定数を負とすることにより、フリー層36に発現する応力誘起磁気異方性の方向は、矢印AR4に示すように、感磁方向および上記積層方向に垂直となる。

[0172] このため、基板11の第1方向に作用する圧縮応力が変動した場合であっても、フリー層に発現する応力誘起磁気異方性が感磁方向に入力されることを抑制できる。この結果、実施の形態5に係る磁気センサチップ10Eおよびこれを備えた磁気センサ装置においては、オフセット電圧の変動を抑制でき、これにより、応力変動に対する信頼性を向上させることができる。

[0173] （実施の形態6）

図17は、実施の形態6に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。図17を参照して、実施の形態6に係る磁気センサチップ10Fについて説明する。

[0174] 図17に示すように、実施の形態6に係る磁気センサチップ10Fは、実施の形態5に係る磁気センサチップ10Eと比較した場合に、磁気抵抗素子部20Cの構成が相違する。その他の構成については、ほぼ同様である。

[0175] 磁気抵抗素子部20Cにおいては、第1フルブリッジ回路12および第2フルブリッジ回路13が並列に接続されている。

[0176] 磁気抵抗素子部20Cは、第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部

R 2、第3磁気抵抗素子部 R 3、第4磁気抵抗素子部 R 4、第5磁気抵抗素子部 R 5、第6磁気抵抗素子部 R 6、第7磁気抵抗素子部 R 7、および第8磁気抵抗素子部 R 8を含む。

[0177] 第1磁気抵抗素子部 R 1、第2磁気抵抗素子部 R 2、第3磁気抵抗素子部 R 3、第4磁気抵抗素子部 R 4によって第1フルブリッジ回路12が構成されている。第5磁気抵抗素子部 R 5、第6磁気抵抗素子部 R 6、第7磁気抵抗素子部 R 7、および第8磁気抵抗素子部 R 8によって第2フルブリッジ回路13が構成されている。

[0178] 第1フルブリッジ回路12と第2フルブリッジ回路13とは並列で接続されている。第2フルブリッジ回路13は、第1フルブリッジ回路12が有する出力特性とは正負反対の出力特性を有する。

[0179] 以上のように構成される場合であっても、実施の形態6に係る磁気センサチップ10Fおよびこれを備えた磁気センサ装置においては、実施の形態5とほぼ同様の効果が得られる。

[0180] (実施の形態7)

図18は、実施の形態7に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。図18を参照して、実施の形態7に係る磁気センサチップ10Gについて説明する。

[0181] 図18に示すように、実施の形態7に係る磁気センサチップ10Eは、実施の形態4に係る磁気センサチップ10Dと比較した場合に、基板11の長手方向(D R 1方向)に引張応力が作用する点については同様である。この場合においても、基板11に対して応力が作用した場合に、当該応力が支配的に作用する第1方向は、基板11の長手方向と平行である。

[0182] 一方で、基板11の短手方向(D R 2方向)に平行な方向にリファレンス層34の磁化が固定されており、感磁方向(D R 3方向)が短手方向と平行である点が、実施の形態4と比較して相異なる。なお、磁気抵抗素子部の構成は、実施の形態5とほぼ同様である。

[0183] 実施の形態7に係る磁気センサチップ10Gにおいても基板11に作用す

る初期応力の方向、および環境温度にさらされた状態での使用状況による応力の変動方向が、上記第1方向（より特定的には長手方向）に平行な方向が支配的となっている。

[0184] また、磁気センサチップ10Gに外部磁界が作用していない状態におけるフリー層36の磁気異方性の方向は、上記積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直となっている。

[0185] さらに、基板11に対して、上記第1主面11aに平行な第1方向に支配的となるように引張応力を作用させた場合には、フリー層36の磁歪定数を正とすることにより、フリー層36に発現する応力誘起磁気異方性の方向は、矢印AR5に示すように、感磁方向および上記積層方向に垂直となる。

[0186] このため、基板11の第1方向に作用する引張応力が変動した場合であっても、フリー層に発現する応力誘起磁気異方性が感磁方向に入力されることを抑制できる。この結果、実施の形態7に係る磁気センサチップ10Gおよびこれを備えた磁気センサ装置においては、オフセット電圧の変動を抑制でき、これにより、応力変動に対する信頼性を向上させることができる。

[0187] （実施の形態8）

図19は、実施の形態8に係る磁気センサチップを示す概略平面図である。図19を参照して、実施の形態8に係る磁気センサチップ10Hについて説明する。

[0188] 図19に示すように、実施の形態8に係る磁気センサチップ10Hは、実施の形態7に係る磁気センサチップ10Gと比較した場合に、磁気抵抗素子部20Cの構成が相違する。その他の構成については、ほぼ同様である。

[0189] 磁気抵抗素子部20Cにおいては、第1フルブリッジ回路12および第2フルブリッジ回路13が並列に接続されている。

[0190] 磁気抵抗素子部20Cは、第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部R2、第3磁気抵抗素子部R3、第4磁気抵抗素子部R4、第5磁気抵抗素子部R5、第6磁気抵抗素子部R6、第7磁気抵抗素子部R7、および第8磁気抵抗素子部R8を含む。

[0191] 第1磁気抵抗素子部R1、第2磁気抵抗素子部R2、第3磁気抵抗素子部R3、第4磁気抵抗素子部R4によって第1フルブリッジ回路12が構成されている。第5磁気抵抗素子部R5、第6磁気抵抗素子部R6、第7磁気抵抗素子部R7、および第8磁気抵抗素子部R8によって第2フルブリッジ回路13が構成されている。

[0192] 第1フルブリッジ回路12と第2フルブリッジ回路13とは並列で接続されている。第2フルブリッジ回路13は、第1フルブリッジ回路12が有する出力特性とは正負反対の出力特性を有する。

[0193] 以上のように構成される場合であっても、実施の形態8に係る磁気センサチップ10Fおよびこれを備えた磁気センサ装置においては、実施の形態7とほぼ同様の効果が得られる。

[0194] (定性評価)

以下、磁気センサチップが有する基板に作用する応力（引張応力または圧縮応力）と感磁方向との関係、基板が有する長手方向の向きとを各種変更した磁気センサチップを用いて、基板に作用する応力が経時的に変化した場合における感度の変更およびオフセット電圧の変動を定性的に評価した。

[0195] 図20は、磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が平行であり、かつ基板に作用する応力が経時的に減少する場合における第1評価結果を定性的に示す図である。

[0196] 上記第1評価を行なうに際し、比較例1から6および実施例1から6に係る磁気センサチップを準備した。

[0197] 比較例1から3および実施例1から3に係る磁気センサチップとしては、応力が支配的に作用する第1方向（基板11の長手方向）に初期応力として引張応力が作用しており、感磁方向が長手方向と平行であるものを準備した。また、磁気センサチップに外部磁界が作用していない状態におけるフリー層の磁気異方性の方向は、積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直とした。なお、実施例1から3に係る磁気センサチップとしては、実施の形態4に係る磁気センサチップ10Dと同様の構成のものを用いた。

- [0198] 比較例 1 から 3 に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を正とした。このため、比較例 1 から 3 においては、上記長手方向に作用する引張応力が変化した場合には、感磁方向に平行な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。比較例 1 から 3 では、発現する応力誘起磁気異方性の偏りを変更させた。
- [0199] 具体的には、比較例 1 では、感磁方向の正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。比較例 2 では、感磁方向の正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。比較例 3 では、感磁方向の負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。
- [0200] 実施例 1 から 3 に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を負とした。このため、実施例 1 から 3 においては、上記長手方向に作用する引張応力が変化した場合には、感磁方向に垂直な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。実施例 1 から 3 では、発現する応力磁気異方性の偏りを変更させた。
- [0201] 具体的には、実施例 1 では、感磁方向と垂直な方向において正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。実施例 2 では、感磁方向と垂直な方向において正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。実施例 3 では、感磁方向と垂直な方向において負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。
- [0202] 比較例 1 から 3 および実施例 1 から 3 において、基板の長手方向に作用する引張応力が、経時的に減少する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。
- [0203] 感度に関し、比較例 1 から 3 のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、感度が大きい。経時的な変化によって引

張応力が小さくなった場合においても、引張応力が作用しているため、引張応力が作用しない場合と比較すると感度はやや大きくなる。一方で、経時的に引張応力が減少した場合には、初期状態と比較すると引張応力が小さくなるため感度は減少する。このような評価結果に関し、図20中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目について、++、+、-と表記している。

[0204] オフセット電圧に関し、比較例1では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0205] 一方で、比較例2では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が減少した場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が減少した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、++、+、-と表記している。

[0206] 比較例3では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が減少した場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が減少した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と

表記している。

[0207] 感度に関し、実施例1から3のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、感度が減少する。経時的な変化によって引張応力が小さくなった場合においても、引張応力が作用しているため、引張応力が作用しない場合と比較すると感度はやや小さくなる。一方で、経時的に引張応力が減少した場合には、初期状態と比較すると引張応力が小さくなるため感度は増加する。このような評価結果に関し、図20中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と表記している。

[0208] オフセット電圧に関し、実施例1から3のいずれにおいても、上述のように応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、引張応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって引張応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、（オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0209] 比較例4から6および実施例4から6に係る磁気センサチップとしては、応力が支配的に作用する第1方向（基板11の長手方向）に初期応力として圧縮応力が作用しており、感磁方向が長手方向と平行であるものを準備した。また、磁気センサチップに外部磁界が作用していない状態におけるフリー層の磁気異方性の方向は、積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直とした。なお、実施例4から6に係る磁気センサチップとしては、実施の形態1に係る磁気センサチップ10と同様の構成のものを用いた。

[0210] 比較例4から6に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を負とした。このため、比較例4から6においては、上記長手方向に作用する圧縮応力が変化した場合には、感磁方向に平行な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。比較例4から6では、発現する応力誘起磁気異方性の偏りを変更させた。

- [0211] 具体的には、比較例 4 では、感磁方向の正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。比較例 5 では、感磁方向の正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。比較例 6 では、感磁方向の負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。
- [0212] 実施例 4 から 6 に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を正とした。このため、実施例 4 から 6 においては、上記長手方向に作用する圧縮応力が変化した場合には、感磁方向に垂直な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。実施例 4 から 6 では、発現する応力磁気異方性の偏りを変更させた。
- [0213] 具体的には、実施例 4 では、感磁方向と垂直な方向において正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。実施例 5 では、感磁方向と垂直な方向において正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。実施例 6 では、感磁方向と垂直な方向において負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。
- [0214] 比較例 4 から 6 および実施例 4 から 6 において、基板の長手方向に作用する圧縮応力が、経時的に減少する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。
- [0215] 感度に関し、比較例 4 から 6 のいずれにおいても、初期状態のように、圧縮応力が大きく作用する場合には、感度が大きい。経時的な変化によって圧縮応力が小さくなった場合においても、圧縮応力が作用しているため、圧縮応力が作用しない場合と比較すると感度はやや大きくなる。一方で、経時的に圧縮応力が減少した場合には、初期状態と比較すると圧縮応力が小さくなるため感度は減少する。このような評価結果に関し、図 20 中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目に

ついて、++、+、-と表記している。

[0216] オフセット電圧に関し、比較例4では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0217] 一方で、比較例5では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力が大きく作用する場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が減少した場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が減少した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、++、+、-と表記している。

[0218] 比較例6では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力が大きく作用する場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が減少した場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が減少した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と表記している。

[0219] 感度に関し、実施例4から6のいずれにおいても、初期状態のように、圧縮応力が大きく作用する場合には、感度が減少する。経時的な変化によって圧縮応力が小さくなった場合においても、圧縮応力が作用しているため、圧縮応力が作用しない場合と比較すると感度はやや小さくなる。一方で、経時

的に圧縮応力が減少した場合には、初期状態と比較すると圧縮応力が小さくなるため感度は増加する。このような評価結果に関し、図20中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と表記している。

[0220] オフセット電圧に関し、実施例1から3のいずれにおいても、上述のように応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、圧縮応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって圧縮応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0221] 図21は、磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が平行であり、かつ、基板に作用する応力が経時的に増加する場合における第2評価結果を定性的に示す図である。

[0222] 第2評価を行なうに際し、上述同様に、比較例1から6および実施例1から6に係る磁気センサチップを準備した。第2評価では、第1評価と比較して、基板に作用する応力が経時的に増加する点が相異なる。

[0223] 比較例1から3および実施例1から3において、基板の長手方向に作用する引張応力が、経時的に増加する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。

[0224] 感度に関し、比較例1から3のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力がやや作用する場合には、感度もやや大きくなる。経時的な変化によって引張応力が大きくなった場合においては、感度は大きくなる。このため、経時的に引張応力が増加した場合には、感度は増加する。このような評価結果に関し、図21中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、+、++、+と表記している。

[0225] オフセット電圧に関し、比較例1では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、

初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図21中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0226] 一方で、比較例2では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力がやや大きく作用する場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が増加した場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が増加した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結果に関し、図21中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、+、++、+と表記している。

[0227] 比較例3では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力がやや大きく作用する場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が増加した場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が増加した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図21中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、-、--、-と表記している。

[0228] 感度に関し、実施例1から3のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力がやや作用する場合には、感度がやや減少する。経時的な変化によって引張応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このため、経時的に引張応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このような評価結果に関し、図21中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、-、--、-と表記している。

[0229] オフセット電圧に関し、実施例1から3のいずれにおいても、上述のよう

に応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、引張応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって引張応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図20中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0230] 比較例4から6および実施例4から6において、基板の長手方向に作用する圧縮応力が、経時的に増加する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。

[0231] 感度に関し、比較例4から6のいずれにおいても、初期状態のように、圧縮応力がやや作用する場合には、感度がやや大きくなる。経時的な変化によって圧縮応力が大きくなった場合には、感度は大きくなる。このため、経時的に圧縮応力が増加した場合には、感度は増加する。このような評価結果に関し、図21中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、+、++、+と表記している。

[0232] オフセット電圧に関し、比較例4では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図21中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0233] 一方で、比較例5では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力がやや大きく作用する場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が増加した場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が増加した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結果に関し、図21中においては、オフセット（応力小）、オフセ

ット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、＋、＋＋、＋と表記している。

[0234] 比較例 6 では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力がやや大きく作用する場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が増加した場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が増加した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図 2 1 中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、－、－、－と表記している。

[0235] 感度に関し、実施例 4 から 6 のいずれにおいても、初期状態のように、圧縮応力がやや作用する場合には、感度がやや減少する。経時的な変化によって圧縮応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このため、経時的に圧縮応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このような評価結果に関し、図 2 1 中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、－、－、－と表記している。

[0236] オフセット電圧に関し、実施例 4 から 6 のいずれにおいても、上述のように応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、圧縮応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって圧縮応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図 2 1 中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0237] 図 2 2 は、磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が垂直であり、かつ、基板に作用する応力が経時的に減少する場合における第 3 評価結果を定性的に示す図である。

[0238] 第 3 評価を行なうに際し、比較例 7 から 1 2 および実施例 7 から 1 2 に係る磁気センサを準備した。

- [0239] 比較例 7 から 9 および実施例 7 から 9 に係る磁気センサチップとしては、応力が支配的に作用する第 1 方向（基板 1 1 の長手方向）に初期応力として引張応力が作用しており、感磁方向が長手方向と垂直であるものを準備した。また、磁気センサチップに外部磁界が作用していない状態におけるフリー層の磁気異方性の方向は、積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直とした。なお、実施例 7 から 9 に係る磁気センサチップとしては、実施の形態 7 に係る磁気センサチップ 10 G と同様の構成のものを用いた。
- [0240] 比較例 7 から 9 に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を負とした。比較例 7 から 9 においては、上記長手方向に作用する引張応力が変化した場合には、感磁方向に平行な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。比較例 7 から 9 では、発現する応力誘起磁気異方性の偏りを変更させた。
- [0241] 具体的には、比較例 7 では、感磁方向の正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。比較例 8 では、感磁方向の正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。比較例 9 では、感磁方向の負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。
- [0242] 実施例 7 から 9 に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を正とした。このため、実施例 7 から 9 においては、上記長手方向に作用する引張応力が変化した場合には、感磁方向に垂直な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。実施例 7 から 9 では、発現する応力磁気異方性の偏りを変更させた。
- [0243] 具体的には、実施例 7 では、感磁方向と垂直な方向において正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。実施例 8 では、感磁方向と垂直な方向において正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。実施例 9 では、感磁方向と垂直な方向に

において負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。

[0244] 比較例 7 から 9 および実施例 7 から 9 において、基板の長手方向に作用する引張応力が、経時的に減少する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。

[0245] 感度に関し、比較例 7 から 9 のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、感度が大きい。経時的な変化によって引張応力が小さくなった場合においても、引張応力が作用しているため、引張応力が作用しない場合と比較すると感度はやや大きくなる。一方で、経時的に引張応力が減少した場合には、初期状態と比較すると引張応力が小さくなるため感度は減少する。このような評価結果に関し、図 22 中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目について、++、+、-と表記している。

[0246] オフセット電圧に関し、比較例 7 では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図 22 中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0247] 一方で、比較例 8 では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が減少した場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が減少した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図 22 中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、++、+、-と表記している。

[0248] 比較例 9 では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が減少した場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が減少した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結果に関し、図 22 中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と表記している。

[0249] 感度に関し、実施例 7 から 9 のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、感度が減少する。経時的な変化によって引張応力が小さくなった場合においても、引張応力が作用しているため、引張応力が作用しない場合と比較すると感度はやや小さくなる。一方で、経時的に引張応力が減少した場合には、初期状態と比較すると引張応力が小さくなるため感度は増加する。このような評価結果に関し、図 22 中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と表記している。

[0250] オフセット電圧に関し、実施例 7 から 9 のいずれにおいても、上述のように応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、引張応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって引張応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図 22 中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0251] 比較例 10 から 12 および実施例 10 から 12 に係る磁気センサチップとしては、応力が支配的に作用する第 1 方向（基板 11 の長手方向）に初期応力として圧縮応力が作用しており、感磁方向が長手方向と垂直であるものを準備した。また、磁気センサチップに外部磁界が作用していない状態におけるフリー層の磁気異方性の方向は、積層方向に平行、かつ、感磁方向に垂直

とした。なお、実施例10から12に係る磁気センサチップとしては、実施の形態5に係る磁気センサチップ10Eと同様の構成のものを用いた。

[0252] 比較例10から12に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を負とした。比較例10から12においては、上記長手方向に作用する圧縮応力が変化した場合には、感磁方向に平行な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。比較例10から12では、発現する応力誘起磁気異方性の偏りを変更させた。

[0253] 具体的には、比較例10では、感磁方向の正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。比較例11では、感磁方向の正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。比較例12では、感磁方向の負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向の負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。

[0254] 実施例10から12に係る磁気センサチップにおいては、いずれもフリー層が有する磁歪定数を正とした。このため、実施例10から12においては、上記長手方向に作用する圧縮応力が変化した場合には、感磁方向に垂直な方向に応力誘起磁気異方性が発現する。実施例10から12では、発現する応力磁気異方性の偏りを変更させた。

[0255] 具体的には、実施例10では、感磁方向と垂直な方向において正方向および負方向を向く応力誘起磁気異方性が同じ確率で分布し、応力誘起磁気異方性に偏りが無い。実施例11では、感磁方向と垂直な方向において正方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において正方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。実施例12では、感磁方向と垂直な方向において負方向を向く応力誘起磁気異方性の割合が多く、感磁方向と垂直な方向において負方向に応力誘起磁気異方性が偏っている。

[0256] 比較例10から12および実施例10から12において、基板の長手方向に作用する引張応力が、経時的に減少する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。

- [0257] 感度に関し、比較例10から12のいずれにおいても、初期状態のように、圧縮応力が大きく作用する場合には、感度が大きい。経時的な変化によって圧縮応力が小さくなった場合においても、圧縮応力が作用しているため、圧縮応力が作用しない場合と比較すると感度はやや大きくなる。一方で、経時的に圧縮応力が減少した場合には、初期状態と比較すると圧縮応力が小さくなるため感度は減少する。このような評価結果に関し、図22中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目について、++、+、-と表記している。
- [0258] オフセット電圧に関し、比較例10では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図22中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、（オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。
- [0259] 一方で、比較例11では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力が大きく作用する場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が減少した場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が減少した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図22中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、++、+、-と表記している。
- [0260] 比較例12では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力が大きく作用する場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が減少した場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が減少した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結

果に関し、図 2 2 中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と表記している。

[0261] 感度に関し、実施例 10 から 12 のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力が大きく作用する場合には、感度が減少する。経時的な変化によって引張応力が小さくなった場合においても、引張応力が作用しているため、引張応力が作用しない場合と比較すると感度はやや小さくなる。一方で、経時的に引張応力が減少した場合には、初期状態と比較すると引張応力が小さくなるため感度は増加する。このような評価結果に関し、図 2 2 中においては、感度（応力大）、感度（応力小）、感度変動（応力大→応力小）の各項目について、--、-、+と表記している。

[0262] オフセット電圧に関し、実施例 10 から 12 のいずれにおいても、上述のように応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、引張応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって引張応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図 2 2 中においては、オフセット（応力大）、オフセット（応力小）、オフセット変動（応力大→応力小）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0263] 図 2 3 は、磁気センサチップにおける基板の長手方向と感磁方向が垂直であり、かつ、基板に作用する応力が経時的に増加する場合における第 4 評価結果を定性的に示す図である。

[0264] 第 4 評価を行なうに際し、上述同様に、比較例 7 から 12 および実施例 7 から 12 に係る磁気センサチップを準備した。第 4 評価では、第 3 評価と比較して、基板に作用する応力が経時的に増加する点が相異なる。

[0265] 比較例 7 から 9 および実施例 7 から 9 において、基板の長手方向に作用する引張応力が、経時的に増加する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。

[0266] 感度に関し、比較例 7 から 9 のいずれにおいても、初期状態のように、引

張応力がやや大きく作用する場合には、感度がやや大きくなる。経時的な変化によって引張応力が大きくなった場合には、感度は大きくなる。このため、経時的に引張応力が増加した場合には、感度は増加する。このような評価結果に関し、図23中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、+、++、+と表記している。

[0267] オフセット電圧に関し、比較例7では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図23中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0268] 一方で、比較例8では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力がやや大きく作用する場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が増加した場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が増加した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結果に関し、図23中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、+、++、+と表記している。

[0269] 比較例9では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、引張応力がやや大きく作用する場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に引張応力が増加した場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に引張応力が増加した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図23中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、-、--、-と表記している。

- [0270] 感度に関し、実施例7から9のいずれにおいても、初期状態のように、引張応力がやや作用する場合には、感度がやや減少する。経時的な変化によって引張応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このため、経時的に引張応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このような評価結果に関し、図23中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、－、－、－と表記している。
- [0271] オフセット電圧に関し、実施例7から9のいずれにおいても、上述のように応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、引張応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって引張応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図23中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、No、Noと表記している。
- [0272] 比較例10から12および実施例10から12において、基板の長手方向に作用する圧縮応力が、経時的に増加する場合における感度およびオフセット電圧について説明する。
- [0273] 感度に関し、比較例10から12のいずれにおいても、初期状態のように、圧縮応力がやや作用する場合には、感度がやや大きくなる。経時的な変化によって圧縮応力が大きくなった場合には、感度は大きくなる。このため、経時的に圧縮応力が増加した場合には、感度は増加する。このような評価結果に関し、図23中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、＋、＋、＋と表記している。
- [0274] オフセット電圧に関し、比較例10では、発現する応力誘起磁気異方性に偏りがないため、感磁方向に応力誘起磁気異方性が入力されない。このため、初期状態および経時的に変化した変化状態の双方において、オフセット電圧が発生せず、応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図23中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、

N o、N oと表記している。

[0275] 一方で、比較例 1 1 では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の正方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力がやや大きく作用する場合には、正に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が増加した場合には、正に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が増加した場合には、オフセット電圧が増加する。このような評価結果に関し、図 2 3 中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、+、++、+と表記している。

[0276] 比較例 1 2 では、上述のように応力誘起磁気異方性が、感磁方向の負方向に偏っている。このため、初期状態のように、圧縮応力がやや大きく作用する場合には、負に小さくオフセット電圧が発生する。経時的に圧縮応力が増加した場合には、負に大きくオフセット電圧が発生する。このため、経時的に圧縮応力が増加した場合には、オフセット電圧が減少する。このような評価結果に関し、図 2 3 中においては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、-、--、-と表記している。

[0277] 感度に関し、実施例 1 0 から 1 2 のいずれにおいても、初期状態のように、圧縮応力がやや作用する場合には、感度がやや減少する。経時的な変化によって圧縮応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このため、経時的に圧縮応力が大きくなった場合には、感度は減少する。このような評価結果に関し、図 2 3 中においては、感度（応力小）、感度（応力大）、感度変動（応力小→応力大）の各項目について、-、--、-と表記している。

[0278] オフセット電圧に関し、実施例 1 0 から 1 2 のいずれにおいても、上述のように応力誘起磁気異方性が感磁方向と垂直方向を向く。このため、圧縮応力の大きさ、および応力誘起磁気異方性の偏りの有無に依らず、オフセット電圧は発生しない。このため、経時的な変化によって圧縮応力が変動してもオフセット電圧は変動しない。このような評価結果に関し、図 2 3 中におい

ては、オフセット（応力小）、オフセット（応力大）、オフセット変動（応力小→応力大）の各項目について、No、No、Noと表記している。

[0279] 以上のように、比較例1から12における上記第1評価結果から第4評価結果から、比較例における構成においては、フリー層の磁気異方性が偏る場合に、経時的に応力が変動した際に、オフセット電圧が変動する。一方、実施例1から12における上記第1評価結果から第4評価結果から、実施例における構成においては、フリー層の磁気異方性が偏った場合であっても、経時的に応力が変動した際に、オフセット電圧が変動しない。このため、実施例では、応力変動に対する信頼性が向上することが確認された。

[0280] 以上、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の範囲は請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

符号の説明

[0281] 1 搭載基板、1a 搭載面、2a 第1リードフレーム、2b 第2リードフレーム、2c 支持フレーム、3a, 3b ボンディングワイヤ、4 封止樹脂、4A アンダーフィル、6 導電部材、7 覆い部材、10, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H 磁気センサチップ、11 基板、11a 第1主面、12 第1フルブリッジ回路、13 第2フルブリッジ回路、20, 20B 磁気抵抗素子部、30 シード層、31 反強磁性層、32 強磁性層、33 結合層、34 リファレンス層、35 中間層、36, 36B フリー層、37 第1強磁性フリー層、38 第2強磁性フリー層、39 キャップ層、100, 100A1, 100A2, 100D1, 100D 磁気センサ装置、F1 圧縮応力、F2 引張応力、Hf1 第1ハーフブリッジ回路、Hf2 第2ハーフブリッジ回路、P1, P2, P3, P4 電極部、R1 第1磁気抵抗素子部、R2 第2磁気抵抗素子部、R3 第3磁気抵抗素子部、R4 第4磁気抵抗素子部、R5 第5磁気抵抗素子部、R6 第6磁気抵抗素子部、R7 第7磁気抵抗素子部、R8 第8磁気抵抗素子部。

請求の範囲

[請求項1]

外部磁界を検知する磁気センサチップであって、
第1主面を有する基板と、
前記第1主面に平行な所定の感磁方向を有するように前記第1主面上に設けられた磁気抵抗素子部と、を備え、
前記磁気抵抗素子部は、磁化方向が固定されたりファレンス層と、外部磁界により磁化方向が変化するフリー層と、前記リファレンス層と前記フリー層との間に介在する中間層とを含み、
前記リファレンス層、前記中間層、および前記フリー層は、前記第1主面に垂直となる積層方向に積層されており、
前記磁気センサチップに外部磁界が作用していない状態における前記フリー層の磁気異方性の方向は、前記積層方向に平行、かつ、前記感磁方向に垂直であり、
前記基板に対して、前記第1主面に平行な第1方向に支配的となるように応力が作用した場合に、前記フリー層に発現する応力誘起磁気異方性の方向は、前記感磁方向および前記積層方向に垂直である、磁気センサチップ。

[請求項2]

前記フリー層は、正の磁歪定数を有し、
前記基板に対して前記第1方向に作用する応力として、圧縮応力が作用し、
前記第1方向は、前記感磁方向と平行であり、かつ、前記積層方向に垂直である、請求項1に記載の磁気センサチップ。

[請求項3]

前記フリー層は、負の磁歪定数を有し、
前記基板に対して前記第1方向に作用する応力として、引張応力が作用し、
前記第1方向は、前記感磁方向と平行であり、かつ、前記積層方向に垂直である、請求項1に記載の磁気センサチップ。

[請求項4]

前記基板は、長手方向に延在する長手形状を有し、

前記長手方向は、前記第1方向と平行であり、かつ、前記感磁方向と平行である、請求項2または3に記載の磁気センサチップ。

[請求項5]

前記フリー層は、負の磁歪定数を有し、

前記基板に対して前記第1方向に作用する応力として、圧縮応力が作用し、

前記第1方向は、前記感磁方向と垂直であり、かつ、前記積層方向に垂直である、請求項1に記載の磁気センサチップ。

[請求項6]

前記フリー層は、正の磁歪定数を有し、

前記基板に対して前記第1方向に作用する応力として、引張応力が作用し、

前記第1方向は、前記感磁方向と垂直であり、かつ、前記積層方向に垂直である、請求項1に記載の磁気センサチップ。

[請求項7]

前記基板は、長手方向に延在する長手形状を有し、

前記長手方向は、前記第1方向と平行であり、かつ、前記感磁方向と垂直である、請求項5または6に記載の磁気センサチップ。

[請求項8]

前記フリー層は、膜面に垂直な軸回りに渦状に磁化された磁気渦構造を有する、請求項1から7のいずれか1項に記載の磁気センサチップ。

[請求項9]

前記フリー層は、ディスク形状を有する、請求項1から8のいずれか1項に記載の磁気センサチップ。

[請求項10]

前記フリー層は、垂直磁化膜である、請求項1から7のいずれか1項に記載の磁気センサチップ。

[請求項11]

前記磁気抵抗素子部は、TMR素子によって構成されている、請求項1から10のいずれか1項に記載の磁気センサチップ。

[請求項12]

前記磁気抵抗素子部は、GMR素子によって構成されている、請求項1から10のいずれか1項に記載の磁気センサチップ。

[請求項13]

前記磁気抵抗素子部は、ハーフブリッジ回路を構成する第1磁気抵抗素子部および第2磁気抵抗素子部を含む、請求項1から12のいずれ

れか1項に記載の磁気センサチップ。

[請求項14] 前記磁気抵抗素子部は、第1ハーフブリッジ回路を構成する第1磁気抵抗素子部および第2磁気抵抗素子部、ならびに、第2ハーフブリッジ回路を構成する第3磁気抵抗素子部および第4磁気抵抗素子部を含み、

前記第1ハーフブリッジ回路と前記第2ハーフブリッジ回路とによってフルブリッジ回路が構成されている、請求項1から12のいずれか1項に記載の磁気センサチップ。

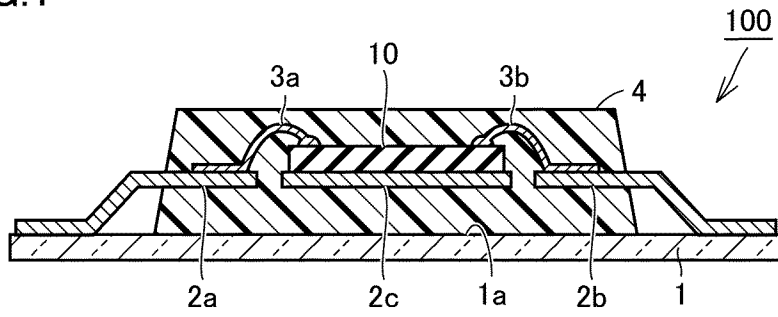
[請求項15] 請求項1から14のいずれか1項に記載の磁気センサチップと、前記磁気センサチップを搭載する搭載基板と、を備えた、磁気センサ装置。

[請求項16] 請求項1に記載の磁気センサチップと、前記磁気センサチップを搭載する搭載基板と、前記磁気センサチップをモールドする封止樹脂と、を備え、前記磁気センサチップにおける前記基板の熱膨張係数と、前記封止樹脂の熱膨張係数とが異なる、磁気センサ装置。

[請求項17] 請求項1に記載の磁気センサチップと、前記磁気センサチップを搭載する搭載基板と、を備え、上記第1主面の周囲に、前記基板の熱膨張係数よりも大きい構造物が配置されていない、磁気センサ装置。

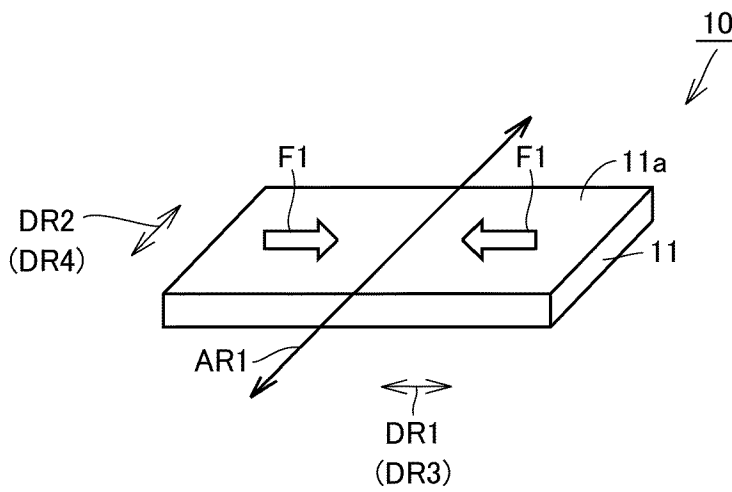
[図1]

FIG.1



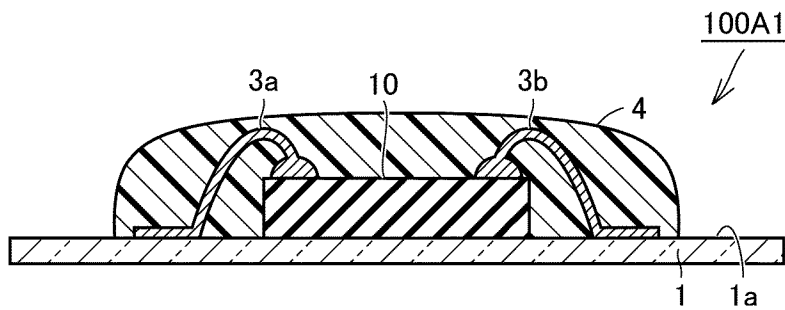
[図2]

FIG.2



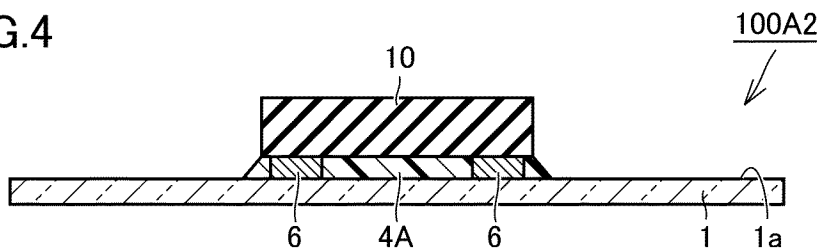
[図3]

FIG.3



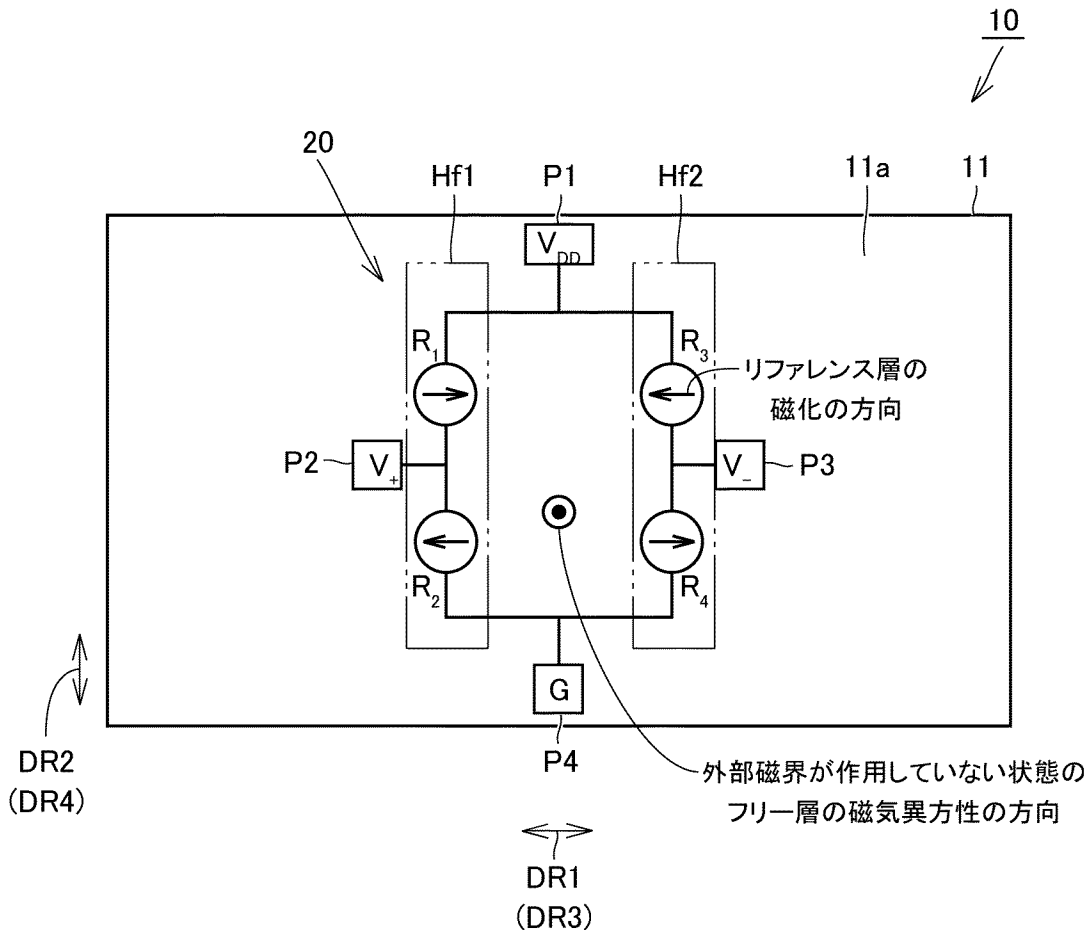
[図4]

FIG.4



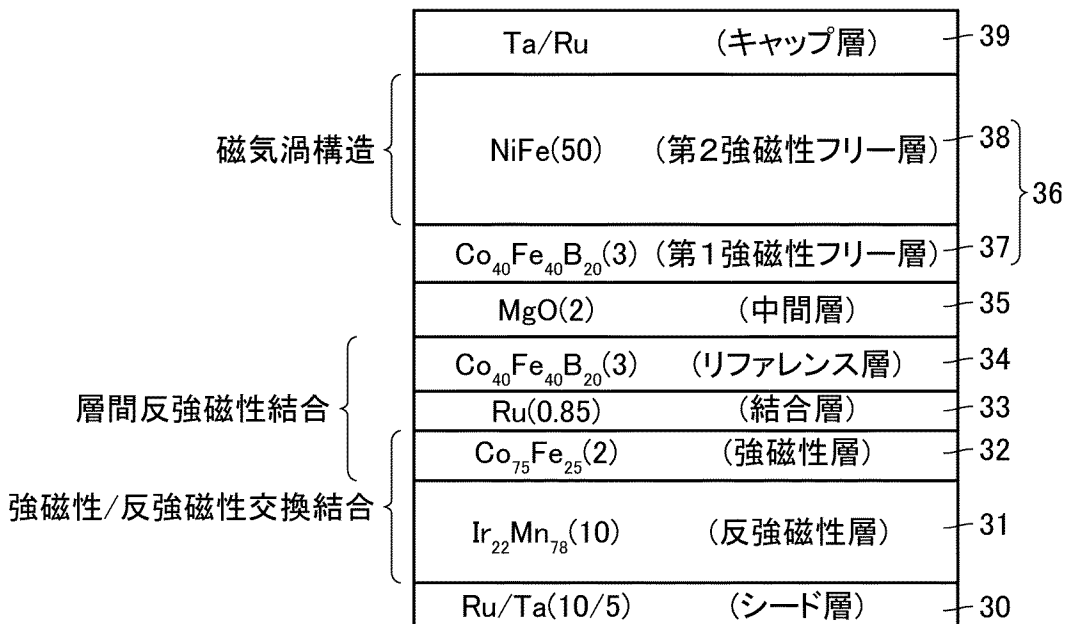
[図5]

FIG.5



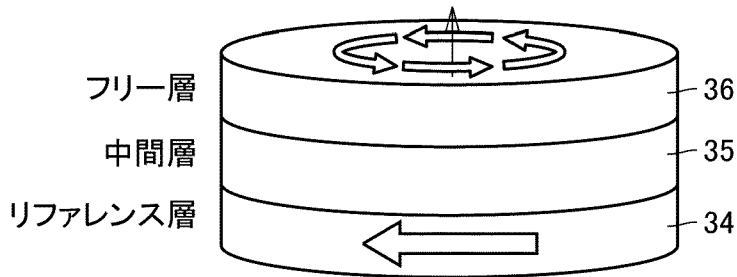
[図6]

FIG.6



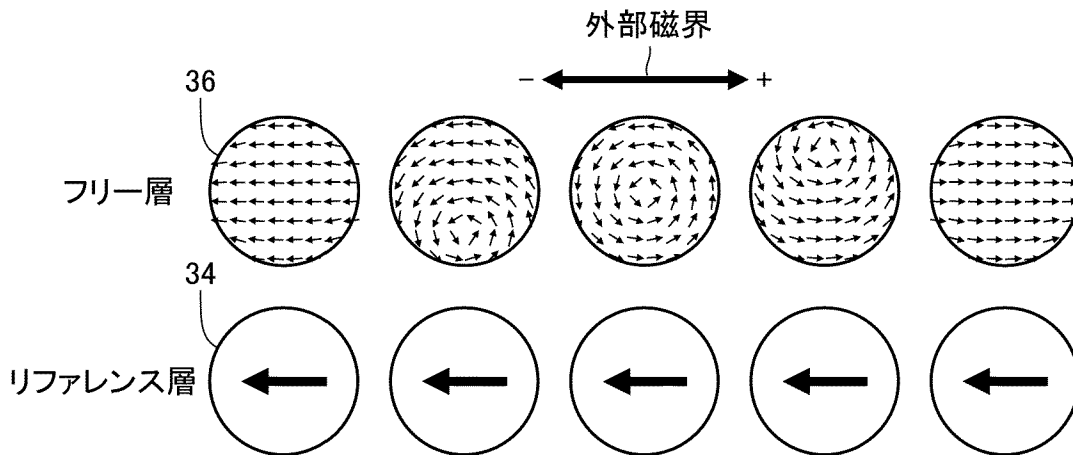
[図7]

FIG.7



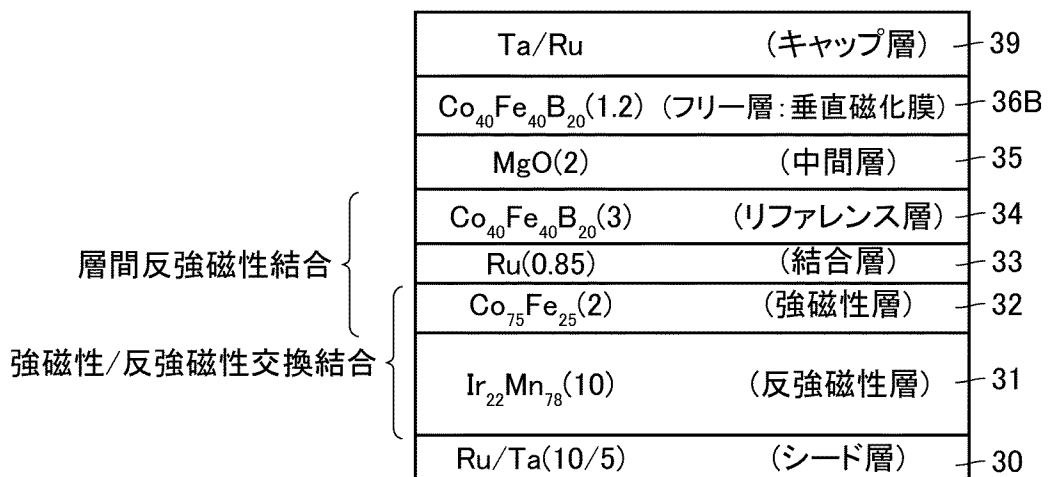
[図8]

FIG.8



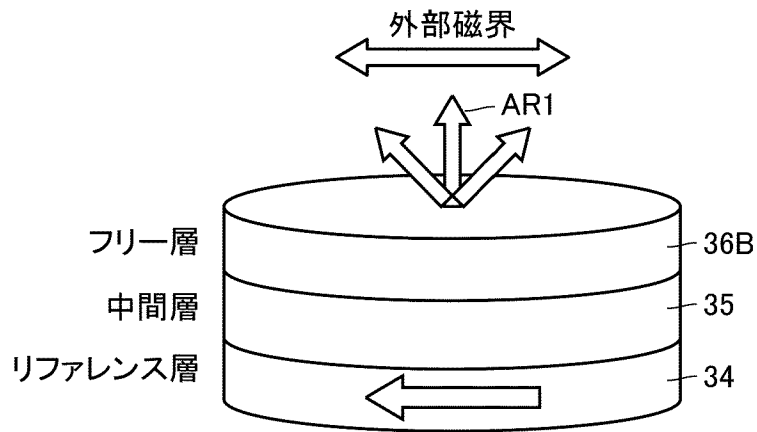
[図9]

FIG.9



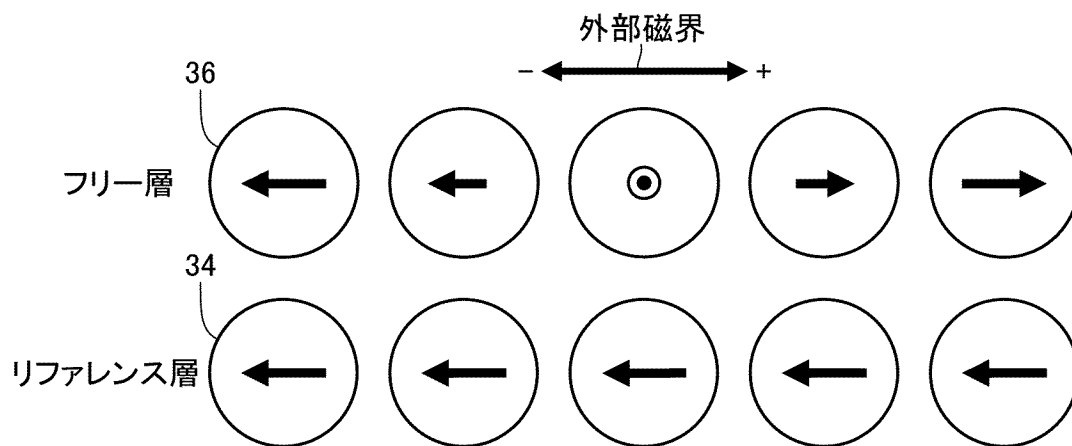
[図10]

FIG.10



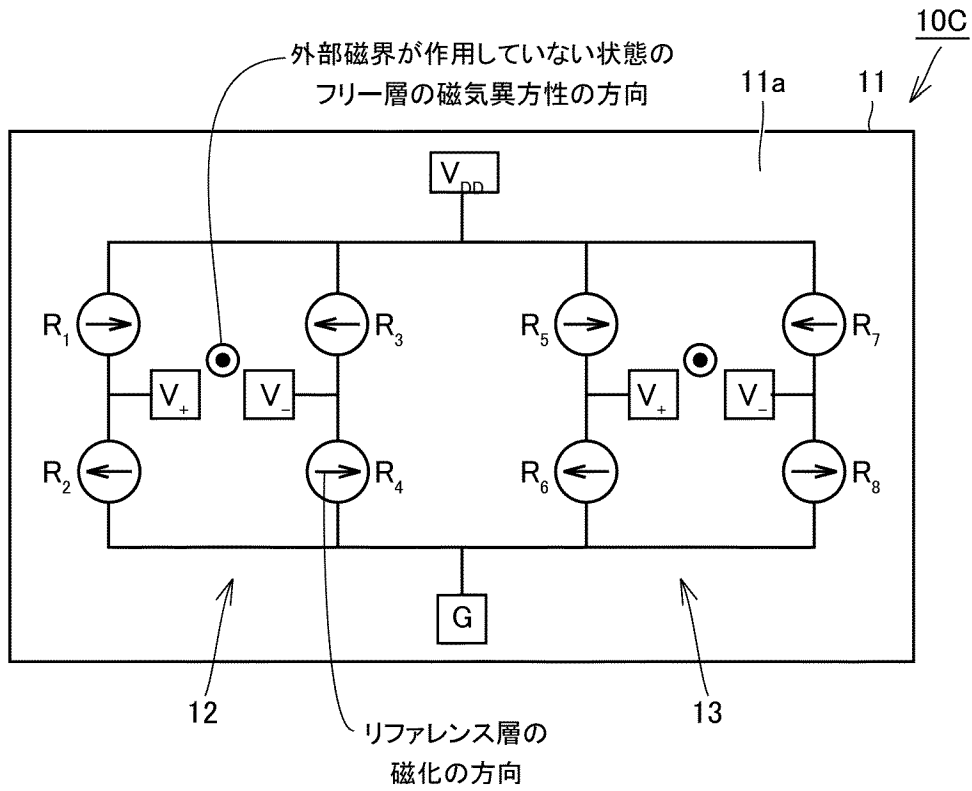
[図11]

FIG.11



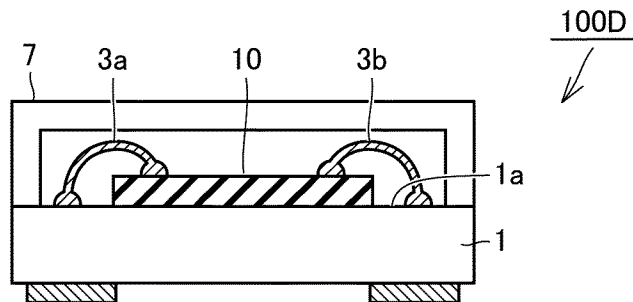
[図12]

FIG.12



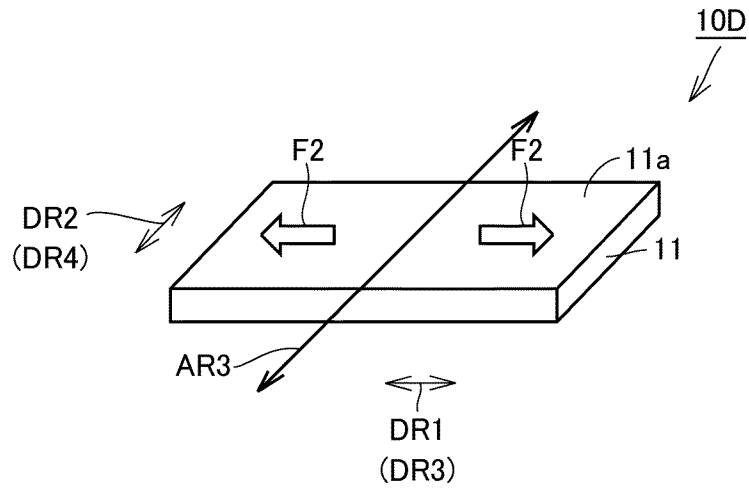
[図13]

FIG.13



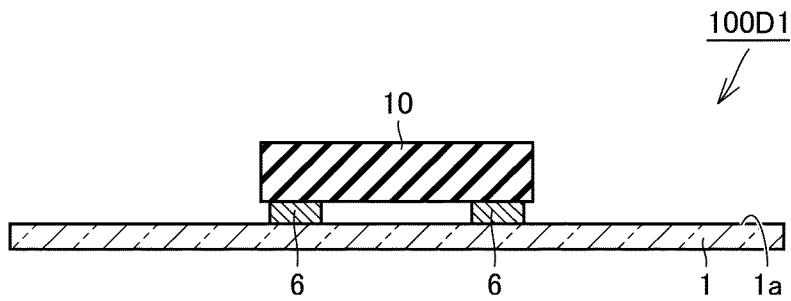
[図14]

FIG.14



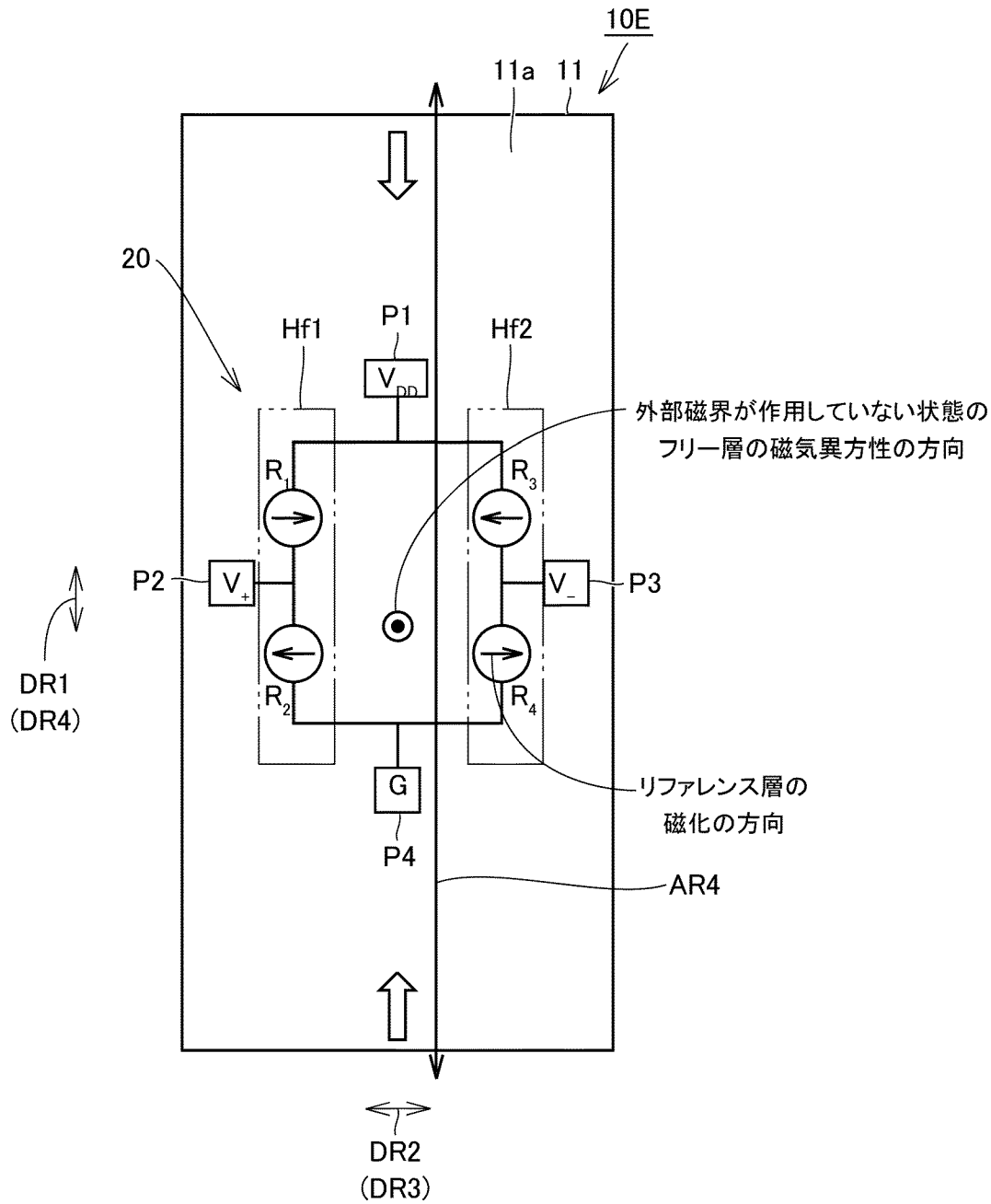
[図15]

FIG.15



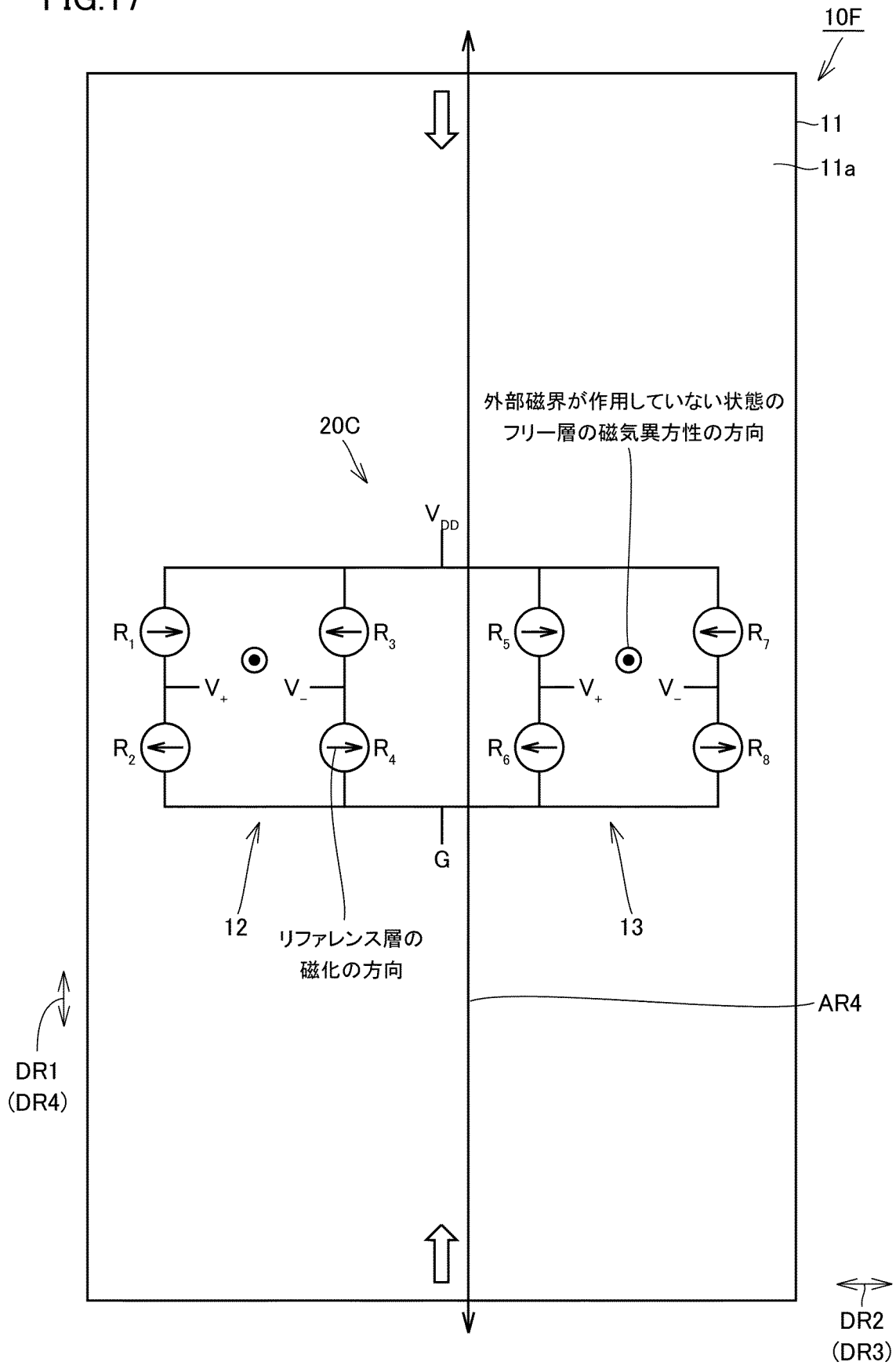
[図16]

FIG.16



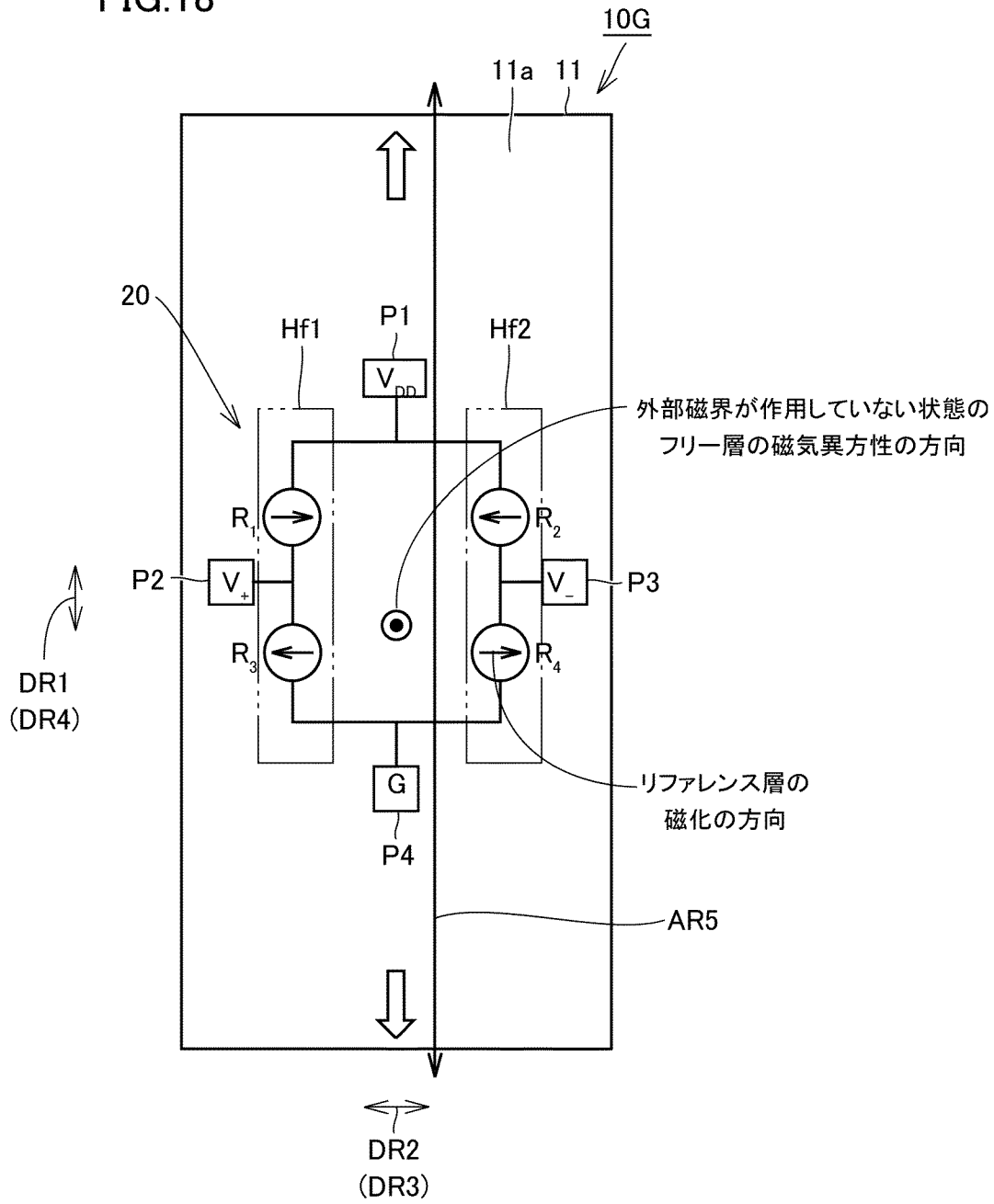
[図17]

FIG.17



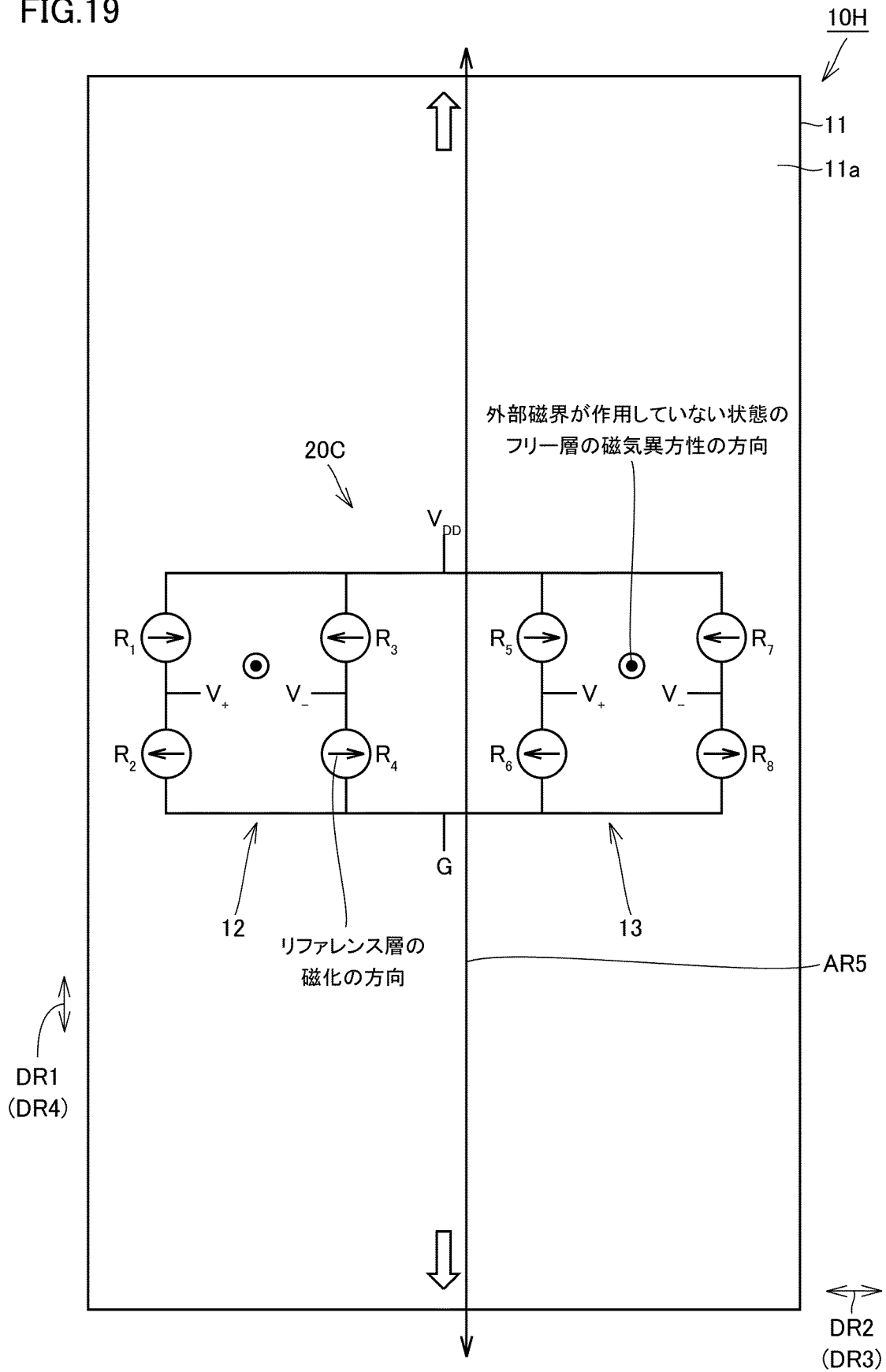
[図18]

FIG.18



[図19]

FIG.19



[図20]

FIG.20 経時的な変化によって応力が減少する場合

	応力	磁歪定数	異方性偏り	応力誘起磁気異方性	感度(応力大)	感度(応力小)	感度変動(応力大→小)	オフセット(応力大)	オフセット(応力小)	オフセット変動(応力大→小)
比較例1		正	No	異方性//感磁方向 	++	+	-	No	No	No
比較例2			→	異方性//感磁方向 	++	+	-	++	+	-
比較例3			←	異方性//感磁方向 	++	+	-	--	-	+
実施例1	フリー層の磁気異方性の向き 	負	No	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No
実施例2			↑	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No
実施例3			↓	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No
実施例4	フリー層の磁気異方性の向き 	正	No	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No
実施例5			↑	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No
実施例6			↓	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No
比較例4		負	No	異方性//感磁方向 	++	+	-	No	No	No
比較例5			→	異方性//感磁方向 	++	+	-	++	+	-
比較例6			←	異方性//感磁方向 	++	+	-	--	-	+

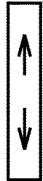
















[図21]

FIG.21 経時的な変化によって応力が増加する場合

	応力	磁歪定数	異方性偏り	応力誘起磁気異方性	感度 (応力大)	感度 (応力小)	感度変動 (応力大→小)	オフセット (応力大)	オフセット (応力小)	オフセット変動 (応力大→小)
比較例1		正	No	異方性//感磁方向 	+	++	+	No	No	No
比較例2			→	異方性//感磁方向 	+	++	+	+	++	+
比較例3			←	異方性//感磁方向 	+	++	+	-	--	-
	← →	負								
実施例1	フリー層の磁気異方性の向き ← ⊙ → 感磁方向		No	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No
実施例2			↑	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No
実施例3			↓	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No
実施例4	フリー層の磁気異方性の向き ← ⊙ → 感磁方向		No	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No
実施例5			↑	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No
実施例6		↓	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No	
	→ ←	負								
比較例4	No		異方性//感磁方向 	+	++	+	No	No	No	
比較例5	→		異方性//感磁方向 	+	++	+	+	++	+	
比較例6	←	異方性//感磁方向 	+	++	+	-	--	-		

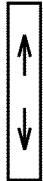



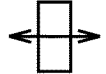
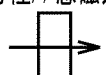

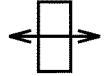
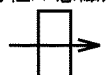
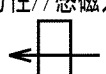



[図22]

FIG.22 経時的な変化によって応力が減少する場合

	応力	磁歪 定数	異方性 偏り	応力誘起磁気 異方性	感度 (応力大)	感度 (応力小)	感度変動 (応力大→小)	オフセット (応力大)	オフセット (応力小)	オフセット変動 (応力大→小)		
実施例7	引張⊥感磁方向 	正	No	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No		
実施例8			↑	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No		
実施例9			↓	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No		
比較例7			フリー層の 磁気異方性の向き  感磁 方向	負	No	異方性//感磁方向 	++	+	-	No	No	No
比較例8					→	異方性//感磁方向 	++	+	-	++	+	-
比較例9					←	異方性//感磁方向 	++	+	-	--	-	+
比較例10			フリー層の 磁気異方性の向き  感磁 方向 圧縮⊥感磁方向 	正	No	異方性//感磁方向 	++	+	-	No	No	No
比較例11					→	異方性//感磁方向 	++	+	-	++	+	-
比較例12					←	異方性//感磁方向 	++	+	-	--	-	+
実施例10		負	No	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No		
実施例11			↑	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No		
実施例12			↓	異方性⊥感磁方向 	--	-	+	No	No	No		

[図23]

FIG.23 経時的な変化によって応力が増加する場合

	応力	磁歪 定数	異方性 偏り	応力誘起磁気 異方性	感度 (応力大)	感度 (応力小)	感度変動 (応力大→小)	オフセット (応力大)	オフセット (応力小)	オフセット変動 (応力大→小)	
実施例7	引張⊥感磁方向 	正	No	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No	
実施例8			↑	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No	
実施例9			↓	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No	
比較例7			負	No	異方性//感磁方向 	+	++	+	No	No	No
比較例8				→	異方性//感磁方向 	+	++	+	+	++	+
比較例9				←	異方性//感磁方向 	+	++	+	-	--	-
比較例10			正	No	異方性//感磁方向 	+	++	+	No	No	No
比較例11				→	異方性//感磁方向 	+	++	+	+	++	+
比較例12				←	異方性//感磁方向 	+	++	+	+	--	-
実施例10	負	No	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No		
実施例11		↑	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No		
実施例12		↓	異方性⊥感磁方向 	-	--	-	No	No	No		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/001868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 43/08 (2006.01) i; G01R 33/09 (2006.01) i
 FI: G01R33/09; H01L43/08 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L27/22; 29/82; 43/00-43/14; G01R33/00-33/26; A61B5/04-5/05; G01C17/00-17/38; G01D5/00-5/252; 5/39-5/62; G01N27/72-27/90; G01R29/00-29/26; G01V1/00-99/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-503824 A (CROCUS TECHNOLOGY SA) 08 February 2018 (2018-02-08) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2014-240847 A (MAGIC TECHNOLOGIES INC.) 25 December 2014 (2014-12-25) entire text, all drawings	1-17
A	JP 5579218 B2 (TOSHIBA CORP.) 27 August 2014 (2014-08-27) entire text, all drawings	1-17
A	JP 6200565 B2 (TOSHIBA CORP.) 20 September 2017 (2017-09-20) entire text, all drawings	1-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
26 March 2021 (26.03.2021)

Date of mailing of the international search report
06 April 2021 (06.04.2021)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/001868

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-033007 A (TOSHIBA CORP.) 01 March 2018 (2018-03-01) entire text, all drawings	1-17
A	WO 2012/127722 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORP.) 27 September 2012 (2012-09-27) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2013-533646 A (GRANDIS, INC.) 22 August 2013 (2013-08-22) entire text, all drawings	1-17
A	WO 2010/087389 A1 (NEC CORP.) 05 August 2010 (2010-08-05) entire text, all drawings	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/001868

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-503824 A	08 Feb. 2018	US 2018/0003781 A1 entire text, all drawings	
JP 2014-240847 A	25 Dec. 2014	CN 107110921 A US 2008/0032423 A1 entire text, all drawings	
JP 5579218 B2	26 Aug. 2014	US 2013/0255069 A1 entire text, all drawings	
JP 6200565 B2	20 Sep. 2017	(Family: none)	
JP 2018-033007 A	01 Mar. 2018	US 2018/0058965 A1 entire text, all drawings	
WO 2012/127722 A1	27 Sep. 2012	US 2014/0010004 A1 entire text, all drawings	
JP 2013-533646 A	22 Aug. 2013	CN 103460374 A US 2012/0039119 A1 entire text, all drawings	
WO 2010/087389 A1	05 Aug. 2010	CN 103069602 A US 2011/0297909 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 43/08(2006.01)i; G01R 33/09(2006.01)i FI: G01R33/09; H01L43/08 Z		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L27/22; 29/82; 43/00-43/14; G01R33/00-33/26; A61B5/04-5/05; G01C17/00-17/38; G01D5/00-5/252; 5/39-5/62; G01N27/72-27/90; G01R29/00-29/26; G01V1/00-99/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2018-503824 A（クロッカス・テクノロジー・ソシエテ・アノニム）08.02.2018 （2018-02-08） 全文、全図	1-17
A	JP 2014-240847 A（マグアイシー テクノロジーズ インコーポレイテッド） 25.12.2014（2014-12-25） 全文、全図	1-17
A	JP 5579218 B2（株式会社東芝）27.08.2014（2014-08-27） 全文、全図	1-17
A	JP 6200565 B2（株式会社東芝）20.09.2017（2017-09-20） 全文、全図	1-17
A	JP 2018-033007 A（株式会社東芝）01.03.2018（2018-03-01） 全文、全図	1-17
A	WO 2012/127722 A1（ルネサスエレクトロニクス株式会社）27.09.2012（2012-09-27） 全文、全図	1-17
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	26.03.2021	国際調査報告の発送日 06.04.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 田口 孝明 2S 6002 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-533646 A (グランディス インコーポレイテッド) 22.08.2013 (2013 - 08 - 22) 全文、全図	1 - 17
A	WO 2010/087389 A1 (日本電気株式会社) 05.08.2010 (2010 - 08 - 05) 全文、全図	1 - 17

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/001868

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-503824 A	08.02.2018	US 2018/0003781 A1 全文、全図 CN 107110921 A	
JP 2014-240847 A	25.12.2014	US 2008/0032423 A1 全文、全図	
JP 5579218 B2	27.08.2014	US 2013/0255069 A1 全文、全図	
JP 6200565 B2	20.09.2017	(ファミリーなし)	
JP 2018-033007 A	01.03.2018	US 2018/0058965 A1 全文、全図	
WO 2012/127722 A1	27.09.2012	US 2014/0010004 A1 全文、全図 CN 103460374 A	
JP 2013-533646 A	22.08.2013	US 2012/0039119 A1 全文、全図 CN 103069602 A	
WO 2010/087389 A1	05.08.2010	US 2011/0297909 A1 全文、全図	