

(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
2013 年 9 月 26 日(26.09.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/141124 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 33/09 (2006.01) *H01L 43/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/057104
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 13 日(13.03.2013)
- (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 2012-066579 2012 年 3 月 23 日(23.03.2012) JP
- (71) 出願人: 日立金属株式会社(HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1058614 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川上 誠(KAWAKAMI Makoto); 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川 2 丁目 1 5 番 1 7 号 日立金属株式会社内 Osaka (JP). 高木 保規(TAKAKI Yasunori); 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川 2 丁目 1 5 番 1 7 号 日立金属株式会社内 Osaka (JP). 阿部 泰典(ABE Yasunori); 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川 2 丁目 1 5 番

1 7 号 日立金属株式会社内 Osaka (JP). 竹内 靖人(TAKEUCHI Yasuhito); 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川 2 丁目 1 5 番 1 7 号 日立金属株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 竹居 信利(TAKEI Nobutoshi); 〒1600022 東京都新宿区新宿 6-7-1 エルプリメント 新宿 1021 Tokyo (JP).

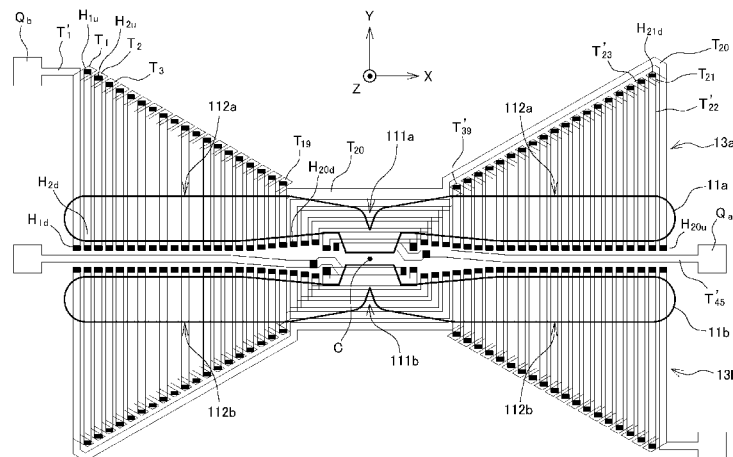
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC SENSOR DEVICE

(54) 発明の名称: 磁気センサデバイス



(57) Abstract: A magnetic sensor device comprises: a thin-film first magnetic body provided with a magnetic path merging and dividing part disposed on a predetermined axis, and at least a pair of wing-shaped parts extended from the magnetic path merging and dividing part to both sides of the axis; a thin-film second magnetic body provided with a magnetic path merging and dividing part disposed on the above axis at a distance from the magnetic path merging and dividing part of the first magnetic body, and at least a pair of wing-shaped parts extended from the magnetic path merging and dividing part to both sides of the axis; a first coil wound around the first magnetic body; a second coil wound around the second magnetic body; and a magnetoresistance effect element disposed between the magnetic path merging and dividing part of the first magnetic body and the magnetic path merging and dividing part of the second magnetic body. The first coil applies a magnetic field to a magnetic path merged into or divided from the magnetic path merging and dividing part from each of at least the pair of wing-shaped parts of the first magnetic body, the second coil applies a magnetic field to a magnetic path divided from or merged into each of at least the pair of wing-shaped parts from the magnetic path merging and dividing path of the second magnetic body, and a magnetic field is applied to the magnetoresistance effect element along the merged magnetic path.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/141124 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, 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, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

所定の軸上に配された磁路合流分流部と、磁路合流分流部から軸の両側に延伸される少なくとも一対の翼形状部とを備える薄膜の第 1 磁性体と、上記軸上にあって、第 1 磁性体の磁路合流分流部と間隔を置いて配される磁路合流分流部と、磁路合流分流部から軸の両側に延伸される少なくとも一対の翼形状部を備えた薄膜の第 2 磁性体と、第 1 磁性体に巻回される第 1 コイルと、第 2 磁性体に巻回される第 2 コイルと、第 1 磁性体の磁路合流分流部と、第 2 磁性体の磁路合流分流部との間に配される磁気抵抗効果素子と、を含み、第 1 コイルは、第 1 磁性体の少なくとも一対の翼形状部のそれぞれから磁路合流分流部に合流あるいは分流される磁路に磁場を印加し、第 2 コイルは、第 2 磁性体の磁路合流分流部から少なくとも一対の翼形状部のそれぞれに分流あるいは合流される磁路に磁場を印加し、磁気抵抗効果素子には合流された磁路に沿って磁場が印加される。

明 細 書

発明の名称：磁気センサデバイス

技術分野

[0001] 本発明は、磁気強度を検出するセンサデバイスに関する。

背景技術

[0002] 測定対象の磁場に沿って長手方向を有する複数の直線状磁性体を用い、互いに隣接する磁性体の間に、感磁素子としてのSVGM R（スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果）素子を配した電流センサが考えられている。

[0003] また、略円形の磁性材料枠の2箇所に、内側に突出した部分であって、それぞれの先端部が円形の中心付近で互に対向するように配された部分を設け、この内側突出部の互に対向する位置に磁気検知素子を配した電流センサの例が、特許文献1に開示されている。電流センサの駆動方法の例は、たとえば、特許文献2に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-174751号公報

特許文献2：特開2008-128711号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記の直線状磁性体を用いる構成によると、使い方によっては測定磁束がSVGM R素子に集中し過ぎて、測定可能な範囲の上限に近接しあるいはこれを超えることがあり、却って測定精度を低下させることがある。

[0006] 本発明は上記実情に鑑みて為されたもので、測定磁束が感磁素子に集中することを避けて、測定精度を向上できる磁気センサデバイスを提供することを、その目的の一つとする。

[0007] なお、特許文献1に開示の構造は、外部磁場の影響を低減するためのものである。この特許文献1の例では、検出対象となる電流が流れる導体を、こ

の内側に突出した部分に巻回して、当該電流による磁束が磁気検知素子に集中する構成としている。

課題を解決するための手段

[0008] 上記従来例の問題点を解決するための本発明は、磁気センサデバイスであって、所定の軸上に配された磁路合流分流部と、この磁路合流分流部から前記軸の両側に延伸される少なくとも一对の翼形状部とを備える薄膜の第1磁性体と、前記所定の軸上にあって、前記第1磁性体の磁路合流分流部と間隔を置いて配される磁路合流分流部と、この磁路合流分流部から前記軸の両側に延伸される少なくとも一对の翼形状部を備えた薄膜の第2磁性体と、前記第1磁性体に巻回される第1コイルと、前記第2磁性体に巻回される第2コイルと、前記第1磁性体の磁路合流分流部と、第2磁性体の磁路合流分流部との間に配される磁気抵抗効果素子と、を含み、前記第1コイルは、第1磁性体の少なくとも一对の翼形状部のそれぞれから前記磁路合流分流部に合流あるいは分流される磁路に磁場を印加し、前記第2コイルは、第2磁性体の前記磁路合流分流部から少なくとも一对の翼形状部のそれぞれに分流あるいは合流される磁路に磁場を印加し、前記磁気抵抗効果素子には、前記合流された磁路に沿って、磁場が印加されることとしたものである。

発明の効果

[0009] 本発明によると、測定磁束が感磁素子に集中することを避けて、測定精度を向上できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態に関連する磁気センサデバイスの概要例を表す説明図である。

[図2]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの構成例を表す平面図である。

[図3]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのコイルの各層でのパターンの例を表す説明図である。

[図4]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスでのコイルの配線例を表

す説明図である。

[図5]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの配線例を表す説明図である。

[図6]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの一部断面の例を表す断面図である。

[図7]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの一部断面の別の例を表す断面図である。

[図8]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの一部断面のもう一つの例を表す断面図である。

[図9]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスに接続される回路の例を表す概略回路図である。

[図10]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスを直列に接続する場合の接続例を表す説明図である。

[図11]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのまた別の構成例を表す平面図である。

[図12]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスを直列に接続する場合の別の接続例を表す説明図である。

[図13]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスに接続される回路の別の例を表す概略回路図である。

[図14]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスに接続される回路のまた別の例を表す概略回路図である。

[図15]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスで用いられる磁性体の形状の別の例を表す説明図である。

[図16]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのさらにまた別の構成例を表す平面図である。

[図17]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの一例における磁気抵抗効果素子の形状及び接続例を表す説明図である。

[図18]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの変形概要例を表す説

明図である。

[図19]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのもう一つの変形概要例を表す説明図である。

[図20]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのさらに別の変形概要例を表す説明図である。

[図21]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのさらにもう一つの変形概要例を表す説明図である。

[図22]本発明の一実施例に係る磁気センサデバイスによる測定対象磁場の強さに対する磁気抵抗効果素子内の磁束密度の変化例を示す説明図である。

[図23]本発明の別の実施例に係る磁気センサデバイスによる磁気抵抗変化率の例を表す説明図である。

[図24]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのまた別の構成例を表す平面図である。

[図25]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのまた別の構成例に係る磁性体の形状例を表す平面図である。

[図26]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの下部コイルのパターンのまた別の例を表す説明図である。

[図27]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの上部コイルのパターンのまた別の例を表す説明図である。

[図28]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスのさらに別の構成例を表す平面図である。

[図29]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの下部コイルのパターンのさらに別の例を表す説明図である。

[図30]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの上部コイルのパターンのさらに別の例を表す説明図である。

[図31]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体のある例を表す説明図である。

[図32]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体のもう一つの

例を表す説明図である。

[図33]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体のさらにもう一つの例を表す説明図である。

[図34]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスでの磁気抵抗効果素子の配置例を表す説明図である。

[図35]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体のまたさらにもう一つの例を表す説明図である。

[図36]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体を多層とする例を表す説明図である。

[図37]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体を多層とする例を表す断面図である。

[図38]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体を多層とする例を表すまた別の断面図である。

[図39]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体を多層とする例を表すさらに別の図である。

[図40]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体のもうひとつ別の例を表す説明図である。

[図41]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスに重ね合わせられるコイルの例を表す説明図である。

[図42]本発明の実施例に係る磁気センサデバイスによる測定対象磁場の強さに対する磁気抵抗効果素子内の磁束密度の変化例を示す説明図である。

[図43]本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイスの磁性体の例を表す説明図である。

[図44]本発明の実施例に係る磁気センサデバイスにおける磁気平衡時の磁束密度分布を表す説明図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。本発明の実施の形態に係る磁気センサデバイス1を想起する動機付けとなった構成を図1

に例示する。図 1 (a), (b) に示すように、この構成は、概念的には、面内に形成した環状の磁性体 11 と、その中心部に配された磁気抵抗効果素子 12 とを含んだものである。この磁性体 11 は周方向に、互いに中心からの角度が θ だけずれた位置における磁化方向が 2θ だけ異なるように磁化されている（図では磁化方向を矢印で示す）。

[0012] 図 1 (a) の構成では、磁気抵抗効果素子 12 は、その幅方向（磁気抵抗効果素子 12 自体の長手方向に直交する方向、複数の磁気抵抗効果素子を直列的に接続してつづら折り形状としている場合は、個々の磁気抵抗効果素子の長手方向）が感磁方向となる SVGM R（スピバルブ型巨大磁気抵抗効果）素子である。この図 1 (a) の例に係る磁気抵抗効果素子 12 は、その幅方向に磁化方向が固定された固定層（外部磁場により磁化方向が変化しない層）を有する。

[0013] 図 1 (a) の構成では、この磁気抵抗効果素子 12 の幅方向と測定対象となる磁場の方向 D（図 1 (a) で Y 軸負の方向）とが一致するよう、磁性体 11 と磁気抵抗効果素子 12 とを配する。磁性体 11 は、X 軸方向における寸法（すなわち横寸法）と Y 軸方向における寸法（すなわち縦寸法）とが 1 対 1 である。この図 1 (a) の磁性体 11 の形状は、縦横比が同じ環状であり、磁性体 11 の外周形状は真円に対応する。

[0014] また別の動機付けとなった構成では、図 1 (b) に例示するように、測定対象となる磁場の方向 D（X 軸方向）と磁気抵抗効果素子 12 の幅方向とが、磁性体 11 からその中心近傍に配された磁気抵抗効果素子 12 に印加される磁束の向き（Y 軸方向）に直交するように（つまり X 軸方向となるように）、磁性体 11 と磁気抵抗効果素子 12 とを配してもよい。この場合は磁気抵抗効果素子 12 の幅方向と、磁性体 11 から磁気抵抗効果素子 12 に印加される磁束の向きとが直交するようにそれぞれが配される。図 1 (a) の例による磁気センサデバイス 1 は例えばフィードバック方式の電流センサとして利用する際に適した態様のもととなった構成であり、図 1 (b) の例による磁気センサデバイス 1 は、例えば磁気比例方式の電流センサに適した態様

のもととなった構成である。

[0015] 本発明の実施の形態の一例に係る磁気センサデバイス 1（以下、他の例と区別する必要のあるときにはこれをタイプ 1 と呼ぶ）を図 2 に示す。この例の磁気センサデバイス 1 は、縦横比の異なる環状をなす磁性体 11 と、その中心 C の近傍に配された磁気抵抗効果素子 12 と、磁性体 11 を挟んで積層され、コイル 13 の下部パターン 13a と、及びコイル 13 の上部パターン 13b をそれぞれ含んだ層とを備える。この磁気センサデバイス 1 は、図 2 で D の方向（Y 軸負の方向）へ外部から印加される磁場を測定することが可能なものである。磁性体 11 において、X 軸方向における寸法（すなわち横寸法）は Y 軸方向における寸法（すなわち縦寸法）よりも大きい。図 2 の磁性体 11 の形状は、縦横比が異なる環状であり、磁性体 11 の外周形状は真円ではない。

[0016] ここで磁性体 11 や、コイル 13 の下部パターン 13a 及び上部パターン 13b は平面視では互いに重なりあって陰となる部分があるので、現実には容易には視認できるものではないが、図 2 の磁気センサデバイス 1 の平面図では、説明のために磁性体 11、磁気抵抗効果素子 12、コイル 13 の各部を透過した状態を示している。

[0017] 磁性体 11 は、例えば鉄とニッケルの合金（パーマロイ）であり、本実施の形態のある例では、厚さ $1\ \mu\text{m}$ 、飽和磁束密度 $B_s = 1.45\ \text{T}$ 、初透磁率 $\mu_i = 2000$ である。さらにこの磁性体 11 は、その中心 C（幅方向及び長手方向の中心）を通して短径方向に延びる線分と、磁性体 11 とが交差する位置に、磁気抵抗効果素子 12 に向けた絞り部 100 が設けられて、その内周及び外周形状が実質的に垂鈴（ダンベル）形状をなす。絞り部 100 は、X 軸方向に磁性体の幅を狭めている箇所を指す。垂鈴形状は、C 字状を、その開口で向い合わせて接続した形状、あるいは数字の 3 の字を向かい合わせて、上側弧の上部と下側弧の下部とを接続した形状に相当する。ここで内周は中心 C を通り Y 軸に平行な線に対して線対称であり、絞り部 100 に至るまでは、その内周の Y 軸方向の幅 w は、中心 C から離れるほど狭くなるよ

うに形成されている。またそのY軸に実質的に平行な部分 L_y は、他の部分よりも幅広に形成されている。これにより、より大きな外部磁場に対しても飽和しにくくなる。一例としてこの幅が $100\mu\text{m}$ であるときには、約 3182A/m (400e)、 $150\mu\text{m}$ のときには約 3422A/m (430e)、 $200\mu\text{m}$ のときには、約 3740A/m (470e) の外部磁場を印加できる。

[0018] また磁性体11の絞り部100には磁気抵抗効果素子12に向けてその幅が狭められたテーパ（つまり、磁気抵抗効果素子12に近接するほど幅が狭くなる部分）が形成されている。X軸方向における幅が狭められているので、絞り部の側面はY軸に対して斜めになって、テーパを為している。さらにこの絞り部100の外周側（中心を通る短径方向に延びる線分に交差する位置の外周部）には、中心C、つまり磁気抵抗効果素子12に向けた切込みU（X軸方向両側で磁場の向きがY軸に関して対称となっている部分で、V字状の凹部をなす部分）が形成されてもよい。この磁性体11には、その周方向に半周で一回転する方向の磁場を形成するようにコイル13が巻回される。

[0019] また本実施の形態の一例では、この磁性体11には、中心Cを通り短径方向に延びる線分に交差する位置における磁性体11の幅が、中心Cを通り長径方向に延びる線分に交差する位置における磁性体11の幅よりも細く形成されている。

[0020] 磁気抵抗効果素子12は、例えばスピバルブ型の巨大磁気抵抗効果素子（SVGMR素子）であり、ここではその幅方向（長手方向に直交する方向）に固定層が磁化されており、この幅方向の磁場の強さに応じた抵抗値を呈する。本実施の形態の一例では、この磁気抵抗効果素子12は、その幅方向がY軸に平行になるように配される。スピバルブ型の巨大磁気抵抗効果素子として、固定層の磁化方向をセルフピンで固定する方式を採用することが好ましい。セルフピン方式の固定層としては、たとえば、強磁性層、Ru層および強磁性層を積層した構成であって、Ru層を介して強磁性層同士が反

強磁性結合を為すものを用いることができる。

[0021] コイル 1 3 は、磁性体 1 1 が形成された面より下層に積層された面に配される下部パターン 1 3 a と、磁性体 1 1 が形成された面の upper 層に積層された面に配される上部パターン 1 3 b とを含む。この下部パターン 1 3 a を図 3 (a) に、上部パターン 1 3 b を図 3 (b) にそれぞれ示す。これらの図 3 (a), (b) において、円形で示される部分はいずれもビアホール の位置を示すものであって、上部パターン 1 3 b と下部パターン 1 3 a との対応する位置に存在し、当該互いに対応する円形部分をビアホールを介して電氣的に接続する部分にあたる。また下部パターン 1 3 a と上部パターン 1 3 b との矩形のパッド部 Q 1 ~ Q 6 は互いに電氣的に接続される。なお、以下の説明で、磁性体 1 1 の長径方向を X 軸 (図中右方向を X 軸正の方向とする)、これに対する方向を Y 軸 (図中上方向を Y 軸正の方向とする) とする。

[0022] また、配線又はコイルが X Y 平面上で屈曲して曲がる箇所には、屈曲における角及び凹部を結ぶ横断線を図示している。横断線を介することで、配線又はコイルを複数の矩形状の線を連結したものとして図示している。ただし、ビアホール間、或いはビアホール及びパッド部間において、横断線のない連続的な単一の線によって配線又はコイルを構成してもよい。

[0023] またこれらの下部パターン 1 3 a 及び上部パターン 1 3 b は、磁性体 1 1 の環状の中心に対して点対称な部分を含む。

[0024] 図 4 (a) は、図 3 (a) に示した下部パターン 1 3 a のうち、磁性体 1 1 の長径に平行な線分 (対称軸に相当する線分) から Y 軸正の方向のみを取出した図であり、図 4 (b) は、図 3 (b) に示した上部パターン 1 3 b のうち、磁性体 1 1 の長径に平行な線分 (対称軸に相当する線分) から Y 軸正の方向のみを取出した図である。これらのパターンに含まれる巻線の少なくとも一部は、直線状でなく、X 軸に平行な平行部分 L と、これに斜めに交わる部分 (磁性体の周方向に対して所定角度範囲の角度で斜めに交わる部分、以下、斜交部と呼ぶ) S とを含む。つまり、このパターンは途中で屈曲している。

- [0025] 図4 (a) の下部パターン13aの巻線T1は、パッド部Q1からビアホールH1-H1'を介して、図4 (b) に示す上部パターン13bの巻線T1'に接続されている。上部パターン13bの巻線T1'は、ビアホールH12'-H12を介して、下部パターン13aの巻線T2に接続される。
- [0026] 巻線T2には、斜交部S2が含まれ、ビアホールH2-H2'を介して、下部パターン13bの巻線T2'に接続される。この巻線T2'にも斜交部が含まれる。以下、それぞれ対応するビアホールを通して下部パターン13aと上部パターン13bとを往来しつつ、磁性体11に対して巻線T3, T3', T4..., T5'が巻きかかるように形成される。
- [0027] ここで巻線T1, T2..., T5及びT1', T2'..., T5'では、X軸正の方向にある巻線ほど、斜交部Sの長さが長くなる。斜交部SのY軸に対する角度は一定となっており、その角度は例えば20度(X軸に対して70度)となっている。
- [0028] また、巻線T6は、ビアホールH6-H6'を介して上部パターン13bの巻線T7'に接続される。巻線T7'は、ビアホールH7'-H7を介して下部パターン13aのZ字状の巻線T7に接続される。この巻線T7は、二つの斜交部S7-1とS7-2と、平行部分P7とを有する。この斜交部S7-1を延長した延長線は、斜交部S7-2を延長した延長線とは、Y軸に対して線対称となる。巻線T7は、ビアホールH17-H17'を介して上部パターン13bのΠ字状の巻線T8'に接続される。以下、それぞれ対応するビアホールを通して下部パターン13aと上部パターン13bとを往来しつつ、磁性体11に対して巻線T8, T9', T9..., T11, T12'が巻きかかるように形成される。これらの巻線T8, T9..., T11、及びT8', T9', ..., T11'の少なくとも一部(図4では、T8, T9, T8', T9')は、それぞれ2つの斜交部Sを備えたY軸に関して、接合箇所等の縁部を除き、概略対称な形状となっている。
- [0029] なお、ここでの例では、巻線T10, T11, T11', T12'は、それぞれの実質的にX軸に平行な部分は、磁性体11の絞り100に巻きかか

るように構成されている。また巻線 $T12'$ は、ビアホール $H112'-H112$ を介して巻線 $T12$ に接続される。巻線 $T12 \cdots T16$, $T13' \cdots T16'$ は、それぞれ実質的に巻線 $T5$, $T4 \cdots T1$, $T5'$, $\cdots T2'$ のそれぞれと、 Y 軸に対して線対称の形状を有するものである。巻線 $T16$ は、ビアホール $H116-H116'$ を介して巻線 $T17'$ に接続され、巻線 $T17'$ はビアホール $H117'-H117$ を介してパッド部 $Q2$ に接続される。

[0030] なお、図3の例では、パッド部 $Q3$ は、下部パターン $13a$ において配線を介して、磁気抵抗効果素子 12 の端子の一端側に接続される。またパッド部 $Q6$ は、下部パターン $13a$ と同じ層にある配線を介して、磁気抵抗効果素子 12 の端子の他端側に接続される。

[0031] 本実施の形態の一例では、図5に例示するように、パッド部 $Q4$ にコイル電流 I_c を印加する。またパッド部 $Q5$ は、パッド部 $Q2$ に接続される。さらにパッド部 $Q1$ はコイル電流 I_c の共通端子(GND)に接続される。パッド部 $Q3$ には磁気抵抗効果素子 12 の電源電圧 V_{cc} を印加し、パッド部 $Q6$ を出力端子 V_{out} (磁気抵抗効果素子 12 の共通端子(GND)からの電位 V_{out} を表す電圧信号の出力端子)とする。このパッド部 $Q4$ から印加されるコイル電流 I_c がコイル 13 に流れることで、コイル 13 が磁性体 11 に、互いに中心からの角度が θ だけずれた位置における磁化方向が 2θ だけ異なるように磁化する。ここでの例では、絞り部 100 において絞りの方向に沿って(つまり磁気抵抗効果素子 12 の幅方向に平行に)磁性体 11 が磁化される。

[0032] 図6は、図3に例示した磁気センサデバイス1の一部を、磁性体 11 の中心を通る線分(図5の $VI-VI$ 線分)に沿って破断したときのその中心近傍(磁気抵抗効果素子 12 の近傍)を表す概略の断面図の一例である(図7, 図8も同様)。図6では理解の容易のために、コイル 13 等はその配置の概要を示しており、巻数等を減らして図示している。図6に例示する、本実施の形態のある例に係る磁気センサデバイス1は、次の要領で製造される。

[0033] すなわち、まず基板 10 上に 2 層の絶縁層 (SiO_2 (基板側) 及び Al_2O_3 (絶縁膜 22 側)) 21 を形成し、この上に幅 $10\ \mu\text{m}$ の磁気抵抗効果素子 12 (SVGMR 素子の膜) を偶数個、薄膜プロセスにより形成する。そしてさらにこの磁気抵抗効果素子 12 の膜よりも厚い絶縁膜 22 を形成し、この絶縁膜 22 上に、パーマロイ等による磁性体 11 と、それに巻回されるアルミニウムのコイル 13 の下部パターン 13a とを形成し、これらを樹脂 23 (絶縁体) により封止する。次に樹脂 23 の、コイル 13 のビアホール H を形成して下部パターン 13a のビアホール H の相当箇所に導体を接続する。次にこれらの導体に対し、それぞれ接続するコイル 13 の上部パターン 13b を形成し、さらに樹脂 23 (絶縁体) により封止する。ただし、コイルに導通するパッド部 Q は樹脂から露出させる。磁性体 11 は、磁気抵抗効果素子 12 の磁束の向きに沿った両側に約 $2\ \mu\text{m}$ ほどの幅をとって配する。またこの例では磁気抵抗効果素子 12 は、磁性体 11 よりも基板 10 側 (下層側) に配され、磁性体 11 はその中心 C 近傍において、磁気抵抗効果素子 12 に向かって下層側へ延伸されてもよい。

[0034] また別の例を図 7 に例示する。図 7 の例では、基板 10 上に 2 層の絶縁層 (SiO_2 (基板側) 及び Al_2O_3 (絶縁膜 22 側)) 21 を形成した後、この上に磁気抵抗効果素子 12 と、パーマロイによる磁性体 11 と、それに巻回されるアルミニウムのコイル 13 の巻線 (下部パターン 13a) とを形成する。そして磁気抵抗効果素子 12 を磁性体 11 と同じ層上に形成してから絶縁膜 22 にて絶縁し、その後全体を樹脂 23 により封止する。次に樹脂 23 の所定位置にビアホール H を形成して、コイル 13 の巻線 (下部パターン 13a) の各対応箇所に対して導体を接続する。次にこれらの導体に対し、それぞれ接続するコイル 13 の巻線 (上部パターン 13b) を形成し、さらに樹脂 23 (絶縁体) により封止する。

[0035] さらに別の例を図 8 に例示する。図 8 の例では、基板 10 上に 2 層の絶縁層 (SiO_2 (基板側) 及び Al_2O_3 (絶縁膜 22 側)) 21 を形成した後、この上に、パーマロイによる磁性体 11 と、それに巻回されるアルミニウムのコイル

13の巻線（下部パターン13a）を形成し、樹脂23により封止する。その後、薄膜プロセスにより磁気抵抗効果素子12を形成してから絶縁膜22を形成し、この絶縁膜22の所定位置にビアホールHを形成し、コイル13の巻線（下部パターン13a）の各対応する位置に導体を接続する。次にこれらの導体に対し、それぞれ接続するコイル13の巻線の残りの部分（上部パターン13b）を形成し、樹脂23により封止する。この場合、磁気抵抗効果素子12は、磁性体11よりも上層（基板10とは反対側の層）に位置する。

[0036] これら図6から図8に示したいずれの例においても、磁気抵抗効果素子12は、図6や図8の例のように、磁性体11と同じ面に配されなくても構わない。またこれらの例で絶縁層21は、2層でなくてもよく、 SiO_2 、 Al_2O_3 、窒化ケイ素等の1層の膜、またはこれらを積層した多層の膜としても構わない。

[0037] 本実施の形態の一例に係る磁気センサ回路は、いわゆる磁気平衡型の回路であり、例えば電流センサとして利用できる。この磁気センサ回路は、図9に例示するように、磁気抵抗効果素子12の一端側は直流のバイアス電源電圧 V_{cc} の供給を受けるよう接続され、また、コンパレータ14の負極（－）端子に接続される。また、磁気抵抗効果素子12の他端側は共通端子（GND）に接続される。なお、コンパレータ14の正極（＋）端子は、基準電源15を介して共通端子（GND）に接続される。基準電源15の出力電位は、磁場のない場所における磁気抵抗効果素子12の電位とする。

[0038] このコンパレータ14の出力は、コイル13の一端側（パッド部Q4）に、波形整形部41とローパスフィルタ（LPF）42とを介して接続され、また、出力端子OUTに接続される。さらにコイル13の他端側（パッド部Q6）は固定抵抗器16を介して共通端子（GND）に接続される。

[0039] 本実施の形態のこの一例に係る磁気センサデバイス1は、磁気抵抗効果素子12が出力する電圧信号を、コンパレータ14、波形整形部41及びLPF42を通じて得る。このLPF42を介して得られた出力は、基準電源の

電位と磁気抵抗効果素子 1 2 の出力する電圧信号の電位との差に比例する電圧信号となる。

[0040] ここで、この磁気センサデバイス 1 を被測定電流の流れる導体（例えばバス・バー）の近傍に配すると、この被測定電流により生じる誘導磁場により磁気抵抗効果素子 1 2 の抵抗値が変化する。するとその出力電位が磁場のないときの電位（既に述べたように基準電源の電位はこの電位に等しくしておく）からずれるので（オフセット）、コンパレータ 1 4、波形整形部 4 1 及び L P F 4 2 を通じて得られる出力は、この電位のずれ量に応じた大きさの電圧信号となる。この電圧信号が被測定電流（バス・バー内を流れる電流）により生じる誘導磁場の強さを表す。

[0041] この電圧信号はコイル 1 3 の一端側に供給され、コイル 1 3 に電流が流れることにより、磁場（キャンセル磁場）を生じる。そしてこのキャンセル磁場による磁束が、被測定電流から生じる誘導磁場とともに、磁性体 1 1 を通って磁気抵抗効果素子 1 2 に印加される。そして磁気抵抗効果素子 1 2 を通る磁束がゼロとなるとき（磁気抵抗効果素子 1 2 の出力電圧が基準電位 1 5 と同じとなるとき）のコイル 1 3 に供給した電流量に比例した電圧信号 V を取り出す（O U T）。すると、この電圧信号 V が、被測定電流（上記の例ではバス・バー内を流れる電流）の電流量に比例した出力信号となる。

[0042] なお、この場合に、バス・バーと、本実施の形態の磁気センサデバイス 1 との間には、適宜磁気シールドを配して、バス・バー内の電流によって生じる磁場を選択的に、磁気センサデバイス 1 に印加するようにしても構わない。

[0043] また、本実施の形態の磁気センサデバイス 1 は、複数の磁気センサデバイス 1 を直列に接続したものであってもよい。この場合、磁気センサデバイス 1 は図 1 0 に例示するように、測定磁場に平行に配列され、一方側の磁気センサデバイス 1 a のパッド部 Q 1' と、他方側の磁気センサデバイス 1 b のパッド部 Q 4 とが電氣的に接続され、また一方側の磁気センサデバイス 1 a のパッド部 Q 6' と、他方側の磁気センサデバイス 1 b のパッド部 Q 3 とが

電氣的に接続される。この例では一方側の磁気センサデバイス 1 a のパッド部 Q 6' または他方側の磁気センサデバイス 1 b のパッド部 Q 3 の電位が、後に述べる検出出力の共通電位からの出力電位 V_{out} となる。

[0044] さらに他方側の磁気センサデバイス 1 b のパッド部 Q 1 はコイル電流 I_c の共通端子 (GND) に接続され、磁気センサデバイス 1 b のパッド部 Q 6 は、検出出力の共通電位となる。この構成よると、ブリッジ回路を利用する場合に比べて小さい励磁電流で動作させることができるので、動作に必要な消費電力量を小さくできる。

[0045] また、ここまでの例ではパッド部 Q 2 とパッド部 Q 5 (及びパッド部 Q 2' とパッド部 Q 5') とを外部導線により電氣的に接続していたが、図 1 1 に例示するように、コイル 1 3 の下部パターン 1 3 a または上部パターン 1 3 b と同じ層に配線 Q を形成し、パッド部 Q 2, Q 5 (及び Q 2', Q 5') に対応するコイル 1 3 の各部分を電氣的に接続してもよい。

[0046] このようにすると、図 1 1 に例示されるように、パッド部 Q 1, Q 3, Q 4, Q 6 を、磁性体 1 1 に対し、Y 軸の一方側 (片側) だけに形成できるようになる。この図 1 2 に例示した磁気センサデバイス 1 を複数、直列に接続する場合は、図 1 2 に例示するように Y 軸方向に複数配することとしてもよい。

[0047] ここで、図 1 0 または図 1 2 に例示したように、磁気センサデバイス 1 を二つ備える構成とする場合は、それぞれの磁気抵抗効果素子 1 2 の固定層の磁化方向を、外部磁場の方向 D に対して、逆向きにする。

[0048] この場合は、これらの磁気センサデバイス 1 を用いた磁気平衡型の回路とすることができ、例えば電流センサとして利用できる。この場合は、図 1 3 に例示するように、一方の磁気センサデバイス 1 a の磁気抵抗効果素子 1 2 a の一端側は直流バイアス電源 V_{dd} の供給を受けるよう接続され、他端側は、他方の磁気センサデバイス 1 b の磁気抵抗効果素子 1 2 b の一端側に接続される。また磁気抵抗効果素子 1 2 b の他端側は共通端子 (GND) に接続される。このとき、磁気抵抗効果素子 1 2 a の一端側から他端側へ向かう

方向に直交する固定層の磁化方向と、磁気抵抗効果素子 1 2 b の一端側から他端側へ向かう方向に直交する固定層の磁化方向とが互いに逆向きとなるように接続する。また、磁気抵抗効果素子 1 2 a の他端側、つまり磁気抵抗効果素子 1 2 b の一端側を端子 p として、この端子 p は、コンパレータ 1 4 の負極（－）端子に接続される。なお、コンパレータ 1 4 の正極（＋）端子は、基準電源 1 5 を介して共通端子（GND）に接続される。基準電源 1 5 の出力電位は、磁場のない場所における磁気抵抗効果素子 1 2 a, b の中点電位とする。

[0049] 一方、各磁性体 1 1 に巻回されるコイル 1 3 は互いに直列に接続されており、このコンパレータ 1 4 の出力は、当該直列に接続されたフィードバックコイル 1 3 の一端側に、波形整形部 4 1 とローパスフィルタ（LPF）4 2 と定電流出力部（またはインダクタ）4 3 とを介して接続される。またこのコイル 1 3 の一端側には、三角波発生回路 4 4 が結合容量 C を介して接続されている。さらにコイル 1 3 の他端側は固定抵抗器 1 6 を介して共通端子（GND）に接続され、また三角波除去部（ローパスフィルタでよい）4 5 を介して出力端子 OUT に接続される。

[0050] この例に係る磁気センサデバイス 1 には、三角波発生回路 4 4 の発生する三角波状に変化する電流がコイル 1 3 に常時供給される。従って、この三角波状の電流による誘導磁場が磁性体 1 1 を通じて磁気抵抗効果素子 1 2 に印加され、磁気抵抗効果素子 1 2 の中点電位の出力として、三角波状の電流による誘導磁場を印加しない場合の出力電位（基準電位）を中心として矩形波状に変化する出力が得られる。

[0051] この磁気抵抗効果素子 1 2 の中点電位の出力を、コンパレータ 1 4、波形整形部 4 1 及び LPF 4 2 を通じて得ると、デューティ比が略 1 : 1 の矩形波状の信号が得られることとなる。

[0052] ここで、この磁気センサデバイス 1 を被測定電流の流れる導体の近傍に配すると、この被測定電流により生じる誘導磁場により磁気抵抗効果素子 1 2 a, b の抵抗値が変化する。すると端子 P の電位が中点電位からずれるので

(DCオフセット)、三角波状に変化する出力電位が基準電位からずれることとなる。この結果、コンパレータ14、波形整形部41及びLPF42を通じて得られる中点電位の出力は、電位のずれ量に応じて三角波のデューティ比が1:1から $T_p:T_n$ ($T_p \neq T_n$)へ変化したものとなる。この T_p と T_n との差が被測定電流により生じる誘導磁場の強さを表す。

[0053] 定電流出力部43は、例えばインダクタであり、中点電位の出力に応じて、基準電位より高い中点電位が得られている区間と、基準電位より低い中点電位が得られている区間とで電流の向きを異ならせた、一定の大きさの電流を出力する。

[0054] この電流はコイル13に供給され、コイル13が磁場（キャンセル磁場）を生じる。そしてこのキャンセル磁場による磁束が、先の三角波状の電流による磁束や、被測定電流から生じる誘導磁場とともに、磁気ヨーク11を通して磁気抵抗効果素子12a, bに印加される。そして磁気抵抗効果素子12a, bを通る磁束がゼロとなるときのコイル13に供給した電流量に比例した電圧信号Vを、三角波除去部45によって三角波を除去した上で固定抵抗器16の両端から取り出す(OUT)。すると、この電圧信号Vが、被測定電流の電流量に比例した出力信号となる。

[0055] また本実施の形態の磁気センサデバイス1を複数用いて、ブリッジ回路を形成してもよい。この場合は図14に例示するように、各磁気センサデバイス1a, 1b, 1c, 1dに含まれる磁気抵抗効果素子12a, 12b, 12c, 12dをブリッジに接続する。なお、図14において磁気抵抗効果素子12を表す矩形内の矢印は、それぞれの固定層の磁化方向を表す。なお、図9と同じ構成となるものについては、同じ符号を付してその詳しい説明を省略する。また図14におけるコイル13は、各磁気センサデバイス1a, 1b, 1c, 1dでバイアスを印加する為のコイルをまとめて、1つの符号(13)を付して表したものである。

[0056] さらに図2、図10、図11、図12に例示した磁気センサデバイス1では、その磁性体11の内周は、中心Cから離れるほどY軸方向の幅wが小さ

くなるように形成されていた。しかしながら本実施の形態における磁性体 11 の形状はこれに限られない。本実施の形態のある例に係る磁性体 11 は、例えば図 15 に例示するように、絞り部 100 を除く内周 P の Y 軸方向の幅 w の変化量を小さくしてもよい。つまり、絞り部 100 を除く部分を、X 軸に実質的に平行になるよう形成してもよい。なお、図 15 では説明のためにコイル 13 を省略して図示している。この内周の Y 軸方向の幅 w は、図 2 等に示した例で最も狭い部分での幅に合わせる。このように内周を狭めることで、磁気抵抗効果素子 12 に対して磁性体 11 から印加される磁束の密度が高められる。

[0057] また、図 3 (a), (b) 等に示したように、コイル 13 のパターンは上層パターン 13 b と、下層パターン 13 a とで必ずしも同じでない部分が存在する (図 3 において A とした部分)。しかしながら、これらの部分を一致させる (上層パターン 13 b に、下層パターン 13 a を一致させる) こととしてもよい。これにより、コイル 13 による印加磁場の強さを大きくできる。

[0058] また本実施の形態の一態様によると、磁気センサデバイス 1 は、図 16 (a) ~ (c) に例示するように磁気抵抗効果素子 12 を、その幅方向が、磁性体 11 から磁気抵抗効果素子 12 に印加される磁束の向きに直交するように配してもよい。この例では、この磁気抵抗効果素子 12 の幅方向に向かう外部磁場の強さを測定することが可能になる。なお磁気抵抗効果素子 12 は、図 16 (a), (b) に例示されるように、複数配されてもよい。磁気抵抗効果素子 12 を複数配置する場合は、各磁気抵抗効果素子 12 a, b を、図 17 (a), (b) に例示するように、その長手方向につづら折り (ミランダ形状) として電氣的に、互いに直列に接続してもよい。この場合は、磁気抵抗効果素子 12 a の一方側端 (磁気抵抗効果素子 12 b に接続されない側) に電源電圧 V_{cc} を印加し、磁気抵抗効果素子 12 b の一方側端 (磁気抵抗効果素子 12 a に接続されない側) を共通端子 (GND) に接続する。また、磁気抵抗効果素子 12 a または磁気抵抗効果素子 12 b の他方側端 (

互いに接続される側)を出力端子とする。つまり一对の磁気抵抗効果素子 1 2 の中点電位を出力電位とする。なお、図 1 7 において、電源電圧 V_{cc} を印加することを示す矢印は、磁気抵抗効果素子の長手方向に対応している。紙面において、左右の方向は磁気抵抗効果素子に印加される外部磁場の向きに対応している。

[0059] また、この場合、磁気抵抗効果素子 1 2 a, b のそれぞれの固定層の磁化方向は、一定とし(すなわち X 軸に沿った向きとし)、磁気抵抗効果素子 1 2 a, b とで互いに対向する方向(逆方向)とする。このとき、屈曲部分において自由層の磁化がスムーズに回転しにくくなる場合には、図 1 7 (b) に例示するように屈曲部を金属による配線 W としてもよい。またこのように配線 W を用いると、磁気抵抗効果素子 1 2 のヒステリシスが抑制される。

[0060] この例では磁性体 1 1 から磁気抵抗効果素子 1 2 に印加される磁場は、測定対象磁場を相殺するフィードバック磁場ではなく、測定対象磁場に直交するバイアス磁場となる。また磁性体 1 1 の形状は、図 1 6 (b), (c) に例示するように、絞り部 1 0 0 において切込み U を有さず、外周側に凸となる形状であってもよい。

[0061] さらにこの例では、磁性体 1 1 の形状は、測定対象の磁場の強さ H とバイアス磁場の強さ H_b との大小に応じて次のように異ならせてもよい。具体的には、測定対象磁場の方向の磁性体 1 1 の外径を b 、これに直交するバイアス磁場の方向の磁性体 1 1 の外径を a とするとき、

$H > H_b$ ならば、 $a > b$ 、

$H < H_b$ ならば、 $a < b$ 、

H と H_b とが同等程度ならば $a = b$ 、

とする。

[0062] このようにバイアス磁場を印加することにより、磁気抵抗効果素子 1 2 のヒステリシスが小さくなり、外部の磁場の強さに対してその抵抗値が線形に応答する範囲(レンジ)を広げることができる。

[0063] また、ここまでの例に限らず、本実施の形態では、図 2 に例示した磁性体

11の中心C近傍に、図18(a)に例示するように、X軸方向(測定対象の磁場に直交する方向)に沿って、固定層の磁化方向が互いに逆向きの、一对の磁気抵抗効果素子12(長手方向はX軸方向)を配列してもよい。また図18(b)に例示するように、Y軸方向(測定対象の磁場の方向)に沿って、固定層の磁化方向が互いに逆向きの、一对の磁気抵抗効果素子12(長手方向はX軸方向)を配列してもよい。

[0064] さらに、図15に例示した磁性体11の中心C近傍には、図19(a)に例示するように、Y軸方向(測定対象の磁場の方向)に沿って、固定層の磁化方向が互いに逆向きの、一对の磁気抵抗効果素子12(長手方向はY軸方向)を配列してもよいし、図19(b)に例示するように、X軸方向(測定対象の磁場に直交する方向)に沿って、固定層の磁化方向が互いに逆向きの、一对の磁気抵抗効果素子12(長手方向はY軸方向)を配列してもよい。

[0065] さらに本実施の形態の磁性体11においては、図20に例示するように、互いに対向する絞り部100を2対形成し、互いに対向する絞り部100によって挟まれる位置に、単数ないし一对の磁気抵抗効果素子12を配してもよい。この場合の磁気抵抗効果素子12を配する方向は、図2または図15、ないしは図18または図19に示した例による。ここでそれぞれの位置に単数の磁気抵抗効果素子12をそれぞれ配する場合はハーフブリッジの回路を構成でき、またそれぞれの位置に一对の磁気抵抗効果素子12をそれぞれ配する場合はフルブリッジの回路を構成できる。

[0066] なお、図18から図20では、磁性体11の形状を視認しやすいように、コイル13の図示を省略している。

[0067] さらに、本実施の形態において、磁性体11の形状は、ここまでに説明したものに限られない。具体的には図21に例示するように、Y軸に対して線対称の形状をなし、中心CからX軸方向に所定距離dだけ離れた位置から、X軸方向負または正の方向に離れるほどその幅が大きくなるように太幅部101aを形成した基部101と、基部101の中央部から、Y軸の一方側へ先細りつつ突出し、台形状をなす絞り部102とを含む形状としてもよい。

[0068] この例では、図 2 1 に示したように、一对の磁性体 1 1 が、X 軸に対して対称に、絞り部 1 0 2 の頂部が、一定の幅をおいて対向するように配される。そしてこれら一对の磁性体の各絞り部 1 0 2 の頂部と頂部との間に、磁気抵抗効果素子 1 2 が単数または複数配される。図 2 1 ではミランダ形状の磁気抵抗効果素子 1 2 を一对配する場合を示している。

[0069] またこの例では、磁性体 1 1 の太幅部 1 0 1 a には Y 軸に平行にコイル 1 3 を巻きかける。また、基部 1 0 1 の太幅部 1 0 1 a 以外の部分では、磁気抵抗効果素子 1 2 (の中心 (複数ある場合はすべての磁気抵抗効果素子 1 2 を取り囲む仮想的な矩形状の中心 C)) を中心とした同心口字状に、コイル 1 3 を巻きかける。さらに、絞り部 1 0 2 では X 軸方向に平行にコイル 1 3 を巻きかけておく。このようにした場合も、磁気抵抗効果素子 1 2 を取り囲んで、図 1 に概念的に示した配列の磁化の向きを構成するように、磁場を生じさせることができる。

[0070] また、ここまで説明した、本発明の実施の形態の一例に係る磁気センサデバイス 1 では、磁性体 1 1 が縦横比の異なる環状 (外接円が楕円となるような環状) をなすものとしていた。しかしながら本実施の形態は、これに限られるものではない。

[0071] 本実施の形態の別の例 (以下、タイプ 2 と呼ぶ) に係る磁気センサデバイス 1 を図 2 4、図 2 5 に例示する。この磁気センサデバイス 1 もまた、Y 軸方向を向く被測定磁場内に配して、当該被測定磁場 (あるいは当該被測定磁場を形成している電流) の大きさを検出するものである。また、この磁気センサデバイス 1 は、バイアス磁場を印加して当該バイアス磁場と外部磁場との角度を検出する際にも用いることができるものである。図 2 4 は、薄膜を積層して得られるタイプ 2 の磁気センサデバイス 1 を、各層を透過した状態で図示した平面図であり、図 2 5 は、第 1 磁性体 1 1 a 及び第 2 磁性体 1 1 b の具体的形状 (平面視) を示すものである。

[0072] この図 2 4、図 2 5 に例示するように、タイプ 2 の磁気センサデバイス 1 は、所定の軸 (Y 軸とする) 上に配された第 1 の磁路合流分流部 1 1 1 a と

、この第1の磁路合流分流部111aから、上記Y軸に直交するX軸方向両側に延伸される一对の第1翼形状部112aとを備える第1磁性体11aを有する。またこのY軸上にあつて、第1磁性体の第1の磁路合流分流部111aと間隔を置いて対向して配される第2の磁路合流分流部111bと、この第2の磁路合流分流部111bからX軸方向両側に延伸される一对の第2翼形状部112bを備えた第2磁性体11bを有する。これら第1、第2の磁性体11a、bは、ここでの例ではX軸方向に延びる仮想的な対称軸Γ（以下、単に対称軸Γと呼ぶ）に関して折り返し対称に配される。

[0073] この例では、第1、第2磁性体11a、bの各翼形状部112a、bの、対称軸Γを挟んで対向する各端部（左側端部及び右側端部）は、各翼形状部の磁氣的な飽和を抑制する磁気飽和抑制部として磁氣的に間隙が置かれている。すなわち、このタイプ2では磁性体11が第1、第2の磁性体11a、bに分割される。これら第1、第2磁性体11a、bは同じ層内に配される。ここでの例では、第1、第2の磁性体11a、bはいずれも左右対称で、かつ第1、第2の磁性体11a、bは対称軸ΓとY軸との交わる点Cに関して回転対称となっている。

[0074] そしてこの例では、図25に示すように、第1、第2の磁路合流分流部111a、bの間に、磁気抵抗効果素子12が、Y軸方向にその感磁方向を向けて配される。この磁気抵抗効果素子12は、SVGMR素子であってもよいし、多層GMR素子やAMR素子であってもよい。

[0075] ここで第1、第2の磁路合流分流部111は、後に説明するコイル13に流される電流の方向によって、翼形状部から流入する磁力線を合流する合流部となるか、または上記対称軸Γを挟んで対向する磁路合流分流部111側から流入する磁力線を、両側の翼形状部へ分流して導く分流部となる。つまり、第1、第2の磁路合流分流部111は磁路を分流あるいは合流させる部位であり、その磁気抵抗効果素子12に沿った部分は、磁気抵抗効果素子12に対する磁極部として機能する。また翼形状部112は、第1、第2の磁性体11a、bの胴部にあたる。

[0076] 本実施の形態のこの例では、基板上に絶縁層を形成し、この絶縁層上に、後で述べる図26に示すように、例えばアルミニウムによって第1磁性体11aに巻回されるべき第1コイル13aの下部パターン13a_a及び、第2磁性体11bに巻回されるべき第2コイル13bの下部パターン13b_aを配して、下部コイル層を形成し、さらに絶縁層（樹脂等でよい）により封止する。その後、薄膜プロセスにより磁気抵抗効果素子12及び第1、第2磁性体11a, bを含む層を形成する。この磁性体11等を含んだ層を絶縁層で封止し、この絶縁層の所定位置にビアホールHを形成してコイル13の巻線（下部パターン13a_a及び13b_a）の各対応する位置に導体を接続する。次にこれらの導体にそれぞれ接続するコイル13の巻線の残りの部分（上部パターン13a_b及び13b_b）を例えばアルミニウムで形成し、樹脂等により封止する。この場合、磁気抵抗効果素子12は、磁性体11と実質的に同じ層に位置することとなる。上述のように第1、第2の磁性体11a, bを磁路合流分離部111と翼形状部112とにわけて考える場合は、それぞれに巻回されたコイルが形成され、各コイルが互いに接続されているものとも見ることができる。

[0077] 第1磁性体11a及び第2磁性体11bは、例えば鉄とニッケルの合金（パーマロイ）であり、本実施の形態のある例では、厚さ400nm、飽和磁束密度 $B_s = 1\text{ T}$ 、初透磁率 $\mu_i = 2000$ である。また各絶縁層は1 μm 厚とする。

[0078] 図25に示すように、第1磁性体11a及び第2磁性体11bの第1、第2の磁路合流分流部111a, bは、幅方向（層内でX軸に対して直交する方向、以下Y軸方向とする）に、互いに対向する側（対称軸 Γ 方向）に凸状をなす。なお、この凸状部分は、対称軸 Γ の方向に向かうほど幅を狭められて（テーパが形成されて）いてもよい。また、第1、第2の各磁路合流分流部111a, bの対称軸 Γ とは反対側（対向する側に対する側）には凹部が形成される。

[0079] 次に、第1、第2コイル13a, bの下部コイル13a_a及び13b_aの

パターンを図 26 に示す。また第 1、第 2 コイル 13 a, b の上部コイル 13 a_b 及び 13 b_b のパターンを図 27 に示す。これらの図 26, 27 において、塗りつぶした矩形状 H で示す部分はいずれもビアホール の位置であって、上部コイル 13 a_b または 13 b_b と、対応する下部コイル 13 a_a または 13 b_a とは、対応する矩形状 H の位置にあるビアホールを介して電氣的に接続される。

[0080] 図 26, 27 のいずれにおいてもコイル 13 の巻線となるパターンの少なくとも一部は、基本的に Y 軸に平行に配される。またこのパターンは、磁路合流分流部 111 a, b に近いほど Y 軸方向に短くなるように形成されてもよい。なお、Y 軸に平行に配されたパターンのさらに一部には、Y 軸に斜めに交わる部分（磁性体の周方向に対して所定角度範囲の角度で斜めに交わる部分、以下、斜交部と呼ぶ）が繋げて配されて、隣接するパターンにビアホールを介して接続される。

[0081] また、磁路合流分流部 111 に係る部分に巻き掛かるコイル 13 の部分のパターンは、図 26, 27 に示すように、X 軸に平行な部分 L X を含む。またこの X 軸に平行な部分 L X の両端に、それぞれ Y 軸に平行な部分を繋げて、全体として C 字状のブラケット形状をなすように形成してもよい。つまり本実施の形態では、コイル 13 のうち、Y 軸に平行に配されるパターンからなる部分（第 1 コイル要素とする）と、これに隣接し、C 字状のブラケット形状のパターンからなる部分（第 2 コイル要素とする）とを含む。そして第 1 コイル要素が形成する磁場の方向は X 軸に平行であり、第 2 コイル要素が形成する磁場の方向は、磁路合流分流部 111 の対称軸 Γ 側の辺に向う方向であって X 軸に対して傾斜している。つまり、第 1 コイル要素と第 2 コイル要素と（互いに隣接するコイル要素）がそれぞれ形成する磁場の方向は、一方に対して他方が傾斜している（互いに隣接するコイル要素同士で異なっている）。なお、コイル要素は、磁性体に対して 1 回だけ巻回る巻線をコイル片と称することとすると、このコイル片を複数、直列に接続したものをいう。

[0082] 具体的に図27に例示した第1コイル13aの上部コイル13a_bの巻線T1'は、パッド部Qbに接続される。この巻線T1'は、第1磁性体11aの第1翼形状部112aをY軸方向に横切り、第1磁性体11aと第2磁性体11bとの間の間隙に配されたビアホールH1d内の導線を介して、図26に示す下部コイル13a_aの巻線T1に接続されている。下部コイル13a_aの巻線T1は、第1磁性体11aの第1翼形状部112aをY軸方向に横切る。この巻線T1には斜交部が繋がれており、斜交部の端部において、ビアホールH1u内の導線を介して、隣接する上部コイル13a_bの巻線T2'に接続される。

[0083] 巻線T2'はさらに第1磁性体11aの第1翼形状部112aをY軸方向に横切り、ビアホールH2d内の導線を介して、下部コイル13a_aの巻線T2に接続される。この巻線T2にも斜交部が繋がれており、当該斜交部の端部において、ビアホールH2u内の導線を介して隣接する上部コイル13a_bの巻線T3'に接続される。以下、それぞれ対応するビアホール内の導線を通して下部コイル13a_aのパターンと上部コイル13a_bのパターンとを往来しつつ、磁性体11に対して巻線T3, T3', T4, ..., T19がY軸に平行な向きに巻きかかるようになっている。

[0084] また、上部コイル13a_bの巻線T20'は、ビアホールH20dを介して下部コイル13a_aの巻線T20に接続される。この巻線T20は第1磁性体11aの第1翼形状部112aをY軸方向に横切り、次に第1の磁路合流分流部111aの長さ(X軸方向の長さ)に亘ってX軸方向に延び、さらに巻線T39からT21の外周に沿って斜めに延びて、巻線T21の右側でまたY軸方向に平行に、第1磁性体11aの第1翼形状部112a(右側)を横切る。この巻線T20は、そして、ビアホールH20uを介して上部コイル13a_bの巻線T21'に接続される。巻線T21'はY軸方向に平行に、第1磁性体11aの第1翼形状部112a(右側)を横切り、ビアホールH21dを介して下部コイル13a_aの巻線T21に接続される。

[0085] 以下、それぞれ対応するビアホールを通して下部コイル13a_aのパター

ンと上部コイル13 a_bのパターンとを往来しつつ、磁性体11に対して巻線T22', T22, T23', ..., T39がY軸に平行な向きに巻きかかるようになっている。また巻線T39はビアホールH39uを介して上部コイル13 a_bの巻線T40'に接続される。この巻線T40'は、第1の磁路合流分流部111aをC字状に横切って、ビアホールH40dを介して下部コイル13 a_aの巻線T40に接続される。以下、対応するビアホールを通して下部コイル13 a_aのパターンと上部コイル13 a_bのパターンとを往来しつつ、巻線T41', T41, T42', ..., T44が第1の磁路合流分流部111aに対して実質的にC字状に巻き掛かる。下部コイル13 a_aの巻線T44は、ビアホールH44u内の導線を通して、上部コイル13 a_bにおける、第1、第2の磁性体11a, b間を実質的にX軸方向に延びる導線T45'に接続され、この導線は外部のパッド部Qaに接続される。

[0086] なお、第2コイル13 bは、第2磁性体11bに対してこの第1コイル13 aと同様に巻掛けられており、第1コイル13 aを180度反転させて（点Cに関して回転対称に）第2磁性体11bに巻掛けた状態となっている。

[0087] このように第1、第2磁性体11a, bにそれぞれコイル13a, bが巻掛けられていることにより、例えば第1コイル13aに接続されているパッド部Qaにコイル電流Icを印加してパッド部Qaからパッド部Qbへ電流を流せば、第1翼形状部112aの両端側から第1の磁路合流分流部111aへ向う磁場が形成され、さらに第1の磁路合流分流部111aにおいて、第1翼形状部112aの両側から流れ込む磁力線が合流し、第1磁性体11aの第1の磁路合流分流部111a部分に巻きかかるコイル13の部分によって、第2磁性体11bの第2の磁路合流分流部111bへと向う磁路が得られる。

[0088] またこのとき、第2磁性体11bに巻き掛かる第2コイル13bには、第2の磁路合流分流部111b側から翼形状部112bの両端部へそれぞれ向う磁場を形成するよう電流を流す。つまり、第2コイル13bのパッド部Qbと、第1コイル13aのパッド部Qaを接続し、第2コイル13bのパッ

ド部Q aを共通端子（GND）に接続する。そして第1コイル13 aのパッド部Q aにコイル電流I cを印加する。これにより第1磁性体11 a側から流込んだ磁力線が、第2の磁路合流分流部111 bにて分流され、翼形状部112 bの両端部へそれぞれ向う磁路が形成される。

[0089] 具体的にコイル13 a, bが形成する磁場を図43 (a)に示し、第1, 第2磁性体11 a, b内の磁化分布を図43 (b)に示す。図43 (b)に示すように、第1, 第2磁性体11 a, bの双方に外接する楕円形状を想定すると、図面左側端から時計回りに、半周で一回転する磁化分布が形成される。また磁気抵抗効果素子12は合流された磁場内に置かれることとなり、磁気抵抗効果素子12に対して効率よく磁場をかけることができるようになる。なお、このときの回路は図13, 14に例示した回路と同様の回路を用いることができるので、ここでは繰り返しての説明を省略する。なお、図44はタイプ1、タイプ2における各磁性体内の磁束密度の分布を表す参考図である。

[0090] なお、これとは逆にそれぞれのコイル13 a, bに電流を流せば、第2磁性体11 bの第2の磁路合流分流部111 bにおいて、第2翼形状部112 bの両側から流れ込む磁力線が合流することとなり、第1磁性体11 aの第1磁路合流分流部111 aにおいて、第2磁性体11 b側から流れ込む磁力線が分流されることとなる。このように、第1, 第2磁性体11 a, bとそれぞれに巻回されるコイル13 a, bにより磁気抵抗効果素子12に与えられる磁場（フィードバック磁場）は、被測定磁場の方向とは逆向きになるようにする。

[0091] またここまでの説明におけるコイルの巻線の数を図26, 27に示した例に限られず、より多くてもよいし、図26, 27の例より少なくてもよい。さらに、図26, 27においてY軸に平行に配されたパターンは、第1, 第2の磁路合流分流部111 a, bに近いほどY軸方向に短くなるように形成されるものとしており、第1, 第2の磁路合流分流部111 a, bに近い側で磁性体11を、対称軸Γから離れるように幅細にしており、従ってこれに

巻きかかるコイル 1 3 においても第 1、第 2 の磁路合流分流部 1 1 1 a, b に近い側の一部で、対称軸 Γ 側の端部が対称軸 Γ から離れるように形成されているが、本実施の形態はこれに限られない。

[0092] 図 2 8 に本実施の形態のさらに別の例（以下、タイプ 3 と呼ぶ）に係る磁気センサデバイス 1 を示す。このタイプ 3 の磁気センサデバイス 1 は、タイプ 2 の磁気センサデバイス 1 と同様に薄膜を積層して得られるものであり、磁性体 1 1 の形状、並びに各層の積層の態様はタイプ 2 におけるものと同様であるが、コイル 1 3 の態様がタイプ 2 とは異なっている。なお、図 2 8 は、薄膜を積層して得られるタイプ 3 の磁気センサデバイス 1 を、各層を透過した状態で図示した平面図である。

[0093] このタイプ 3 の磁気センサデバイス 1 における第 1、第 2 コイル 1 3 a, b の下部コイル 1 3 a_a 及び 1 3 b_a のパターンを図 2 9 に例示する。また第 1、第 2 コイル 1 3 a, b の上部コイル 1 3 a_b 及び 1 3 b_b のパターンを図 3 0 に例示する。これらの図 2 9, 3 0 において、塗りつぶした矩形形状 H で示す部分はいずれもビアホール位置であって、上部コイル 1 3 a_b または 1 3 b_b と、対応する下部コイル 1 3 a_a または 1 3 b_a とは、対応する矩形形状 H の位置にあるビアホールを介して電氣的に接続される。

[0094] 図 2 9, 3 0 に示すいずれの例においても、コイル 1 3 の巻線となるパターンの少なくとも一部は、基本的に Y 軸に平行に配される。またこのパターンは、タイプ 2 の磁気センサデバイス 1 のものとは異なり、磁性体 1 1 の上下方向の端部から、それぞれ近い側のコイル 1 3 のパターンの端部までの長さを一定にしており、Y 軸に平行に配されるパターンの Y 軸方向の長さは実質的に同じになっている。

[0095] なお、Y 軸に平行に配されたパターンのさらに一部には、Y 軸に斜めに交わる部分（磁性体の周方向に対して所定角度範囲の角度で斜めに交わる部分、以下、斜交部と呼ぶ）が繋げて配されて、隣接するパターンにビアホールを介して接続される。

[0096] このように第 1、第 2 磁性体 1 1 a, b にそれぞれコイル 1 3 a, b が巻

掛けられていることにより、例えば第1コイル13aに接続されているパッド部QaからQbへ電流を流せば、第1翼形状部112aの両端側から第1の磁路合流分流部111aへ向う磁場が形成され、さらに第1の磁路合流分流部111aにおいて、第1翼形状部112aの両側から流れ込む磁力線が合流し、第1磁性体11aの第1の磁路合流分流部111a部分に巻きかかるコイル13の部分によって、第2磁性体11bの第2の磁路合流分流部111bへと向う磁路が得られる。

[0097] またこのとき、第2磁性体11bに巻き掛かる第2コイル13bには、第2の磁路合流分流部111b側から翼形状部112bの両端部へそれぞれ向う磁場を形成するよう電流を流す。これにより第1磁性体11a側から流込んだ磁力線が、第2の磁路合流分流部111bにて分流され、翼形状部112bの両端部へそれぞれ向う磁路が形成される。従って、磁気抵抗効果素子12は合流された磁場内に置かれることとなり、磁気抵抗効果素子12に対して効率よく磁場をかけることができるようになる。

[0098] なお、これとは逆にそれぞれのコイル13a, bに電流を流せば、第2磁性体11bの第2の磁路合流分流部111bにおいて、第2翼形状部112bの両側から流れ込む磁力線が合流することとなり、第1磁性体11aの第1磁路合流分流部111aにおいて、第2磁性体11b側から流れ込む磁力線が分流されることとなる。

[0099] またここまでの説明におけるコイルの巻線の数や図29, 30に示した例に限られず、より多くてもよいし、少なくともよい。コイルの形状は巻き回すものではなく、平面コイル形状で磁性体11の上面または下面のいずれか一方側に配置することとしてもよい。すなわち図24におけるコイルが形成する磁場と実質的に同等の磁場が形成できれば、その配置や形状は問われない。さらにタイプ2, タイプ3の磁気センサデバイス1の磁性体11の形状は、図24や、図28に例示したものに限られず、図31に例示するように、翼形状部の幅を一定としたものであってもよいし、図32に例示するように、対称軸Γ側の翼形状部の辺を直線状としたものであってもよい。さらに

、図33に例示するように、対称軸Γとは異なる側の翼形状部の辺を直線状としたものであってもよい。この図33の例では対称軸Γ側の翼形状部の辺は磁路合流分流部近傍の所定範囲において、磁路合流分流部に近接するほど対称軸Γから離れるように形成されてもよい。つまり、磁路合流分流部近傍の所定範囲で、翼形状部の幅が磁路合流分流部に近接するほど狭められてもよい。

[0100] さらに、タイプ2、タイプ3の磁気センサデバイス1において、第1磁路合流分流部111aと第2磁路合流分流部111bとの間に配される磁気抵抗効果素子12は一つでなくてもよい。複数の磁気抵抗素子12を第1磁路合流分流部111aと第2磁路合流分流部111bとの間に配する場合は、図34(a)に例示するように、対称軸Γに対して平行になるように配するか、または図34(b)に例示するように対称軸Γに沿って並列して配するようにすればよい。なお、本発明の実施形態に係る図面のうち、磁気抵抗効果素子の図示を省略したものについては、図31～33のいずれかに図示したように磁気抵抗効果素子を配置することができる。

[0101] さらに、タイプ2、タイプ3の磁気センサデバイス1のここまでの説明では、磁性体11を含む層を挟んで下部コイル13a、上部コイル13bを含む各層が積層されているものとした。しかしながら本実施の形態はこれに限られない。すなわち、本実施の形態のある例では、コイル13が巻きかかる磁性体11と実質的に同一形状の補助磁性体11'を含む第1層、下部コイル13aを含む第2層、磁性体11を含む第3層、上部コイル13bを含む第4層、コイル13が巻きかかる磁性体11と実質的に同一形状の補助磁性体11'を含む第5層がこの順に積層されてもよい。これはつまり、ここまでに説明した例に係る磁気センサデバイス1を、磁性体11と実質的に同一形状の補助磁性体11'を含む層で挟んだものに相当する。

[0102] また各磁性体11は、左右に一つずつの翼形状部112だけでなく、さらに多くの翼形状部112を備えてもよい。具体的に図35に例示するものでは、磁路合流分流部111の左右両側にそれぞれ2つずつの翼形状部112

が形成されている。この例においては、コイル 1 3 は、左右両側のそれぞれにある 2 つの翼形状部 1 1 2 を Y 軸方向に横切るようにして配されることとなる。このように翼形状部が 2 N 個 (N 対) あり、それぞれの翼形状部に磁場を形成するコイルが互いに実質的に同等のものであれば、一对のものに比べ、2 N 倍の磁場が磁路合流分流部に導かれる。これにより、より少ない消費電流 (コイルへ印加する電流が少なくても) で必要なフィードバック磁場を得ることができる。

[0103] さらに磁性体 1 1 と同じ素材を用いて第 1, 第 2 の磁性体 1 1 a, b のそれぞれに少なくとも一対ずつの翼形状体 1 1 2' を設けてもよい。この翼形状体 1 1 2' の各対は、各磁性体 1 1 の左右の翼形状部 1 1 2 と実質的に同一の形状をなす。そしてこの翼形状体 1 1 2' は、磁路合流分流部 1 1 1 を形成した層上に絶縁層を介して配置する。なお、翼形状体 1 1 2' は、同一形状の翼形状部 1 1 2 と、平面視で重なり合う位置に配しておくものとする。

[0104] 翼形状体 1 1 2' と翼形状部 1 1 2 との間の絶縁層は、磁路合流分流部 1 1 1 の対象軸 Γ 側の辺近傍にて、磁路合流分流部 1 1 1 に近くなるほど薄くなるよう形成される。そして翼形状体 1 1 2' は、対応する磁性体 1 1 の磁路合流分流部 1 1 1 の対称軸 Γ 側の辺に磁氣的に接続される。

[0105] 具体的に、このような翼形状体 1 1 2' を 4 つ (第 1, 第 2 の磁性体 1 1 a, b のそれぞれに一対ずつ) だけ含む場合の磁性体 1 1 は、平面視では図 3 6 に示すように図 2 4 に示した例と異ならない。またこの磁性体 1 1 を対称点 C を含む Y 軸方向の破断面で破断した断面図を図 3 7 に示し、この磁路合流分流部 1 1 1 を、翼形状部 1 1 2 との境界付近で Y 軸方向の破断面で破断した断面図を図 3 8 に示し、さらに翼形状部 1 1 2 の中央部付近を X 軸方向の破断面で破断した断面図を図 3 9 に示す。

[0106] さらにここまでの説明では、第 1, 第 2 磁性体 1 1 a, b の各翼形状部 1 1 2 a, b の、対称軸 Γ を挟んで対向する各端部 (左側端部及び右側端部) には、各翼形状部の磁氣的な飽和を抑制する磁気飽和抑制部として磁氣的な

間隙が置かれているものとしたが、本実施の形態において磁気飽和抑制部は、このような間隙に限られない。本実施の形態のある例では、図40に、本実施の形態の一態様に係る磁性体の形状を例示するように、第1、第2磁性体11a、bの各翼形状部112a、bの、対称軸Γを挟んで対向する各端部を、磁気飽和抑制部113として、透磁率が比較的低く、磁束密度が大きいもの、例えば組成が $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ である膜を用いて接続してもよい。この $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 膜は、 $B_s = 2.4\text{ T}$ であり、パーマロイの1/10程度の透磁率を有するものとする。またこの磁気飽和抑制部113としては、磁気飽和が比較的しにくい、飽和磁束密度の高い材料で形成した薄膜を用いてもよい。

[0107] さらに本実施の形態では、図41に例示するように、磁気センサデバイス1に対して、XY面内に薄膜状のスパイラルコイル120を積層して配してもよい。この場合、スパイラルコイル120のY軸方向に実質的に平行となる部分が、磁気抵抗効果素子12近傍となるように配しておく。このスパイラルコイル120に所定の電流を流すことにより、X軸方向に沿った（被測定磁場の方向とは逆方向の）バイアス磁場を磁気抵抗効果素子に与えることができるようになる。

[0108] また、タイプ2またはタイプ3の例においても、図19に例示したのと同様に、磁気抵抗効果素子12を、感磁方向をY軸方向に向けるのではなく、感磁方向（固定層の磁化方向）をX軸方向に配してもよい。この場合、図19（a）に例示のように、Y軸方向（測定対象の磁場の方向）に沿って、固定層の磁化方向が互いに逆向きの、一对の磁気抵抗効果素子12（長手方向はY軸方向）を配列してもよいし、図19（b）に例示したのと同様に、X軸方向（測定対象の磁場に直交する方向）に沿って、固定層の磁化方向が互いに逆向きの、一对の磁気抵抗効果素子12（長手方向はY軸方向）を配列してもよい。

実施例

[0109] 図2に例示した本実施の形態の磁気センサデバイス1において、磁気抵抗

効果素子 12 として S V G M R 素子を用い、測定対象の磁場の強さを 0 から約 3978 A/m (500 e) まで変化させたときの S V G M R 素子内の磁束密度を測定したものを、図 22 に示す。

[0110] 図 22 に例示するように、本実施例によると、フィードバック電流 (F. B. 電流) を印加しない場合に比べ、フィードバック電流を 10 mA としたときの動作可能範囲は、約 1591 A/m (200 e) となり、フィードバック電流を 20 mA としたときの動作可能範囲は、約 3182 A/m (400 e) となる。これは測定磁束が感磁素子に集中することが避けられ、磁気飽和する磁場の強さを大きくできたことによるもので、これにより磁気飽和しない範囲を拡大でき、従って測定精度を向上できる。

[0111] さらに図 16 に例示した磁気センサデバイス 1 の磁気抵抗変化率 dR/R を図 23 に示す。図 16 に例示した磁気センサデバイス 1 では、バイアス磁場がない場合 (図 23 (a)) に比べ、バイアス磁場約 3978 A/m (500 e) を印加したときにヒステリシスが小さくなり、変化が直線状になる部分が広がって、動作可能範囲が拡大されることが確かめられた (図 23 (b))。

[0112] また、本実施の形態によると、磁気抵抗効果素子 12 に対して、比較的低い消費電流で、必要な磁場を印加でき、検出可能な磁場の強さの範囲を拡大できる。

[0113] また、図 2 に例示したタイプ 1、図 24 に例示したタイプ 2、図 28 に例示したタイプ 3 は、各磁気センサデバイス 1 において、外部磁場 H_{ex} (横軸) に対して、磁気抵抗効果素子 12 内の Y 軸方向の磁束密度 B_{y_MRE} (T) を測定したものを図 42 に示す。なお、図 42 においてはタイプ 2 が 2 つ示されているが、このうちタイプ 2 a はタイプ 2 b よりも翼形状部の X 軸方向長さの短いものである。図 42 について説明する。一定のフィードバック電流をコイルに印加しながら測定磁場 H_{ex} を変化させた時に Y 軸方向の素子内磁束密度がゼロになる点がフィードバック可能な磁場となる。フィードバック電流は 10 mA とした。

[0114] 本実施の形態によると、薄膜でない磁性材料枠を用いた電流センサに比べて消費電流を少なくできる。また上記のタイプ1の磁気センサデバイス1は、タイプ2、3の磁気センサデバイス1よりもキャンセルできる外部磁場 H_{ex} が大きく、検出できる磁場の範囲を広くできる。

[0115] このことは、タイプ1の磁気センサデバイス1が、タイプ2、タイプ3の磁気センサデバイス1に比べて低い消費電流で動作させることができることを意味する。一方で図44に示した磁気平衡時の磁束密度分布図（等高線図）を参照して理解されるように、磁気飽和抑制部があるタイプ2の磁気センサデバイス1は磁性体11内の磁気飽和を比較的起こしにくいため、測定精度を向上できる。

符号の説明

[0116] 1 磁気センサデバイス、10 基板、11 磁性体、12 磁気抵抗効果素子、13 コイル、14 コンパレータ、15 基準電源、16 固定抵抗器、21 絶縁層、22 絶縁膜、23 樹脂、41 波形整形部、42 LPF、111 磁路合流分流部、112 翼形状部、113 磁気飽和抑制部。

請求の範囲

[請求項1] 所定の軸上に配された磁路合流分流部と、この磁路合流分流部から前記軸の両側に延伸される少なくとも一对の翼形状部とを備える薄膜の第1磁性体と、

前記所定の軸上にあつて、前記第1磁性体の磁路合流分流部と間隔を置いて配される磁路合流分流部と、この磁路合流分流部から前記軸の両側に延伸される少なくとも一对の翼形状部を備えた薄膜の第2磁性体と、

前記第1磁性体に巻回される第1コイルと、

前記第2磁性体に巻回される第2コイルと、

前記第1磁性体の磁路合流分流部と、第2磁性体の磁路合流分流部との間に配される磁気抵抗効果素子と、を含み、

前記第1コイルは、第1磁性体の少なくとも一对の翼形状部のそれぞれから前記磁路合流分流部に合流あるいは分流される磁路に磁場を印加し、

前記第2コイルは、第2磁性体の前記磁路合流分流部から少なくとも一对の翼形状部のそれぞれに分流あるいは合流される磁路に磁場を印加し、

前記磁気抵抗効果素子には、前記合流された磁路に沿って、磁場が印加される磁気センサデバイス。

[請求項2] 請求項1記載の磁気センサデバイスであつて、

前記第1磁性体の各翼形状部と、当該各翼形状部にそれぞれ対応する側にある第2磁性体の各翼形状部とが一体的に接続されてなる磁気センサデバイス。

[請求項3] 請求項1記載の磁気センサデバイスであつて、

前記第1磁性体の各翼形状部と、当該各翼形状部にそれぞれ対応する側にある第2磁性体の各翼形状部との間には、各翼形状部の磁気的な飽和を抑制する磁気飽和抑制部が形成される磁気センサデバイス。

- [請求項4] 請求項3記載の磁気センサデバイスであって、
前記磁気飽和抑制部が、非磁性部材により形成される磁気センサデバイス。
- [請求項5] 請求項1，3，4のいずれか一項に記載の磁気センサデバイスであって、
前記第1，第2磁性体の磁路合流分流部はそれぞれ、前記軸上で互いに対向する側に凸部を有し、前記軸上で当該凸部に対する側には凹部が形成されてなる磁気センサデバイス。
- [請求項6] 請求項1，3，4，5のいずれか一項に記載の磁気センサデバイスであって、
前記第1コイル及び第2コイルは、それぞれ複数のコイル要素を含んでなり、各コイル要素が形成する磁化方向の傾きが、互いに隣接するコイル要素同士で異なっている磁気センサデバイス。
- [請求項7] 環状をなす磁性体と、
当該磁性体に巻回され、前記磁性体の周方向に半周で一回転する方向の磁場を印加するコイルと、
前記磁性体の環状の中心部に配され、測定対象となる磁場の方向に磁化方向が固定された固定層を有する磁気抵抗効果素子と、
を含む磁気センサデバイス。
- [請求項8] 請求項7記載の磁気センサデバイスであって、
前記磁性体は、
縦横比の異なる環状をなし、当該環状の中心を通る短径方向に延びる線分に交差する位置における幅が、環状の中心を通る長径方向に延びる線分に交差する位置における幅よりも細く形成されている磁気センサデバイス。
- [請求項9] 請求項7または8記載の磁気センサデバイスであって、
前記磁性体は、その中心を通る短径方向に延びる線分に交差する位置に、前記磁気抵抗効果素子に向けた絞りが設けられて、その内外周

が垂鈴形状をなし、前記絞りにおいては磁気抵抗効果素子に向けてその幅が狭められたテーパ部が形成されている磁気センサデバイス。

[請求項10]

請求項9記載の磁気センサデバイスであって、

前記磁性体は、その中心を通る短径方向に延びる線分に交差する位置の外周部に、前記磁気抵抗効果素子に向けた切込みが形成されてなる磁気センサデバイス。

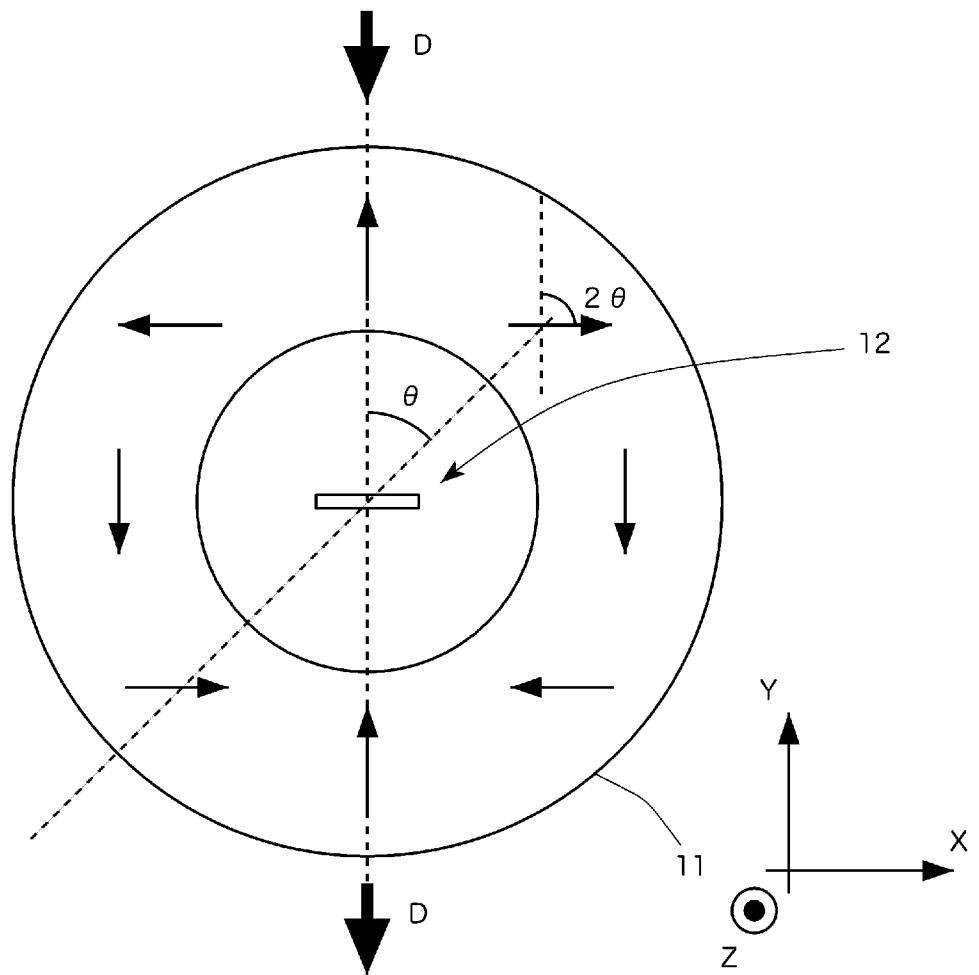
[請求項11]

請求項7から10のいずれか一項に記載の磁気センサデバイスであって、

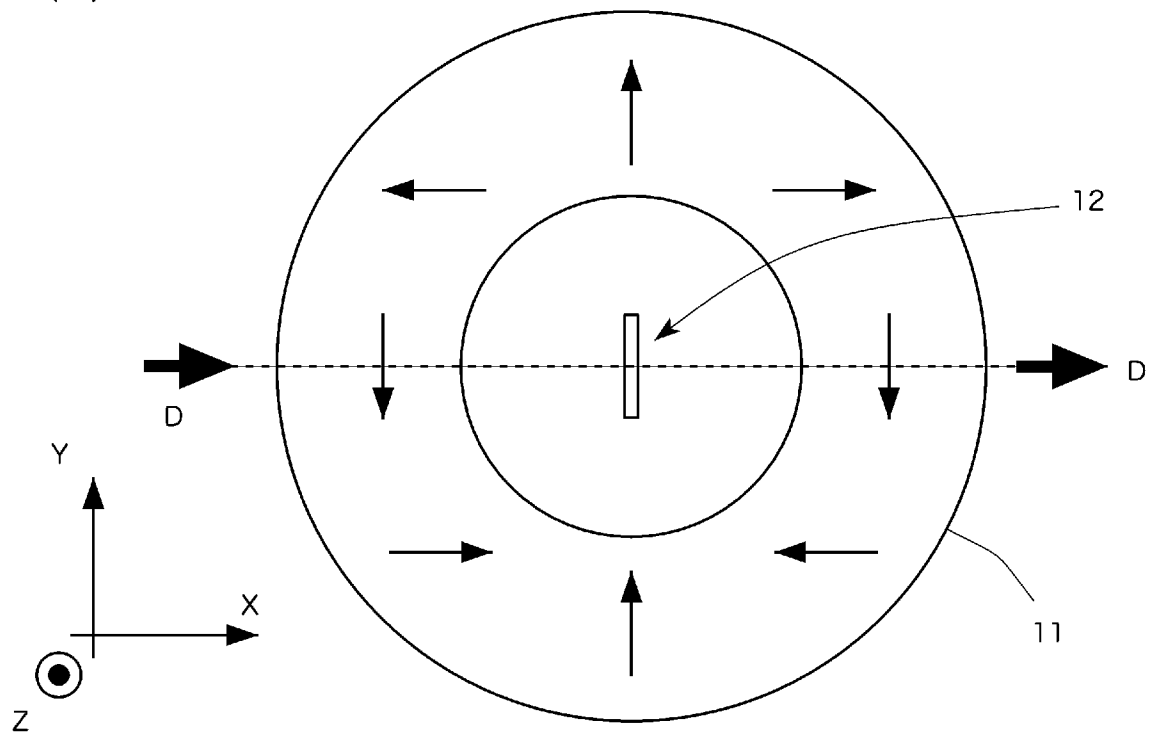
前記コイルは、前記磁性体の周方向に対して所定角度範囲の角度で斜めに交わる斜交部を含む磁気センサデバイス。

[図1]

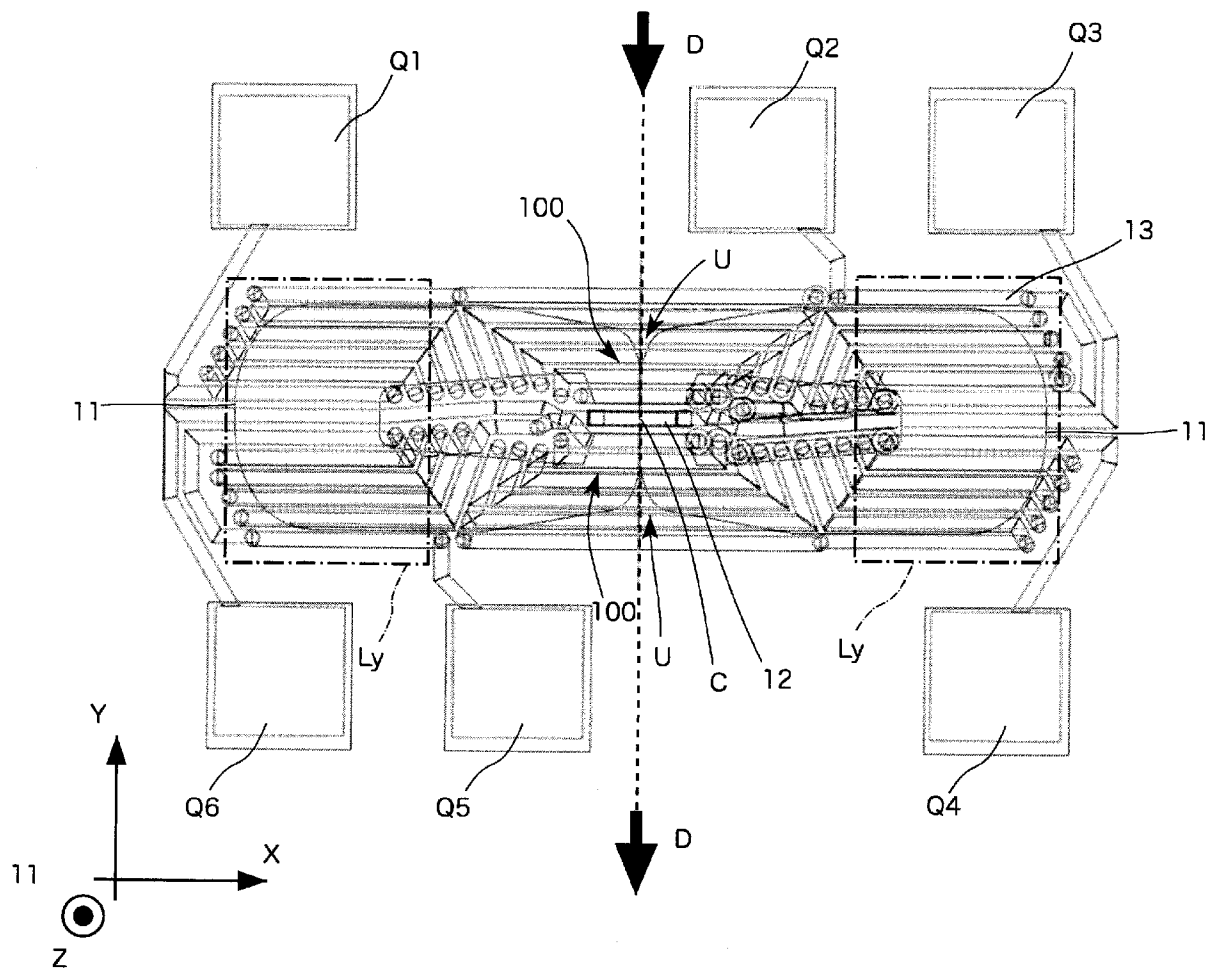
(a)



(b)

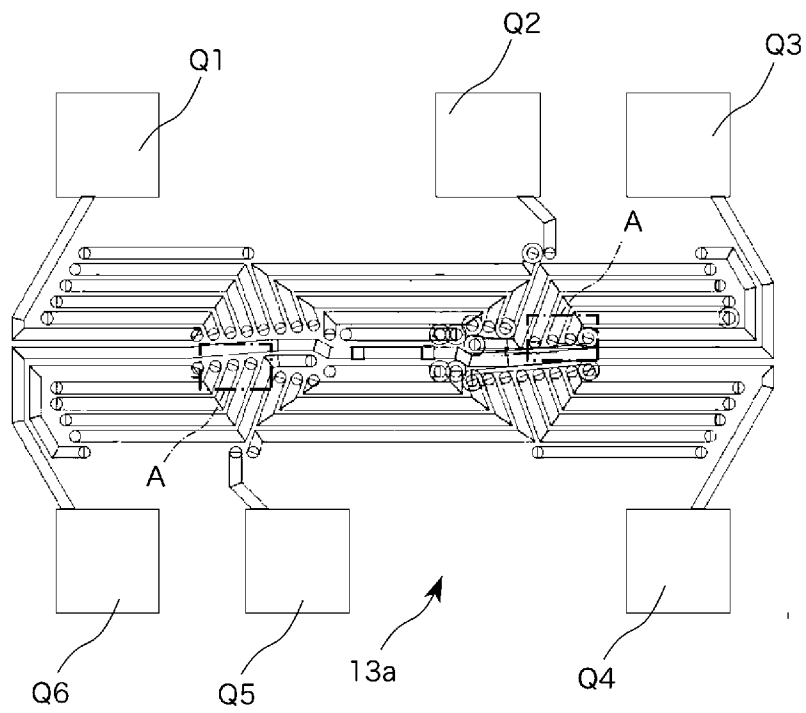


[図2]

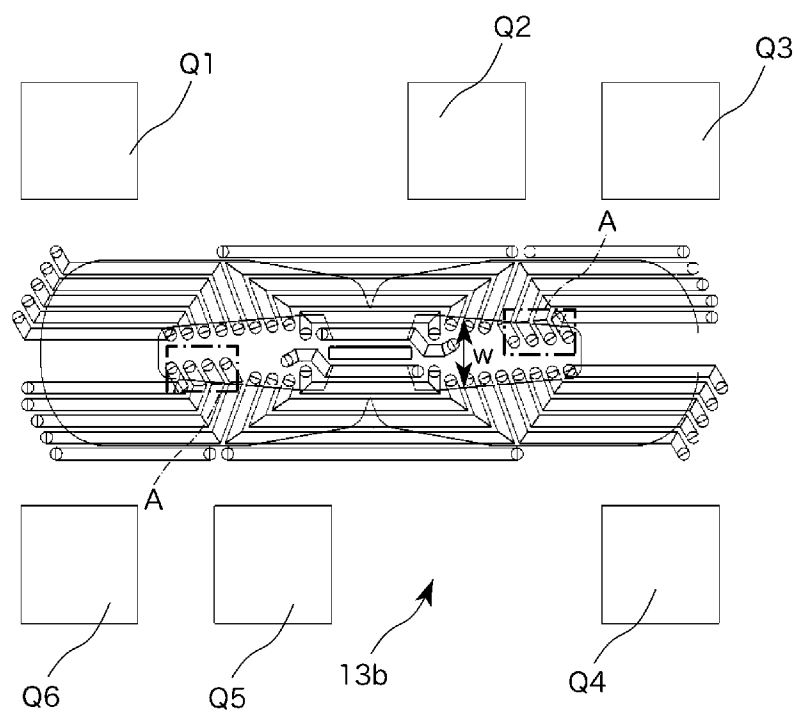


[図3]

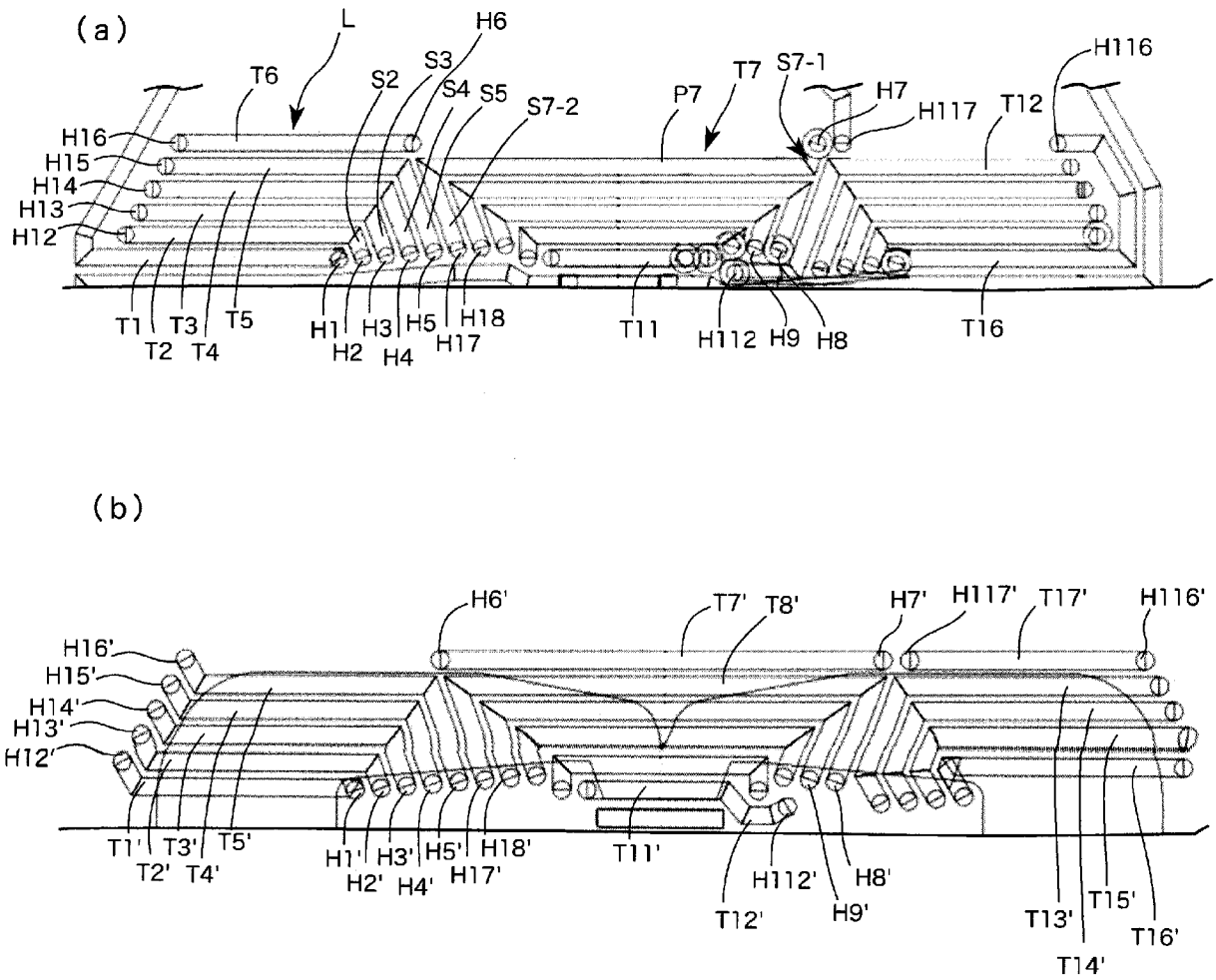
(a)



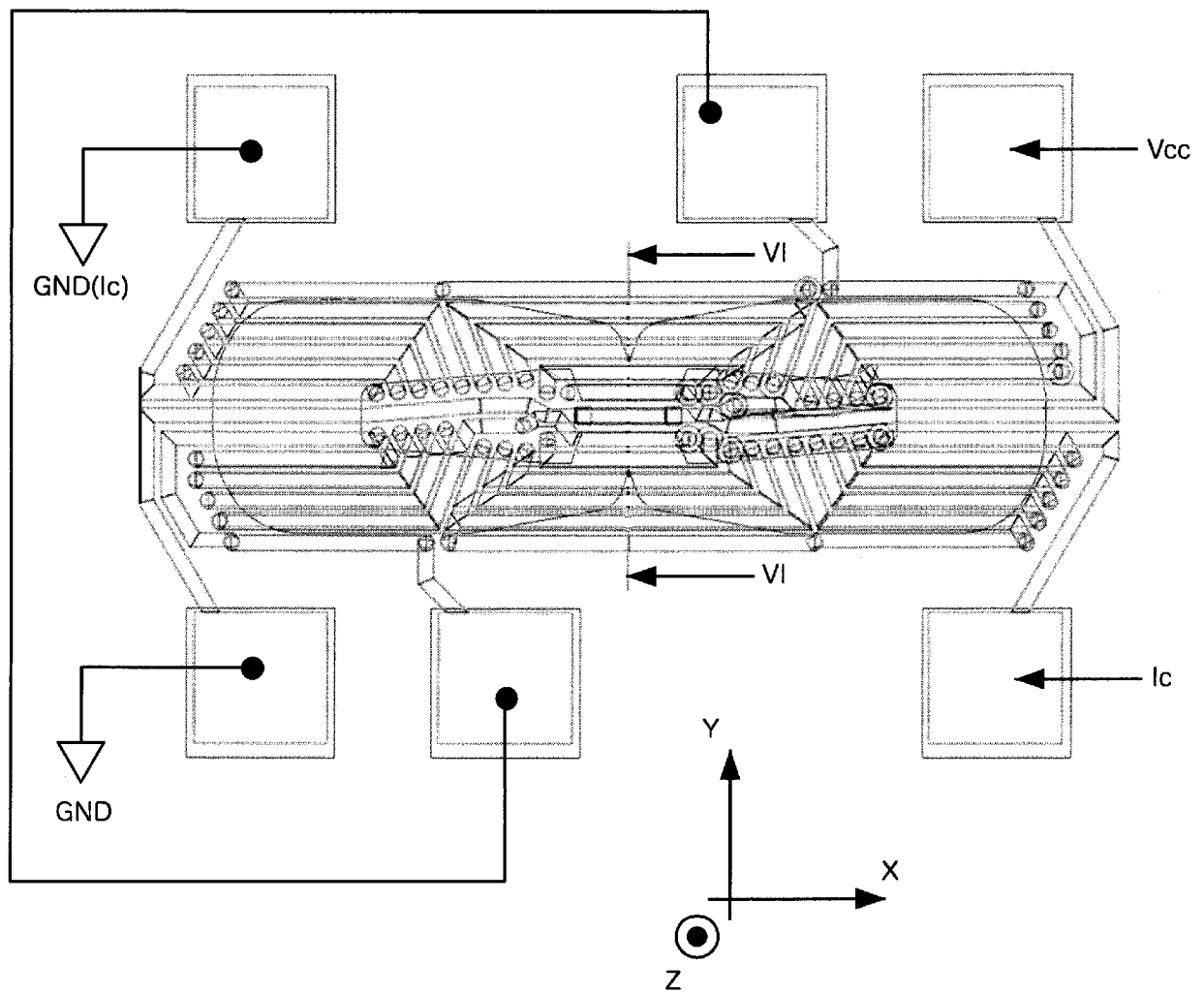
(b)



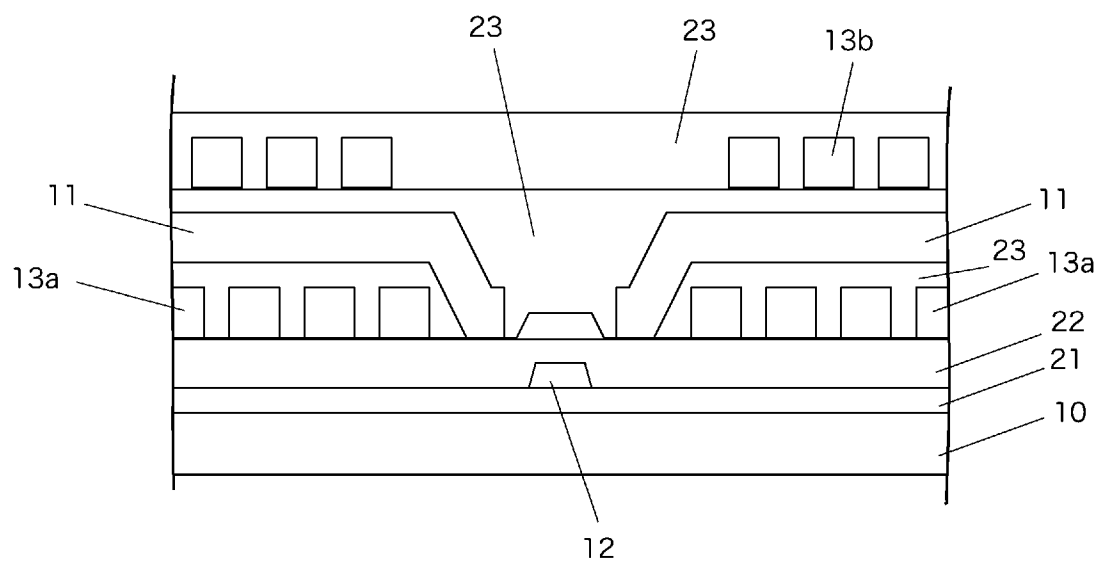
[図4]



[図5]



[図6]



[illegible]

This cross-sectional view shows a multi-layered substrate assembly. The base is a thick layer 10. Above it is a thin layer 21, followed by a thicker layer 23. A central opening 12 is formed through these layers, with a trapezoidal feature 11 at its base. The top layer 23 contains several rectangular features 13a and 13b. A thin layer 22 is located between the top layer 23 and the middle layer 23. The entire assembly is bounded by vertical lines on the left and right.

波形成形部

L P F

12

14

15

13

16

(GND)

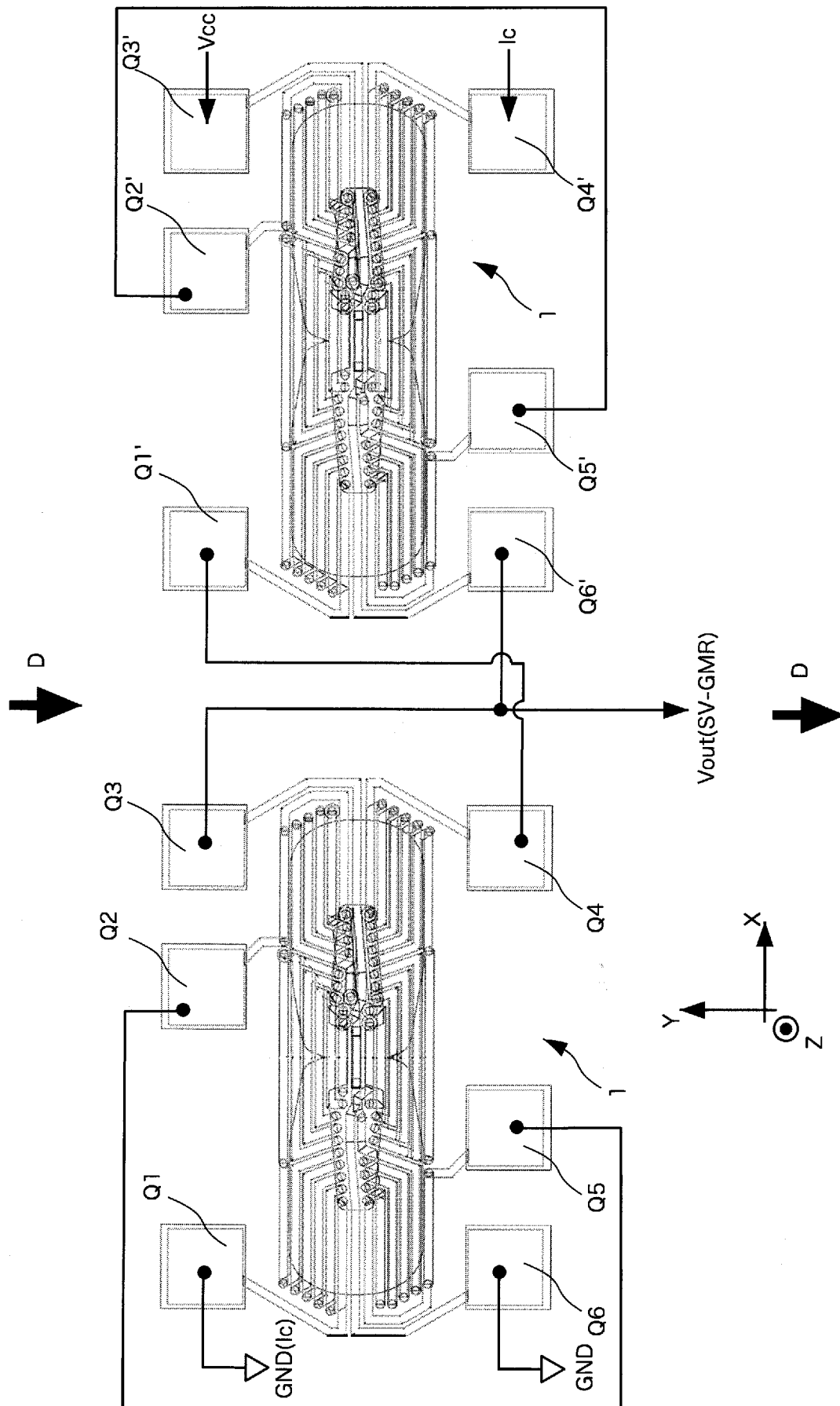
(GND)

(GND)

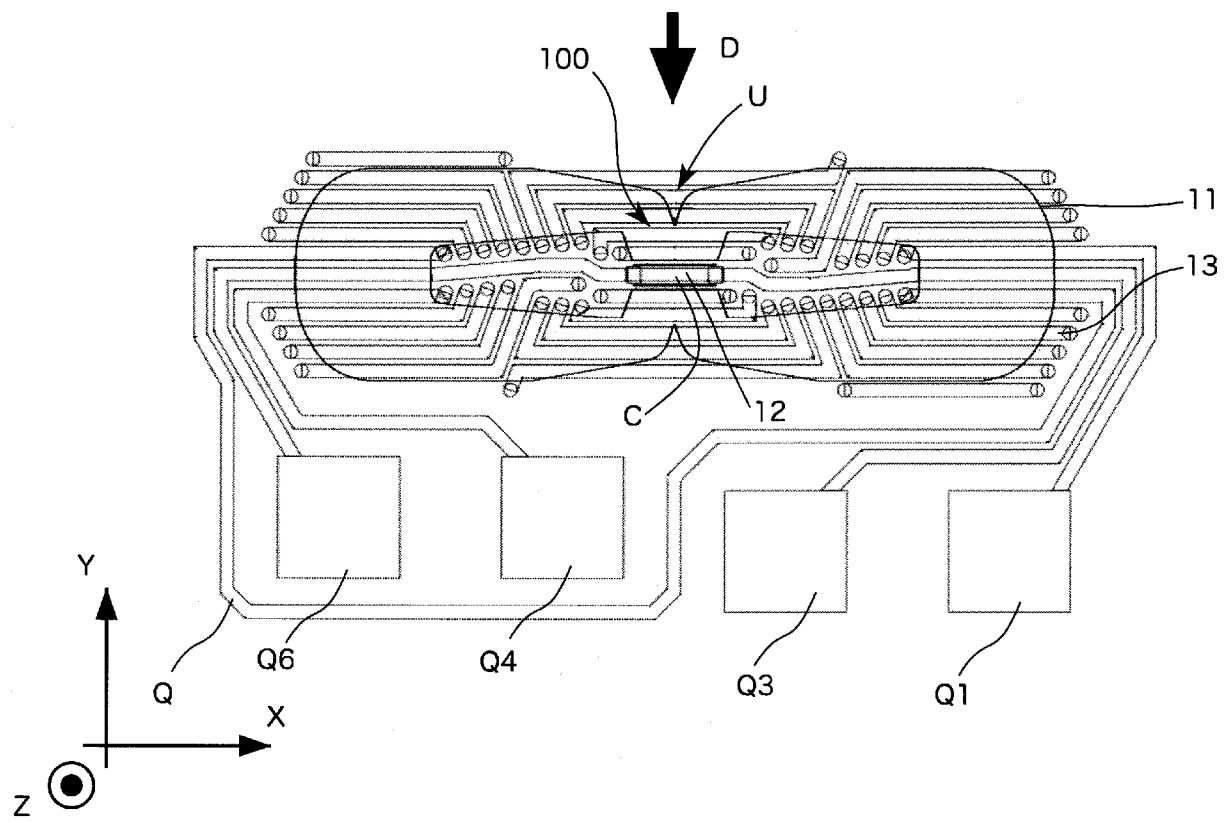
← : 固定層の磁化方向

Q_4

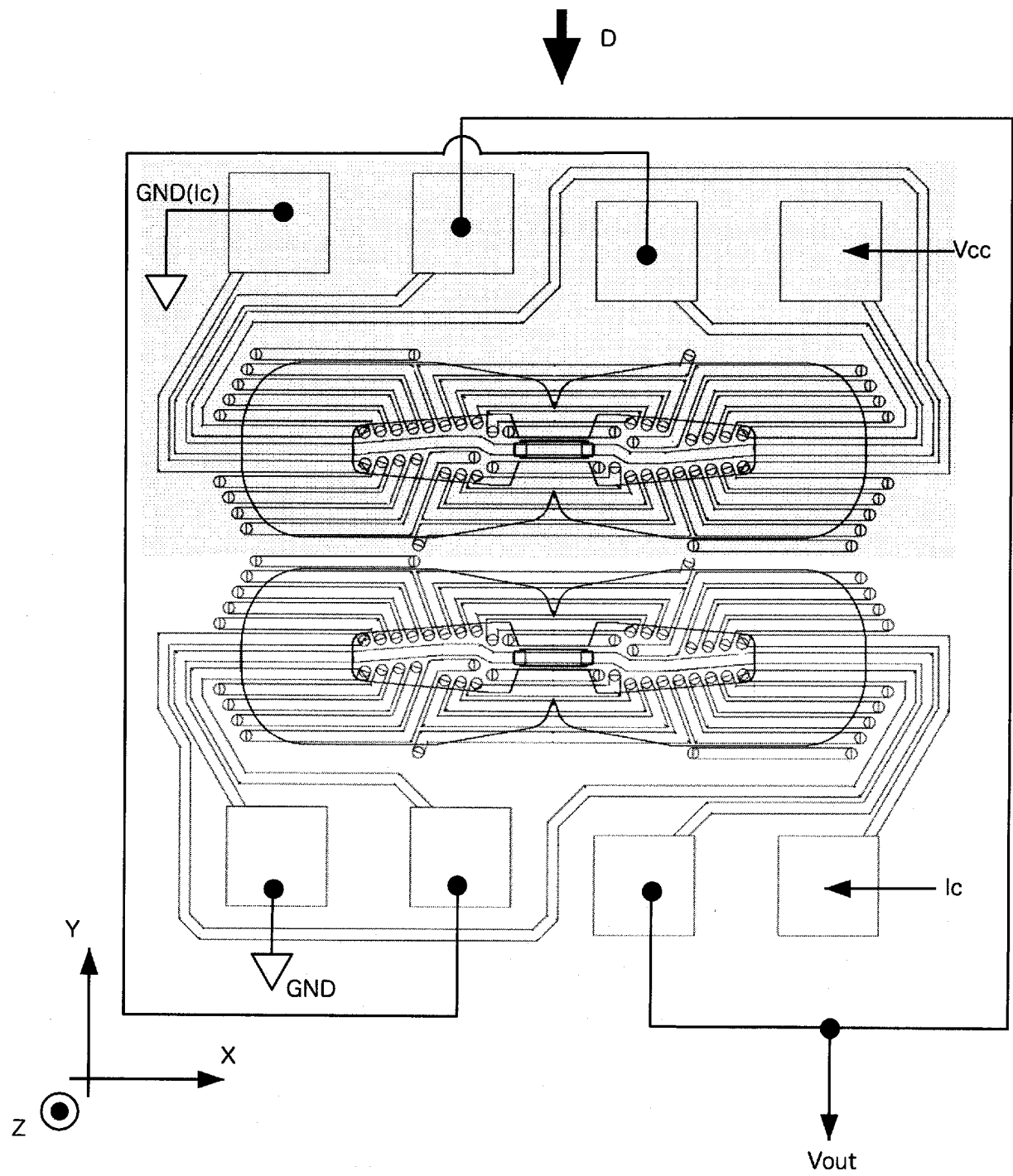
[図10]



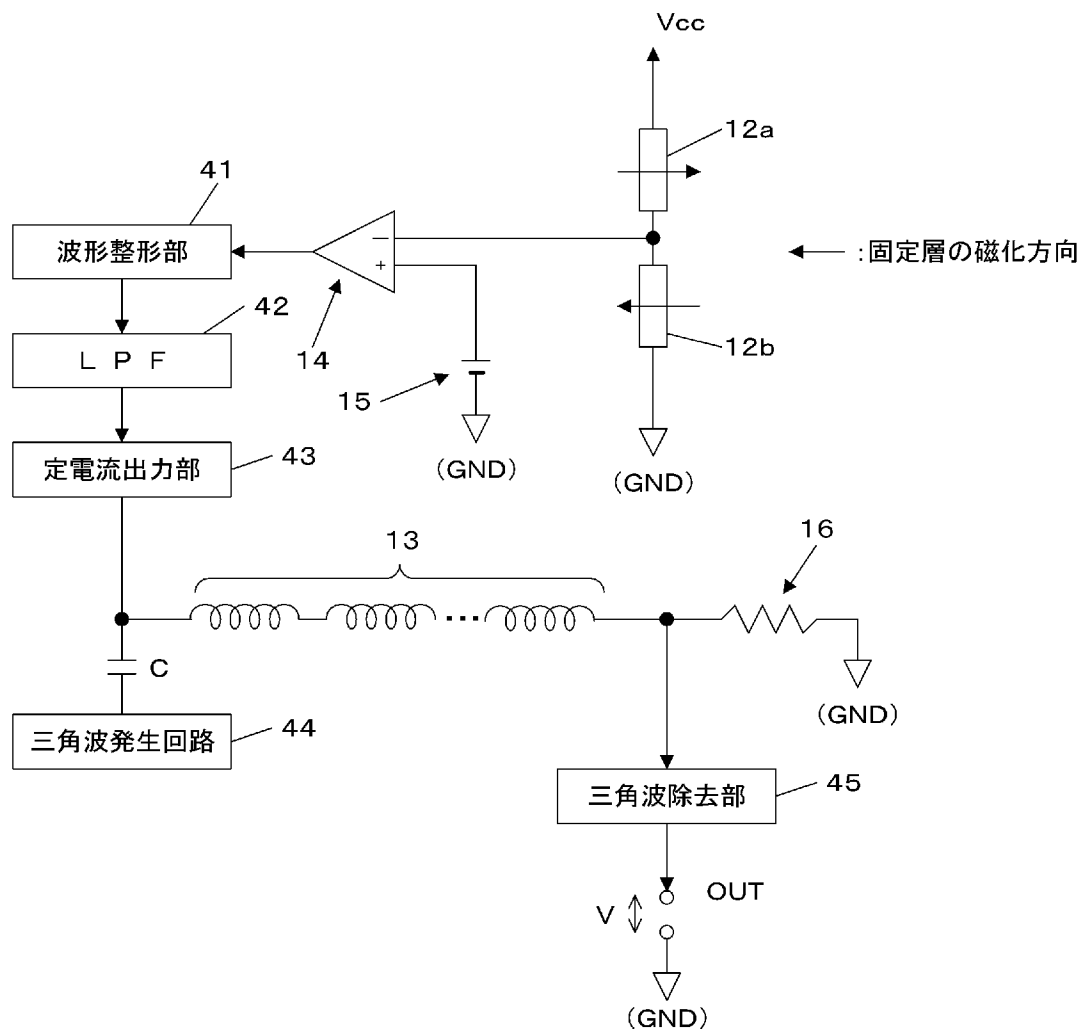
[図11]



[図12]

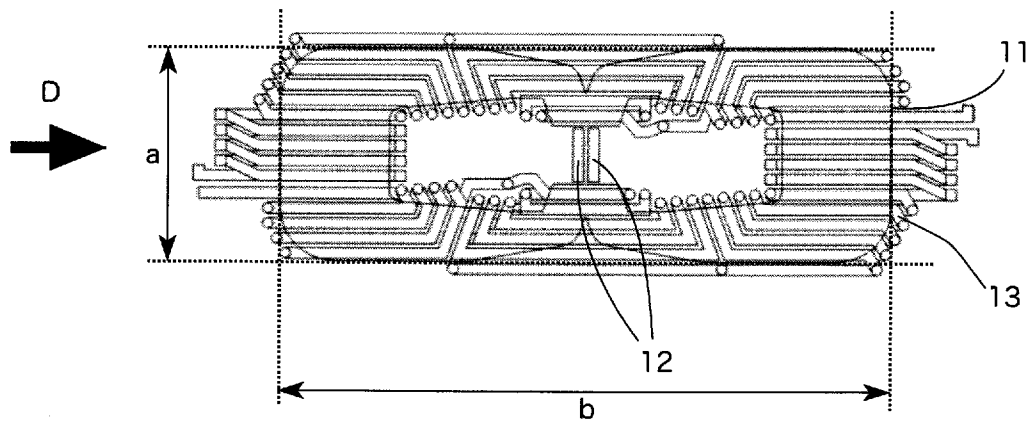


[図13]

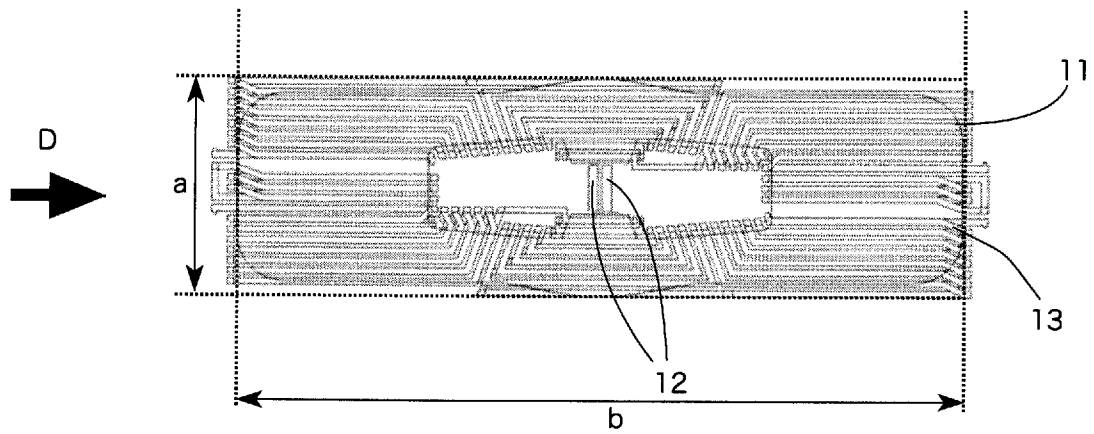


[図16]

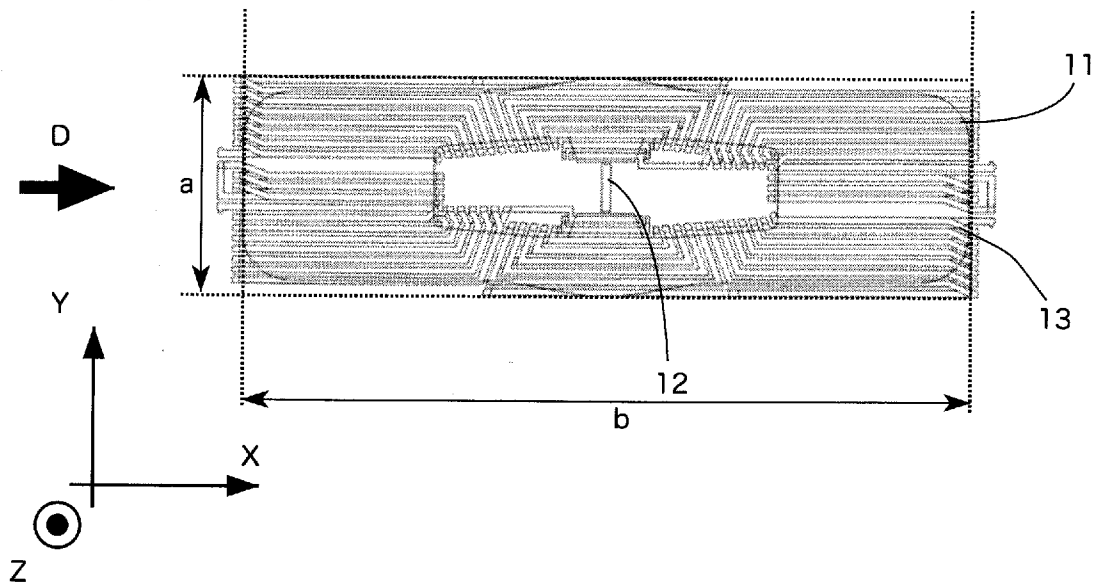
(a)



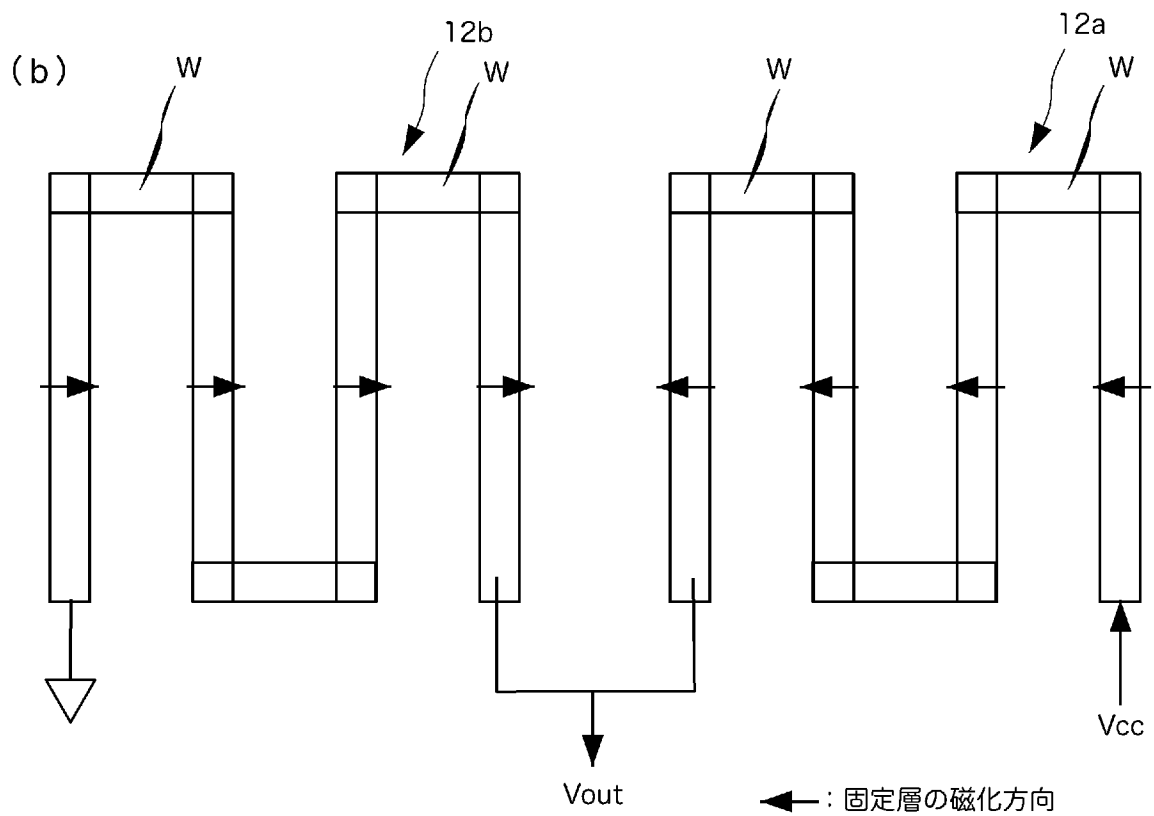
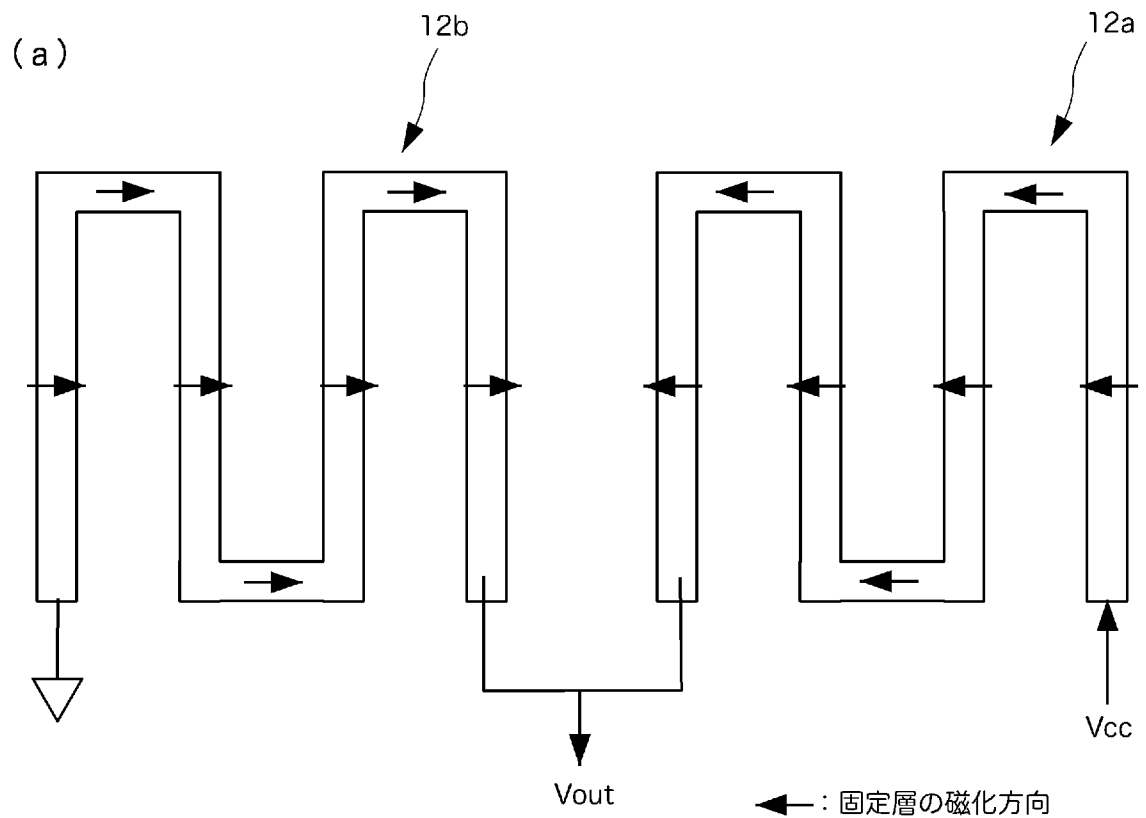
(b)



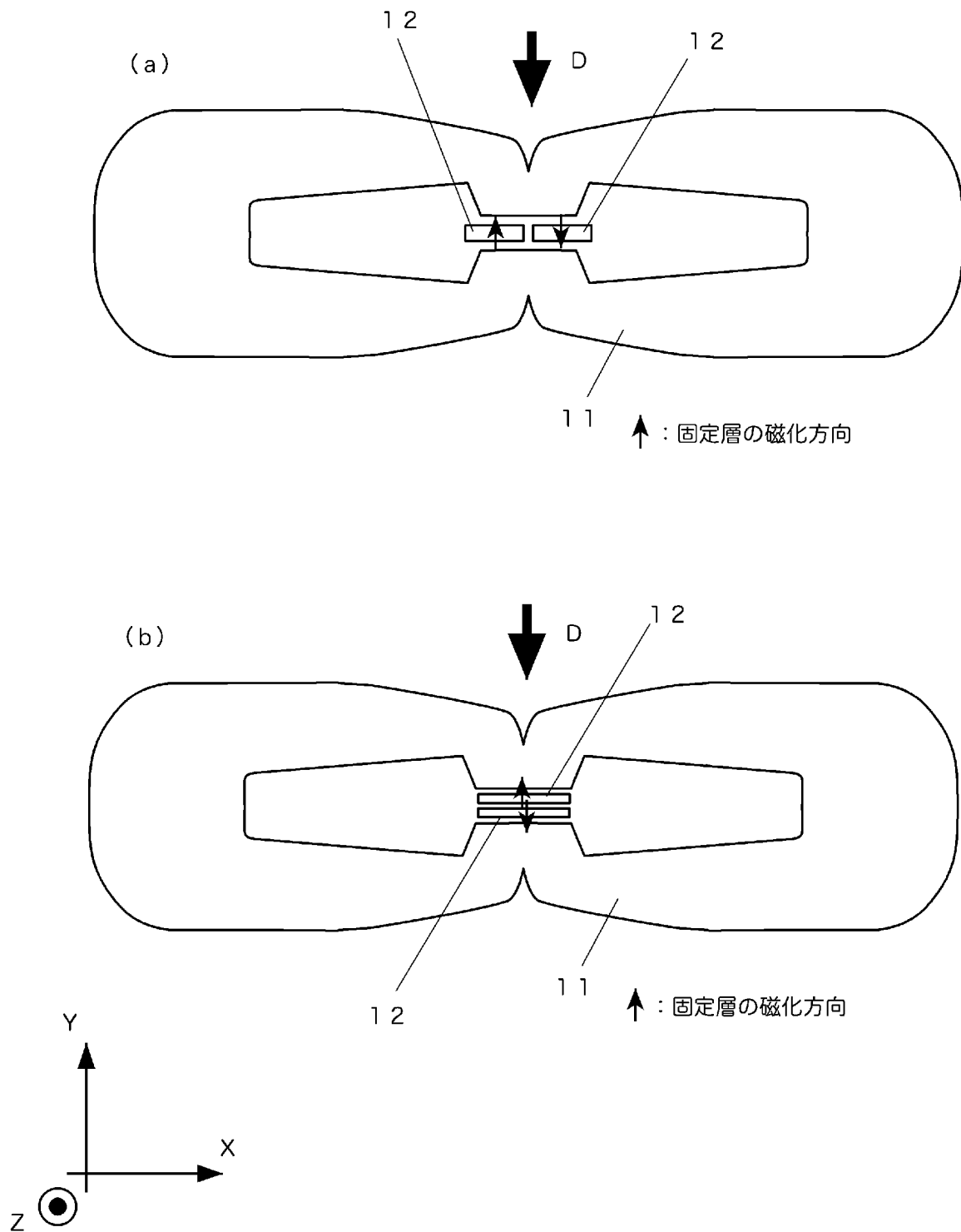
(c)



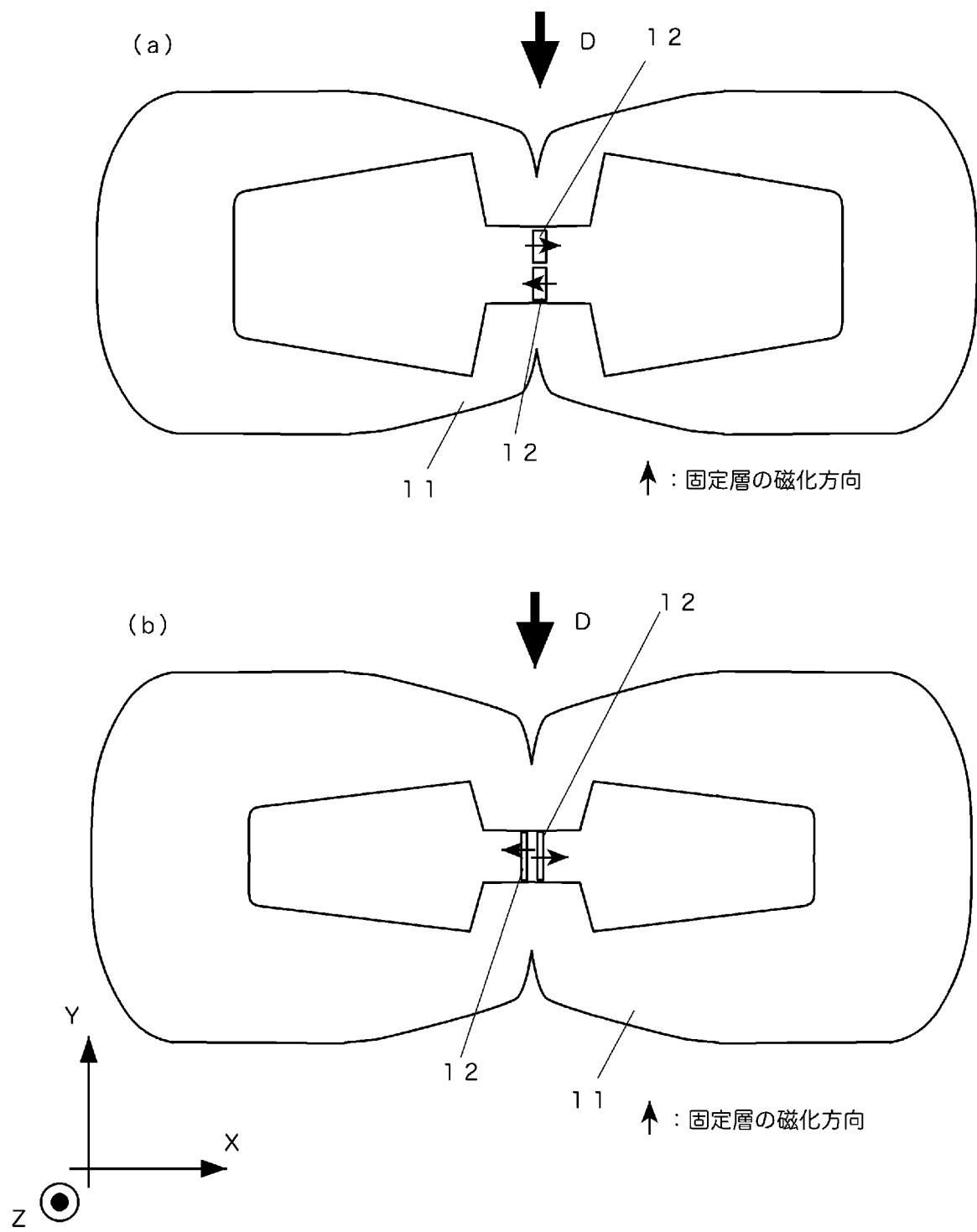
[図17]



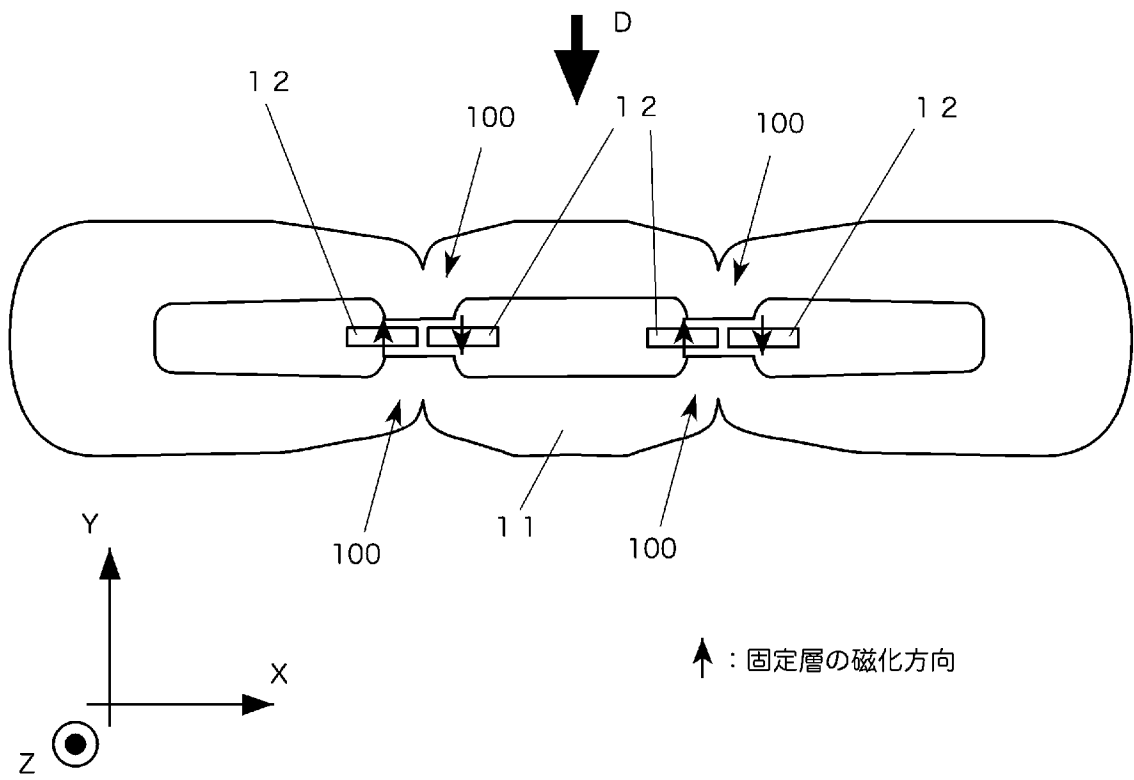
[図18]



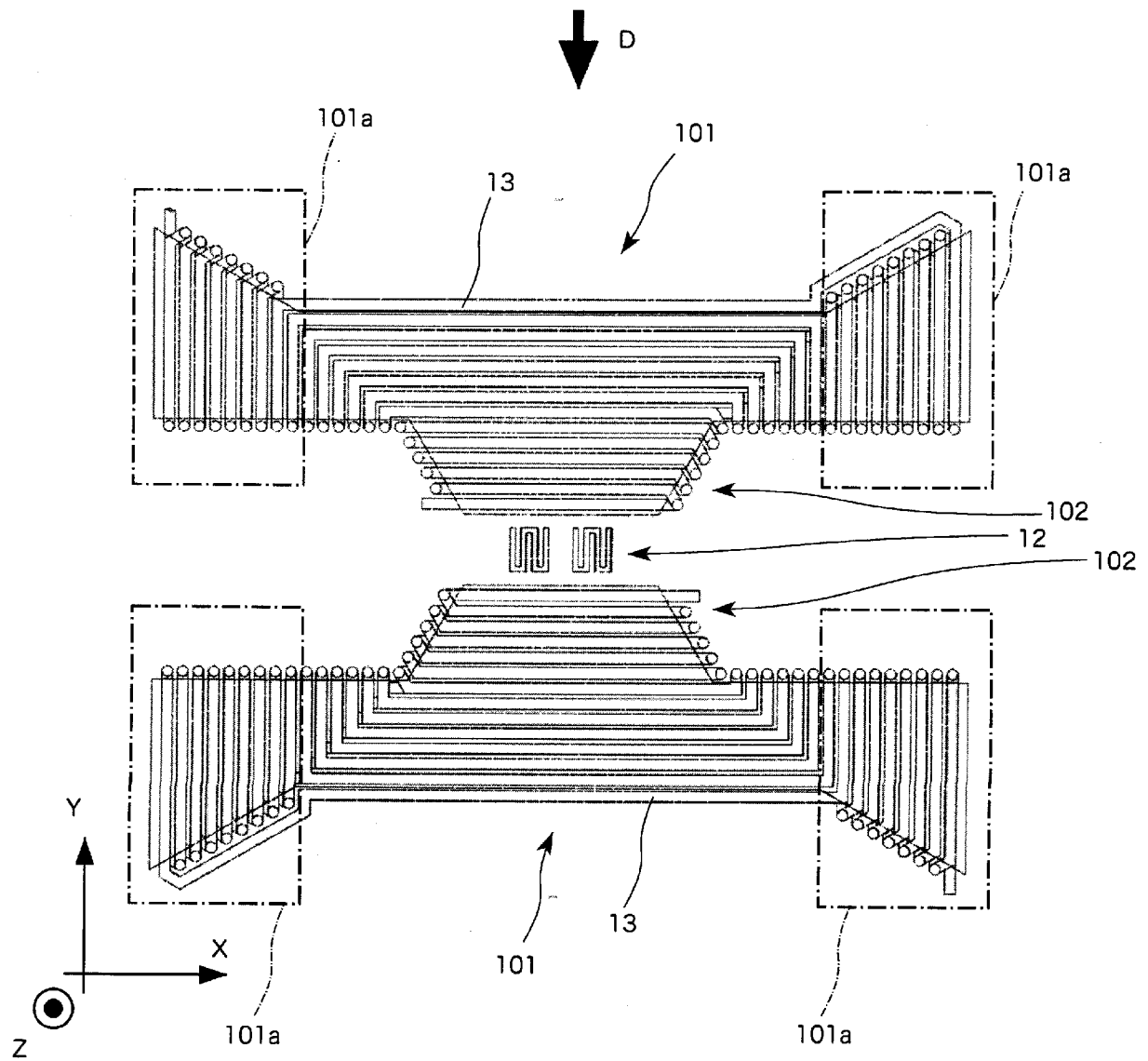
[図19]



[図20]

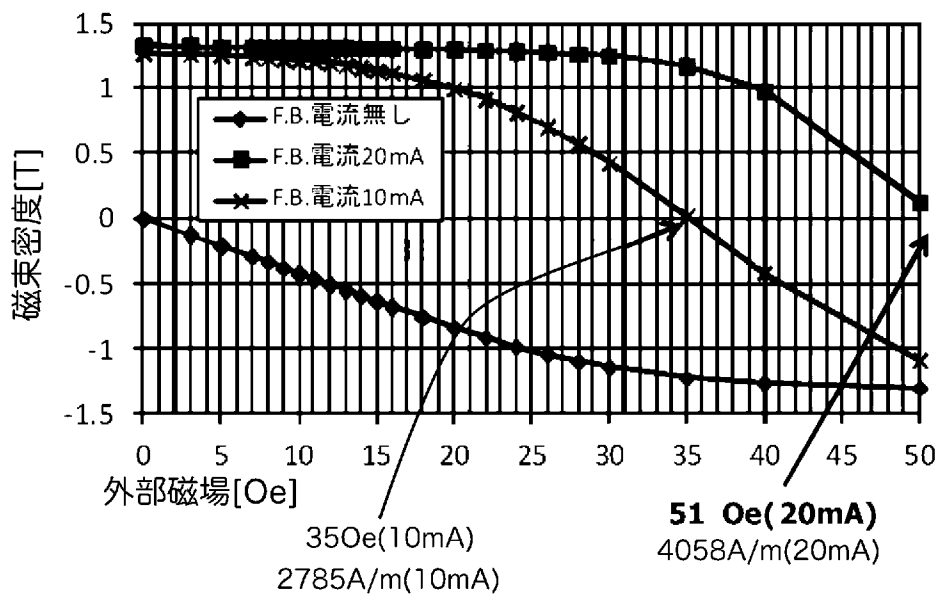


[図21]



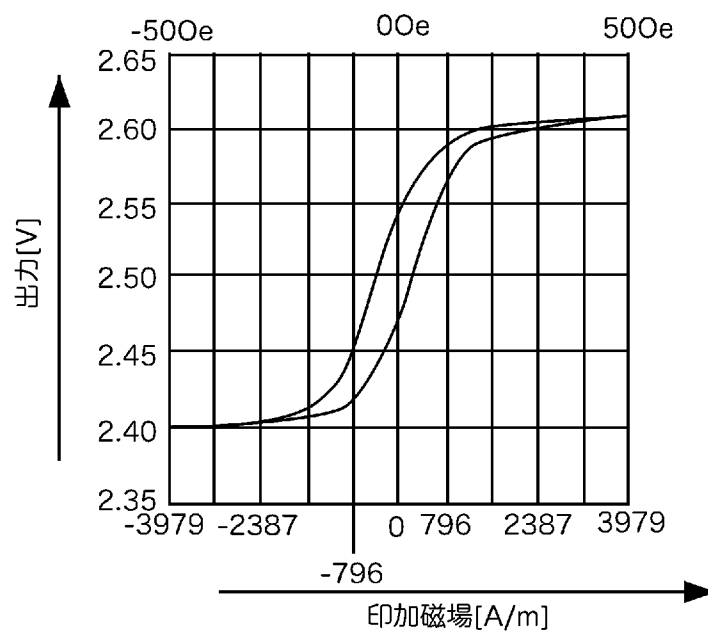
[図22]

外部磁場に対するSV-GMR素子の磁束密度

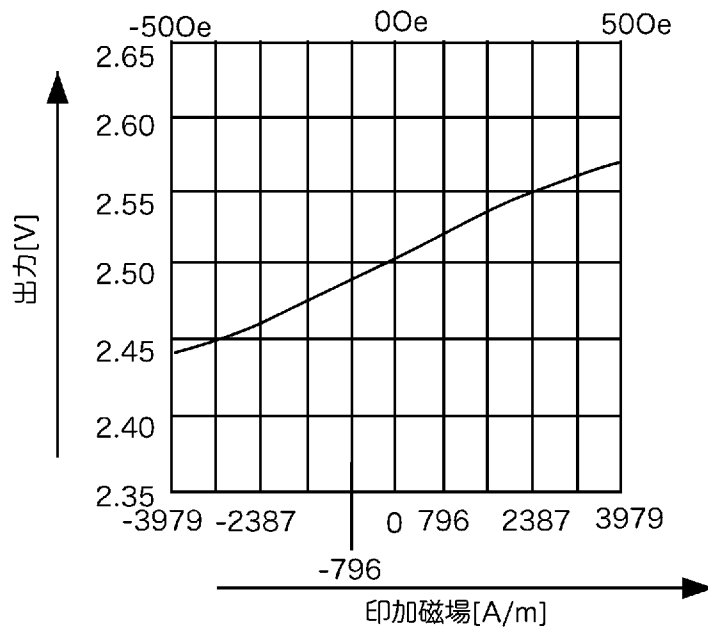


[図23]

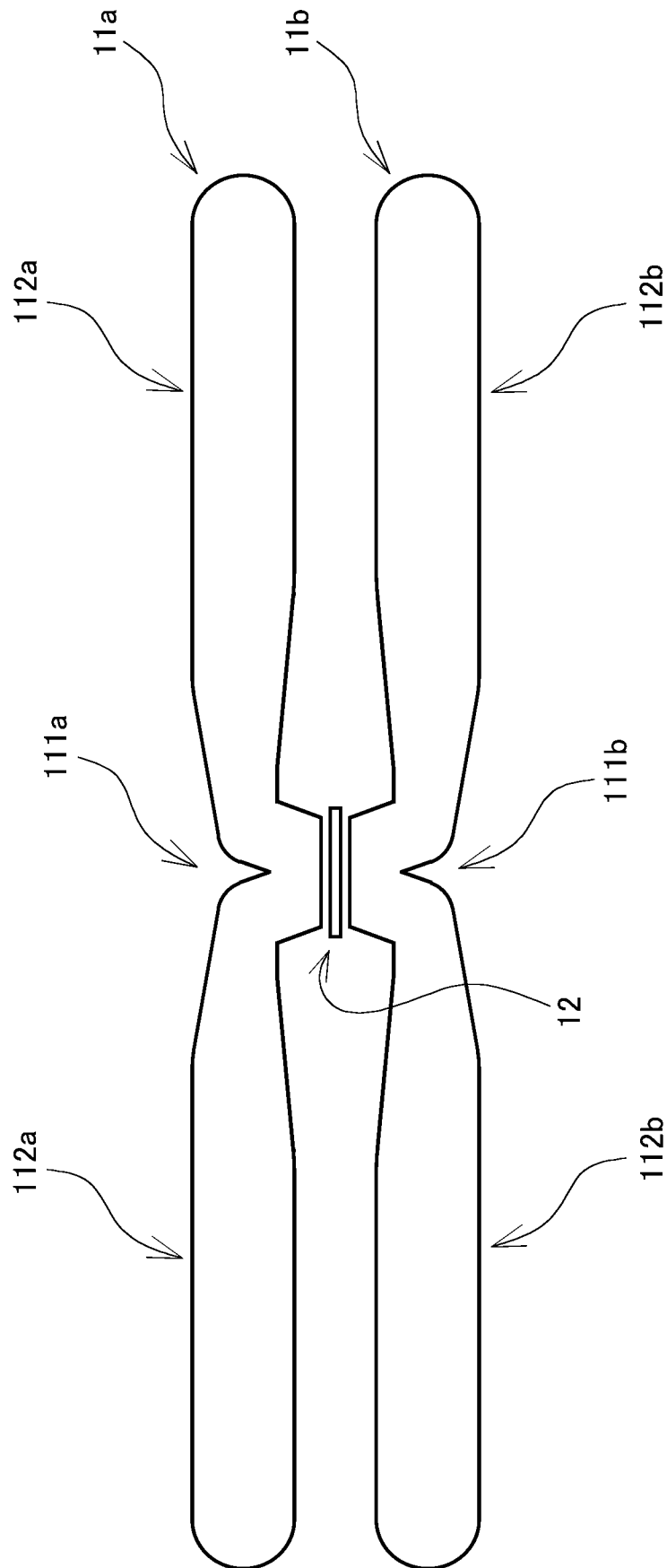
(a) : バイアス磁場 なし



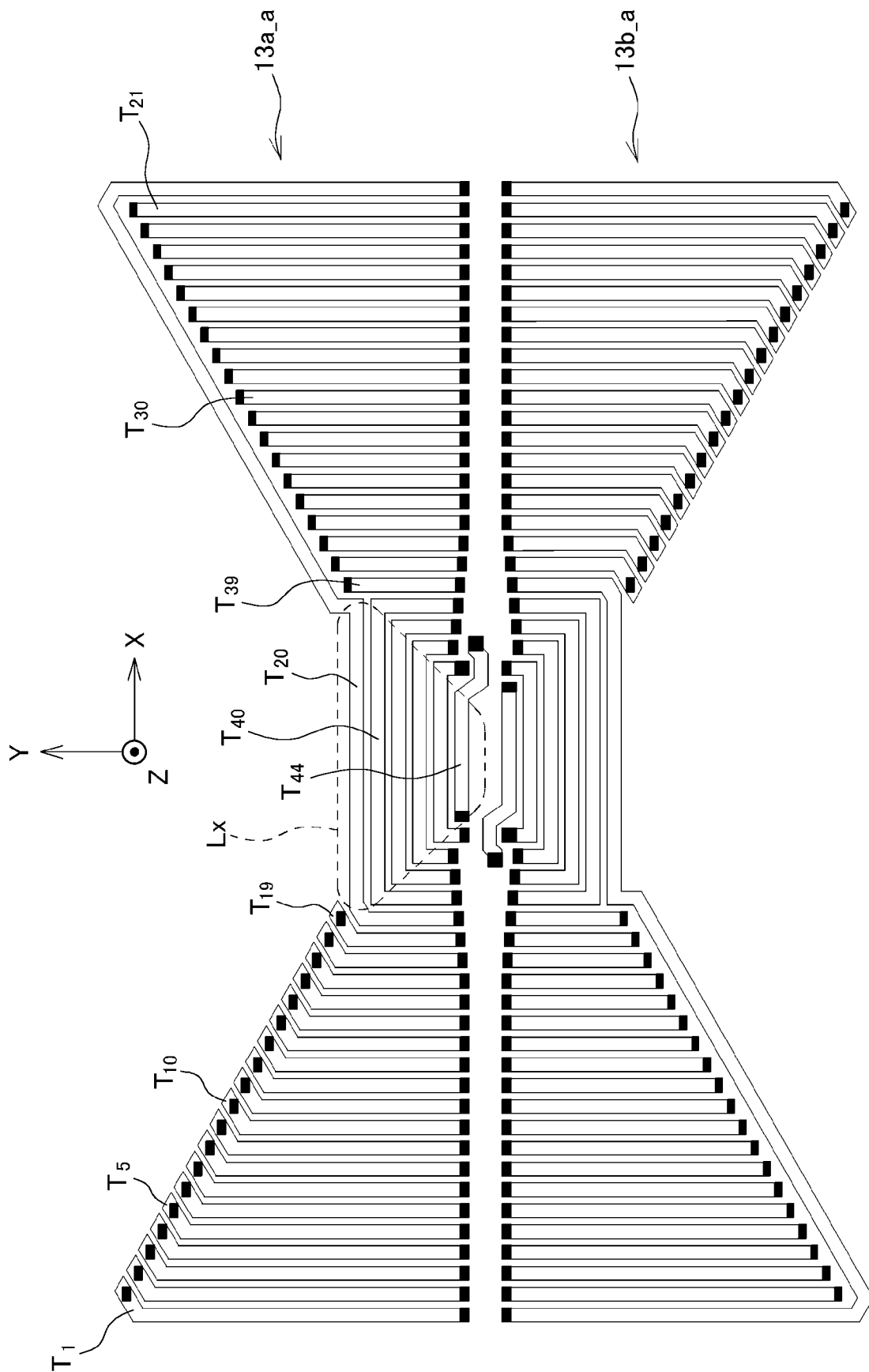
(b) : バイアス磁場 3979A/m (500e)



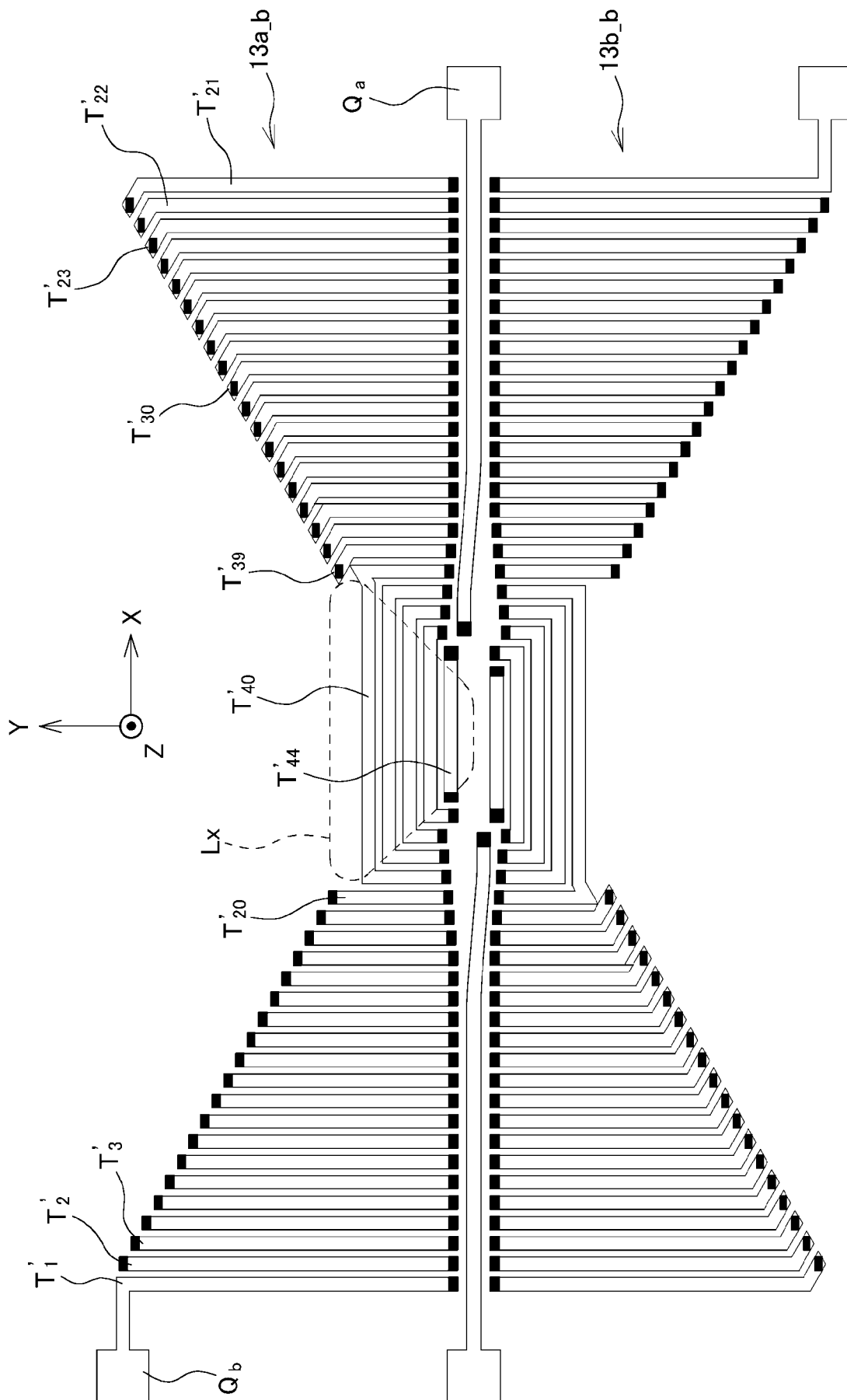
[図25]



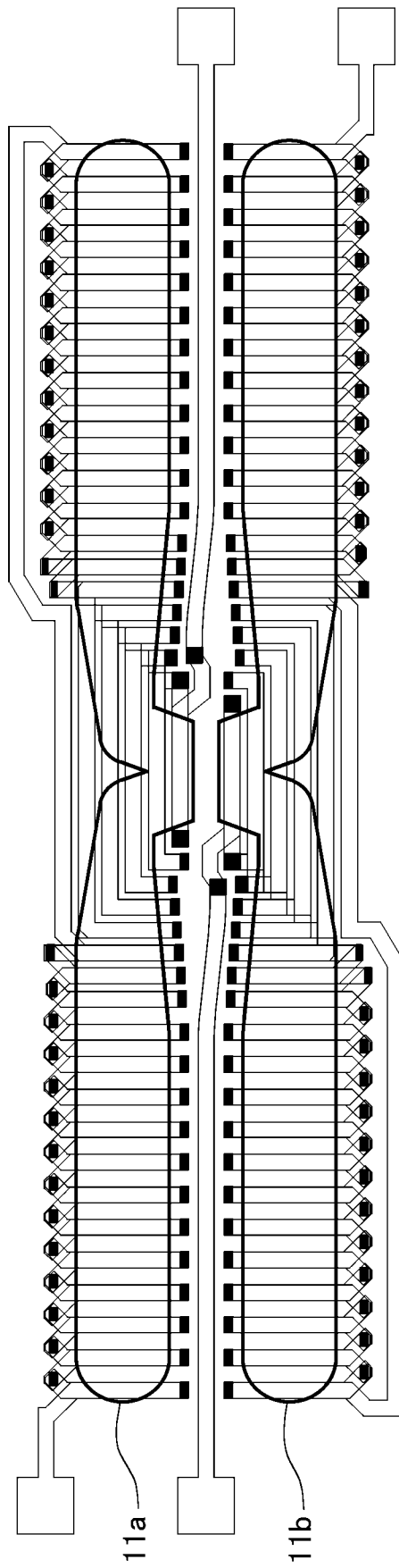
[図26]



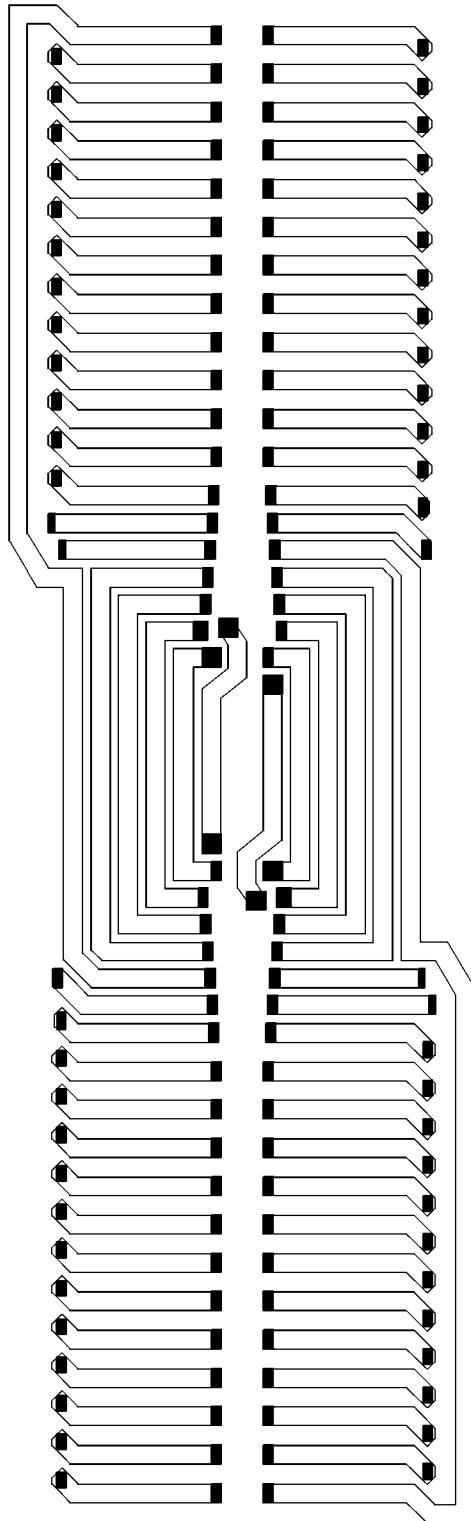
[図27]



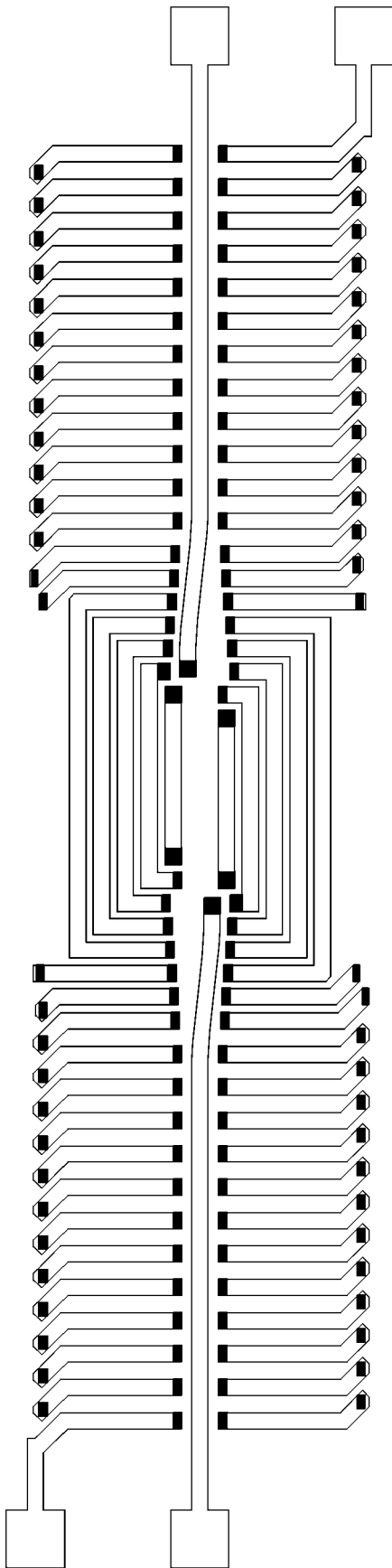
[図28]



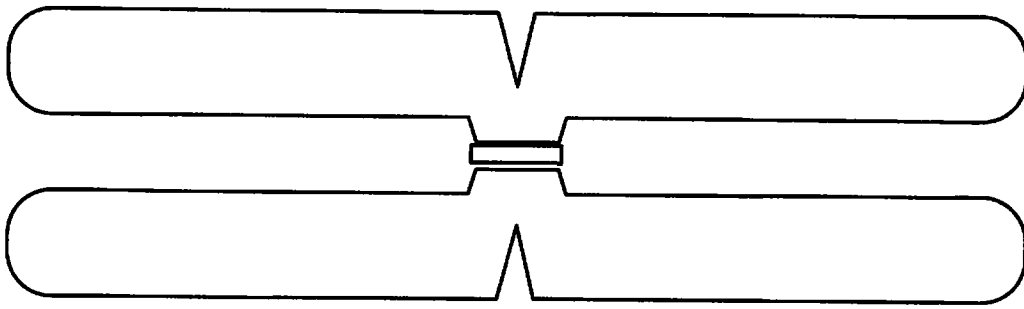
[図29]



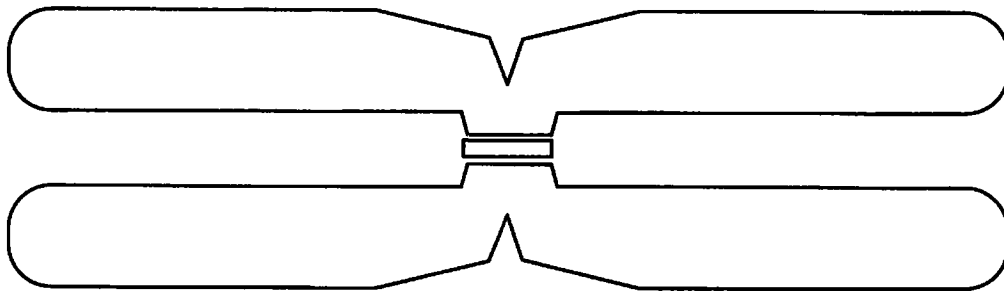
[図30]



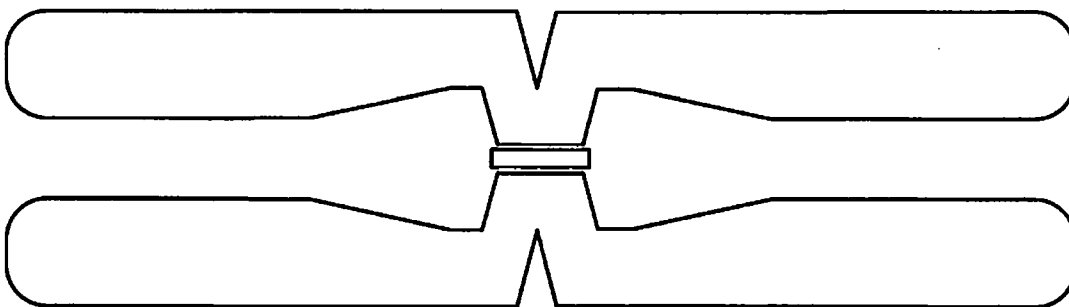
[図31]



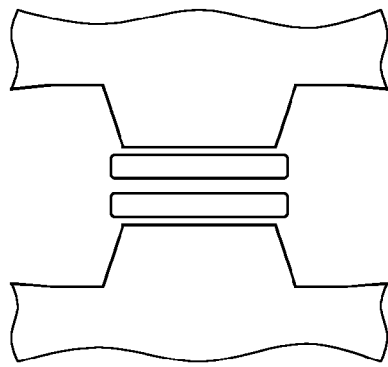
[図32]



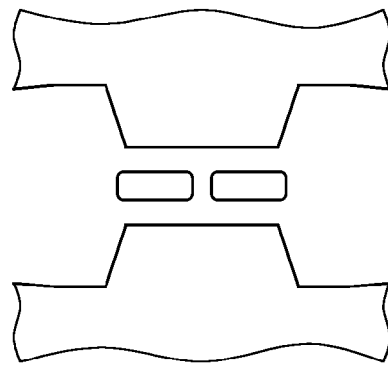
[図33]



[図34]

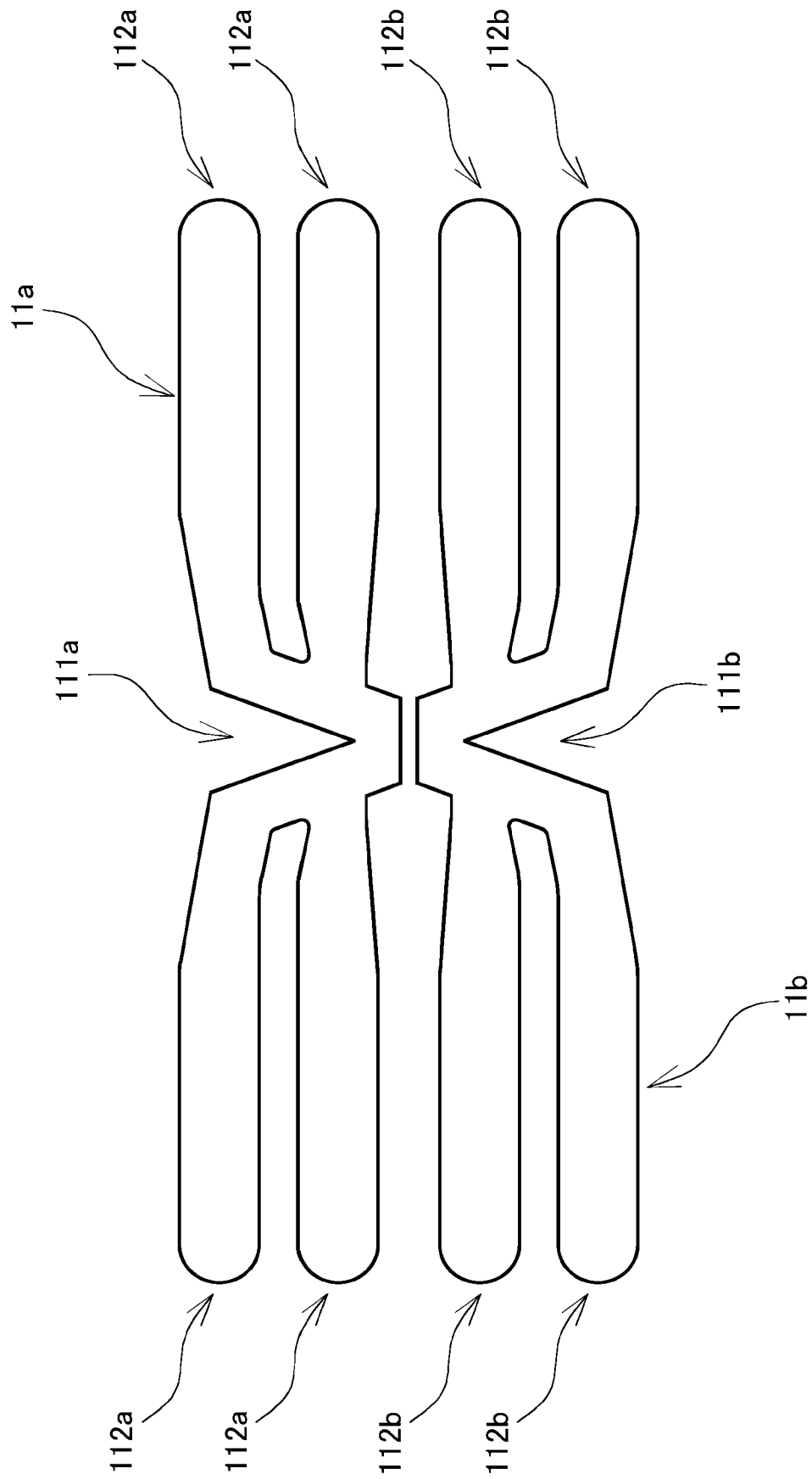


(a)

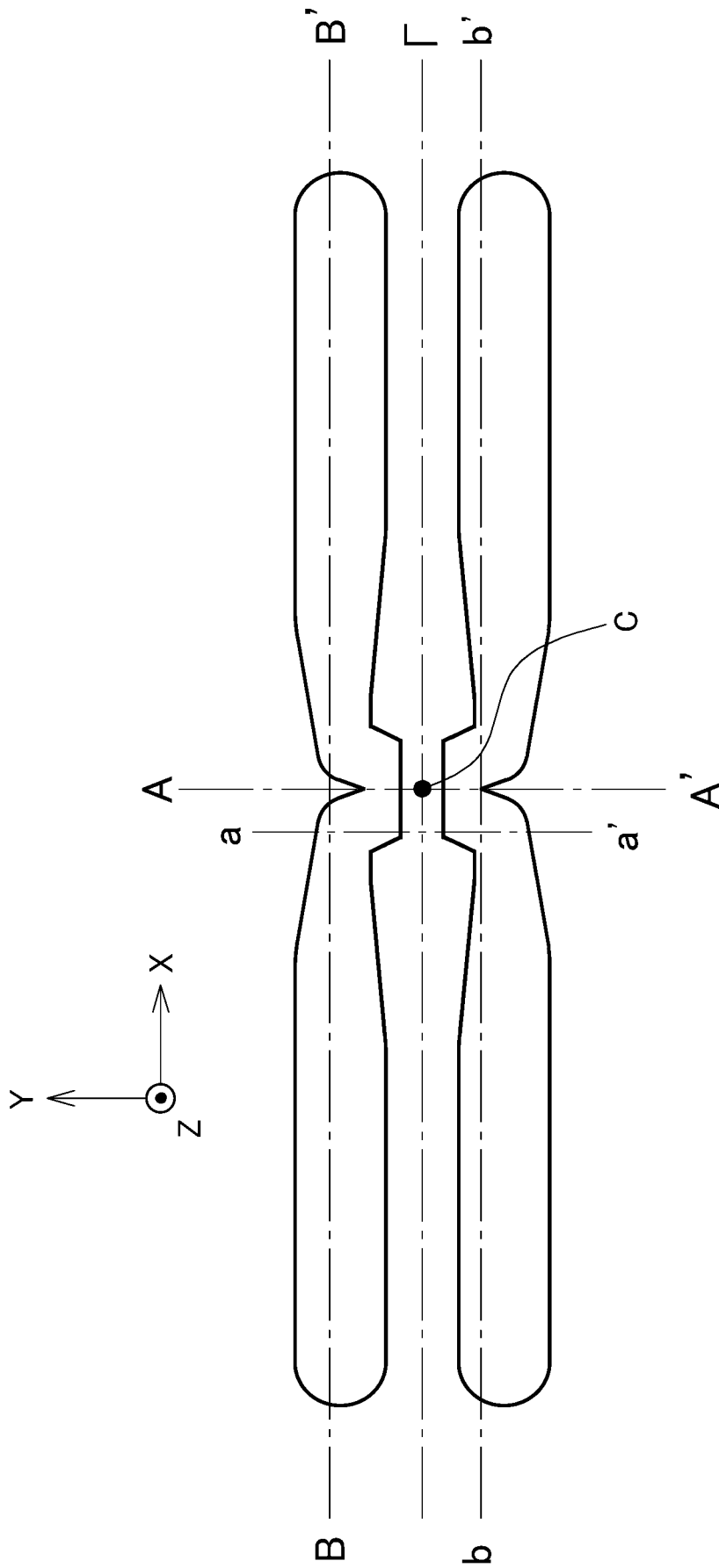


(b)

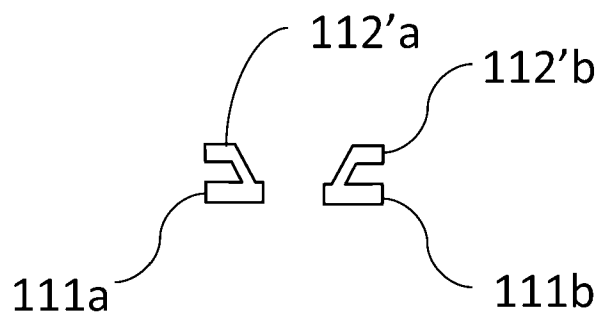
[図35]



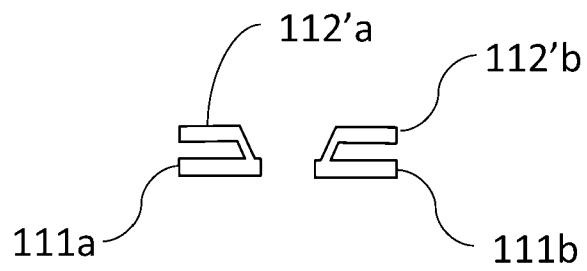
[図36]



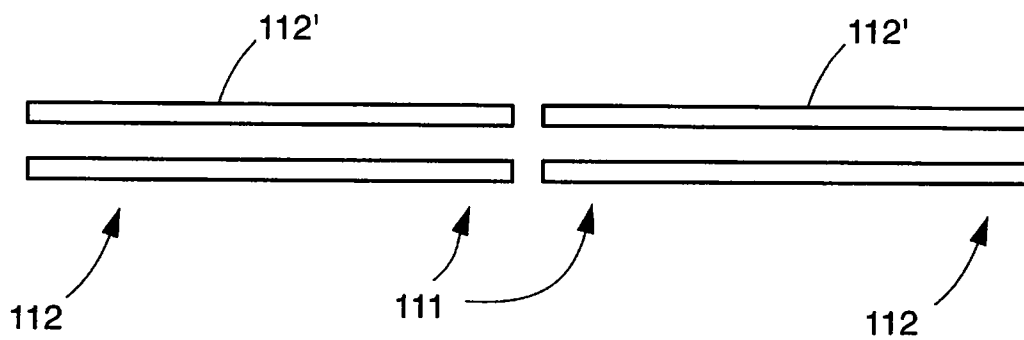
[図37]



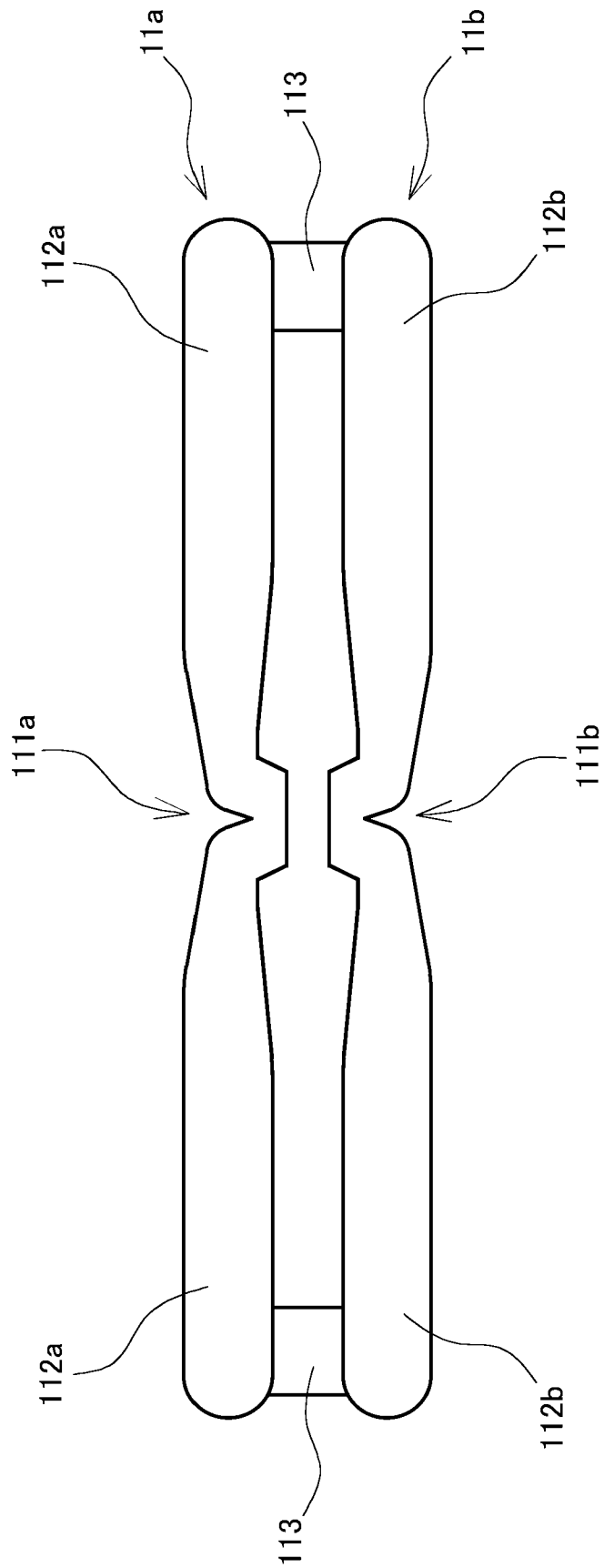
[図38]



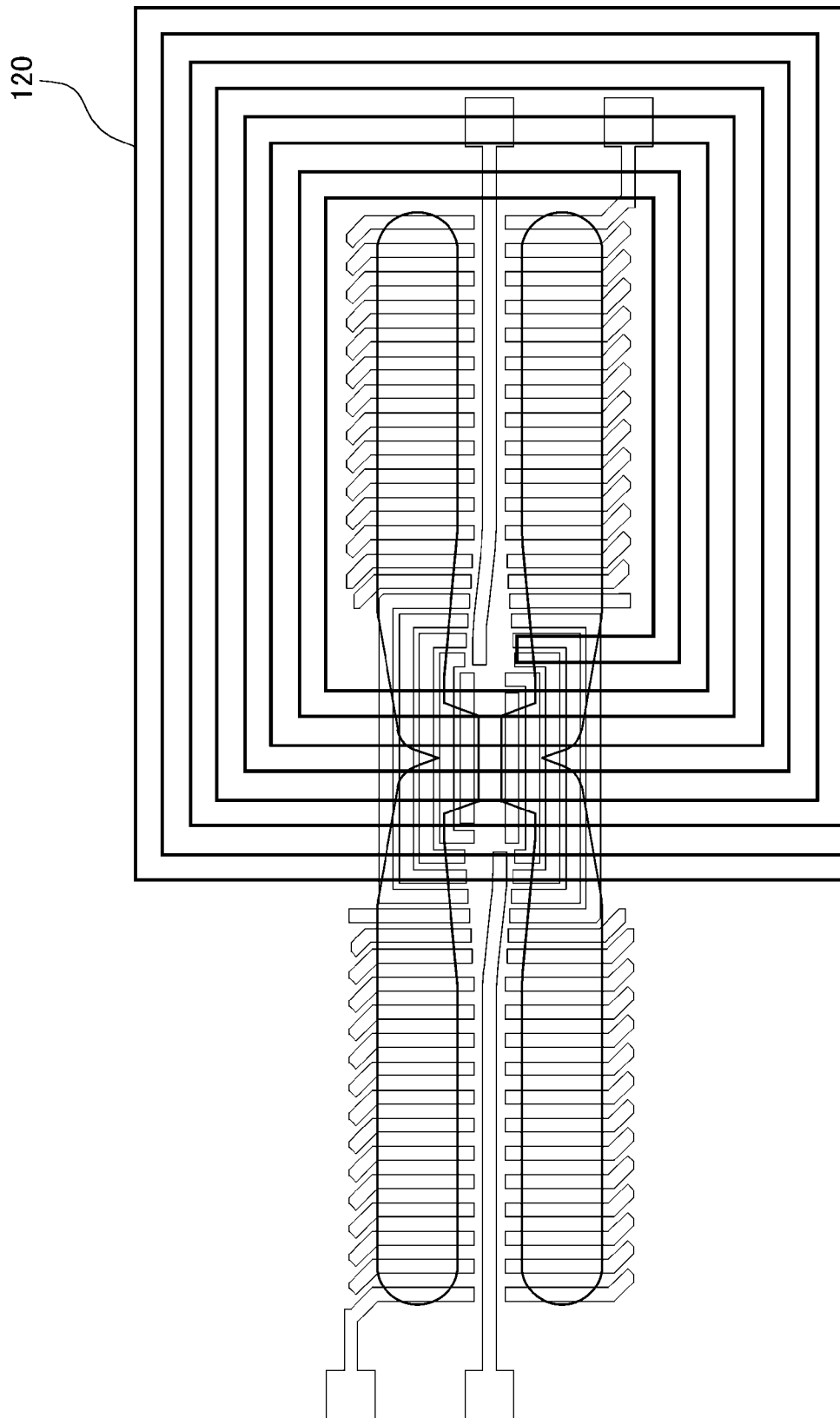
[図39]



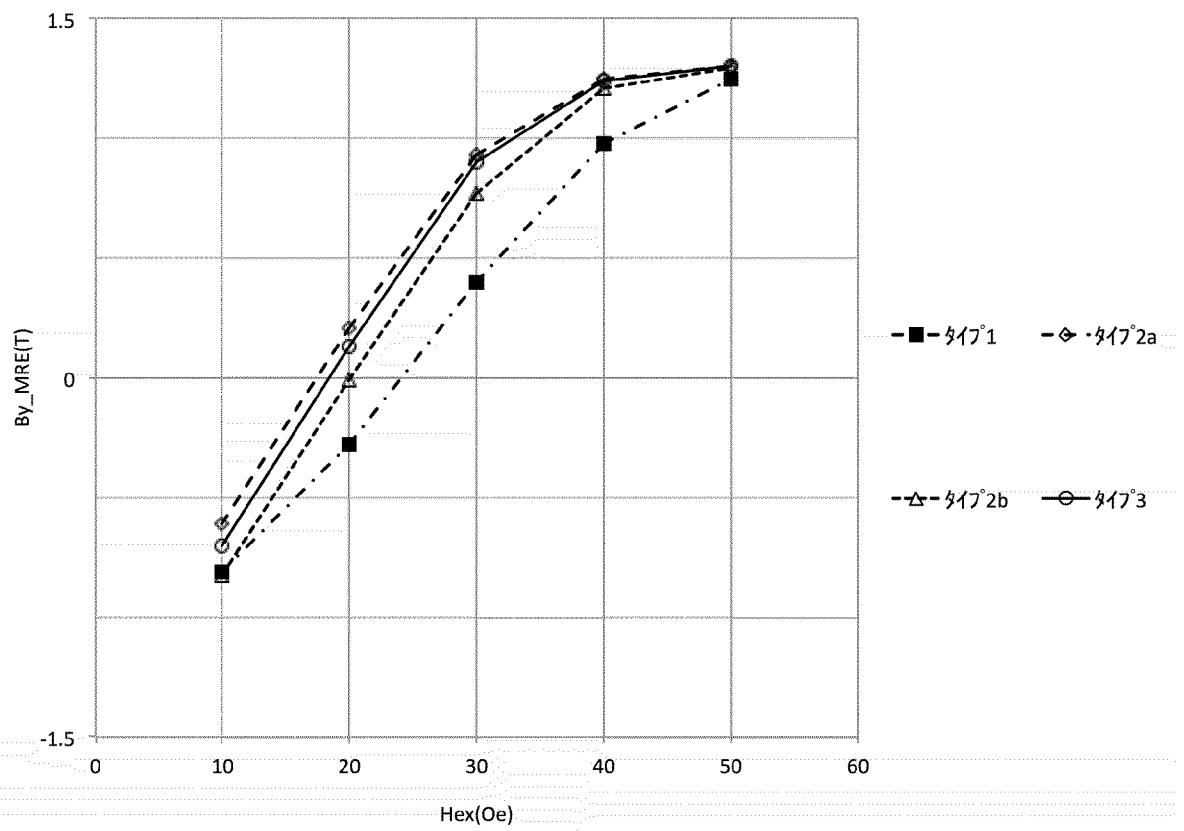
[図40]



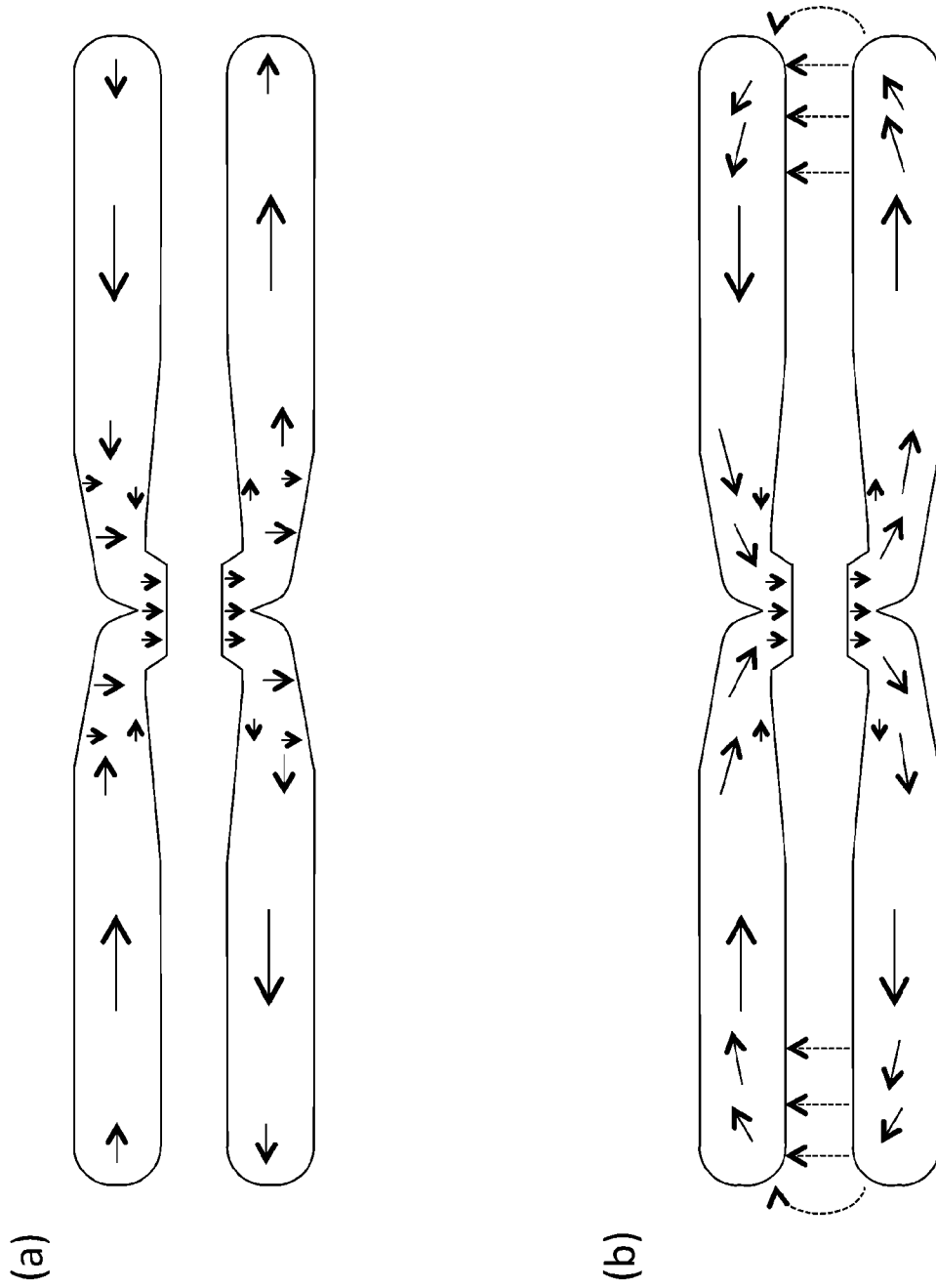
[図41]



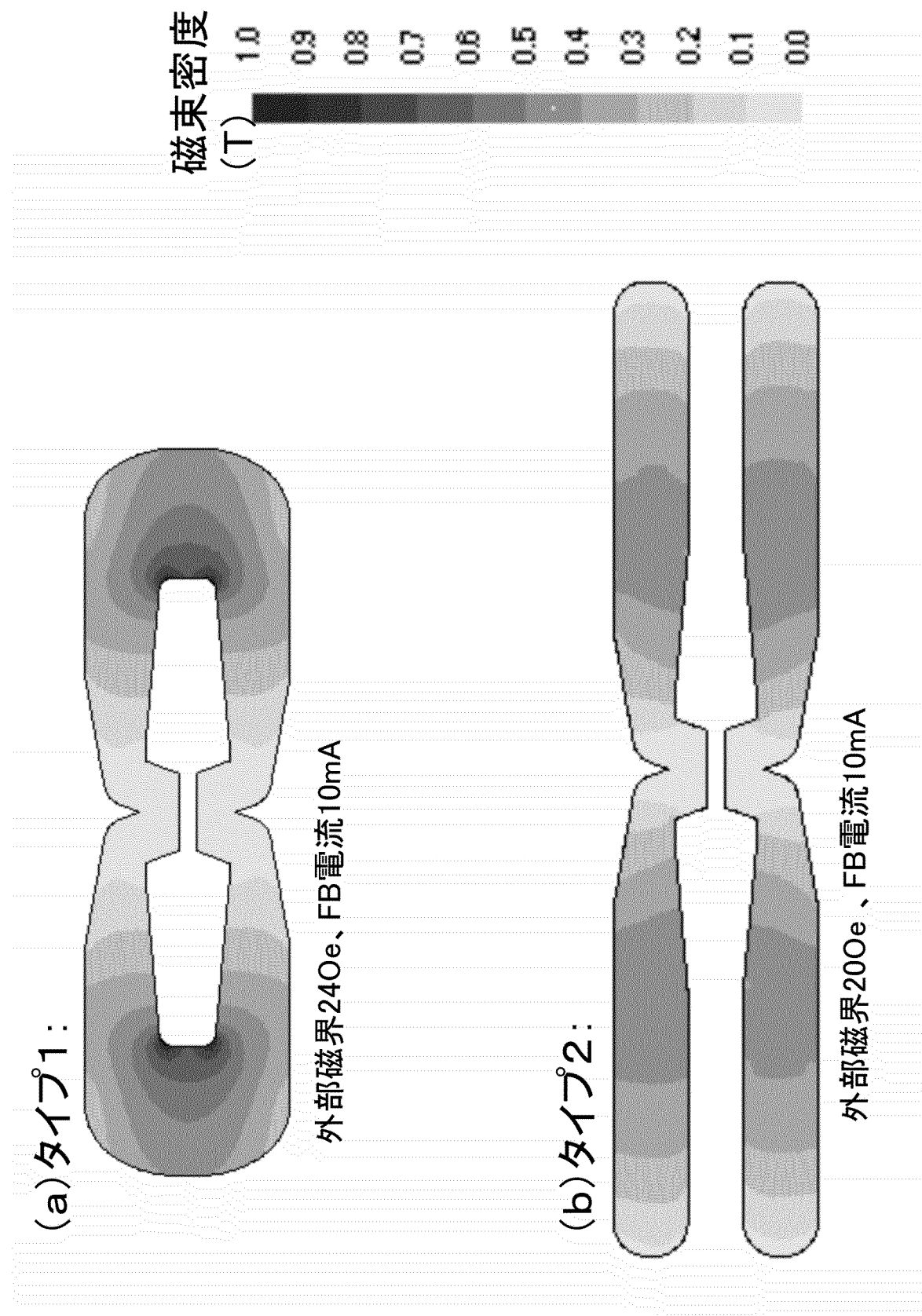
[図42]



[図43]



[図44]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057104

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R33/09(2006.01) i, H01L43/08(2006.01) i

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)

G01R33/09, H01L43/08

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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.
Y	JP 2009-222542 A (Citizen Holdings Co., Ltd.), 01 October 2009 (01.10.2009), paragraphs [0037] to [0041]; fig. 3 (Family: none)	1-6
Y	JP 8-94728 A (Sony Corp.), 12 April 1996 (12.04.1996), paragraphs [0009] to [0012]; fig. 1 (Family: none)	1-11
Y	JP 2009-168765 A (Citizen Holdings Co., Ltd.), 30 July 2009 (30.07.2009), paragraphs [0026] to [0036], [0045] to [0046]; fig. 1, 3 (Family: none)	2-4, 7-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 June, 2013 (07.06.13)Date of mailing of the international search report
18 June, 2013 (18.06.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057104

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-233921 A (Minerva Corp.), 13 September 1996 (13.09.1996), paragraph [0009]; fig. 1 (Family: none)	4
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 77607/1989 (Laid-open No. 16953/1991) (Yoji KOZUKA), 20 February 1991 (20.02.1991), page 7, line 11 to page 8, line 5; fig. 2 (Family: none)	6, 11
Y	JP 2008-128711 A (TDK Corp.), 05 June 2008 (05.06.2008), paragraphs [0015], [0023]; fig. 2 (Family: none)	7-11
Y	JP 2011-112634 A (Tamura Corp.), 09 June 2011 (09.06.2011), paragraph [0061]; fig. 11 (Family: none)	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057104

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to the invention of claim 1 and the invention of claims 7-11 is "a magnetic sensor device including a magnetic body, a coil wound around the magnetic body, and a magneto-resistance effect element".
(Continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057104

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

However, this technical feature cannot be a special technical feature, since it does not define a contribution over the prior art in view of the disclosure of document 2 (JP 8-94728 A (Sony Corp.), 12 April 1996 (12.04.1996), paragraphs [0009] to [0012]; fig. 1 (Family: none)) which discloses the invention relating to "a magnetic field sensor (magnetic sensor device) including a magnetic convergence core (magnetic body), a bias magnetic field coil (coil) wound around the magnetic convergence core, and a magneto-resistance effect element (magneto-resistance effect element).

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between these inventions.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G01R33/09(2006.01)i, H01L43/08(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G01R33/09, H01L43/08

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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
Y	JP 2009-222542 A（シチズンホールディングス株式会社） 2009.10.01, 段落【0037】-【0041】，【図3】（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 8-94728 A（ソニー株式会社）1996.04.12, 段落【0009】-【0012】， 【図1】（ファミリーなし）	1-11
Y	JP 2009-168765 A（シチズンホールディングス株式会社） 2009.07.30, 段落【0026】-【0036】，【0045】-【0046】，【図1】， 【図3】（ファミリーなし）	2-4, 7-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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矛盾するものではなく、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

07.06.2013

国際調査報告の発送日

18.06.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中村 和正

2 S

4401

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 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
Y	JP 8-233921 A (株式会社ミネルバ) 1996.09.13, 【0009】, 【図1】 (ファミリーなし)	4
Y	日本国実用新案登録出願 1-77607 号(日本国実用新案登録出願公開 3-16953 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイ クロフィルム (小塚 洋司) 1991.02.20, 第7頁第11行-第8頁第5 行, 第2図 (ファミリーなし)	6, 11
Y	JP 2008-128711 A (TDK株式会社) 2008.06.05, 段落【0015】, 【0023】, 【図2】 (ファミリーなし)	7-11
Y	JP 2011-112634 A (株式会社タムラ製作所) 2011.06.09, 段落 【0061】, 【図11】 (ファミリーなし)	8

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明と請求項7-11に係る発明は、「磁性体と、前記磁性体に巻回されるコイルと、磁気抵抗効果素子とを含む磁気センサデバイス」という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、「磁気収束用のコア（磁性体）と、前記磁気収束用のコアに巻回されるバイアス磁界用のコイル（コイル）と、磁気抵抗効果素子（磁気抵抗効果素子）とを含む磁界センサー（磁気センサデバイス）」に関する発明が記載されている、文献2（JP 8-94728 A（ソニー株式会社）1996.04.12，段落【0009】-【0012】，【図1】（ファミリーなし））の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかに同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。