

(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
2020年4月30日(30.04.2020)



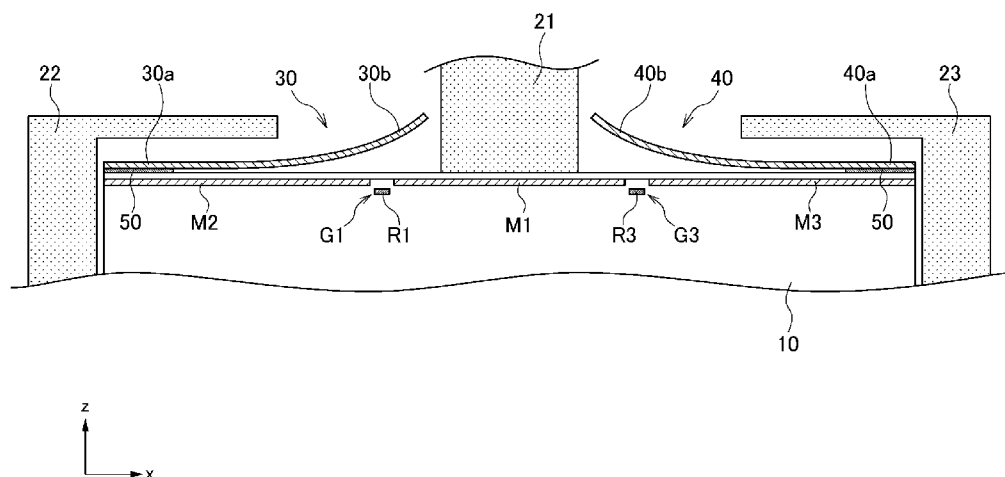
(10) 国際公開番号

WO 2020/084953 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 33/02 (2006.01) *H01L 43/02* (2006.01)
G01R 33/09 (2006.01) *H01L 43/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/036013
- (22) 国際出願日: 2019年9月13日(13.09.2019)
- (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 2018-199195 2018年10月23日(23.10.2018) JP
- (71) 出願人: T D K株式会社(TDK CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 福井 崇人(FUKUI Takato); 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP). 笠島 多聞(KASAJIMA Tamon); 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 鷺頭 光宏, 外(WASHIZU Mitsuhiro et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目5番1号第三太陽ビル7F 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: MAGNETIC SENSOR

(54) 発明の名称: 磁気センサ



(57) Abstract: [Problem] The objective of the present invention is to provide a magnetic sensor with which it is possible to reduce 1/f noise by causing a magnetic path to be displaced mechanically, without using a MEMS structure requiring high-temperature processing. [Solution] A magnetic sensor according to the present invention is provided with: magnetic layers M11, M21; a sensor chip 10 including a magnetosensitive element R1 provided on a magnetic path formed by means of a magnetic gap G1 between the magnetic layers M11, M21; and a mechanical drive portion 30 bonded to the

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, 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)）

sensor chip 10 by way of a bonding agent 50. The mechanical drive portion 30 includes a fixed region 30a fixed to the sensor chip by way of the bonding agent 50, and a displacement region 30b which is displaced by means of the application of a drive voltage. According to the present invention, since the construction is such that the mechanical drive portion is fixed to the sensor chip by means of the bonding agent, it is not necessary to carry out high-temperature processing after the magnetosensitive element has been formed. A reduction in 1/f noise can therefore be achieved while preventing a deterioration in the characteristics of the magnetosensitive element as a result of high-temperature processing.

(57) 要約：【課題】高温プロセスが必要なMEMS構造を用いることなく、磁路を機械的に変位させることによって1/fノイズを低減することが可能な磁気センサを提供する。【解決手段】本発明による磁気センサは、磁性体層M11、M21と、磁性体層M11、M21間の磁気ギャップG1によって形成される磁路上に設けられた感磁素子R1を含むセンサチップ10と、接着剤50を介してセンサチップ10に接着された機械的駆動部30とを備える。機械的駆動部30は、接着剤50を介してセンサチップに固定された固定領域30aと、駆動電圧を印加することにより変位する変位領域30bとを有する。本発明によれば、接着剤によって機械的駆動部をセンサチップに固定した構造を有していることから、感磁素子を形成した後に高温プロセスを行う必要がない。このため、高温プロセスによる感磁素子の特性劣化を防止しつつ、1/fノイズを低減することが可能となる。

明 細 書

発明の名称：磁気センサ

技術分野

[0001] 本発明は磁気センサに関し、特に、磁路を機械的に変位させることによって $1/f$ ノイズを低減した磁気センサに関する。

背景技術

[0002] 現在、感磁素子を用いた磁気センサは様々な分野で利用されているが、極めて微弱な磁界を検出するためには、 S/N 比の高い磁気センサが必要となる。ここで、磁気センサの S/N 比を低下させる要因として、 $1/f$ ノイズが挙げられる。 $1/f$ ノイズは、測定対象となる磁界の周波数成分が低いほど顕著となることから、例えば 1 kHz 以下といった低周波領域の磁界を高感度に検出するためには、 $1/f$ ノイズを低減させることが重要となる。

[0003] 磁気センサにおいて $1/f$ ノイズを低減させる方法としては、非特許文献 1～3 に記載されているように、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を用いて磁路を機械的に変位させることによって、測定対象となる磁界を振幅変調する方法が提案されている。

[0004] 例えば非特許文献 1 には、図 17 に示すように、磁路 1 と磁路 2 の間の磁気ギャップに GMR 素子 4 を配置するとともに、MEMS 構造を有する可変磁路 3 によって GMR 素子 4 を覆い、可変磁路 3 を上下に駆動することによって GMR 素子 4 を通過する磁束の割合を変化させる方法が提案されている。これによれば、可変磁路 3 を高速に駆動することにより、測定対象となる磁界が振幅変調されることから、 $1/f$ ノイズを低減することが可能となる。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献 1: Hybrid Integration of Magnetoresistive Sensors with MEMS as a Strategy to Detect Ultra-Low Magnetic Fields, Micromachines 201

6, 7, 88

非特許文献2: Hybrid GMR Sensor Detecting 950 pT/sqrt(Hz) at 1 Hz and Room Temperature, Sensors 2018, 18, 790

非特許文献3: FABRICATION OF MICROMECHANICALLY-MODULATED MGO MAGNETIC TUNNEL JUNCTION SENSORS, Gerardo Jaramillo, Mei Lin Chan, Andre Guedes, David A. Horsley

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、非特許文献1～3に記載されたMEMS構造を得るためには、ウェーハ上にMR素子などの感磁素子を形成した後、スパッタリングやミリングなどの高温プロセスを行う必要があることから、高温プロセスによって感磁素子の特性が劣化するという問題があった。

[0007] したがって、本発明は、高温プロセスが必要なMEMS構造を用いることなく、磁路を機械的に変位させることによって $1/f$ ノイズを低減することが可能な磁気センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明による磁気センサは、第1及び第2の磁性体層と、第1の磁性体層と第2の磁性体層との間の第1の磁気ギャップによって形成される第1の磁路上に設けられた第1の感磁素子とを含むセンサチップと、接着剤を介してセンサチップに接着され、圧電体層とバイパス磁性体層が積層された構造を有する第1の機械的駆動部とを備え、第1の機械的駆動部は、接着剤を介してセンサチップに固定された固定領域と、圧電体層に駆動電圧を印加することにより変位する変位領域とを有し、駆動電圧に応じて、変位領域に含まれるバイパス磁性体層と第1の磁路との位置関係が変化することを特徴とする。

[0009] 本発明によれば、MEMS構造とは異なり、接着剤によって機械的駆動部をセンサチップに固定した構造を有していることから、感磁素子を形成した後高温プロセスを行う必要がない。このため、高温プロセスによる感磁素

子の特性劣化を防止しつつ、 $1/f$ ノイズを低減することが可能となる。しかも、機械的駆動部は後付け部品であることから、センサチップと機械的駆動部を別個に作製することができ、形状・構造などの仕様変更も容易である。

[0010] 本発明による磁気センサは、第1の磁性体層と重なり、且つ、第1の機械的駆動部と重ならない位置に設けられた第1の外部磁性体をさらに備え、第1の機械的駆動部の固定領域は、第1の感磁素子から見て第2の磁性体層側に位置するものであっても構わない。これによれば、測定対象となる磁界が第1の外部磁性体によって集磁されることから、高い検出感度を得ることができるとともに、センサチップに対して垂直方向の磁束の選択性を高めることが可能となる。しかも、第1の機械的駆動部の固定領域が第2の磁性体層側に位置していることから、第1の機械的駆動部と第1の外部磁性体が干渉することもない。

[0011] 本発明において、第1の機械的駆動部の固定領域は、第2の磁性体層と重なっていても構わない。これによれば、第1の機械的駆動部の固定領域と第2の磁性体層がセンサチップ上の同じ平面位置に形成されることから、センサチップの面積を縮小することが可能となる。

[0012] 本発明による磁気センサは、第2の磁性体層及び第1の機械的駆動部の固定領域と重なる位置に設けられた第2の外部磁性体をさらに備えていても構わない。これによれば、より多くの磁束が感磁素子を通過することから、より高い検出感度を得ることが可能となる。

[0013] 本発明による磁気センサは、接着剤を介してセンサチップに接着され、圧電体層とバイパス磁性体層が積層された構造を有する第2の機械的駆動部をさらに備え、センサチップは、第3の磁性体層と、第1の磁性体層と第3の磁性体層との間の第2の磁気ギャップによって形成される第2の磁路上に設けられた第2の感磁素子とをさらに含み、第2の機械的駆動部は、接着剤を介してセンサチップに固定された固定領域と、圧電体層に駆動電圧を印加することにより変位する変位領域とを有し、駆動電圧に応じて、変位領域に含

まれるバイパス磁性体層と第2の磁路との位置関係が変化するものであっても構わない。これによれば、第1及び第2の機械的駆動部を同期して駆動することにより、第1の感磁素子と第2の感磁素子から差動信号を得ることが可能となる。

[0014] 本発明において、第1の機械的駆動部は、バネ体の一方の表面に圧電体層が形成され、バネ体の他方の表面にバイパス磁性体層が形成された構造を有するものであっても構わない。これによれば、第1の機械的駆動部を容易に作製することができるとともに、大きな変位量を得ることが可能となる。この場合、圧電体層は、バネ体の一方の表面に形成された薄膜であっても構わないし、バイパス磁性体層は、バネ体の他方の表面に形成されたメッキ膜であっても構わない。これによれば、圧電体層及びバイパス磁性体層の厚みを非常に薄く形成することができるため、第1の機械的駆動部の駆動周波数を高めることが可能となる。

発明の効果

[0015] このように、本発明によれば、高温プロセスが必要なMEMS構造を用いることなく、磁路を機械的に変位させることによって $1/f$ ノイズを低減することが可能な磁気センサを提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明の好ましい実施形態による磁気センサの外観を示す略斜視図である。

[図2]図2は、本発明の好ましい実施形態による磁気センサの略分解斜視図である。

[図3]図3は、本発明の好ましい実施形態による磁気センサの略分解斜視図である。

[図4]図4は、第1の変形例による磁気センサの外観を示す略斜視図である。

[図5]図5は、第2の変形例による磁気センサの外観を示す略斜視図である。

[図6]図6は、センサチップ10の略平面図である。

[図7]図7は、図6のA-A線に沿った略断面図である。

[図8]図8は、磁性体層と感磁素子が重なりを有している例を説明するための略断面図である。

[図9]図9は、感磁素子R1～R4の接続関係を示す回路図である。

[図10]図10は、機械的駆動部30の構造を説明するための略平面図である。

[図11]図11は、図10に示すB-B線に沿った略断面図である。

[図12]図12は、機械的駆動部30、40の平面位置を説明するための模式図である。

[図13]図13は、第1の変形例による機械的駆動部30Aの構造を説明するための略平面図である。

[図14]図14は、実施形態による磁気センサの略断面図であり、機械的駆動部30、40に駆動電圧を印加していない状態を示している。

[図15]図15は、実施形態による磁気センサの略断面図であり、機械的駆動部30、40に駆動電圧を印加した状態を示している。

[図16]図16は、第2の変形例による機械的駆動部30Bの構造を説明するための略断面図である。

[図17]MEMS構造を有する従来の磁気センサの模式図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態について詳細に説明する。

[0018] 図1は、本発明の好ましい実施形態による磁気センサの外観を示す略斜視図である。また、図2及び図3は、本発明の好ましい実施形態による磁気センサの略分解斜視図である。

[0019] 図1～図3に示すように、本実施形態による磁気センサは、 xz 面を主面とする回路基板6と、回路基板6の主面上に載置されたセンサチップ10及び第1～第3の外部磁性体21～23と、センサチップ10に接着された第1及び第2の機械的駆動部30、40とを備えている。センサチップ10は、 xy 面を構成する素子形成面11及び裏面12と、 yz 面を構成する側面

13, 14を有しており、素子形成面11上には感磁素子R1～R4及び磁性体層M1～M3が形成されている。

[0020] 外部磁性体21～23は、センサチップ10に磁束を集める役割を果たし、いずれもフェライトなどの高透磁率材料によって構成される。このうち、外部磁性体21はz方向を長手方向とする棒状体であり、磁性体層M1の一部を覆うよう、素子形成面11のx方向における略中央部に位置決めされている。外部磁性体22は、磁性体層M2の一部を覆うとともに、センサチップ10の側面13及び裏面12を覆っており、z方向を長手方向とする棒形状を有している。同様に、外部磁性体23は、磁性体層M3の一部を覆うとともに、センサチップ10の側面14及び裏面12を覆っており、z方向を長手方向とする棒形状を有している。かかる構成により、z方向の磁界が選択的に集磁され、集磁された磁界がセンサチップ10に印加されることになる。

[0021] 図1～図3に示す例では、外部磁性体22, 23のx方向における幅がセンサチップ10の裏面12側において一定であるが、図4に示す例のように、外部磁性体22, 23のx方向における幅が所定のz方向位置において絞られた形状を有していても構わない。また、図1～図3に示す例では、外部磁性体22と外部磁性体23を別部品としているが、図5に示す例のように、これらが一体化された外部磁性体24を用いても構わない。

[0022] さらに、本実施形態による磁気センサは、接着剤50を介してセンサチップ10の素子形成面11上に接着された機械的駆動部30, 40を備えている。機械的駆動部30は、外部磁性体21から見てx方向における一方側に接着され、機械的駆動部40は、外部磁性体21から見てx方向における他方側に接着されている。詳細については後述するが、機械的駆動部30は、端子電極T21, T22間に印加する駆動電圧に応じてその形状が変位し、機械的駆動部40は、端子電極T23, T24間に印加する駆動電圧に応じてその形状が変位する。

[0023] 図6はセンサチップ10の略平面図であり、図7は図6のA-A線に沿っ

た略断面図である。

[0024] 図6及び図7に示すように、センサチップ10の素子形成面11には、4つの感磁素子R1～R4が形成されている。感磁素子R1～R4は、磁束の向きによって電気抵抗が変化する素子であれば特に限定されず、例えばMR素子などを用いることができる。感磁素子R1～R4の固定磁化方向は、互いに同じ向き（例えばx方向におけるプラス側）に揃えられている。感磁素子R1～R4は絶縁層15で覆われており、絶縁層15の表面には、パーマロイなどからなる磁性体層M1～M3が形成されている。そして、磁性体層M1～M3のうち、y方向における一方側（図6における上側）に位置する部分を磁性体層M11、M21、M31と定義し、y方向における他方側（図6における下側）に位置する部分を磁性体層M12、M22、M32と定義した場合、平面視で（z方向から見て）、感磁素子R1は磁性体層M11と磁性体層M21の間に位置し、感磁素子R2は磁性体層M12と磁性体層M22の間に位置し、感磁素子R3は磁性体層M11と磁性体層M31の間に位置し、感磁素子R4は磁性体層M12と磁性体層M32の間に位置している。これにより、磁気ギャップG1～G4を通過する磁界が感磁素子R1～R4に印加される。

[0025] 但し、本発明において、各感磁素子R1～R4が平面視で2つの磁性体層間に位置することは必須でなく、2つの磁性体層からなる磁気ギャップG1～G4によって形成される磁路上に各感磁素子R1～R4が配置されていれば足りる。また、磁気ギャップG1～G4の幅が感磁素子R1～R4の幅よりも広い必要はなく、磁気ギャップG1～G4の幅が感磁素子R1～R4よりも狭くても構わない。図8に示す例では、磁気ギャップG1のx方向における幅Gxが感磁素子R1のx方向における幅Rxよりも狭く、これにより、z方向にから見て磁性体層M1、M2と感磁素子R1が重なりOVを有している。磁気ギャップG1～G4と感磁素子R1～R4との関係は、図8に示す関係であっても構わない。

[0026] 図6及び図7において、符号21a～23aで示す領域はそれぞれ外部磁

性体 21～23 によって覆われる領域を示しており、符号 30a, 40a で示す領域はそれぞれ機械的駆動部 30, 40 によって覆われる領域を示しており、符号 50a で示す領域は接着剤 50 が設けられる領域を示している。図 6 及び図 7 に示すように、外部磁性体 21 は磁性体層 M1 を覆い、外部磁性体 22 は磁性体層 M2 を覆い、外部磁性体 23 は磁性体層 M3 を覆う。また、機械的駆動部 30 は、磁性体層 M1 のうち外部磁性体 21 と重ならない部分、感磁素子 R1, R2、並びに、磁性体層 M2 の大部分を覆う。同様に、機械的駆動部 40 は、磁性体層 M1 のうち外部磁性体 21 と重ならない部分、感磁素子 R3, R4、並びに、磁性体層 M3 の大部分を覆う。さらに、接着剤 50 は、x 方向における両端部に設けられる。

[0027] 図 9 は、感磁素子 R1～R4 の接続関係を示す回路図である。

[0028] 図 9 に示すように、感磁素子 R1 は端子電極 T11, T13 間に接続され、感磁素子 R2 は端子電極 T12, T14 間に接続され、感磁素子 R3 は端子電極 T11, T12 間に接続され、感磁素子 R4 は端子電極 T13, T14 間に接続される。このようなフルブリッジ接続により、端子電極 T11, T14 間に所定の電源電圧を印加すれば、端子電極 T12, T13 には、磁界強度に応じた差動信号 Va が現れることになる。さらに、センサチップ 10 には補償コイル C が設けられている。補償コイル C には、端子電極 T15, T16 を介して差動信号 Va に応じたフィードバック電流が与えられ、これにより、感磁素子 R1～R4 に印加される磁界がキャンセルされる。このようなクローズドループ制御により、外部磁性体 21～23 を介して集磁された磁界をより高精度に検出することが可能となる。

[0029] 図 10 は機械的駆動部 30 の構造を説明するための略平面図であり、図 11 は図 10 に示す B-B 線に沿った略断面図である。尚、機械的駆動部 40 の形状及び構造は、図 10 及び図 11 に示す機械的駆動部 30 と同一であることから、重複する説明は省略する。

[0030] 図 10 及び図 11 に示すように、機械的駆動部 30 は、シリコンなどからなるバネ体 31 と、バネ体 31 の一方の表面に形成された圧電構造体 P と、

バネ体 31 の他方の表面に形成されたバイパス磁性体層 32 とを備えている。圧電構造体 P は、PZT などの圧電材料からなる圧電体層 33 と、その両面に形成された電極層 34, 35 からなる。バイパス磁性体層 32 は、パーマロイなどの高透磁率材料によって構成され、バネ体 31 の表面にメッキ形成されたメッキ膜であることが好ましい。PZT などからなる圧電体層 33 については、スパッタリング法によって形成された薄膜であることが好ましい。このように、バイパス磁性体層 32 をメッキ膜とし、圧電体層 33 を薄膜とすれば、バネ体 31 の表面にバルク状の磁性体材料や圧電材料を接着する場合と比べて、全体の厚さを薄くすることができる。

[0031] 図 10 及び図 11 に示す符号 50b は、接着剤 50 が設けられる領域を示している。本例では、接着剤 50 が設けられる部分 50b にバイパス磁性体層 32 が存在しないが、本発明においてこの点は必須でなく、バネ体 31 の表面の全面にバイパス磁性体層 32 を形成しても構わない。電極層 34, 35 の材料については特に限定されないが、バネ体 31 と接する電極層 34 についてはチタン (Ti) など密着性の高い金属材料を用いることが好ましく、外部に露出する電極層 35 については金 (Au) など耐食性の高い金属材料を用いることが好ましい。

[0032] 図 12 は、機械的駆動部 30, 40 の平面位置を説明するための模式図である。

[0033] 図 12 に示すように、機械的駆動部 30 は、平面視で感磁素子 R1, R2 を完全に覆い、且つ、磁性体層 M1 の一部及び磁性体層 M2 の大部分を覆う位置に設けられる。同様に、機械的駆動部 40 は、平面視で感磁素子 R3, R4 を完全に覆い、且つ、磁性体層 M1 の別の一部及び磁性体層 M3 の大部分を覆う位置に設けられる。また、図 12 には、端子電極 T21 ~ T24 の x 方向位置についても矢印で示されている。図 12 の矢印で示すように、端子電極 T21, T23 はそれぞれ機械的駆動部 30, 40 の電極層 35 に接続され、端子電極 T22, T24 はそれぞれ機械的駆動部 30, 40 の電極層 34 に接続される。

[0034] 尚、機械的駆動部 30、40 の平面形状は、図 10 に示す T 字型である必要はなく、図 13 に示す機械的駆動部 30A のように矩形であっても構わない。図 13 に示す機械的駆動部 30A においては、電極層 34 の露出位置が一箇所のみである。図 13 に示す機械的駆動部 30A は、作製が容易であるという利点を有している。一方、図 10 に示す機械的駆動部 30 は、上下 2 箇所で電極層 34 が露出しているため、機械的駆動部 30 と機械的駆動部 40 を完全に同じ形状とすることができ、両者を作り分ける必要がなくなる。

[0035] 図 14 は、本実施形態による磁気センサの略断面図であり、機械的駆動部 30、40 に駆動電圧を印加していない状態を示している。

[0036] 図 14 に示すように、機械的駆動部 30、40 に駆動電圧を印加していない状態においては、機械的駆動部 30、40 がほぼ平坦である。このため、この状態で外部磁性体 21 を介して取り込まれた磁界のうち、一部は磁性体層 M1 を介して感磁素子 R1～R4 に印加されるものの、大部分は、機械的駆動部 30、40 に含まれるバイパス磁性体層 32 をバイパスする。バイパス磁性体層 32 によってバイパスされた磁界成分は、感磁素子 R1～R4 には印加されないため、差動信号 Va に寄与しない。このため、この状態においては、磁気センサの検出感度は低くなる。

[0037] 図 15 は、本実施形態による磁気センサの略断面図であり、機械的駆動部 30、40 に駆動電圧を印加した状態を示している。

[0038] 機械的駆動部 30、40 に駆動電圧を印加すると、圧電体層 33 が収縮する。図 15 に示すように、機械的駆動部 30、40 の端部に位置する固定領域 30a、40a は、接着剤 50 によってセンサチップに固定されていることから、この部分は変位せず、接着剤 50 によって固定されていない変位領域 30b、40b が上側に反るよう変位する。その結果、変位領域 30b、40b に含まれるバイパス磁性体層 32 は、磁気ギャップ G1～G4 によって形成される磁路からの距離が離れることから、外部磁性体 21 を介して取り込まれた磁界の大部分が感磁素子 R1～R4 に印加され、バイパス磁性体層 32 を経由する磁界は僅かとなる。このため、磁気センサの検出感度は高

くなる。

[0039] したがって、機械的駆動部 30, 40 に所定の周波数を有する駆動電圧を印加すれば、駆動電圧の周波数をサンプリング周波数として差動信号 V_a が振幅変調される。そして、振幅変調された差動信号 V_a を復調することにより、 $1/f$ ノイズが低減された測定結果を得ることが可能となる。一例として、測定対象となる磁界の周波数成分が $0.1\text{ Hz} \sim 1\text{ kHz}$ といった低周波帯である場合、 $1/f$ ノイズによって S/N 比が低下するため、測定対象となる磁界が特に微弱である場合には測定困難となる。しかしながら、本実施形態による磁気センサを用いれば、差動信号 V_a を任意のサンプリング周波数にて振幅変調できることから、例えばサンプリング周波数を数 kHz に設定することにより、 $1/f$ ノイズの影響をほとんど除去することが可能となる。

[0040] サンプリング周波数を高めるためには、機械的駆動部 30, 40 をより高速に駆動する必要があるが、上述の通り、バイパス磁性体層 32 をメッキ膜とし、圧電体層 33 を薄膜とすれば、全体の厚さが薄くなり軽量化されることから、機械的駆動部 30, 40 を数 kHz 以上の周波数で駆動することが可能となる。さらに、図 16 に示す機械的駆動部 30B のように、バネ体 31 を削除することによって全体の厚さをより薄くすれば、より高い周波数で駆動することが可能となる。但し、圧電体層 33 が薄膜である必要はなく、バルク状であっても構わない。

[0041] しかも、機械的駆動部 30, 40 は、接着剤 50 を用いてセンサチップ 10 上に後付けされる別部品であることから、MEMS 構造を形成する場合のように、感磁素子 $R_1 \sim R_4$ を形成した後に高温プロセスを行う必要がなく、常温での作業が可能である。このため、高温プロセスによる感磁素子 $R_1 \sim R_4$ の特性劣化も生じない。また、機械的駆動部 30, 40 が別部品であることから、センサチップ 10 とは別に設計可能である。このため、本実施形態による磁気センサは、設計変更なども容易である。

[0042] 以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、上記の

実施形態に限定されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

[0043] 例えば、上記実施形態では、4つの感磁素子R 1～R 4をフルブリッジ接続しているが、本発明においてこの点は必須でなく、2つの感磁素子をハーフブリッジ接続しても構わないし、1つの感磁素子のみを用いても構わない。

[0044] また、上記実施形態では、3つの外部磁性体2 1～2 3を用いているが、本発明において外部磁性体を用いることは必須でない。

符号の説明

[0045] 1, 2 磁路
3 可変磁路
4 MR素子
6 回路基板
10 センサチップ
11 素子形成面
12 裏面
13, 14 側面
15 絶縁層
21～24 外部磁性体
21a～23a 外部磁性体の位置
30, 30A, 30B, 40 機械的駆動部
30a, 40a 固定領域
30b, 40b 変位領域
31 バネ体
32 バイパス磁性体層
33 圧電体層
34, 35 電極層

5 0 接着剤

5 0 a, 5 0 b 接着剤の位置

C 補償コイル

G 1 ～ G 4 磁気ギャップ

M 1 ～ M 3, M 1 1, M 1 2, M 2 1, M 2 2, M 3 1, M 3 2 磁性体層

P 圧電構造体

R 1 ～ R 4 感磁素子

T 1 1 ～ T 1 6, T 2 1 ～ T 2 4 端子電極

V a 差動信号

請求の範囲

- [請求項1] 第1及び第2の磁性体層と、前記第1の磁性体層と前記第2の磁性体層との間の第1の磁気ギャップによって形成される第1の磁路上に設けられた第1の感磁素子とを含むセンサチップと、
- 接着剤を介して前記センサチップに接着され、圧電体層とバイパス磁性体層が積層された構造を有する第1の機械的駆動部と、を備え、
- 前記第1の機械的駆動部は、前記接着剤を介して前記センサチップに固定された固定領域と、前記圧電体層に駆動電圧を印加することにより変位する変位領域とを有し、前記駆動電圧に応じて、前記変位領域に含まれる前記バイパス磁性体層と前記第1の磁路との位置関係が変化することを特徴とする磁気センサ。
- [請求項2] 前記第1の磁性体層と重なり、且つ、前記第1の機械的駆動部と重ならない位置に設けられた第1の外部磁性体をさらに備え、
- 前記第1の機械的駆動部の前記固定領域は、前記第1の感磁素子から見て前記第2の磁性体層側に位置することを特徴とする請求項1に記載の磁気センサ。
- [請求項3] 前記第1の機械的駆動部の前記固定領域は、前記第2の磁性体層と重なることを特徴とする請求項2に記載の磁気センサ。
- [請求項4] 前記第2の磁性体層及び前記第1の機械的駆動部の前記固定領域と重なる位置に設けられた第2の外部磁性体をさらに備えることを特徴とする請求項2又は3に記載の磁気センサ。
- [請求項5] 接着剤を介して前記センサチップに接着され、圧電体層とバイパス磁性体層が積層された構造を有する第2の機械的駆動部をさらに備え、
- 、
- 前記センサチップは、第3の磁性体層と、前記第1の磁性体層と前記第3の磁性体層との間の第2の磁気ギャップによって形成される第2の磁路上に設けられた第2の感磁素子とをさらに含み、
- 前記第2の機械的駆動部は、前記接着剤を介して前記センサチップ

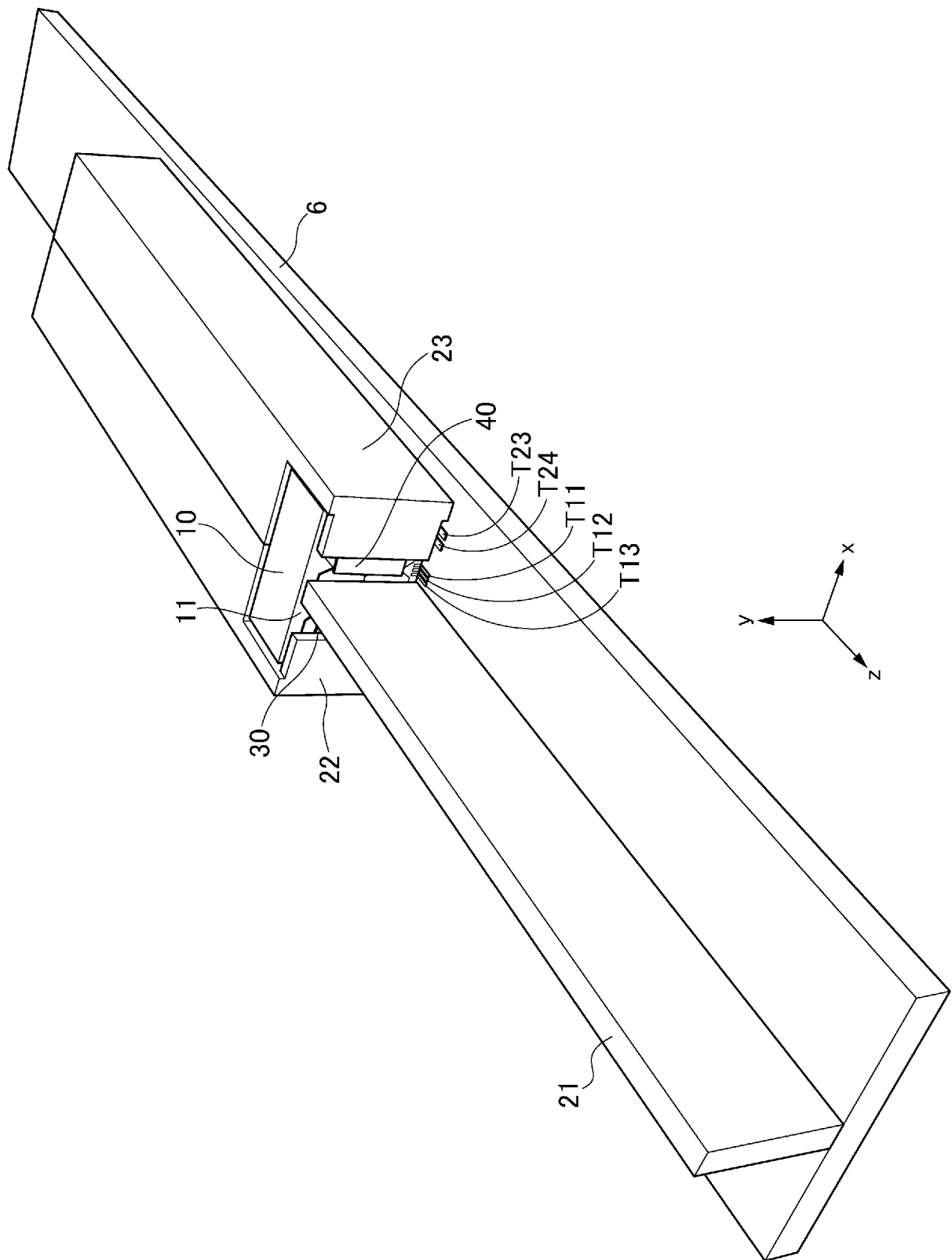
に固定された固定領域と、前記圧電体層に駆動電圧を印加することにより変位する変位領域とを有し、前記駆動電圧に応じて、前記変位領域に含まれる前記バイパス磁性体層と前記第2の磁路との位置関係が変化することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載の磁気センサ。

[請求項6] 前記第1の機械的駆動部は、バネ体の一方の表面に前記圧電体層が形成され、前記バネ体の他方の表面に前記バイパス磁性体層が形成された構造を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の磁気センサ。

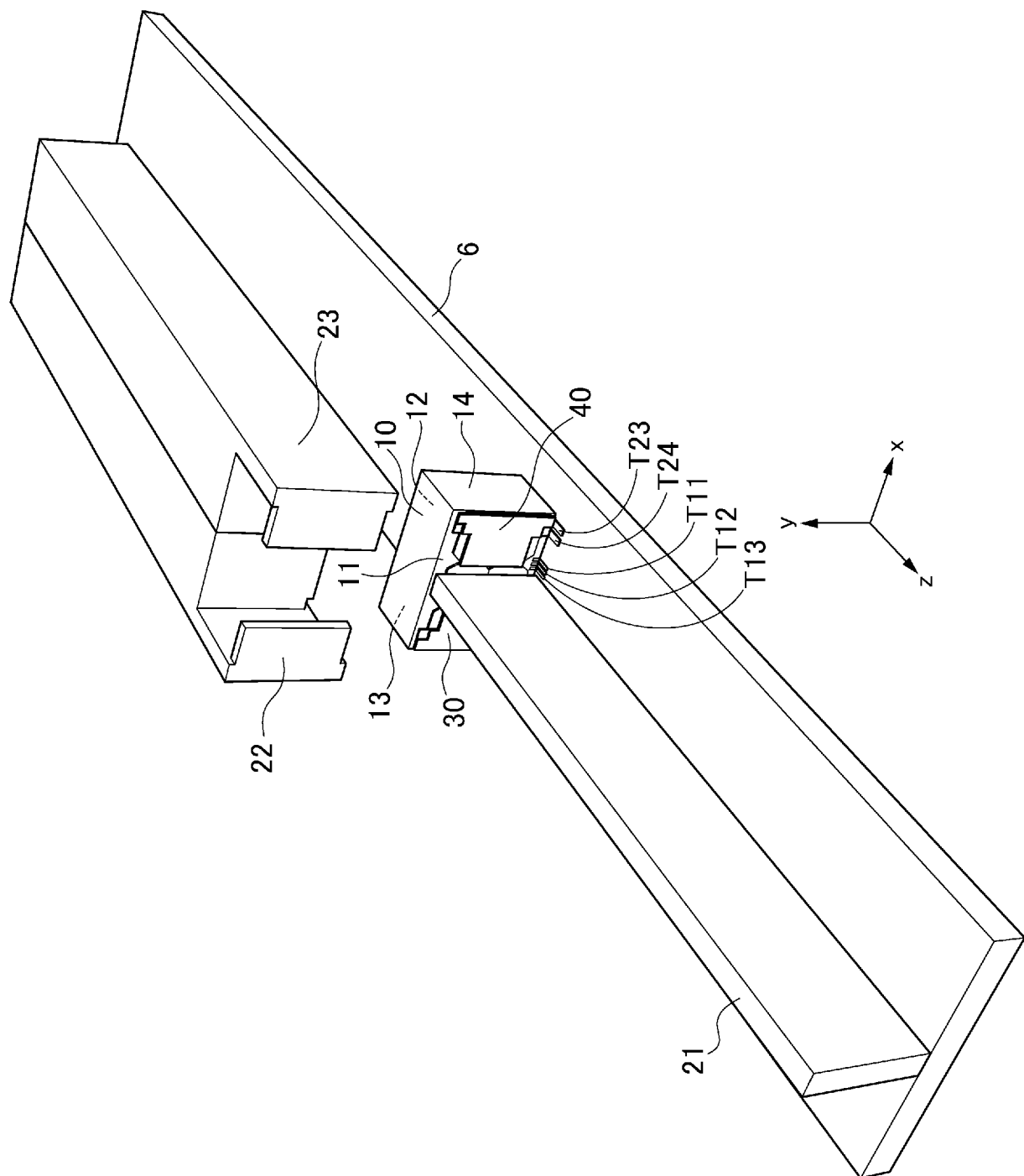
[請求項7] 前記圧電体層は、前記バネ体の前記一方の表面に形成された薄膜であることを特徴とする請求項6に記載の磁気センサ。

[請求項8] 前記バイパス磁性体層は、前記バネ体の前記他方の表面に形成されたメッキ膜であることを特徴とする請求項6又は7に記載の磁気センサ。

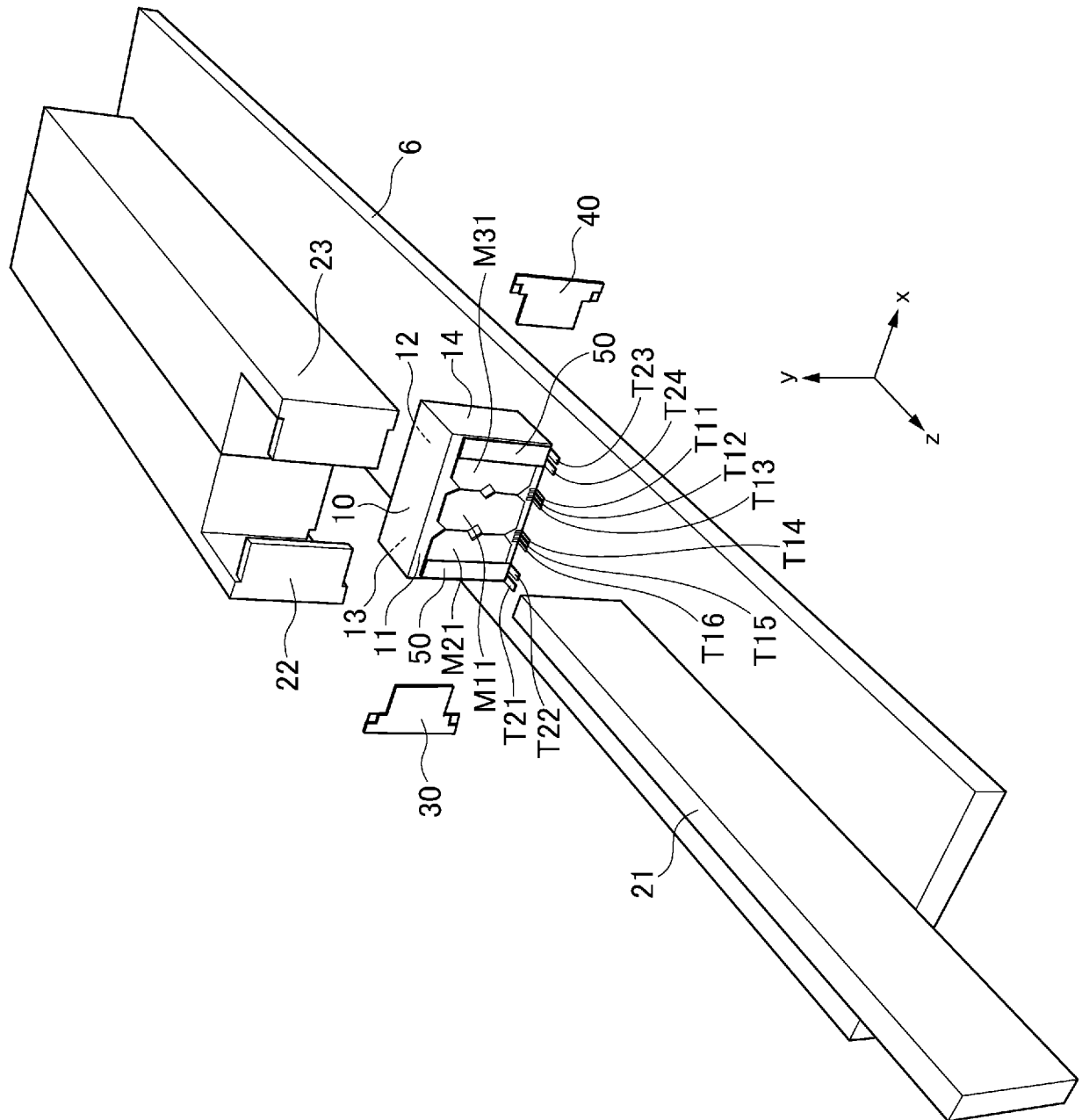
[図1]



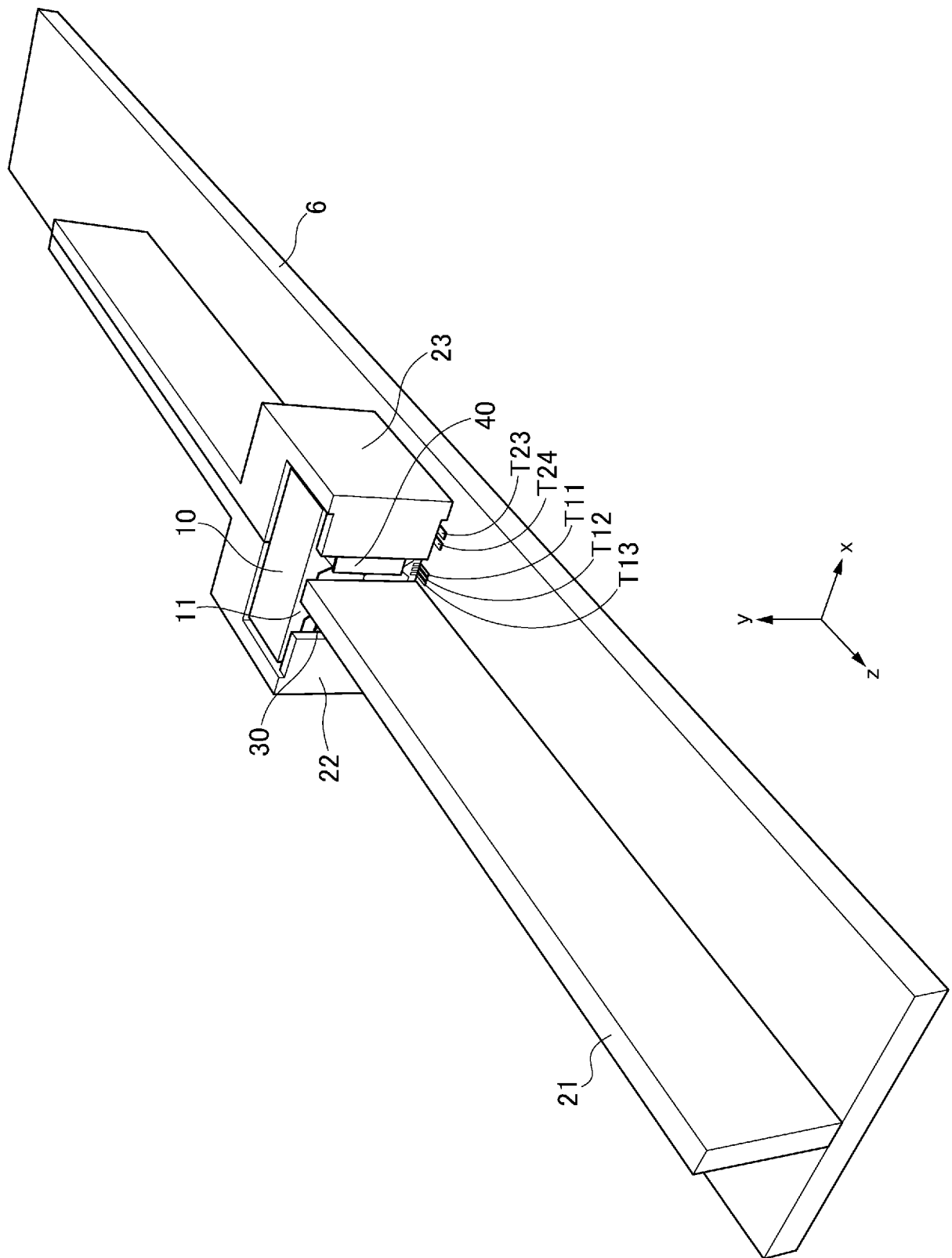
[図2]



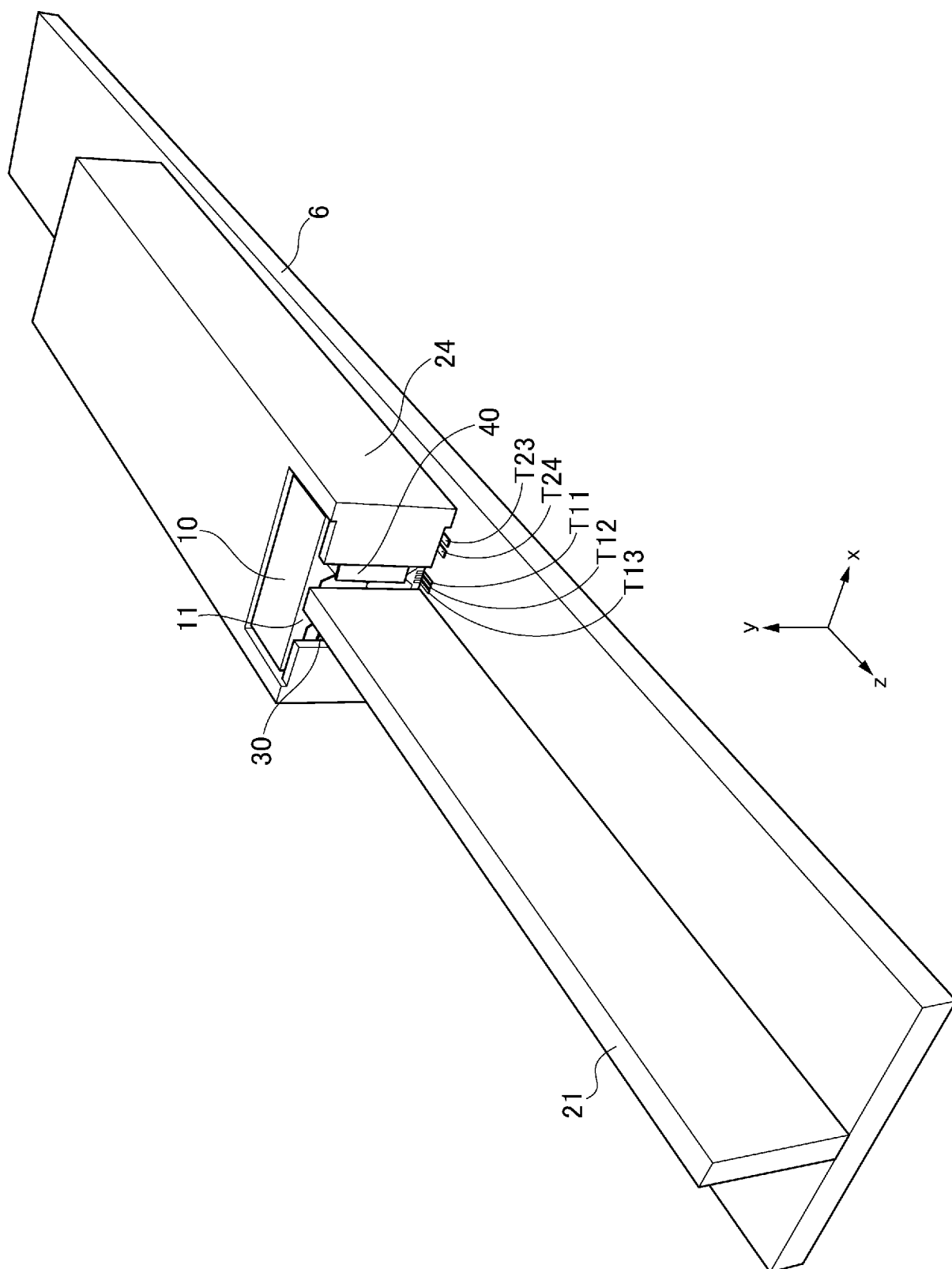
[図3]



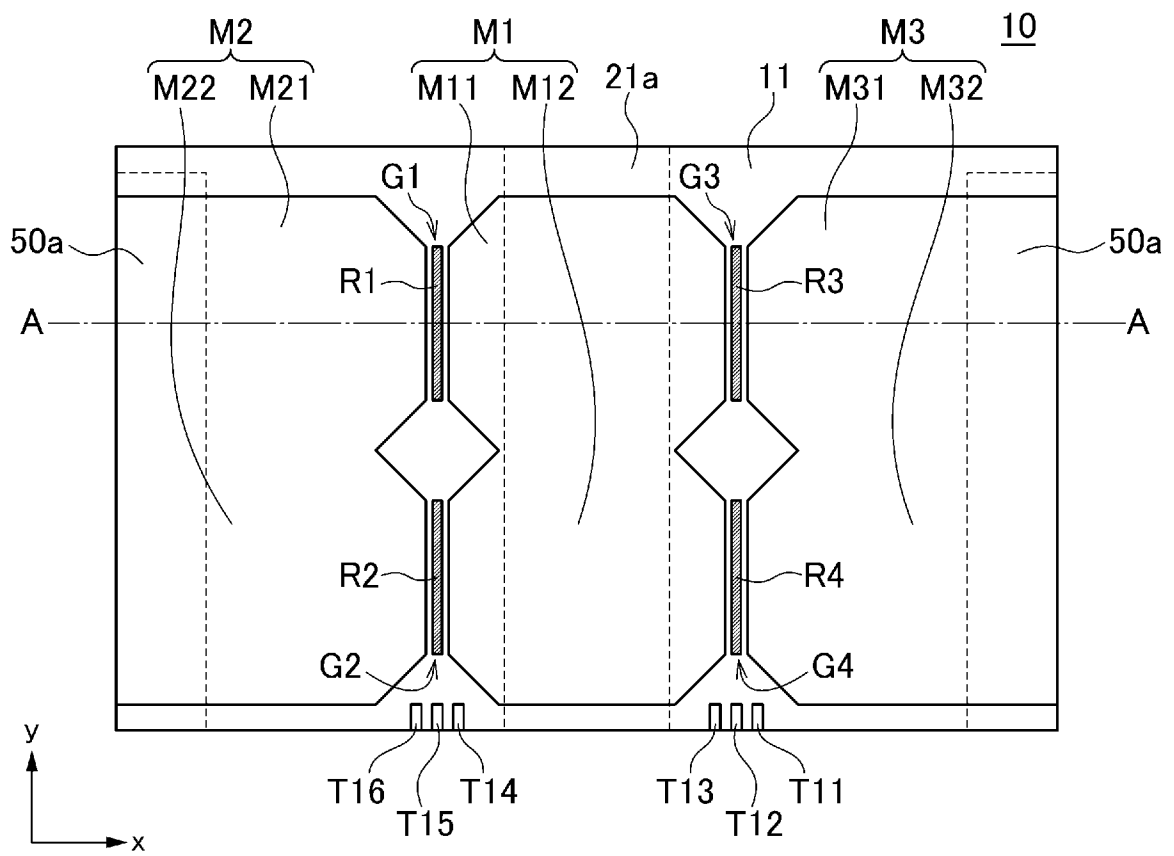
[図4]



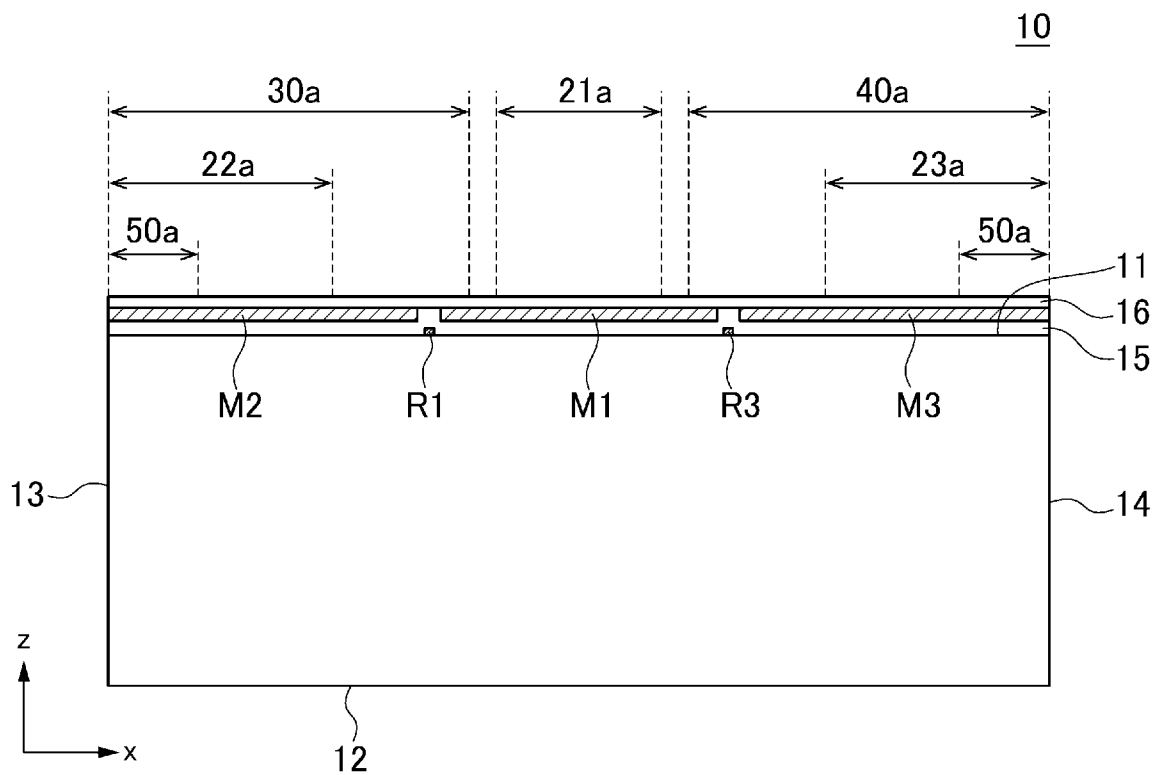
[図5]



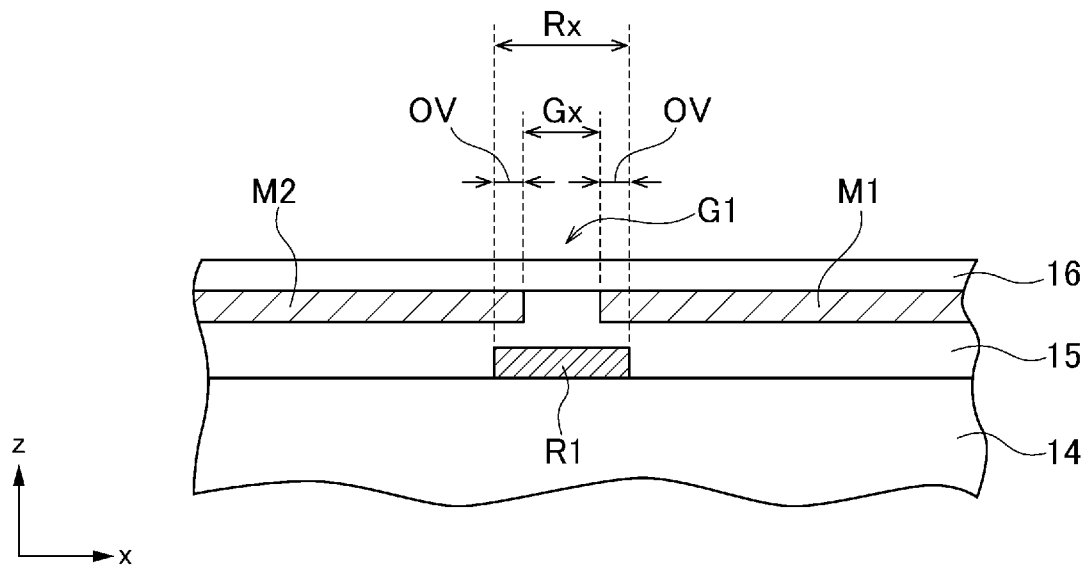
[図6]



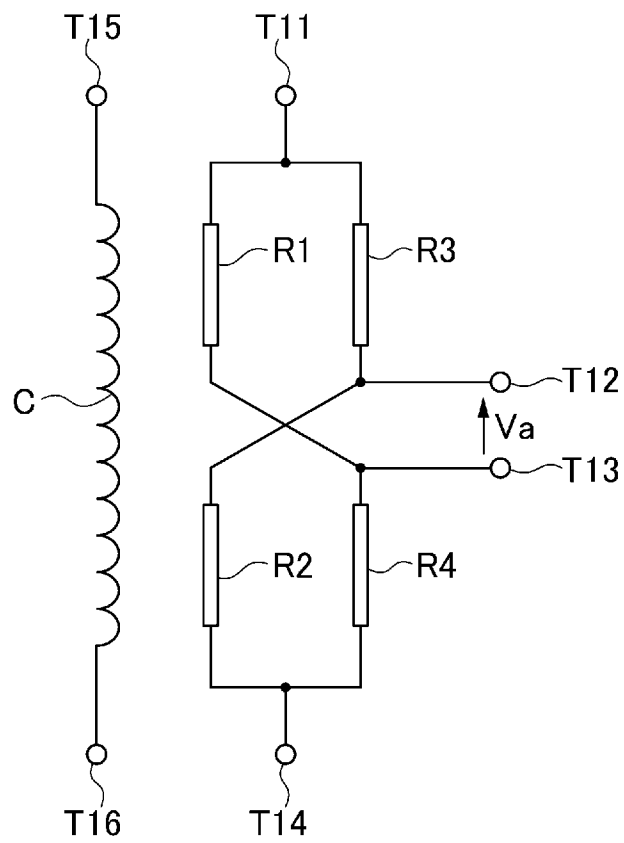
[図7]



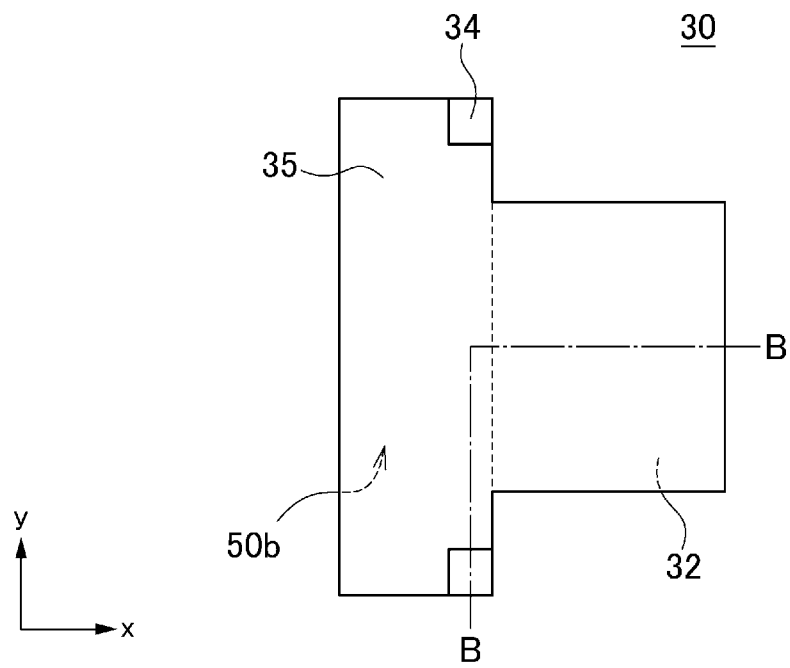
[図8]



[図9]



[図10]



[図11]

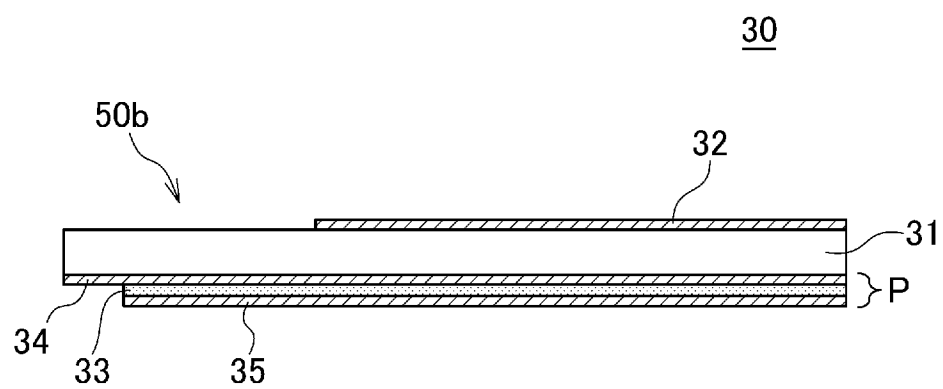
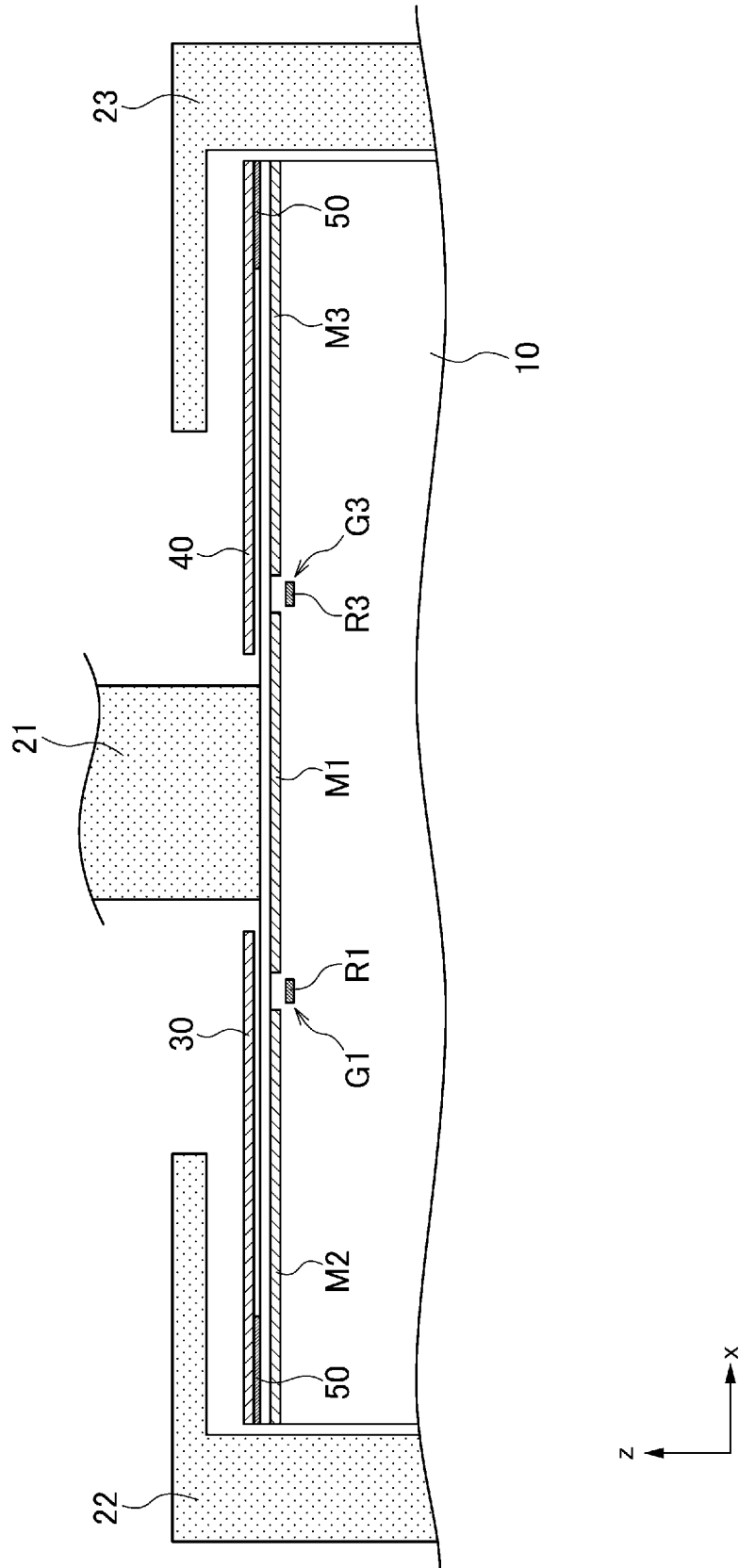
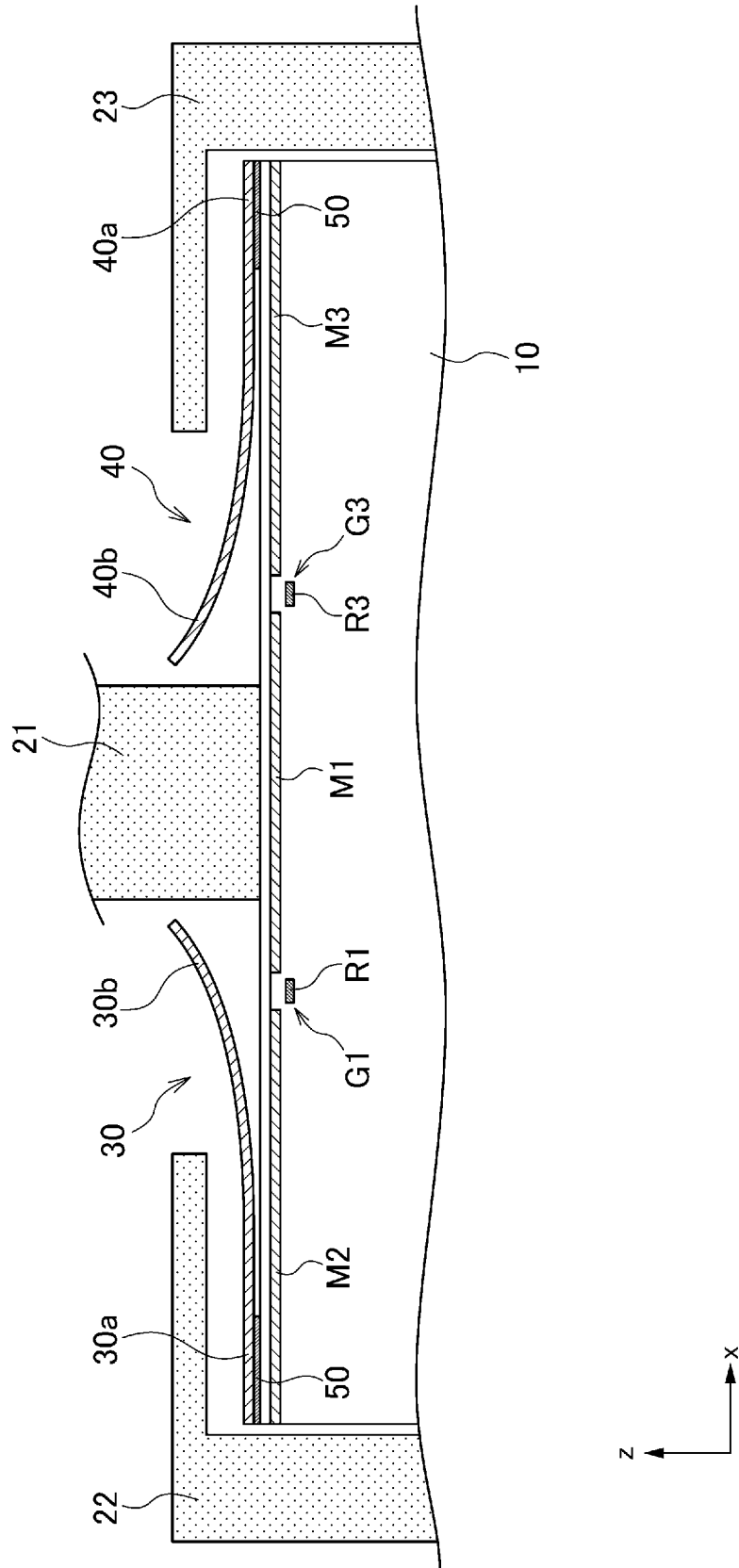


Figure 1 is a schematic diagram of a rectangular structure 32. A vertical dashed line 35 divides the rectangle into two equal halves. A dashed arrow 50b points from the left edge towards the center. A small square 34 is located at the bottom center, with a dashed line 33 extending downwards from its top edge.

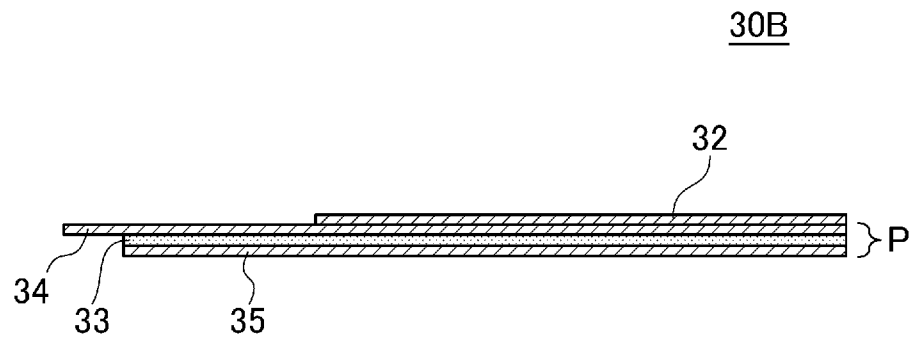
[図14]



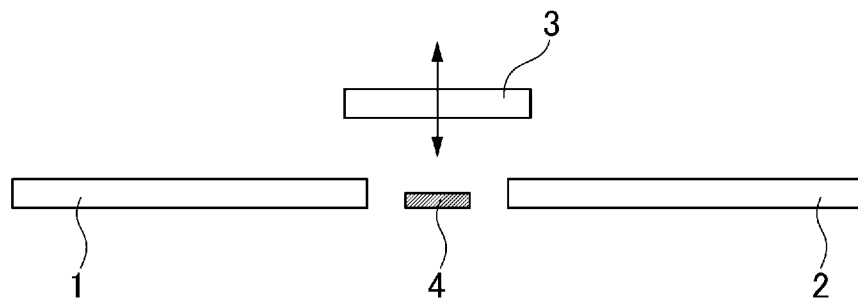
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/036013

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01R33/02 (2006.01) i, G01R33/09 (2006.01) i, H01L43/02 (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)

Int. Cl. G01R33/02, G01R33/09, H01L43/02, H01L43/08, G01R33/06, G01R15/20

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
X	VALADEIRO, Joao, Hybrid Integration of	1
A	Magnetoresistive Sensors with MEMS as a Strategy to Detect Ultra-Low Magnetic Fields, Micromachines, Micromachines 2016, 7(5), 88, 11 May 2016, Micromachines 2016, 7, 88; doi10.3390/mi7050088	2-8
A	WO 2017/204151 A1 (TDK CORP.) 30 November 2017, entire text, all drawings & EP 3467529 A1, entire text & CN 109154640 A	1-8
A	WO 2008/146809 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 04 December 2008, entire text, all drawings & US 2010/0156405 A1, entire text & DE 112008001414 T5	1-8

☒ 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
27.09.2019

Date of mailing of the international search report
15.10.2019

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/JP2019/036013

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010/091846 A2 (SENSITEC GMBH) 19 August 2010, entire text & US 2011/0309829 A1, entire text & EP 2396666 A2 & DE 102009008265 A1 & CN 102317804 A	1-8
A	JP 2015-203647 A (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 16 November 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 10-260147 A (RICOH CO., LTD.) 29 September 1998, entire text, all drawings & US 6331074 B1, entire text	1-8
A	JP 2008-309571 A (RICOH CO., LTD.) 25 December 2008 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01R33/02(2006.01)i, G01R33/09(2006.01)i, H01L43/02(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 (IPC))

Int.Cl. G01R33/02, G01R33/09, H01L43/02, H01L43/08, G01R33/06, G01R15/20

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X A	VALADEIRO, Joao, Hybrid Integration of Magnetoresistive Sensors with MEMS as a Strategy to Detect Ultra-Low Magnetic Fields, Micromachines, Micromachines 2016, 7(5), 88, 2016.05.11, Micromachines 2016, 7, 88;doi10.3390/mi7050088	1 2-8
A	WO 2017/204151 A1 (TDK株式会社) 2017.11.30, 全文全図 & EP 3467529 A1, Whole document & CN 109154640 A	1-8

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

27.09.2019

国際調査報告の発送日

15.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

永井 皓喜

2 S

5701

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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
A	WO 2008/146809 A1 (三菱電機株式会社) 2008.12.04, 全文全図 & US 2010/0156405 A1, Whole document & DE 112008001414 T5	1-8
A	WO 2010/091846 A2 (SENSITEC GMBH) 2010.08.19, Whole document & US 2011/0309829 A1, Whole document & EP 2396666 A2 & DE 102009008265 A1 & CN 102317804 A	1-8
A	JP 2015-203647 A (アルプス電気株式会社) 2015.11.16, 全文全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 10-260147 A (株式会社リコー) 1998.09.29, 全文全図 & US 6331074 B1, Whole document	1-8
A	JP 2008-309571 A (株式会社リコー) 2008.12.25, (ファミリーなし)	1-8