

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-67331  
(P2020-67331A)

(43) 公開日 令和2年4月30日(2020.4.30)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
GO 1 R	33/02	(2006.01)	GO 1 R 33/02 A 2 G O 1 7
GO 1 R	33/09	(2006.01)	GO 1 R 33/09 5 F O 9 2
HO 1 L	43/02	(2006.01)	HO 1 L 43/02 Z
HO 1 L	43/08	(2006.01)	HO 1 L 43/08 Z
			HO 1 L 43/08 P

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-199195 (P2018-199195)  
(22) 出願日 平成30年10月23日 (2018.10.23)

(71) 出願人 000003067  
TDK株式会社  
東京都中央区日本橋二丁目5番1号  
(74) 代理人 100115738  
弁理士 鷲頭 光宏  
(74) 代理人 100121681  
弁理士 緒方 和文  
(72) 発明者 福井 崇人  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株  
式会社内  
(72) 発明者 笠島 多聞  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株  
式会社内  
Fターム(参考) 2G017 AA01 AC06 AC07 AC09 AD55  
BA08 BA09 CB02 CB15 CC04  
最終頁に続く

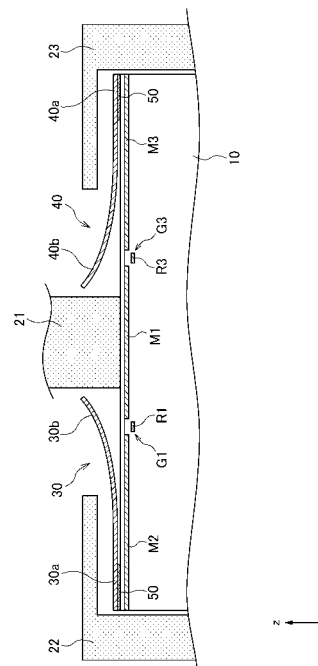
(54) 【発明の名称】 磁気センサ

(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。

【選択図】 図15



## 【特許請求の範囲】

## 【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。

10

## 【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。

20

## 【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。

30

## 【請求項 6】

前記第 1 の機械的駆動部は、パネ体の一方の表面に前記圧電体層が形成され、前記パ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、前記パ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。

40

## 【請求項 8】

前記バイパス磁性体層は、前記パ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。

## 【発明の詳細な説明】

## 【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】

50

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1kHz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。

10

【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】

20

【0005】

【非特許文献1】Hybrid Integration of Magnetoresistive Sensors with MEMS as a Strategy to Detect Ultra-Low Magnetic Fields, Micromachines 2016, 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】

30

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】

40

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に高温プロセスを行う必

50

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。

10

#### 【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。

20

#### 【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。

30

#### 【0014】

本発明において、第1の機械的駆動部は、パネ体の一方の表面に圧電体層が形成され、パ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、パ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、パ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。

40

#### 【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。

50

【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 R 1 ~ R 4 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。

10

【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 30 A 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 30 B の構造を説明するための略断面図である。

20

【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】

30

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 R 1 ~ R 4 及び磁性体層 M 1 ~ M 3 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 M 1 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 M 2 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状形状を有している。同様に、外部磁性体 23 は、磁性体層 M 3 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状形状を有している。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。

40

【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

50

た、図 1 ~ 図 3 に示す例では、外部磁性体 2 2 と外部磁性体 2 3 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 2 4 を用いても構わない。

【 0 0 2 2 】

さらに、本実施形態による磁気センサは、接着剤 5 0 を介してセンサチップ 1 0 の素子形成面 1 1 上に接着された機械的駆動部 3 0 , 4 0 を備えている。機械的駆動部 3 0 は、外部磁性体 2 1 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 4 0 は、外部磁性体 2 1 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 3 0 は、端子電極 T 2 1 , T 2 2 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 4 0 は、端子電極 T 2 3 , T 2 4 間に印加する駆動電圧に応じてその形状が変位する。

10

【 0 0 2 3 】

図 6 はセンサチップ 1 0 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。

【 0 0 2 4 】

図 6 及び図 7 に示すように、センサチップ 1 0 の素子形成面 1 1 には、4 つの感磁素子 R 1 ~ R 4 が形成されている。感磁素子 R 1 ~ R 4 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 R 1 ~ R 4 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 R 1 ~ R 4 は絶縁層 1 5 で覆われており、絶縁層 1 5 の表面には、パーマロイなどからなる磁性体層 M 1 ~ M 3 が形成されている。そして、磁性体層 M 1 ~ M 3 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 M 1 1 , M 2 1 , M 3 1 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 M 1 2 , M 2 2 , M 3 2 と定義した場合、平面視で（z 方向から見て）、感磁素子 R 1 は磁性体層 M 1 1 と磁性体層 M 2 1 の間に位置し、感磁素子 R 2 は磁性体層 M 1 2 と磁性体層 M 2 2 の間に位置し、感磁素子 R 3 は磁性体層 M 1 1 と磁性体層 M 3 1 の間に位置し、感磁素子 R 4 は磁性体層 M 1 2 と磁性体層 M 3 2 の間に位置している。これにより、磁気ギャップ G 1 ~ G 4 を通過する磁界が感磁素子 R 1 ~ R 4 に印加される。

20

【 0 0 2 5 】

但し、本発明において、各感磁素子 R 1 ~ R 4 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 G 1 ~ G 4 によって形成される磁路上に各感磁素子 R 1 ~ R 4 が配置されていれば足りる。また、磁気ギャップ G 1 ~ G 4 の幅が感磁素子 R 1 ~ R 4 の幅よりも広い必要はなく、磁気ギャップ G 1 ~ G 4 の幅が感磁素子 R 1 ~ R 4 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 G 1 の x 方向における幅 G x が感磁素子 R 1 の x 方向における幅 R x よりも狭く、これにより、z 方向にから見て磁性体層 M 1 , M 2 と感磁素子 R 1 が重なり O V を有している。磁気ギャップ G 1 ~ G 4 と感磁素子 R 1 ~ R 4 との関係は、図 8 に示す関係であっても構わない。

30

【 0 0 2 6 】

図 6 及び図 7 において、符号 2 1 a ~ 2 3 a で示す領域はそれぞれ外部磁性体 2 1 ~ 2 3 によって覆われる領域を示しており、符号 3 0 a , 4 0 a で示す領域はそれぞれ機械的駆動部 3 0 , 4 0 によって覆われる領域を示しており、符号 5 0 a で示す領域は接着剤 5 0 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 2 1 は磁性体層 M 1 を覆い、外部磁性体 2 2 は磁性体層 M 2 を覆い、外部磁性体 2 3 は磁性体層 M 3 を覆う。また、機械的駆動部 3 0 は、磁性体層 M 1 のうち外部磁性体 2 1 と重ならない部分、感磁素子 R 1 , R 2、並びに、磁性体層 M 2 の大部分を覆う。同様に、機械的駆動部 4 0 は、磁性体層 M 1 のうち外部磁性体 2 1 と重ならない部分、感磁素子 R 3 , R 4、並びに、磁性体層 M 3 の大部分を覆う。さらに、接着剤 5 0 は、x 方向における両端部に設けられる。

40

【 0 0 2 7 】

図 9 は、感磁素子 R 1 ~ R 4 の接続関係を示す回路図である。

【 0 0 2 8 】

50

図 9 に示すように、感磁素子 R 1 は端子電極 T 1 1 , T 1 3 間に接続され、感磁素子 R 2 は端子電極 T 1 2 , T 1 4 間に接続され、感磁素子 R 3 は端子電極 T 1 1 , T 1 2 間に接続され、感磁素子 R 4 は端子電極 T 1 3 , T 1 4 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 T 1 1 , T 1 4 間に所定の電源電圧を印加すれば、端子電極 T 1 2 , T 1 3 には、磁界強度に応じた差動信号 V a が現れることになる。さらに、センサチップ 1 0 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 T 1 5 , T 1 6 を介して差動信号 V a 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 R 1 ~ R 4 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 2 1 ~ 2 3 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。

10

#### 【 0 0 2 9 】

図 1 0 は機械的駆動部 3 0 の構造を説明するための略平面図であり、図 1 1 は図 1 0 に示す B - B 線に沿った略断面図である。尚、機械的駆動部 4 0 の形状及び構造は、図 1 0 及び図 1 1 に示す機械的駆動部 3 0 と同一であることから、重複する説明は省略する。

#### 【 0 0 3 0 】

図 1 0 及び図 1 1 に示すように、機械的駆動部 3 0 は、シリコンなどからなるバネ体 3 1 と、バネ体 3 1 の一方の表面に形成された圧電構造体 P と、バネ体 3 1 の他方の表面に形成されたバイパス磁性体層 3 2 とを備えている。圧電構造体 P は、P Z T などの圧電材料からなる圧電体層 3 3 と、その両面に形成された電極層 3 4 , 3 5 からなる。バイパス磁性体層 3 2 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 3 1 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。P Z T などからなる圧電体層 3 3 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 3 2 をメッキ膜とし、圧電体層 3 3 を薄膜とすれば、バネ体 3 1 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。

20

#### 【 0 0 3 1 】

図 1 0 及び図 1 1 に示す符号 5 0 b は、接着剤 5 0 が設けられる領域を示している。本例では、接着剤 5 0 が設けられる部分 5 0 b にバイパス磁性体層 3 2 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 3 1 の表面の全面にバイパス磁性体層 3 2 を形成しても構わない。電極層 3 4 , 3 5 の材料については特に限定されないが、バネ体 3 1 と接する電極層 3 4 についてはチタン ( T i ) 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 3 5 については金 ( A u ) など耐食性の高い金属材料を用いることが好ましい。

30

#### 【 0 0 3 2 】

図 1 2 は、機械的駆動部 3 0 , 4 0 の平面位置を説明するための模式図である。

#### 【 0 0 3 3 】

図 1 2 に示すように、機械的駆動部 3 0 は、平面視で感磁素子 R 1 , R 2 を完全に覆い、且つ、磁性体層 M 1 の一部及び磁性体層 M 2 の大部分を覆う位置に設けられる。同様に、機械的駆動部 4 0 は、平面視で感磁素子 R 3 , R 4 を完全に覆い、且つ、磁性体層 M 1 の別の一部及び磁性体層 M 3 の大部分を覆う位置に設けられる。また、図 1 2 には、端子電極 T 2 1 ~ T 2 4 の x 方向位置についても矢印で示されている。図 1 2 の矢印で示すように、端子電極 T 2 1 , T 2 3 はそれぞれ機械的駆動部 3 0 , 4 0 の電極層 3 5 に接続され、端子電極 T 2 2 , T 2 4 はそれぞれ機械的駆動部 3 0 , 4 0 の電極層 3 4 に接続される。

40

#### 【 0 0 3 4 】

尚、機械的駆動部 3 0 , 4 0 の平面形状は、図 1 0 に示す T 字型である必要はなく、図 1 3 に示す機械的駆動部 3 0 A のように矩形であっても構わない。図 1 3 に示す機械的駆動部 3 0 A においては、電極層 3 4 の露出位置が一箇所のみである。図 1 3 に示す機械的駆動部 3 0 A は、作製が容易であるという利点を有している。一方、図 1 0 に示す機械的駆動部 3 0 は、上下 2 箇所電極層 3 4 が露出しているため、機械的駆動部 3 0 と機械的

50

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。

10

【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。

20

【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 Va が振幅変調される。そして、振幅変調された差動信号 Va 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 Hz ~ 1 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 Va 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。

30

【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、パネ体 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。

40

【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 R1 ~ R4 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 R1 ~ R4 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】

50

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R1～R4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21～23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。

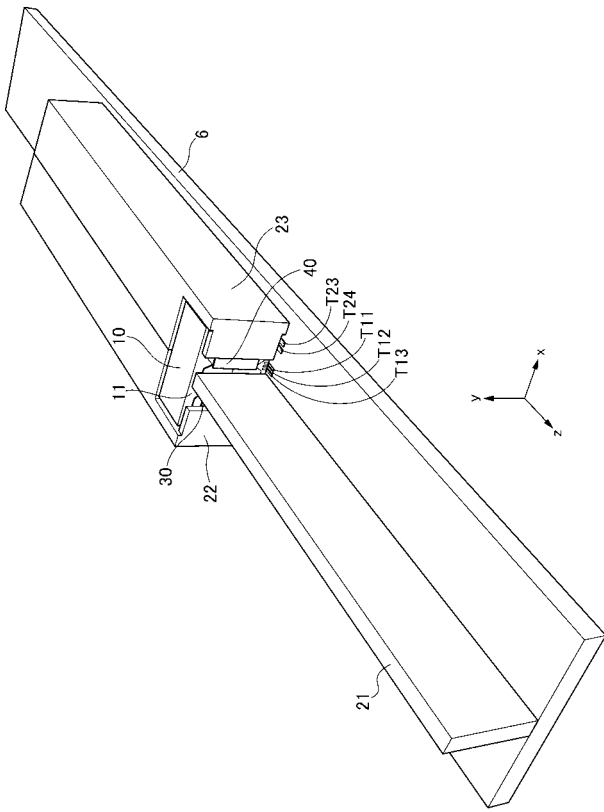
10

【符号の説明】

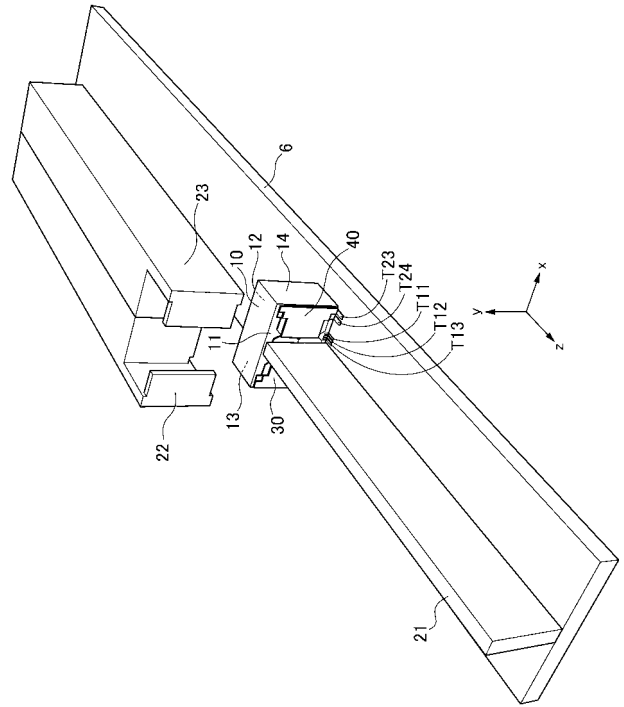
【0045】

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	20
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	30
50	接着剤	
50a, 50b	接着剤の位置	
C	補償コイル	
G1～G4	磁気ギャップ	
M1～M3, M11, M12, M21, M22, M31, M32	磁性体層	
P	圧電構造体	
R1～R4	感磁素子	
T11～T16, T21～T24	端子電極	
Va	差動信号	

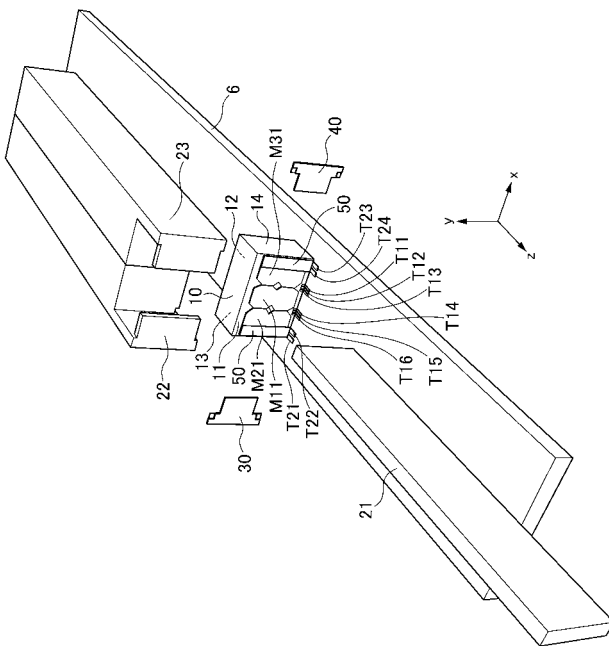
【図 1】



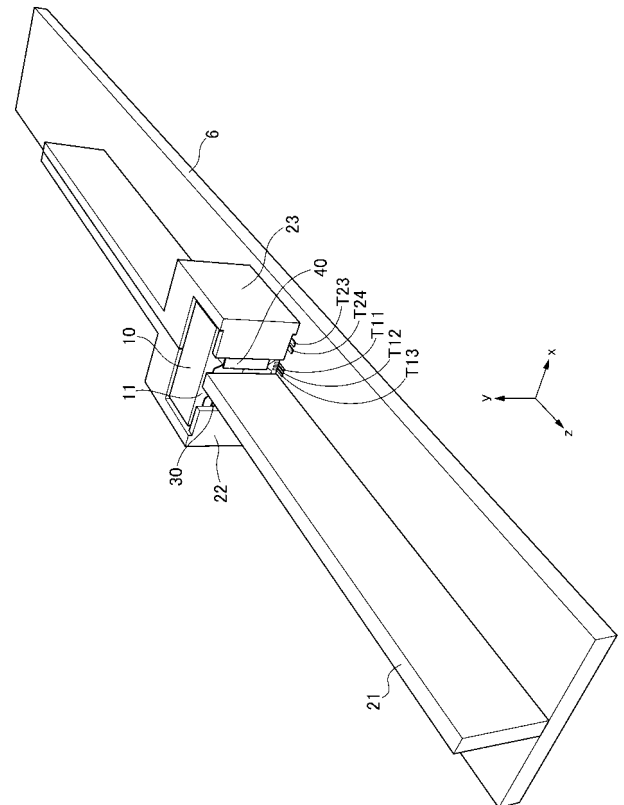
【図 2】



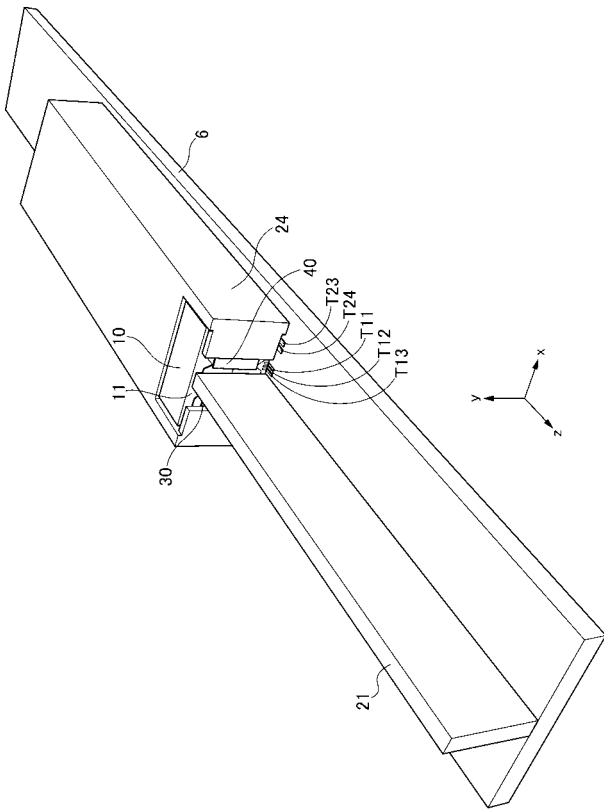
【図 3】



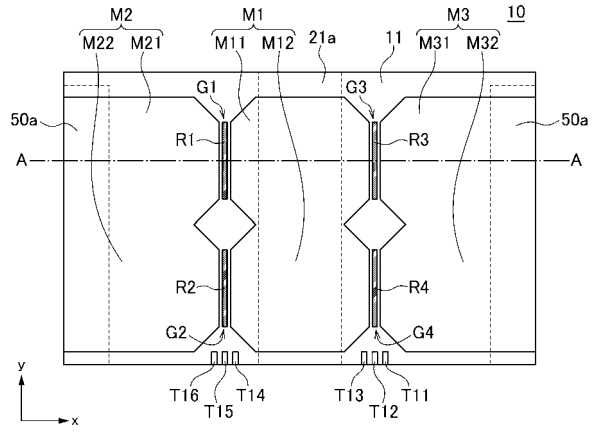
【図 4】



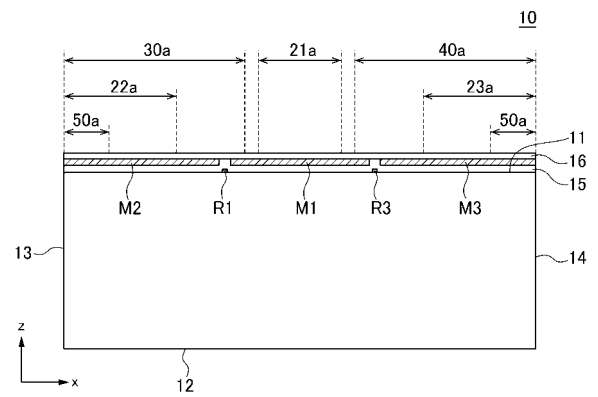
【 図 5 】



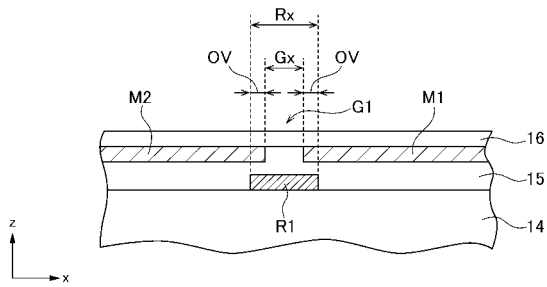
【 図 6 】



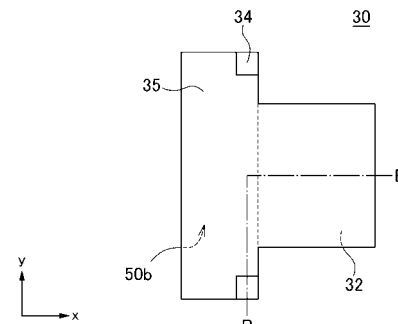
【 図 7 】



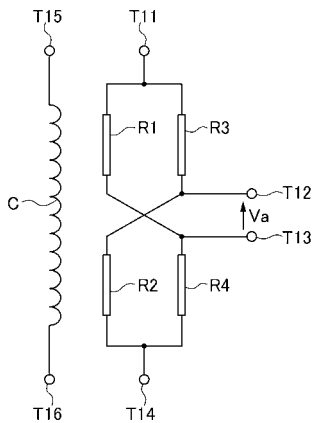
【 図 8 】



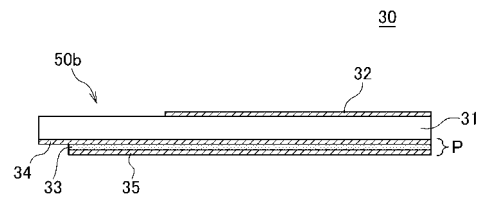
【 図 10 】



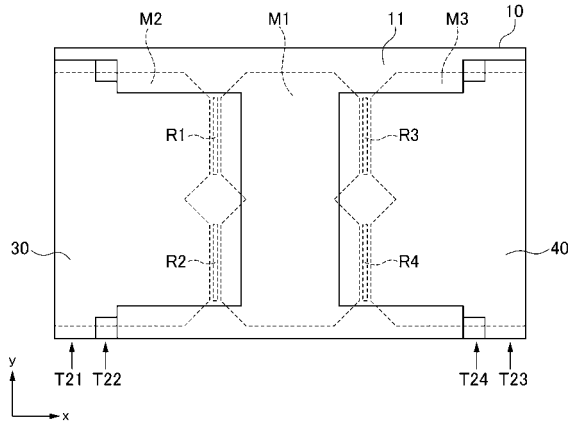
【 図 9 】



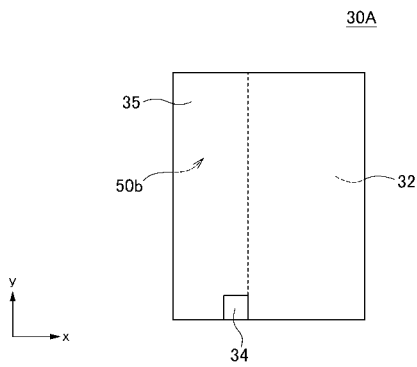
【 図 11 】



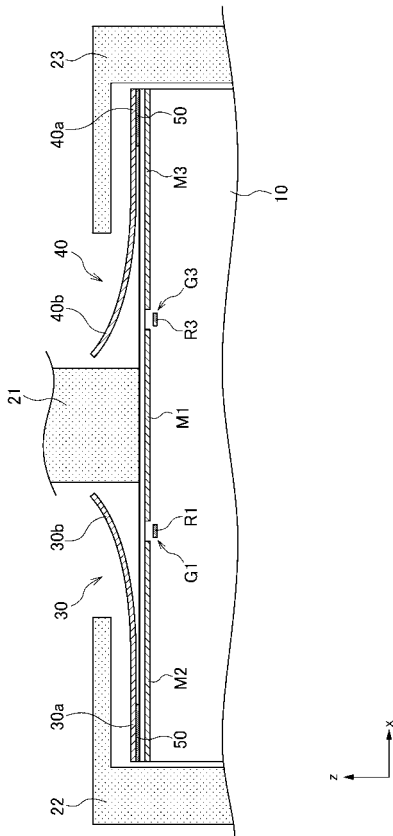
【 図 1 2 】



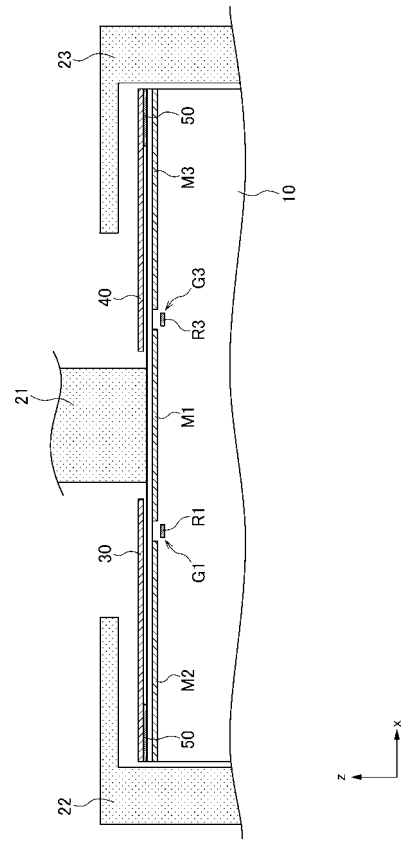
【 図 1 3 】



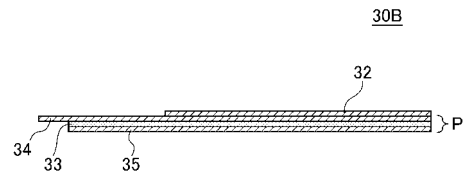
【 図 1 5 】



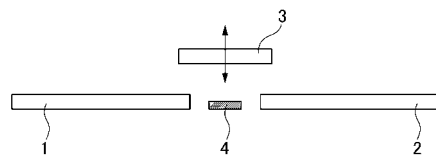
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F092 AA01 AA05 AA06 AA12 AB01 AC04 BB01 BC42 DA01 DA06  
EA08 FA01 FA08