

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第6996344号

(P6996344)

(45)発行日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(24)登録日 令和3年12月20日(2021.12.20)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 L 1/16 (2006.01)

G 0 1 L 1/16

B

B 2 5 J 19/02 (2006.01)

B 2 5 J 19/02

H 0 1 L 41/113 (2006.01)

H 0 1 L 41/113

H 0 1 L 41/187 (2006.01)

H 0 1 L 41/187

H 0 1 L 41/053 (2006.01)

H 0 1 L 41/053

請求項の数 12 (全27頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-35257(P2018-35257)

(22)出願日 平成30年2月28日(2018.2.28)

(65)公開番号 特開2019-148571(P2019-148571
A)

(43)公開日 令和1年9月5日(2019.9.5)

審査請求日 令和3年2月9日(2021.2.9)

(73)特許権者 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区新宿四丁目1番6号

(74)代理人 100091292

弁理士 増田 達哉

(74)代理人 100091627

弁理士 朝比 一夫

(72)発明者 宮坂 英男

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ

コーエプソン株式会社内

(72)発明者 河合 宏紀

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ

コーエプソン株式会社内

(72)発明者 豎山 光普

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 センサーデバイス、力検出装置およびロボット

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

凹部を有する基体と、
前記凹部の開口を塞ぐ蓋体と、
前記凹部に配置され、受けた外力に応じて電荷を出力する力検出部と、
前記凹部に配置され、前記力検出部と電氣的に接続されている電子部品と、を有し、
前記蓋体は、
前記蓋体の厚さ方向から見た平面視で、前記力検出部および前記電子部品と重なっている
中央部と、
前記平面視で、前記中央部を囲む枠状をなし、前記基体と接合されている外縁部と、
前記平面視で、前記中央部と前記外縁部との間に位置して枠状をなし、かつ、前記蓋体の
厚さ方向と直交する方向から見た断面視で、前記中央部の外縁と前記外縁部の内縁とを接
続するテーパ状となっている接続部と、を有し、
前記蓋体の厚さ方向において、前記中央部と前記電子部品との離間距離は、前記外縁部と
前記電子部品との離間距離よりも大きく、
前記蓋体の厚さ方向において、前記電子部品と前記蓋体との離間距離は、前記力検出部と
前記蓋体との離間距離よりも大きいことを特徴とするセンサーデバイス。

【請求項2】

前記断面視で、前記基体と前記蓋体との間に位置し、前記基体と前記蓋体とを接合する接
合部材を有し、

前記接合部材の前記蓋体との接合面は、前記断面視で、前記力検出部の前記蓋体側の端と前記電子部品の前記蓋体側の端との間に位置する請求項 1 に記載のセンサーデバイス。

【請求項 3】

前記凹部は、前記蓋体によって密閉され、

前記凹部内は、減圧状態となっている請求項 1 または 2 に記載のセンサーデバイス。

【請求項 4】

前記凹部内の気圧は、 0.01 Pa 以上 1000 Pa 以下である請求項 3 に記載のセンサーデバイス。

【請求項 5】

前記凹部内は、不活性ガスが充填されている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のセンサーデバイス。

10

【請求項 6】

前記力検出部から出力された電荷を電圧に変換する回路部を有する請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のセンサーデバイス。

【請求項 7】

前記回路部は、前記電子部品として、前記電荷が入力される抵抗、前記電荷を蓄積する蓄電部または前記電荷による電圧を増幅する増幅器を有する請求項 6 に記載のセンサーデバイス。

【請求項 8】

前記力検出部は、

20

第 1 方向の外力に応じて第 1 電荷を出力する第 1 圧電素子と、

前記第 1 方向とは異なる第 2 方向の外力に応じて第 2 電荷を出力する第 2 圧電素子と、を有し、

前記回路部は、

前記第 1 電荷を処理する第 1 回路部と、

前記第 2 電荷を処理する第 2 回路部と、を有し、

前記平面視で、前記力検出部は、前記第 1 回路部と前記第 2 回路部との間に位置している請求項 6 または 7 に記載のセンサーデバイス。

【請求項 9】

前記平面視で、前記第 1 回路部および前記第 2 回路部は、前記力検出部に対して対称的に配置されている請求項 8 に記載のセンサーデバイス。

30

【請求項 10】

前記第 1 圧電素子および前記第 2 圧電素子は、水晶を含む請求項 8 または 9 に記載のセンサーデバイス。

【請求項 11】

第 1 基部と、

第 2 基部と、

前記第 1 基部と前記第 2 基部とで挟持される請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載のセンサーデバイスと、

前記第 1 基部と前記第 2 基部とを締結するボルトと、を備えることを特徴とする力検出装置。

40

【請求項 12】

基台と、

前記基台に接続されるアームと、

請求項 11 に記載の力検出装置と、を備えることを特徴とするロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサーデバイス、力検出装置およびロボットに関するものである。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

特許文献 1 に記載されたセンサーデバイスは、X 軸、Y 軸および Z 軸の加速度をそれぞれ独立して検出できる加速度センサーであり、センサー基台と、センサー基台に取り付けられた回路基板と、回路基板に取り付けられた積層圧電素子および積層圧電素子からの信号を処理する処理回路と、積層圧電素子および処理回路を収納する蓋体（リッド）と、を有している。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 文献 】特開 2 0 0 0 - 3 1 4 7 4 4 号公報

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、このようなセンサーセンサーでは、処理回路に含まれる電子部品（例えば、抵抗、コンデンサー、オペアンプ等）の大きさによっては、電子部品が蓋体と干渉してしまう。そのため、例えば、回路基板と蓋体とで積層圧電素子を挟み込み、蓋体によって積層圧電素子を回路基板に押し付けて、積層圧電素子と与圧したい場合には、電子部品と蓋体との干渉によって積層圧電素子を正確に与圧することができず、加速度検出特性が低下するおそれがある。

【 0 0 0 5 】

20

本発明の目的は、蓋体と力検出部との干渉を抑制し、優れた力検出特性を発揮することのできるセンサーデバイス、力検出装置およびロボットを提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明の一態様は、凹部を有する基体と、
前記凹部の開口を塞ぐ蓋体と、
前記凹部に配置され、受けた外力に応じて電荷を出力する力検出部と、
前記凹部に配置され、前記力検出部と電気的に接続されている電子部品と、を有し、
前記電子部品と前記蓋体との離間距離は、前記力検出部と前記蓋体との離間距離よりも大きいセンサーデバイスである。

30

これにより、蓋体と電子部品との干渉（接触）を効果的に抑制することができ、力検出部を所望の圧縮力で与圧することができる。したがって、優れた力検出特性を発揮することのできるセンサーデバイスが得られる。また、蓋体と電子部品との接触が抑制されるため、電子部品の破損や剥離等を抑制することができ、センサーデバイスの信頼性が向上する。

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様では、前記蓋体は、前記蓋体の厚さ方向から見た平面視で、
中央部と、
前記中央部を囲む枠状をなし、前記基体と接合されている外縁部と、
前記中央部と前記外縁部との間に位置し、前記中央部と前記外縁部とを接続する枠状の接続部と、を有し、

40

前記平面視で、前記力検出部および前記電子部品が前記中央部と重なっていることが好ましい。

これにより、例えば、電子部品が外縁部と重なっている場合と比較して、電子部品と蓋体との離間距離を長く確保することができ、当該離間距離をより大きく確保することができる。

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様では、前記蓋体の前記厚さ方向と直交する方向から見た断面視で、
前記接続部は、前記中央部の外縁と前記外縁部の内縁とを接続するテーパ状となっていることが好ましい。

これにより、変形が容易な蓋体となる。

50

【 0 0 0 9 】

本発明の一態様では、前記基体と前記蓋体との間に位置し、前記基体と前記蓋体とを接合する接合部材を有し、

前記接合部材の前記蓋体との接合面は、前記蓋体の厚さ方向と直交する方向から見た断面視で、前記力検出部の前記蓋体側の端と前記電子部品の前記蓋体側の端との間に位置することが好ましい。

これにより、力検出部と当接することにより蓋体の変形が規制され、蓋体が接合部材の蓋体との接合面よりも下方へ撓み変形することを抑制することができる。そのため、蓋体と電子部品との接触をより確実に抑制することができる。

【 0 0 1 0 】

本発明の一態様では、前記凹部は、前記蓋体によって密閉され、

前記凹部内は、減圧状態となっていることが好ましい。

これにより、回路部の特性の劣化、変動を効果的に抑制することができる。

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様では、前記凹部内の気圧は、 0.01 Pa 以上 1000 Pa 以下であることが好ましい。

これにより、回路部の特性の劣化、変動をより効果的に抑制することができる。

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様では、前記凹部内は、不活性ガスが充填されていることが好ましい。

これにより、回路部の特性の劣化、変動を効果的に抑制することができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の一態様では、前記電子部品を備え、前記力検出部から出力された電荷を電圧に変換する回路部を有することが好ましい。

これにより、力検出部と回路部とをより近くに配置することができ、力検出部から出力された電荷を低ノイズで精度よく処理することができる。そのため、センサーデバイスは、受けた外力を精度よく検出することができる。

【 0 0 1 4 】

本発明の一態様では、前記回路部は、前記電子部品として、前記電荷が入力される抵抗、前記電荷を蓄積する蓄電部および前記電荷による電圧を増幅する増幅器の少なくとも1つを有することが好ましい。

これにより、各部が水分（湿気）から保護され、湿度に起因した回路部の回路特性の劣化、変動を抑制することができる。

【 0 0 1 5 】

本発明の一態様では、前記力検出部は、

第1方向の外力に応じて第1電荷を出力する第1圧電素子と、

前記第1方向とは異なる第2方向の外力に応じて第2電荷を出力する第2圧電素子と、を有し、

前記回路部は、

前記第1電荷を処理する第1回路部と、

前記第2電荷を処理する第2回路部と、を有し、

前記基体の平面視で、前記力検出部の一方側に前記第1回路部が位置し、他方側に前記第2回路部が位置していることが好ましい。

これにより、第1回路部と第2回路部を凹部内でなるべく離間して配置することができる。そのため、第1回路部と第2回路部との干渉が低減され、第1電荷に第2回路部からのノイズが乗ったり、反対に、第2電荷に第1回路部からのノイズが乗ったりすることを効果的に抑制することができる。そのため、第1回路部によって第1電荷を精度よく処理することができ、第2回路部によって第2電荷を精度よく処理することができる。その結果、受けた外力を精度よく検出することができ、優れた力検出特性を発揮することのできるセンサーデバイスが得られる。

【 0 0 1 6 】

本発明の一態様では、前記基体の平面視で、前記第 1 回路部および前記第 2 回路部は、前記力検出部に対して対称的に配置されていることが好ましい。

これにより、第 1、第 2 回路部の回路特性を互いにほぼ等しくすることができる。そのため、第 1 電荷と第 2 電荷とを等しく処理することができ、受けた外力をより精度よく検出することができるセンサーデバイスとなる。

【 0 0 1 7 】

本発明の一態様では、前記第 1 圧電素子および前記第 2 圧電素子は、それぞれ、水晶を含むことが好ましい。

これにより、第 1、第 2 圧電素子の構成が簡単なものとなると共に、高感度、広いダイナミックレンジ、高い剛性等の優れた特性を有する力検出部となる。

10

【 0 0 1 8 】

本発明の一態様は、第 1 基部と、
第 2 基部と、

前記第 1 基部と前記第 2 基部との間に設けられる本発明の一態様のセンサーデバイスと、
を備える力検出装置である。

このような力検出装置によれば、本発明の一態様のセンサーデバイスを備えているため、より精度よく外力を検出することができる。

【 0 0 1 9 】

本発明の一態様は、基台と、
前記基台に接続されるアームと、

本発明の一態様の力検出装置と、を備えるロボットである。

20

このようなロボットによれば、本発明一態様の力検出装置を備えているため、より精密な作業を実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係るセンサーデバイスの平面図である。

【図 2】図 1 中の A - A 線断面図である。

【図 3】図 1 中の B - B 線断面図である。

【図 4】図 1 に示すセンサーデバイスの平面図である。

【図 5】図 1 に示すセンサーデバイスの製造方法を示す側面図である。

30

【図 6】図 1 に示すセンサーデバイスが有する力検出素子の断面図である。

【図 7】図 6 に示す力検出素子の斜視図である。

【図 8】図 1 に示すセンサーデバイスの平面図である。

【図 9】図 1 に示すセンサーデバイスが有する第 1 回路部の回路図である。

【図 10】図 1 に示すセンサーデバイスが有する第 2 回路部の回路図である。

【図 11】図 1 に示すセンサーデバイスの使用状態を示す断面図である。

【図 12】本発明の第 2 実施形態に係るセンサーデバイスの平面図である。

【図 13】本発明の第 3 実施形態に係るセンサーデバイスの平面図である。

【図 14】本発明の第 4 実施形態に係る力検出装置の斜視図である。

【図 15】図 14 に示す力検出装置の縦断面図である。

40

【図 16】図 14 に示す力検出装置の横断面図である。

【図 17】力検出装置に配置されたセンサーデバイスの断面図である。

【図 18】本発明の第 5 実施形態に係るロボットの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明のセンサーデバイス、力検出装置およびロボットを添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 2 2 】

< 第 1 実施形態 >

まず、本発明の第 1 実施形態に係るセンサーデバイスについて説明する。

50

【 0 0 2 3 】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るセンサードバイスの平面図である。図 2 は、図 1 中の A - A 線断面図である。図 3 は、図 1 中の B - B 線断面図である。図 4 は、図 1 に示すセンサードバイスの平面図である。図 5 は、図 1 に示すセンサードバイスの製造方法を示す側面図である。図 6 は、図 1 に示すセンサードバイスが有する力検出素子の断面図である。図 7 は、図 6 に示す力検出素子の斜視図である。図 8 は、図 1 に示すセンサードバイスの平面図である。図 9 は、図 1 に示すセンサードバイスが有する第 1 回路部の回路図である。図 10 は、図 1 に示すセンサードバイスが有する第 2 回路部の回路図である。図 11 は、図 1 に示すセンサードバイスの使用状態を示す断面図である。

【 0 0 2 4 】

なお、以下では、説明の便宜上、互いに直交する 3 つの軸を A 軸、B 軸および C 軸とし、さらに、各軸を示す矢印の先端側を「プラス側」とし、基端側を「マイナス側」とする。また、A 軸に平行な方向を「A 軸方向（第 1 方向）」、B 軸に平行な方向を「B 軸方向（第 2 方向）」、C 軸に平行な方向を「C 軸方向」という。また、C 軸方向プラス側を「上」、C 軸方向マイナス側を「下」ともいう。また、C 軸方向から見たもの（基体 21 の平面視）を「平面視」ともいう。

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すセンサードバイス 1 は、パッケージ 2 と、パッケージ 2 に収納された力検出素子 3（力検出部）および回路部 4 と、を有する。また、回路部 4 は、第 1 回路部 4 A と、第 2 回路部 4 B と、を有する。このようセンサードバイス 1 は、C 軸方向から挟まれて力検出素子 3 が与圧された状態で使用される（図 11 参照）。そして、センサードバイス 1 に加わる外力（A 軸方向のせん断力および B 軸方向のせん断力）がパッケージ 2 を介して力検出素子 3 に伝わり、受けた外力に基づく信号（電荷）が力検出素子 3 から出力され、出力された信号が回路部 4（第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B）で処理される。

【 0 0 2 6 】

平面視で、パッケージ 2 は、A 軸方向を長軸とし B 軸方向を短軸とする略長方形となっている。パッケージ 2 は、基体 21 と、基体 21 に接合された蓋体 24 と、を有する。パッケージ 2 の内側には気密な収納空間 S が形成され、収納空間 S に力検出素子 3、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B がそれぞれ収納されている。このように、パッケージ 2 に力検出素子 3、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B を収納することにより、これら各部を外界から保護（防塵、防水）することができる。特に、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B を水分（湿気）から保護することにより、水分に起因した第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の特性の劣化、変動を抑制することができる。

【 0 0 2 7 】

収納空間 S の雰囲気としては、特に限定されないが、真空状態またはそれに近い状態（減圧状態）であることが好ましい。具体的には、収納空間 S は、0.01 Pa 以上 1000 Pa 以下であることが好ましい。これにより、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の特性の劣化、変動を効果的に抑制することができる。ただし、収納空間 S は、真空状態の他、例えば、窒素、アルゴン、ヘリウム等の不活性ガスで置換されていてもよい。これにより、減圧状態と同様に、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の特性の劣化、変動を効果的に抑制することができる。

【 0 0 2 8 】

図 2 および図 3 に示すように、基体 21 は、基部 22 と、底部材 23 と、を有する。また、基部 22 は、上面に開口する凹部 221 と、下面に開口する凹部 222 と、凹部 221、222 の底面の中央部同士を貫通する貫通孔 223 と、を有する。また、底部材 23 は、板状をなし、貫通孔 223 の下側開口を塞ぐようにして凹部 222 の底面に接合されている。そのため、貫通孔 223 と底部材 23 とによって、凹部 221 の底面の中央部に開口する凹部 224 が形成される。そして、凹部 224 内に挿入されるようにして、力検出素子 3 が配置され、力検出素子 3 の下面 3b が接着剤 29 を介して底部材 23 の上面に接合されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

また、図 2 に示すように、基部 2 2 は、凹部 2 2 4 の A 軸方向マイナス側に位置し、凹部 2 2 1 の底面に開口する凹部 2 2 5 を有する。凹部 2 2 5 には第 1 回路部 4 A が有する回路素子 4 5 A が配置されている。また、図 3 に示すように、基部 2 2 は、凹部 2 2 4 の A 軸方向プラス側に位置し、凹部 2 2 1 の底面に開口する凹部 2 2 6 を有する。凹部 2 2 6 には第 2 回路部 4 B が有する回路素子 4 5 B が配置されている。後述するが、回路素子 4 5 A、4 5 B は、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B が有する他の回路要素に比べて高背なため（厚いため）、基体 2 1 に凹部 2 2 5、2 2 6 を形成し、その中に回路素子 4 5 A、4 5 B を配置することにより、パッケージ 2 の低背化を図ることができる。

【 0 0 3 0 】

また、図 1 に示すように、基部 2 2 には、第 1 回路部 4 A が有する配線 4 6 A と、第 2 回路部 4 B が有する配線 4 6 B と、が設けられている。配線 4 6 A、4 6 B は、それぞれ、少なくともその一部が凹部 2 2 1 の底面に配置されている。また、図 2 および図 3 に示すように、基部 2 2 の下面にはパッケージ 2 の外部に露出し、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B と電気的に接続された複数の外部端子 2 8 が設けられている。

【 0 0 3 1 】

基部 2 2 の構成材料としては、絶縁性を有する材料であることが好ましく、例えば、アルミナ、ジルコニア等の酸化物系のセラミックス、炭化ケイ素等の炭化物系のセラミックス、窒化ケイ素等の窒化物系のセラミックス等の各種セラミックスを主成分とすることが好ましい。これにより、適度な剛性を有すると共に、絶縁性に優れる基部 2 2 となる。そのため、パッケージ 2 の変形による損傷が生じにくく、内部に収容された力検出素子 3 および第 1、第 2 回路部 4 A、4 B をより確実に保護することができる。

【 0 0 3 2 】

また、底部材 2 3 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、ステンレス鋼、コパー、銅、鉄、炭素鋼、チタン等の各種金属材料等が挙げられるが、中でも特にコパーであることが好ましい。これにより、比較的高い剛性を有すると共に、応力が加えられたときに適度に弾性変形する底部材 2 3 となる。そのため、底部材 2 3 を介して外力を力検出素子 3 に的確に伝達することができると共に、その外力による底部材 2 3 の破損のおそれを低減することができる。また、コパーは、基部 2 2 の構成材料であるセラミックスと比較的近い熱膨張係数を有するため、基体 2 1 に熱応力（基部 2 2 と底部材 2 3 との熱膨張係数の差に起因する撓み）が生じ難く、熱応力に起因した出力ドリフトを効果的に抑制することができる。

【 0 0 3 3 】

蓋体 2 4 は、板状をなし、凹部 2 2 1 の C 軸方向プラス側に形成された開口を塞ぐようにしてシール部材 2 0（接合部材）を介して基部 2 2 の上面に接合されている。なお、シール部材 2 0 としては、基体 2 1 と蓋体 2 4 とを接合することができれば、特に限定されず、例えば、金、銀、チタニウム、アルミニウム、銅、鉄またはこれらを含む合金等で構成することができる。

【 0 0 3 4 】

図 2、図 3 および図 4 に示すように、蓋体 2 4 は、中央部 2 4 1 と、中央部 2 4 1 を囲み、外縁に沿った枠状をなす外縁部 2 4 2 と、中央部 2 4 1 と外縁部 2 4 2 との間に位置し、これらを接続する接続部 2 4 3 と、を有する。このような蓋体 2 4 は、外縁部 2 4 2 においてシール部材 2 0 を介して基部 2 2 の上面に接合されている。また、中央部 2 4 1 は、外縁部 2 4 2 に対し底部材 2 3 とは反対側（C 軸方向プラス側）にずれて位置している。また、平面視で、中央部 2 4 1 の外縁 2 4 1 a は、外縁部 2 4 2 の内縁 2 4 2 a よりも内側に位置している。そして、接続部 2 4 3 は、外縁部 2 4 2 の内縁 2 4 2 a と中央部 2 4 1 の外縁 2 4 1 a とを接続するために傾斜し、C 軸方向プラス側に向けて幅が小さくなるテーパ状となっている。

【 0 0 3 5 】

このように、蓋体 2 4 をハット状とすることにより、パッケージ 2 の外周部が低背化され

10

20

30

40

50

、その分、パッケージ 2 の小型化を図ることができる。また、中央部 2 4 1、接続部 2 4 3、外縁部 2 4 2 の境界部分が撓むことにより、蓋体 2 4 に加わる応力を緩和、吸収することができる。そのため、蓋体 2 4 の剥離を抑制することができる。特に、図 5 に示すように、蓋体 2 4 は、シーム溶接を用いて基部 2 2 の上面に接合されるが、ローラー電極 R E を外縁部 2 4 2 に押し付けることにより生じる応力およびローラー電極 R E によって蓋体 2 4 が加熱されることにより生じる熱応力を前述した変形によって効果的に緩和、吸収することができる。そのため、蓋体 2 4 の破損を効果的に抑制することができ、さらには、収納空間 S をより確実に気密封止することができる。特に、接続部 2 4 3 がテーパ状に傾斜していることにより、上述した効果がより顕著なものとなる。ただし、蓋体 2 4 の形状としては、特に限定されず、例えば、接続部 2 4 3 は、C 軸方向に沿って幅が一定のストレート状となってもよい。また、蓋体 2 4 は、平板状であってもよいし、本実施形態とは逆に、中央部 2 4 1 が凹んでいてもよい。

10

【0036】

このような蓋体 2 4 の構成材料としては、特に限定されず、前述した底部材 2 3 と同様、ステンレス鋼、コパール、銅、鉄、炭素鋼、チタン等の各種金属材料等が挙げられるが、中でも特にコパールであることが好ましい。これにより、底部材 2 3 と同様に、外力を力検出素子 3 により正確に伝達することができると共に、その外力によって蓋体 2 4 が破損することを低減することができる。なお、蓋体 2 4 の構成材料は、底部材 2 3 の構成材料と同じであっても異なってもよいが、同じであることが好ましい。これにより、パッケージ 2 に加えられた外力を力検出素子 3 により正確に伝達することができる。

20

【0037】

力検出素子 3 は、力検出素子 3 に加えられた外力の A 軸方向の成分に応じた電荷 Q_a (第 1 電荷) および力検出素子 3 に加えられた外力の B 軸方向の成分に応じた電荷 Q_b (第 2 電荷) を出力する機能を有する。この力検出素子 3 は、図 6 に示すように、A 軸方向の外力 (せん断力) に応じて電荷 Q_a を出力する圧電素子 3 1 (第 1 圧電素子) と、B 軸方向の外力 (せん断力) に応じて電荷 Q_b を出力する圧電素子 3 2 (第 2 圧電素子) と、一对の支持基板 3 3、3 4 と、を有する。

【0038】

また、圧電素子 3 1 は、下側 (C 軸方向マイナス側) から、グラウンド電極層 3 1 1、圧電体層 3 1 2、出力電極層 3 1 3、圧電体層 3 1 4、グラウンド電極層 3 1 5、圧電体層 3 1 6、出力電極層 3 1 7、圧電体層 3 1 8、グラウンド電極層 3 1 9 が順に積層した構成となっている。また、圧電素子 3 2 は、圧電素子 3 1 上に積層されており、下側 (C 軸方向マイナス側) から、グラウンド電極層 3 2 1、圧電体層 3 2 2、出力電極層 3 2 3、圧電体層 3 2 4、グラウンド電極層 3 2 5、圧電体層 3 2 6、出力電極層 3 2 7、圧電体層 3 2 8、グラウンド電極層 3 2 9 が順に積層した構成となっている。なお、本実施形態では、グラウンド電極層 3 1 9、3 2 1 が一体化 (共通化) されているが、これに限定されない。また、圧電素子 3 1、3 2 の C 軸方向の積層の順序は、逆であってもよく、また、圧電素子 3 1、3 2 は、積層されておらず、横に並んで配置されていてもよい。

30

【0039】

また、圧電体層 3 1 2、3 1 4、3 1 6、3 1 8、3 2 2、3 2 4、3 2 6、3 2 8 は、それぞれ、水晶で構成されている。これにより、高感度、広いダイナミックレンジ、高い剛性等の優れた特性を有する力検出素子 3 となる。圧電体層 3 1 2、3 1 6 では、水晶の結晶軸である X 軸 (電気軸) が図 6 中の右側 (A 軸方向プラス側) を向き、圧電体層 3 1 4、3 1 8 では、水晶の X 軸が図 6 中の左側 (A 軸方向マイナス側) を向いている。また、圧電体層 3 2 2、3 2 6 では、水晶の X 軸が図 6 中の紙面奥側 (B 軸方向プラス側) を向き、圧電体層 3 2 4、3 2 8 では、水晶の X 軸が図 6 中の紙面手前側 (B 軸方向マイナス側) を向いている。これら各圧電体層 3 1 2、3 1 4、3 1 6、3 1 8、3 2 2、3 2 4、3 2 6、3 2 8 は、それぞれ、Y カット水晶板 (水晶の Y 軸 (機械軸) を厚さ方向とする水晶板) で構成されている。

40

【0040】

50

ただし、圧電体層 312、314、316、318、322、324、326、328 は、水晶以外の圧電材料を用いた構成であってもよい。水晶以外の圧電材料としては、例えば、トパーズ、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT：Pb（Zr，Ti）O₃）、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等が挙げられる。

【0041】

また、グランド電極層 311、315、319（321）、325、329 は、それぞれ、基準電位（例えばグランド電位 GND）に電氣的に接続されている。また、出力電極層 313、317 は、それぞれ、第 1 回路部 4A に電氣的に接続され、出力電極層 323、327 は、それぞれ、第 2 回路部 4B に電氣的に接続されている。これらグランド電極層 311、315、319（321）、325、329 および出力電極層 313、317、323、327 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、ニッケル、金、チタニウム、アルミニウム、銅、鉄、クロムまたはこれらを含む合金等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせ（例えば積層して）用いることができる。

10

【0042】

一対の支持基板 33、34 は、圧電素子 31、32 の積層体を上下から挟み込むように配置されている。具体的には、圧電素子 31、32 の積層体の上面に支持基板 33 が配置され、下面に支持基板 34 が配置されている。これにより、支持基板 33、34 によってグランド電極層 311、329 を覆うことができ、グランド電極層 311、319 を保護することができると共に、グランド電極層 311、329 がパッケージ 2 と接触して意図しない導通が生じることを抑制することができる。

20

【0043】

支持基板 33、34 は、水晶で構成されている。支持基板 33 は、隣接する圧電体層 328 と同じ構成となっている。すなわち、支持基板 33 は、圧電体層 328 と同様に、Y カット水晶板から形成されており、水晶の X 軸が図 6 中の紙面手前側（B 軸方向マイナス側）を向いている。同様に、支持基板 34 は、隣接する圧電体層 312 と同じ構成となっている。すなわち、支持基板 34 は、圧電体層 312 と同様に、Y カット水晶板から形成されており、水晶の X 軸が図 6 中の右側（A 軸方向プラス側）を向いている。このように、支持基板 33 を隣接する圧電体層 328 と同じ構成とし、支持基板 34 を隣接する圧電体層 312 と同じ構成とすることにより、これらの熱膨張係数を揃えることができ、熱膨張に起因する出力ドリフトを効果的に低減することができる。

30

【0044】

なお、支持基板 33 の結晶軸は、圧電体層 328 の結晶軸と一致しなくてもよいし、支持基板 34 の結晶軸は、圧電体層 312 の結晶軸と一致しなくてもよい。また、支持基板 33、34 は、それぞれ、水晶以外の圧電体から構成されていてもよいし、圧電体以外の導電性を有さない材料を用いた構成であってもよい。また、支持基板 33、34 は、省略してもよい。

【0045】

また、図 7 に示すように、力検出素子 3 の全体形状は、直方体である。すなわち、力検出素子 3 は、支持基板 33 の上面である上面 3a と、支持基板 34 の下面である下面 3b と、これら上面 3a と下面 3b とを接続する 4 つの側面 3c、3d、3e、3f と、を有する。そして、B 軸方向マイナス側を向く側面 3c には、各グランド電極層 311、315、319（321）、325、329 と電氣的に接続された接続電極 391 と、各出力電極層 323、327 と電氣的に接続された接続電極 392 と、が幅方向（A 軸方向）に離間して設けられている。なお、本実施形態では、接続電極 391 が A 軸方向マイナス側に位置し、接続電極 392 が X 軸方向プラス側に位置している。

40

【0046】

また、側面 3c と対向し、B 軸方向プラス側を向く側面 3e には、各グランド電極層 311、315、319（321）、325、329 と電氣的に接続された接続電極 393 と、各出力電極層 313、317 と電氣的に接続された接続電極 394 と、が幅方向（A 軸方向）に離間して設けられている。なお、本実施形態では、接続電極 394 が A 軸方向マ

50

イナス側に位置し、接続電極 3 9 3 が A 軸方向プラス側に位置している。

【 0 0 4 7 】

このように、側面 3 c、3 e に接続電極 3 9 1、3 9 2、3 9 3、3 9 4 を設けることにより、力検出素子 3 と第 1、第 2 回路部 4 A、4 B との電氣的な接続を容易に行うことができる。

【 0 0 4 8 】

ただし、接続電極 3 9 1、3 9 2、3 9 3、3 9 4 の配置としては、特に限定されない。例えば、接続電極 3 9 1、3 9 2、3 9 3、3 9 4 は、それぞれ、力検出素子 3 の異なる側面に別れて配置されていてもよいし、力検出素子 3 の 1 つの側面にまとめて配置されていてもよい。また、接続電極 3 9 1、3 9 2、3 9 3、3 9 4 は、力検出素子 3 の上面 3 a や下面 3 b に配置されていてもよい。また、力検出素子 3 の形状としては、特に限定されず、例えば、平面視で、円形、楕円形、三角形、正方形以外の四角形（長方形、台形、平行四辺形等）、五角形以上の多角形、異形等、いかなる形状であってもよい。

【 0 0 4 9 】

以上、力検出素子 3 について説明した。このような力検出素子 3 は、図 2 および図 3 に示すように、その下面 3 b がパッケージ 2 の凹部 2 2 4 の底面に（底部材 2 3 の上面）に絶縁性の接着剤 2 9 を介して接合されている。接着剤 2 9 としては、特に限定されず、例えば、アクリル系樹脂、フェノール系樹脂、シリコン系樹脂、エポキシ系樹脂等を用いることができる。

【 0 0 5 0 】

また、図 2 および図 3 に示すように、自然状態では、力検出素子 3 の上面 3 a は、蓋体 2 4 の中央部 2 4 1 と空隙を介して対向配置されている。これにより、底部材 2 3 と蓋体 2 4 とに挟まれることによって力検出素子 3 に意図しない応力（検出対象以外の応力）が加わってしまい、出力のドリフトが生じることを効果的に抑制することができる。ただし、これに限定されず、力検出素子 3 の上面 3 a は、蓋体 2 4 の中央部 2 4 1 と接触していてもよい。また、力検出素子 3 の上面 3 a と蓋体 2 4 の中央部 2 4 1 との間に接着剤（例えば接着剤 2 9 と同様の接着剤）が設けられており、この接着剤を介して力検出素子 3 と蓋体 2 4 とが接合されていてもよい。

【 0 0 5 1 】

第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B は、それぞれ、パッケージ 2 の収納空間 S に収納されている。図 8 に示すように、平面視で、第 1 回路部 4 A は、力検出素子 3 に対して一方側（A 軸方向マイナス側）に位置し、第 2 回路部 4 B は、力検出素子 3 に対して他方側（A 軸方向プラス側）に位置している。第 1 回路部 4 A は、力検出素子 3 から出力された電荷 Q a を処理する回路であり、第 2 回路部 4 B は、力検出素子 3 から出力された電荷 Q b を処理する回路である。このように、第 1 回路部 4 A と第 2 回路部 4 B とを力検出素子 3 に対して反対側に設けることにより、これらになるべく離間して配置することができる。そのため、第 1 回路部 4 A と第 2 回路部 4 B との干渉が低減され、電荷 Q a に第 2 回路部 4 B からのノイズが乗ったり、反対に、電荷 Q b に第 1 回路部 4 A からのノイズが乗ったりすることを効果的に抑制することができる。そのため、耐ノイズ性が向上し、第 1 回路部 4 A によって電荷 Q a を精度よく処理することができ、第 2 回路部 4 B によって電荷 Q b を精度よく処理することができる。

【 0 0 5 2 】

第 1 回路部 4 A は、電荷 Q a を電圧 V a に変換する回路（電荷 / 電圧変換回路）であり、図 9 に示すように、電荷 Q a が入力される抵抗 4 1 A と、電荷 Q a をチャージするコンデンサー 4 3 A（蓄電部）と、電荷 Q a による電圧を増幅するオペアンプ 4 2 A（増幅器）と、スイッチング素子 4 4 A と、配線 4 6 A と、を有する。

【 0 0 5 3 】

これら回路要素のうち、抵抗 4 1 A およびコンデンサー 4 3 A は、それぞれ、凹部 2 2 1 の底面に設けられ、オペアンプ 4 2 A およびスイッチング素子 4 4 A は、回路素子 4 5 A として一体化された上で凹部 2 2 5 の底面に設けられている。また、これら抵抗 4 1 A、

10

20

30

40

50

コンデンサー 43A および回路素子 45A は、配線 46A を介して電氣的に接続されている。配線 46A は、導電性の接続部材 261、264（例えば、Ag ペースト、Cu ペースト、Au ペースト等の各種金属ペースト）を介して力検出素子 3 の接続電極 391、394 と電氣的に接続されている。これにより、図 9 に示す回路が実現される。なお、以下では、説明の便宜上、抵抗 41A、コンデンサー 43A および回路素子 45A をそれぞれ「電子部品 40A」ともいう。

【0054】

抵抗 41A およびコンデンサー 43A は、金（Au）バンプ等の導電性バンプを用いたフリップチップ実装によって配線 46A と電氣的に接続されており、回路素子 45A は、ボンディングワイヤー BW を介して配線 46A と電氣的に接続されている。ただし、抵抗 41A、コンデンサー 43A および回路素子 45A と配線 46A との電氣的な接続方法は、特に限定されない。また、オペアンプ 42A およびスイッチング素子 44A は、別体として形成されていてもよい。

10

【0055】

第 2 回路部 4B は、電荷 Qb を電圧 Vb に変換する回路（電荷 / 電圧変換回路）であり、前述した第 1 回路部 4A と同様の構成となっている。すなわち、第 2 回路部 4B は、図 10 に示すように、電荷 Qb が入力される抵抗 41B と、電荷 Qb をチャージするコンデンサー 43B（蓄電部）と、電荷 Qb による電圧を増幅するオペアンプ 42B（増幅器）と、スイッチング素子 44B と、配線 46B と、を有する。

【0056】

20

これら回路要素のうち、抵抗 41B およびコンデンサー 43B は、それぞれ、凹部 221 の底面に設けられ、オペアンプ 42B およびスイッチング素子 44B は、回路素子 45B として一体化された上で凹部 226 の底面に設けられている。また、これら抵抗 41B、コンデンサー 43B および回路素子 45B は、配線 46B を介して電氣的に接続されている。また、配線 46B は、導電性の接続部材 262、263（例えば、Ag ペースト、Cu ペースト、Au ペースト等の各種金属ペースト）を介して力検出素子 3 の接続電極 392、393 と電氣的に接続されている。これにより、図 10 に示す回路が実現される。なお、以下では、説明の便宜上、抵抗 41B、コンデンサー 43B および回路素子 45B をそれぞれ「電子部品 40B」ともいう。

【0057】

30

抵抗 41B およびコンデンサー 43B は、金（Au）バンプ等の導電性バンプを用いたフリップチップ実装によって配線 46B と電氣的に接続され、回路素子 45B は、ボンディングワイヤー BW を介して配線 46B と電氣的に接続されている。ただし、抵抗 41B、コンデンサー 43B および回路素子 45B と配線 46B との電氣的な接続方法は、特に限定されない。また、オペアンプ 42B およびスイッチング素子 44B は、別体として形成されていてもよい。

【0058】

第 1 回路部 4A では、回路素子 45A が他の電子部品 40A（すなわち抵抗 41A およびコンデンサー 43A）よりも厚い。そのため、本実施形態では、凹部 221 の底面に凹部 225 を形成し、この凹部 225 の底面に回路素子 45A を設けている。これにより、回路素子 45A の高さを抑えることができるため、パッケージ 2 の高背化を抑制することができ、また、回路素子 45A 上にボンディングワイヤー BW の配置スペースを確保し易くなる。

40

【0059】

同様に、第 2 回路部 4B では、回路素子 45B が他の電子部品 40B（すなわち抵抗 41B およびコンデンサー 43B）よりも厚い。そのため、本実施形態では、凹部 221 の底面に凹部 226 を形成し、この凹部 226 の底面に回路素子 45B を設けている。これにより、回路素子 45B の高さを抑えることができるため、パッケージ 2 の高背化を抑制することができ、また、回路素子 45B 上にボンディングワイヤー BW の配置スペースを確保し易くなる。ただし、凹部 225、226 を省略して、凹部 221 の底面に回路素子 4

50

5 A、4 5 Bを配置してもよい。

【0060】

また、図4に示すように、第1回路部4 Aでは、平面視で、抵抗4 1 A、コンデンサー4 3 Aおよび回路素子4 5 Aの全てが蓋体2 4の中央部2 4 1と重なって配置されている。前述したように、蓋体2 4の中央部2 4 1は、他の部分（外縁部2 4 2）よりも上側にオフセットしている。そのため、抵抗4 1 A、コンデンサー4 3 Aおよび回路素子4 5 Aと蓋体2 4との接触を効果的に抑制することができ、第1回路部4 Aの破損や誤作動を抑制することができる。ただし、これに限定されず、例えば、抵抗4 1 A、コンデンサー4 3 A、回路素子4 5 Aの少なくとも1つが、平面視で、中央部2 4 1と重ならない位置（すなわち、中央部2 4 1の外側、例えば外縁部2 4 2と重なる位置）に配置されていてもよい。

10

【0061】

同様に、第2回路部4 Bでは、平面視で、抵抗4 1 B、コンデンサー4 3 Bおよび回路素子4 5 Bの全てが蓋体2 4の中央部2 4 1と重なって配置されている。そのため、抵抗4 1 B、コンデンサー4 3 Bおよび回路素子4 5 Bと蓋体2 4との接触を効果的に抑制することができ、第2回路部4 Bの破損や誤作動を抑制することができる。ただし、これに限定されず、例えば、抵抗4 1 B、コンデンサー4 3 B、回路素子4 5 Bの少なくとも1つが、平面視で、中央部2 4 1と重ならない位置（すなわち、中央部2 4 1の外側、例えば外縁部2 4 2と重なる位置）に配置されていてもよい。

【0062】

このような第1回路部4 Aおよび第2回路部4 Bをパッケージ2に収納することにより、これら第1、第2回路部4 A、4 Bを保護（防塵、防水）することができる。特に、第1、第2回路部4 A、4 Bを水分（湿気）から保護することにより、これらの特性の劣化を効果的に抑制することができる。例えば、コンデンサー4 3 A、4 3 Bは、力検出素子3からの電荷 Q_a 、 Q_b をチャージする部分であるが、湿度によるリーク電流の影響を受け易い。また、オペアンプ4 2 A、4 2 Bは、湿度に起因して入力側のオフセット電圧が変動してしまう。このように、第1、第2回路部4 A、4 Bは、水分（湿度）に影響を受け易い電子部品4 0 A、4 0 Bを含んでいるため、これら第1、第2回路部4 A、4 Bをパッケージ2に収納し、防水することにより、回路特性の劣化や変動を効果的に抑制することができ、より精度よく、電荷 Q_a 、 Q_b を電圧 V_a 、 V_b に変換することができる。そのため、センサデバイス1によれば、受けた外力をより精度よく検出することができる。

20

30

【0063】

また、第1、第2回路部4 A、4 Bをパッケージ2に収納することにより、例えば、第1、第2回路部4 A、4 Bがパッケージ2の外側に配置されている場合と比較して、配線4 6 A、4 6 Bの長さを短くすることができる。そのため、第1、第2回路部4 A、4 Bの耐ノイズ性が向上する。

【0064】

ここで、図2および図3に示すように、力検出素子3と蓋体2 4との離間距離を G_1 とし、第1、第2回路部4 A、4 Bが有する各電子部品4 0 A、4 0 Bと蓋体2 4との離間距離を G_2 としたとき、離間距離 G_1 、 G_2 は、 $G_1 < G_2$ の関係を満足している。すなわち、離間距離 G_2 は、離間距離 G_1 より大きい。ここで、離間距離 G_1 は、力検出素子3と蓋体2 4とのC軸方向での最小離間距離であり、本実施形態では、力検出素子3の上面3 aと蓋体2 4の内面2 4 0との離間距離である。また、離間距離 G_2 は、各電子部品4 0 A、4 0 Bと蓋体2 4とのC軸方向での最小離間距離であり、本実施形態では、各電子部品4 0 A、4 0 Bの上面4 0 A'、4 0 B'と蓋体2 4の内面2 4 0との離間距離である。なお、離間距離 G_2 は、電子部品4 0 A、4 0 B毎に異なってもよいし、同じであってもよい。

40

【0065】

このような関係を満足することにより、次のような効果を発揮することができる。例えば、後述する第4実施形態においても説明するように、センサデバイス1は、図11に示

50

すように、一对の押圧部材 H 1、H 2 によって C 軸方向に挟持され、力検出素子 3 が C 軸方向に予圧された状態（矢印 P の圧縮力が与えられた状態）で使用される。なお、図 1 1 の状態では、蓋体 2 4 が撓み変形して、その内面 2 4 0 が力検出素子 3 の上面 3 a に当接する。G 1 < G 2 を満足すると、図 1 1 の状態において、蓋体 2 4 と電子部品 4 0 A、4 0 B との干渉（接触）を効果的に抑制することができる。すなわち、蓋体 2 4 が力検出素子 3 と当接するように撓み変形しても、蓋体 2 4 と電子部品 4 0 A、4 0 B との接触を効果的に抑制することができる。そのため、力検出素子 3 を所望の圧縮力で与圧することができ、優れた力検出特性を発揮することのできるセンサデバイス 1 が得られる。また、蓋体 2 4 と電子部品 4 0 A、4 0 B との接触が抑制されるため、電子部品 4 0 A、4 0 B の破損や剥離等を抑制することができ、センサデバイス 1 の信頼性が向上する。

10

【0066】

G 1 < G 2 の関係を満足していれば、上述の効果を発揮することができるが、この関係の中でも、5 G 1 < G 2 の関係を満足することが好ましく、10 G 1 < G 2 の関係を満足することがより好ましく、20 G 1 < G 2 の関係を満足することがさらに好ましい。このような関係を満足することにより、前述した効果をより顕著に発揮することができる。すなわち、図 1 1 の状態において、蓋体 2 4 と電子部品 4 0 A、4 0 B との干渉（接触）をより効果的に抑制することができる。ここで、離間距離 G 1 としては、特に限定されないが、例えば、1 μm 以上 10 μm 以下とすることができる。これにより、製造誤差等を考慮しても、自然状態において、より確実に力検出素子 3 と蓋体 2 4 とを離間させることができる。また、図 1 1 の状態において、蓋体 2 4 が過度に撓み変形し、破損してしまうことを効果的に抑制することができる。

20

【0067】

また、各電子部品 4 0 A、4 0 B は、前述したように、平面視で、蓋体 2 4 の中央部 2 4 1 と重なっている。そのため、例えば、各電子部品 4 0 A、4 0 B が外縁部 2 4 2 と重なっている場合と比較して、離間距離 G 2 を長く確保することができ、離間距離 G 2 を離間距離 G 1 に対してより大きく確保することができる。

【0068】

また、蓋体 2 4 は、前述したように、テーパ状の接続部 2 4 3 を有するハット状となっているため、撓み変形し易い。そのため、図 1 1 に示す状態では、蓋体 2 4 を容易に変形させることができ、蓋体 2 4 を力検出素子 3 により確実に当接させることができる。したがって、一对の押圧部材 H 1、H 2 によって、力検出素子 3 をより確実に与圧することができる。また、蓋体 2 4 が変形することによって、蓋体 2 4 と基体 2 1 との接合部分に応力が伝わり難くなり、例えば、基体 2 1 からの蓋体 2 4 の剥離を効果的に抑制することができる。

30

【0069】

また、図 2 および図 3 に示すように、シール部材 2 0 の上面 2 0 a（蓋体 2 4 との接合面）は、C 軸方向において、力検出素子 3 の上面 3 a（蓋体 2 4 側の端）と各電子部品 4 0 A、4 0 B の上面 4 0 A'、4 0 B'（蓋体側の端）との間に位置している。このような構成とすることにより、図 1 1 に示すように、力検出素子 3 と当接することにより蓋体 2 4 の変形が規制され、蓋体 2 4 が上面 2 0 a よりも下方へ撓み変形することを抑制することができる。そのため、蓋体 2 4 と上面 2 0 a よりも下方にある各電子部品 4 0 A、4 0 B との接触をより確実に抑制することができる。

40

【0070】

また、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B は、平面視で、力検出素子 3 に対して対称的に配置されている。具体的には、本実施形態では、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B は、力検出素子 3 の中心 O に対して点対称（180°回転対称）となるように配置されている。これにより、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の回路特性（配線長、周囲からの影響等）、すなわち電荷 / 電圧変換特性を互いにほぼ等しくすることができる。そのため、A 軸方向の外力（せん断力）に応じた信号と B 軸方向の外力（せん断力）に応じた信号とをバランスよく取り出すことができ、受けた外力をより精度よく検出することができる。

50

【 0 0 7 1 】

なお、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B が中心 O に対して点対称に配置されているとは、少なくとも各回路要素（抵抗 4 1 A、4 1 B、コンデンサー 4 3 A、4 3 B および回路素子 4 5 A、4 5 B）が中心 O に対して点対称に配置されていることを意味し、好ましくは、さらに配線 4 6 A、4 6 B についても中心 O に対して点対称に配置されていることを意味する。また、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B が中心 O に対して点対称に配置されているとは、例えば、設計上または製造上生じ得る誤差を含む意味であり、必ずしも、完全な点対称に限られるものではない。また、平面視で、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B の対称点が中心 O と一致している場合の他、力検出素子 3 と重なる範囲において、対称点が中心 O からずれていている場合も含む意味である。

10

【 0 0 7 2 】

第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B が中心 O に対して点対称となっているため、それに応じて、力検出素子 3 では、B 軸方向プラス側を向く側面 3 e に電荷 Q a が出力される接続電極 3 9 4 を配置し、B 軸方向マイナス側を向く側面 3 c に電荷 Q b が出力される接続電極 3 9 2 を配置している。さらには、力検出素子 3 に対して B 軸方向プラス側に、第 1 回路部 4 A と接続電極 3 9 4 とを接続する接続部材 2 6 4 が配置され、力検出素子 3 に対して B 軸方向マイナス側に、第 2 回路部 4 B と接続電極 3 9 2 とを接続する接続部材 2 6 2 が配置されている。このような配置とすることにより、比較的簡単な配置で、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B を力検出素子 3 の中心 O に対して点対称に配置することができる。特に、本実施形態では、接続電極 3 9 4 が側面 3 e の第 1 回路部 4 A 側（A 軸方向マイナス側）に偏って配置されているため、接続電極 3 9 4 と抵抗 4 1 A とを結ぶ配線長を短くすることができる。同様に、接続電極 3 9 2 が側面 3 c の第 2 回路部 4 B 側（A 軸方向プラス側）に偏って配置されているため、接続電極 3 9 2 と抵抗 4 1 B とを結ぶ配線長を短くすることができる。

20

【 0 0 7 3 】

以上、センサデバイス 1 について説明した。このようなセンサデバイス 1 は、前述したように、凹部 2 2 1 を有する基体 2 1 と、凹部 2 2 1 の開口を塞ぐ蓋体 2 4 と、凹部 2 2 1 内に配置され、受けた外力に応じて電荷を出力する力検出素子 3（力検出部）と、凹部 2 2 1 内に配置され、力検出素子 3 と電気的に接続されている電子部品 4 0 A、4 0 B と、を有する。そして、電子部品 4 0 A、4 0 B と蓋体 2 4 との離間距離 G 2 は、力検出素子 3 と蓋体 2 4 との離間距離 G 1 よりも大きい（ $G 1 < G 2$ ）。これにより、図 1 1 に示すように、センサデバイス 1 の使用状態において、蓋体 2 4 と電子部品 4 0 A、4 0 B との干渉（接触）を効果的に抑制することができる。そのため、力検出素子 3 を所望の圧縮力で与圧することができ、優れた力検出特性を発揮することのできるセンサデバイス 1 が得られる。また、蓋体 2 4 と電子部品 4 0 A、4 0 B との接触が抑制されるため、電子部品 4 0 A、4 0 B の破損や剥離等を抑制することができ、センサデバイス 1 の信頼性が向上する。

30

【 0 0 7 4 】

また、前述したように、蓋体 2 4 は、蓋体 2 4 の厚さ方向から見た平面視で、中央部 2 4 1 と、中央部 2 4 1 を囲む枠状をなし、基体 2 1 と接合されている外縁部 2 4 2 と、中央部 2 4 1 と外縁部 2 4 2 との間に位置し、中央部 2 4 1 と外縁部 2 4 2 とを接続する枠状の接続部 2 4 3 と、を有する。そして、平面視で、力検出素子 3 および電子部品 4 0 A、4 0 B が中央部 2 4 1 と重なっている。そのため、例えば、各電子部品 4 0 A、4 0 B が外縁部 2 4 2 と重なっている場合と比較して、離間距離 G 2 を長く確保することができ、離間距離 G 2 を離間距離 G 1 に対してより大きく確保することができる。したがって、蓋体 2 4 と電子部品 4 0 A、4 0 B との接触をより効果的に抑制することができる。

40

【 0 0 7 5 】

また、前述したように、蓋体 2 4 の厚さ方向に直交する方向から見た断面視で、接続部 2 4 3 は、中央部 2 4 1 の外縁 2 4 1 a と外縁部 2 4 2 の内縁 2 4 2 a とを接続するテーパ状となっている。蓋体 2 4 をこのような形状とすることにより、撓み易い蓋体 2 4 と

50

る。そのため、図 1 1 に示す状態では、蓋体 2 4 を容易に変形させることができ、蓋体 2 4 を力検出素子 3 により確実に当接させることができる。したがって、一对の押圧部材 H 1、H 2 によって、力検出素子 3 をより確実に与圧することができる。また、蓋体 2 4 が変形することによって、蓋体 2 4 と基体 2 1 との接合部分に応力が伝わり難くなり、例えば、基体 2 1 からの蓋体 2 4 の剥離を効果的に抑制することができる。

【 0 0 7 6 】

また、前述したように、センサーデバイス 1 は、基体 2 1 と蓋体 2 4 との間に位置しており、基体 2 1 と蓋体 2 4 とを接合するシール部材 2 0 (接合部材) を有する。また、シール部材 2 0 の上面 2 0 a (蓋体 2 4 との接合面) は、蓋体 2 4 の厚さ方向に直交する方向から見た断面視で、力検出素子 3 の上面 3 a (蓋体 2 4 側の端。言い換えると、最も C 軸方向プラス側に位置する部分) と電子部品 4 0 A、4 0 B の上面 4 0 A'、4 0 B' (蓋体 2 4 側の端。言い換えると、最も C 軸方向プラス側に位置する部分) との間に位置している。このような構成とすることにより、図 1 1 に示すように、力検出素子 3 と当接することにより蓋体 2 4 の変形が規制され、蓋体 2 4 が上面 2 0 a よりも下方へ撓み変形することを抑制することができる。そのため、蓋体 2 4 と上面 2 0 a よりも下方にある各電子部品 4 0 A、4 0 B との接触をより確実に抑制することができる。

10

【 0 0 7 7 】

また、前述したように、凹部 2 2 1 は、蓋体 2 4 で密閉されている。そして、凹部 2 2 1 内 (収納空間 S) は、減圧状態となっていることが好ましい。これにより、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の特性の劣化、変動を効果的に抑制することができる。特に、凹部 2 2 1 内 (収納空間 S) の気圧は、0 . 0 1 P a 以上 1 0 0 0 P a 以下であることが好ましい。これにより、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の特性の劣化、変動をより効果的に抑制することができる。

20

【 0 0 7 8 】

また、前述したように、凹部 2 2 1 内 (収納空間 S) は、不活性ガスが充填されていることが好ましい。これにより、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の特性の劣化、変動を効果的に抑制することができる。

【 0 0 7 9 】

また、前述したように、センサーデバイス 1 は、電子部品 4 0 A、4 0 B を備え、力検出素子 3 から出力された電荷 Q a、Q b を電圧 V a、V b に変換する回路部 4 を有する。これにより、力検出素子 3 と回路部 4 とをより近くに配置することができ、力検出素子から出力された電荷 Q a、Q b を低ノイズで精度よく処理することができる。そのため、センサーデバイス 1 は、受けた外力を精度よく検出することができる。

30

【 0 0 8 0 】

また、前述したように、回路部 4 は、電子部品 4 0 A、4 0 B として、電荷 Q a、Q b が入力される抵抗 4 1 A、4 1 B、電荷 Q a、Q b を蓄積するコンデンサー 4 3 A、4 3 B (蓄電部) および電荷 Q a、Q b による電圧を増幅するオペアンプ 4 2 A、4 2 B (増幅器) の少なくとも 1 つを有する。そのため、これら電子部品 4 0 A、4 0 B が水分 (湿気) から保護され、湿度に起因した回路部 4 (第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B) の回路特性の劣化、変動を抑制することができる。そのため、センサーデバイス 1 は、受けた外力を精度よく検出することができる。特に、本実施形態では、回路部 4 が抵抗 4 1 A、4 1 B、コンデンサー 4 3 A、4 3 B およびオペアンプ 4 2 A、4 2 B の全てを含んでいるため、上述した効果をより顕著に発揮することができる。ただし、これに限定されず、第 1 回路部 4 A から抵抗 4 1 A、コンデンサー 4 3 A およびオペアンプ 4 2 A のうちの 1 つまたは 2 つを省略してもよいし、第 2 回路部 4 B から抵抗 4 1 B、コンデンサー 4 3 B およびオペアンプ 4 2 B のうちの 1 つまたは 2 つを省略してもよい。

40

【 0 0 8 1 】

また、前述したように、力検出素子 3 は、A 軸方向 (第 1 方向) の外力に応じて電荷 Q a (第 1 電荷) を出力する圧電素子 3 1 (第 1 圧電素子) と、B 軸方向 (A 軸方向とは異なる第 2 方向) の外力に応じて電荷 Q b (第 2 電荷) を出力する圧電素子 3 2 (第 2 圧電素

50

子)と、を有する。また、回路部4は、電荷 Q_a を処理する第1回路部4Aと、電荷 Q_b を処理する第2回路部4Bと、を有する。そして、平面視(基体21の平面視)で、力検出素子3の一方側(A軸方向マイナス側)に第1回路部4Aが位置し、他方側(A軸方向プラス側)に第2回路部4Bが位置している。このように、第1回路部4Aと第2回路部4Bとを力検出素子3に対して反対側に設けることにより、これらなるべく離間して配置することができる。そのため、第1回路部4Aと第2回路部4Bとの干渉が低減され、電荷 Q_a に第2回路部4Bからのノイズが乗ったり、反対に、電荷 Q_b に第1回路部4Aからのノイズが乗ったりすることを効果的に抑制することができる。そのため、第1回路部4Aによって電荷 Q_a を精度よく処理することができ、第2回路部4Bによって電荷 Q_b を精度よく処理することができる。その結果、センサーデバイス1は、受けた外力を精度よく検出することができる。

10

【0082】

なお、力検出素子3の一方側に第1回路部4Aが位置し、他方側に第2回路部4Bが位置するとは、少なくとも、第1回路部4Aが有する各回路要素(抵抗41A、コンデンサー43Aおよび回路素子45A)が力検出素子3の一方側(図8中の仮想線分L1よりもA軸方向マイナス側)に位置し、第2回路部4Bが有する各回路要素(抵抗41B、コンデンサー43Bおよび回路素子45B)が力検出素子3の他方側(図8中の仮想線分L2よりもA軸方向プラス側)に位置することを意味する。そのため、例えば、配線46Aについては、その一部が仮想線分L1よりもA軸方向プラス側に位置していてもよいし、配線46Bについては、その一部が仮想線分L2よりもA軸方向マイナス側に位置していてもよい。

20

【0083】

また、本実施形態では、力検出素子3が圧電素子31、32を有しているが、これに限定されず、圧電素子31、32のいずれか一方が省略されていてもよい。また、回路部4が第1回路部4Aおよび第2回路部4Bを有しているが、これに限定されず、第1回路部4Aおよび第2回路部4Bのいずれか一方が省略されていてもよい。また、少なくとも1つの電子部品40A、40Bを有していれば、回路部4が省略されていてもよい。また、電子部品40A、40Bは、回路を構成するものに限定されず、例えば、加速度センサー、角速度センサー、圧力センサー、温度センサー等の各種センサーであってもよい。

【0084】

また、前述したように、平面視(基体21の平面視)で、第1回路部4Aおよび第2回路部4Bは、力検出素子3に対して対称的に配置されている。これにより、第1、第2回路部4A、4Bの回路特性(本実施形態では電荷/電圧変換特性)を互いにほど等しくすることができる。そのため、A軸方向の外力(せん断力)に応じた信号とB軸方向の外力(せん断力)に応じた信号とをバランスよく取り出すことができ、受けた外力をより精度よく検出することができるセンサーデバイス1となる。

30

【0085】

また、前述したように、圧電素子31および圧電素子32は、それぞれ、水晶を含んでいる。これにより、圧電素子31、32の構成が簡単なものとなると共に、高感度、広いダイナミックレンジ、高い剛性等の優れた特性を有する力検出素子3となる。

40

【0086】

<第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態に係るセンサーデバイスについて説明する。

【0087】

図12は、本発明の第2実施形態に係るセンサーデバイスの平面図である。

【0088】

本実施形態に係るセンサーデバイス1は、主に、第1回路部4Aと第2回路部4Bの配置が異なること以外は、前述した第1実施形態のセンサーデバイス1と同様である。なお、以下の説明では、第2実施形態のセンサーデバイス1に関し、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図12では、

50

前述した第 1 実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【 0 0 8 9 】

図 1 2 に示すように、本実施形態では、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B は、平面視で、力検出素子 3 に対して対称的に配置されている。具体的には、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B は、平面視で、力検出素子 3 の中心 O と交わり、B 軸方向に延在する軸 J に対して線対称となるように配置されている。これにより、前述した第 1 実施形態と同様、第 1、第 2 回路部 4 A、4 B の回路特性（配線長、周囲からの影響等）、すなわち電荷 / 電圧変換特性を互いにほぼ等しくすることができる。そのため、A 軸方向の外力（せん断力）に応じた信号と B 軸方向の外力（せん断力）に応じた信号とをバランスよく取り出すことができ、受けた外力をより精度よく検出することができるセンサーデバイス 1 となる。

10

【 0 0 9 0 】

なお、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B が軸 J に対して線対称に配置されているとは、少なくとも各回路要素（抵抗 4 1 A、4 1 B、コンデンサー 4 3 A、4 3 B および回路素子 4 5 A、4 5 B）が軸 J に対して線対称に配置されていることを意味し、好ましくは、さらに配線 4 6 A、4 6 B についても軸 J に対して線対称に配置されていることを意味する。また、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B が軸 J に対して線対称に配置されているとは、例えば、設計上または製造上生じ得る誤差を含む意味であり、必ずしも、完全な線対称に限られるものではない。また、平面視で、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B の対称線である軸 J が中心 O と一致している場合の他、力検出素子 3 と重なる範囲において、軸 J が中心 O からずれている場合も含む意味である。

20

【 0 0 9 1 】

第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B が軸 J に対して線対称となっているため、それに応じて、力検出素子 3 では、B 軸方向プラス側を向く側面 3 e に電荷 Q a が出力される接続電極 3 9 4 と電荷 Q b が出力される接続電極 3 9 2 とが配置され、B 軸方向マイナス側を向く側面 3 c に接続電極 3 9 1、3 9 3 が配置されている。さらには、力検出素子 3 に対して B 軸方向プラス側に、第 1 回路部 4 A と接続電極 3 9 4 とを接続する接続部材 2 6 4 と、第 2 回路部 4 B と接続電極 3 9 2 とを接続する接続部材 2 6 2 と、が配置されている。このような配置とすることにより、比較的簡単な配置で、第 1 回路部 4 A および第 2 回路部 4 B を軸 J に対して線対称に配置することができる。

【 0 0 9 2 】

以上のような第 2 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

30

【 0 0 9 3 】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明の第 3 実施形態に係るセンサーデバイスについて説明する。

【 0 0 9 4 】

図 1 3 は、本発明の第 3 実施形態に係るセンサーデバイスの平面図である。

【 0 0 9 5 】

本実施形態に係るセンサーデバイス 1 は、主に、力検出素子 3 の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態のセンサーデバイス 1 と同様である。なお、以下の説明では、第 3 実施形態のセンサーデバイス 1 に関し、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図 1 3 では、前述した第 1 実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

40

【 0 0 9 6 】

図 1 3 に示すように、本実施形態のセンサーデバイス 1 の力検出素子 3 では、A 軸方向マイナス側を向く側面 3 f に接続電極 3 9 1、3 9 4 が設けられており、A 軸方向プラス側を向く側面 3 d に接続電極 3 9 2、3 9 3 が設けられている。そして、力検出素子 3 に対して A 軸方向マイナス側であって、力検出素子 3 と第 1 回路部 4 A との間に位置するように接続部材 2 6 1、2 6 4 が配置されており、力検出素子 3 に対して A 軸方向プラス側であって、力検出素子 3 と第 2 回路部 4 B との間に位置するように接続部材 2 6 2、2 6 3

50

が配置されている。このような構成においても、前述した第 1 実施形態と同様に、第 1 回路部 4 A と第 2 回路部 4 B とが中心 O に対して点対称となっている。

【 0 0 9 7 】

以上のような第 3 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 9 8 】

< 第 4 実施形態 >

次に、本発明の第 4 実施形態に係る力検出装置について説明する。

【 0 0 9 9 】

図 1 4 は、本発明の第 4 実施形態に係る力検出装置の斜視図である。図 1 5 は、図 1 4 に示す力検出装置の縦断面図である。図 1 6 は、図 1 4 に示す力検出装置の横断面図である。図 1 7 は、力検出装置に配置されたセンサーデバイスの断面図である。

10

【 0 1 0 0 】

また、以下では、説明の便宜上、互いに直交する 3 つの軸を 軸、 軸および 軸とし、各軸を示す矢印の先端側を「プラス側」、基端側を「マイナス側」とする。また、 軸に平行な方向を「 軸方向」、 軸に平行な方向を「 軸方向」、 軸に平行な方向を「 軸方向」という。また、 軸方向プラス側を「上」、 軸方向マイナス側を「下」ともいう。また、 軸方向から見たものを「平面視」という。

【 0 1 0 1 】

図 1 4 に示す力検出装置 1 0 0 は、力検出装置 1 0 0 に加えられた外力の 6 軸成分を検出可能な 6 軸力覚センサーである。なお、6 軸成分は、互いに直交する 3 つの軸（図示では 軸、 軸および 軸）のそれぞれの方向の並進力（せん断力）成分と、これら 3 軸のそれぞれの軸まわりの回転力（モーメント）成分と、からなる。

20

【 0 1 0 2 】

力検出装置 1 0 0 は、その中心軸 A 1（ 軸）まわりに等間隔（90°間隔）に配置された複数（本実施形態では 4 つ）のセンサーデバイス 1 と、これらセンサーデバイス 1 を収納しているケース 5 と、を有する。力検出装置 1 0 0 では、各センサーデバイス 1 が受けた外力に応じた検出信号を出力し、それらの検出信号を処理することにより、力検出装置 1 0 0 に加えられた外力の 6 軸成分を検出することができる。以下、力検出装置 1 0 0 が備える各部について説明する。

30

【 0 1 0 3 】

[ケース]

図 1 4 に示すように、ケース 5 は、第 1 ケース部材 6 と、第 1 ケース部材 6 に対して間隔を隔てて配置されている第 2 ケース部材 7 と、第 1 ケース部材 6 および第 2 ケース部材 7 の外周部に設けられた側壁部 8 と、を有する。

【 0 1 0 4 】

また、図 1 5 に示すように、第 1 ケース部材 6 は、天板 6 1（第 1 基部）と、天板 6 1 の下面に設けられ、中心軸 A 1 まわりに等間隔（90°間隔）に配置された 4 つの壁部 6 2（第 1 与圧部）と、を有する。また、天板 6 1 には、その中央部に中心軸 A 1 に沿った貫通孔 6 1 1 が形成されている。また、図 1 6 に示すように、各壁部 6 2 には、後述する与圧ボルト 5 0 が挿通される複数の貫通孔 6 2 1 が形成されている。また、各壁部 6 2 の内壁面 6 2 0（内側の面）は、天板 6 1 に対して垂直な平面となっている。

40

【 0 1 0 5 】

また、図 1 5 に示すように、第 2 ケース部材 7 は、底板 7 1（第 2 基部）と、底板 7 1 の上面に設けられ、前述した 4 つの壁部 6 2 と対向するように中心軸 A 1 まわりに等間隔（90°間隔）に配置された 4 つの壁部 7 2（第 2 与圧部）と、を有する。また、底板 7 1 には、その中央部に中心軸 A 1 に沿った貫通孔 7 1 1 が形成されている。また、各壁部 7 2 は、対向する壁部 6 2 側に向けて突出した突出部 7 3 を有し、この突出部 7 3 の頂面 7 3 0 は、内壁面 6 2 0 と平行であり、内壁面 6 2 0 に対し、所定距離（センサーデバイス 1 を挿入可能な距離）を隔てて対面している。また、図 1 6 に示すように、各壁部 7 2 に

50

は、与圧ボルト 50 の先端部が螺合する雌ネジ孔 721 が複数形成されている。

【0106】

また、側壁部 8 は、円筒状をなし、その上端部および下端部がそれぞれ第 1 ケース部材 6 および第 2 ケース部材 7 に対して例えばネジ止め、嵌合等によって固定されている。また、側壁部 8 と前述した第 1 ケース部材 6 の天板 61 と第 2 ケース部材 7 の底板 71 とで囲まれた空間 S1（力検出装置 100 の内部空間）には 4 つのセンサーデバイス 1 が収納されている。

【0107】

以上のようなケース 5 では、第 1 ケース部材 6 の上面 60 が、例えば、後述するロボット 1000 が備えるエンドエフェクター 1700（被取付部材）に取り付ける取付面として機能し、第 2 ケース部材 7 の下面 70 が、例えば、後述するロボット 1000 が備えるロボットアーム 1200 に取り付けるアーム用取付面として機能する。

【0108】

なお、ケース 5 の平面視での外形は、それぞれ、円形であるが、これに限定されず、例えば、三角形、四角形、五角形等の多角形、楕円形、異形等、いかなる形状であってもよい。また、本実施形態では、各壁部 62 は、天板 61 と別部材で形成され、天板 61 に対し固定されているが、これに限定されず、天板 61 と一体で形成されていてもよい。同様に、本実施形態では、各壁部 72 は、底板 71 と別部材で形成され、底板 71 に対し固定されているが、これに限定されず、底板 71 と一体で形成されていてもよい。

【0109】

また、第 1 ケース部材 6、第 2 ケース部材 7 および側壁部 8 の構成材料としては、それぞれ、特に限定されず、例えば、アルミニウム、ステンレス鋼等の金属材料、セラミックス等を用いることができる。なお、第 1 ケース部材 6、第 2 ケース部材 7 および側壁部 8 の構成材料は、互いに同じであってもよいし、異なってもよい。

【0110】

図 16 に示すように、4 つのセンサーデバイス 1 は、平面視で、中心軸 A1 を通り 軸に平行な線分 CL に対して対称となるように配置されている。また、各センサーデバイス 1 は、天板 61 と底板 71 との間に位置している。また、各センサーデバイス 1 は、壁部 62 と壁部 72（突出部 73）との間に位置し、壁部 62 と壁部 72（突出部 73）とによって挟持されている。具体的には、各センサーデバイス 1 は、図 17 に示すように、パッケージ 2 の基体 21 を壁部 72 側に向け、蓋体 24 を壁部 62 側へ向けた状態で、壁部 62、72 の間に配置されている。さらに、基体 21 の底部材 23 が突出部 73 の頂面 730 と当接し、蓋体 24 の中央部 241 が壁部 62 の内壁面 620 と接触している。

【0111】

図 16 に示すように、与圧ボルト 50 は、壁部 62 と壁部 72 とを連結しており、これにより、第 1 ケース部材 6 と第 2 ケース部材 7 とが固定されている。また、与圧ボルト 50 が締め込まれることにより、壁部 62 と壁部 72 との間に位置するセンサーデバイス 1（力検出素子 3）が与圧されている。すなわち、自然状態において、力検出素子 3 には図 17 中の矢印 P で示す方向の圧縮力が加わっている。このように、自然状態において力検出素子 3 を与圧しておくことにより、力検出装置 100 に加えられた外力の 6 軸成分を精度よく検出することができる。なお、与圧ボルト 50 の締結力を適宜調整することにより、力検出素子 3 に加わる与圧を調整することができる。

【0112】

与圧ボルト 50 は、各センサーデバイス 1 に対して一対設けられており、一対の与圧ボルト 50 がセンサーデバイス 1 の両側に位置している。ただし、与圧ボルト 50 の配置としては、特に限定されない。また、与圧ボルト 50 は、必要に応じて設ければよく、不要な場合には、省略してもよい。

【0113】

このような力検出装置 100 は、図示しない外力検出回路を有し、この外力検出回路は、各センサーデバイス 1 から出力される電圧 Va、Vb に基づいて、軸方向の並進力成分

10

20

30

40

50

F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z を検出（演算）することができる。外力検出回路は、例えば、A/Dコンバーターと、このA/Dコンバーターに接続されたCPU等の演算回路と、を有して構成することができる。

【0114】

以上、力検出装置100について説明した。このような力検出装置100は、前述したように、天板61（第1基部）と、底板71（第2基部）と、天板61と底板71との間に設けられるセンサーデバイス1（本発明のセンサーデバイス）と、を備えている。このような力検出装置100によれば、センサーデバイス1を備えているため、外力をより高精度に検出することができる。

【0115】

<第5実施形態>

次に、本発明の第5実施形態に係るロボットについて説明する。

【0116】

図18は、本発明の第5実施形態に係るロボットの斜視図である。

【0117】

図18に示すロボット1000は、精密機器やこれを構成する部品等の対象物の給材、除材、搬送および組立等の作業を行うことができる。このロボット1000は、単腕ロボットであり、所謂6軸垂直多関節ロボットである。ロボット1000は、基台1100と、基台1100に回転自在に連結されたロボットアーム1200と、力検出装置100と、エンドエフェクター1700とを有する。

【0118】

基台1100は、例えば、床、壁、天井および移動可能な台車上等に固定される部分である。ロボットアーム1200は、アーム1210（第1アーム）、アーム1220（第2アーム）、アーム1230（第3アーム）、アーム1240（第4アーム）、アーム1250（第5アーム）、アーム1260（第6アーム）を有する。これらアーム1210～1260は、基端側から先端側に向かってこの順に連結されている。各アーム1210～1260は、隣り合うアームまたは基台1100に対して回転可能になっている。

【0119】

アーム1260の先端には、力検出装置100が接続されている。力検出装置100は、力検出装置100の先端に取り付けられたエンドエフェクター1700に加わる力（モーメントを含む）を検出する。エンドエフェクター1700は、ロボット1000の作業対象である対象物に対して作業を行う器具であり、対象物を把持する機能を有するハンドで構成されている。なお、エンドエフェクター1700としては、ロボット1000の作業内容等に応じた器具を用いればよく、ハンドに限定されず、例えば、ネジ締めを行うネジ締め器具や嵌合を行う嵌合器具等であってもよい。

【0120】

また、図示しないが、ロボット1000は、一方のアームを他方のアーム（または基台1100）に対して回転させるモーター等を備える駆動部を有する。また、ロボット1000は、図示はしないが、モーターの回転軸の回転角度を検出する角度センサーを有する。

【0121】

以上、ロボット1000について説明した。このようなロボット1000は、前述したように、基台1100と、基台1100に接続されるロボットアーム1200（アーム）と、力検出装置100（本発明の力検出装置）を有する。このようなロボット1000によれば、力検出装置100を備えているため、例えば、力検出装置100が検出した外力を、ロボット1000を制御する機能を有する制御部（図示せず）にフィードバックすることにより、より精密に作業を実行することができる。また、力検出装置100が検出した外力によって、ロボット1000は、エンドエフェクター1700の障害物への接触等を検知することができる。そのため、障害物回避動作および対象物損傷回避動作等を容易に行うことができ、ロボット1000は、より安全に作業を実行することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 2 】

なお、力検出装置 1 0 0 は、隣り合うアームとアームとの間（例えば、アーム 1 2 4 0、1 2 5 0 の間）に設けられていてもよい。また、ロボット 1 0 0 0 は、例えば、スカラーロボット、双腕ロボット等の他のロボットであってもよい。また、ロボット 1 0 0 0 が有するアームの数は、本実施形態では 6 本であるが、これに限定されず、1 ～ 5 本または 7 本以上であってもよい。

【 0 1 2 3 】

以上、本発明のセンサードバイス、力検出装置およびロボットを、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、本発明のセンサードバイスおよび力検出装置は、ロボット以外の機器に組み込むことも可能であり、例えば、自動車等の移動体に搭載してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 4 】

1 ... センサードバイス、2 ... パッケージ、2 0 ... シール部材、2 0 a ... 上面、2 1 ... 基体、2 2 ... 基部、2 2 1、2 2 2、2 2 4、2 2 5、2 2 6 ... 凹部、2 2 3 ... 貫通孔、2 3 ... 底部材、2 4 ... 蓋体、2 4 0 ... 内面、2 4 1 ... 中央部、外縁... 2 4 1 a、2 4 2 ... 外縁部、2 4 2 a ... 内縁、2 4 3 ... 接続部、2 6 1、2 6 2、2 6 3、2 6 4 ... 接続部材、2 8 ... 外部端子、2 9 ... 接着剤、3 ... 力検出素子、3 a ... 上面、3 b ... 下面、3 c、3 d、3 e、3 f ... 側面、3 1、3 2 ... 圧電素子、3 1 1、3 1 5、3 1 9、3 2 1、3 2 5、3 2 9 ... グランド電極層、3 1 2、3 1 4、3 1 6、3 1 8、3 2 2、3 2 4、3 2 6、3 2 8 ... 圧電体層、3 1 3、3 1 7、3 2 3、3 2 7 ... 出力電極層、3 3、3 4 ... 支持基板、3 9 1、3 9 2、3 9 3、3 9 4 ... 接続電極、4 ... 回路部、4 A ... 第 1 回路部、4 B ... 第 2 回路部、4 0 A、4 0 B ... 電子部品、4 0 A'、4 0 B' ... 上面、4 1 A、4 1 B ... 抵抗、4 2 A、4 2 B ... オペアンプ、4 3 A、4 3 B ... コンデンサー、4 4 A、4 4 B ... スイッチング素子、4 5 A、4 5 B ... 回路素子、4 6 A、4 6 B ... 配線、5 ... ケース、5 0 ... 与圧ボルト、6 ... 第 1 ケース部材、6 0 ... 上面、6 1 ... 天板、6 1 1 ... 貫通孔、6 2 ... 壁部、6 2 0 ... 内壁面、6 2 1 ... 貫通孔、7 ... 第 2 ケース部材、7 0 ... 下面、7 1 ... 底板、7 1 1 ... 貫通孔、7 2 ... 壁部、7 2 1 ... 雌ネジ孔、7 3 ... 突出部、7 3 0 ... 頂面、8 ... 側壁部、1 0 0 ... 力検出装置、1 0 0 0 ... ロボット、1 1 0 0 ... 基台、1 2 0 0 ... ロボットアーム、1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0、1 2 4 0、1 2 5 0、1 2 6 0 ... アーム、1 7 0 0 ... エンドエフェクター、A 1 ... 中心軸、B W ... ボンディングワイヤー、C L ... 線分、G 1、G 2 ... 離間距離、H 1、H 2 ... 押圧部材、J ... 軸、L 1、L 2 ... 仮想線分、O ... 中心、P ... 矢印、Q a、Q b ... 電荷、R E ... ローラー電極、S ... 収納空間、S 1 ... 空間

10

20

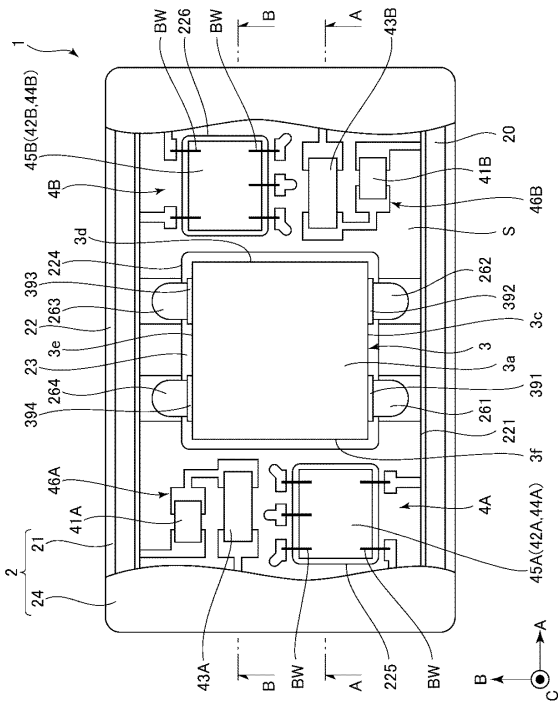
30

40

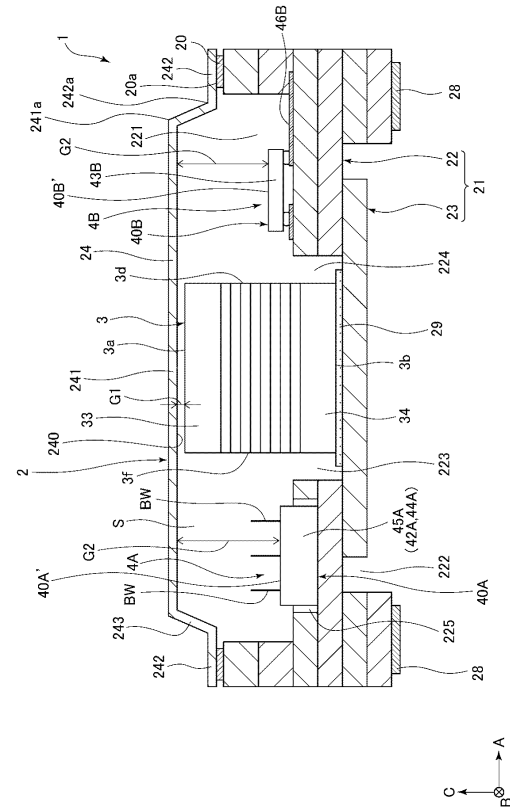
50

【図面】

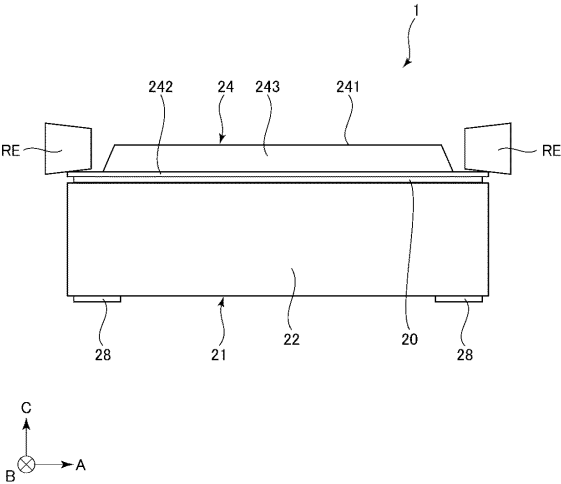
【図 1】



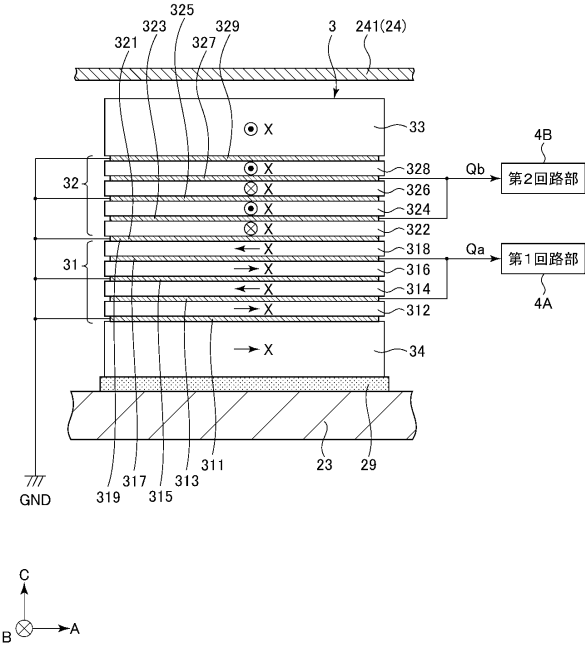
【図 2】



【図 5】



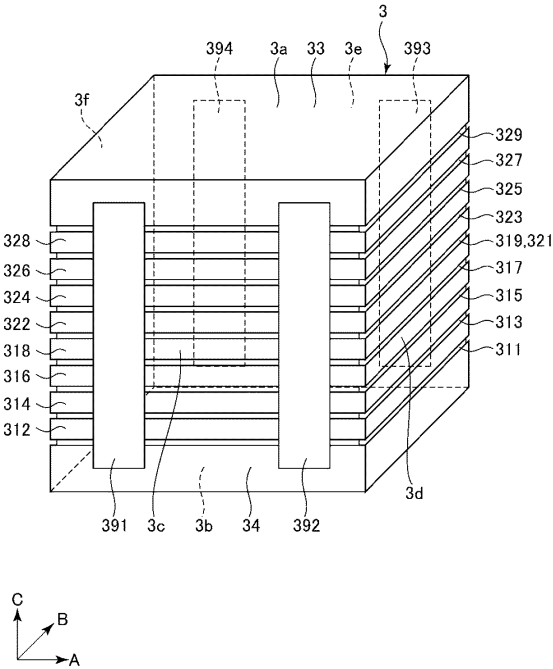
【図 6】



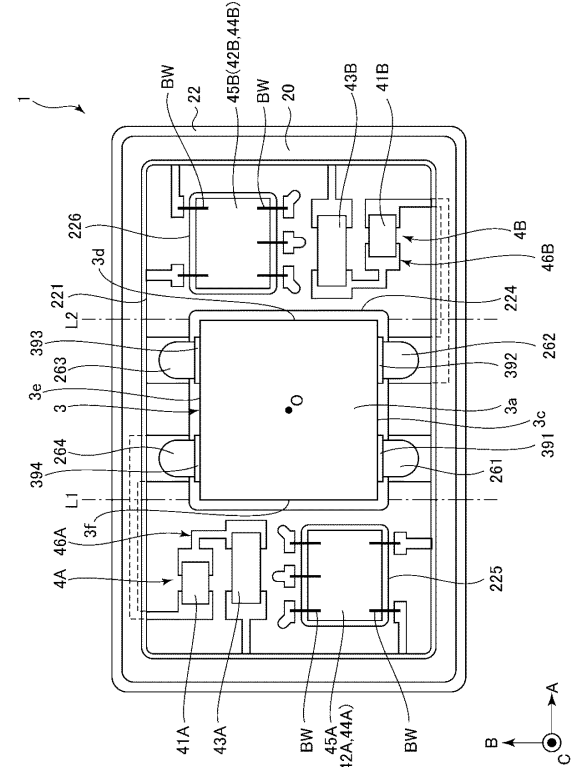
10

20

【図 7】



【図 8】

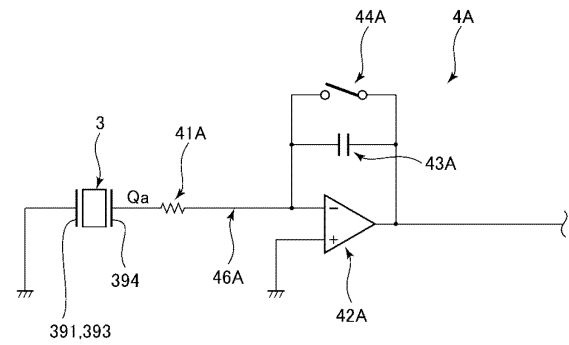


30

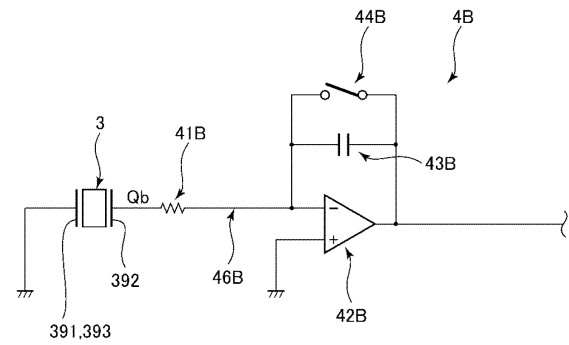
40

50

【図 9】

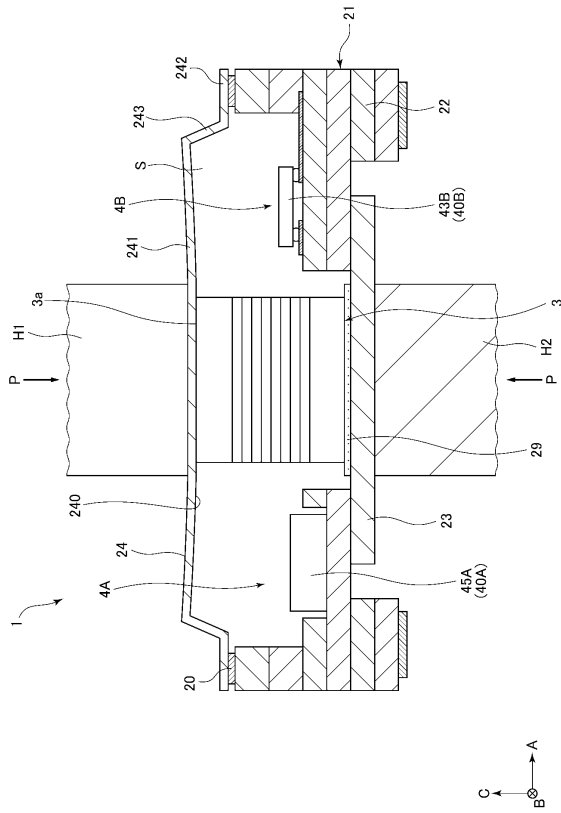


【図 10】

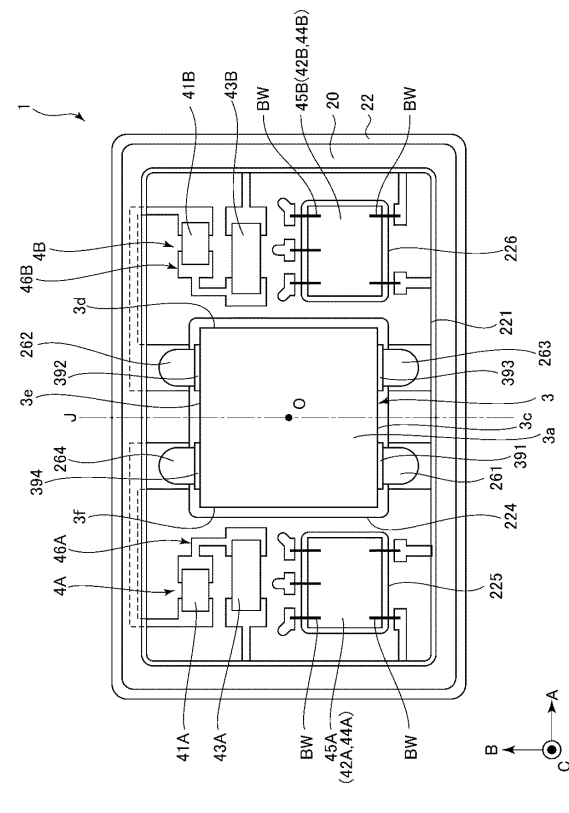


10

【図 11】



【図 12】



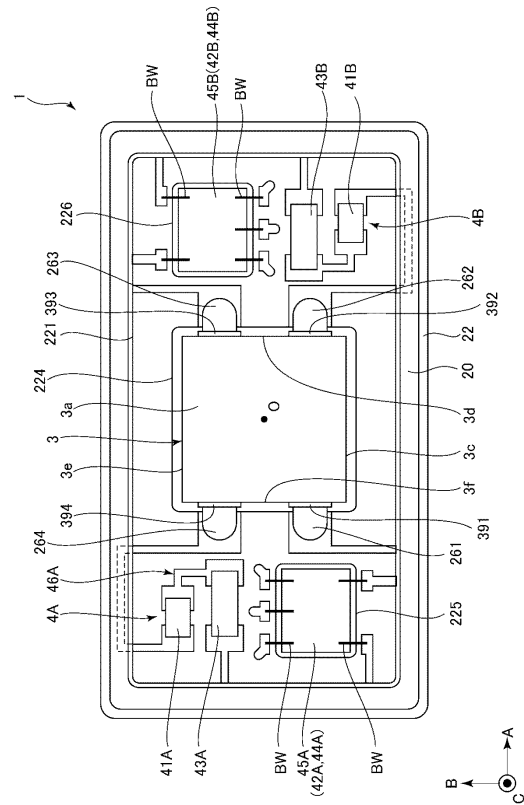
20

30

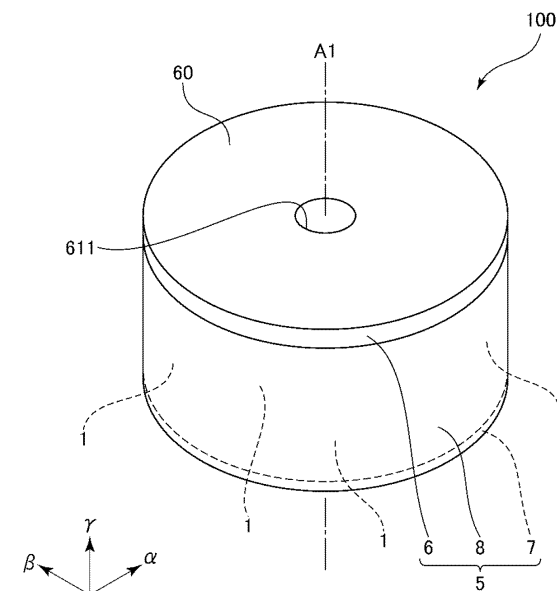
40

50

【図 1 3】



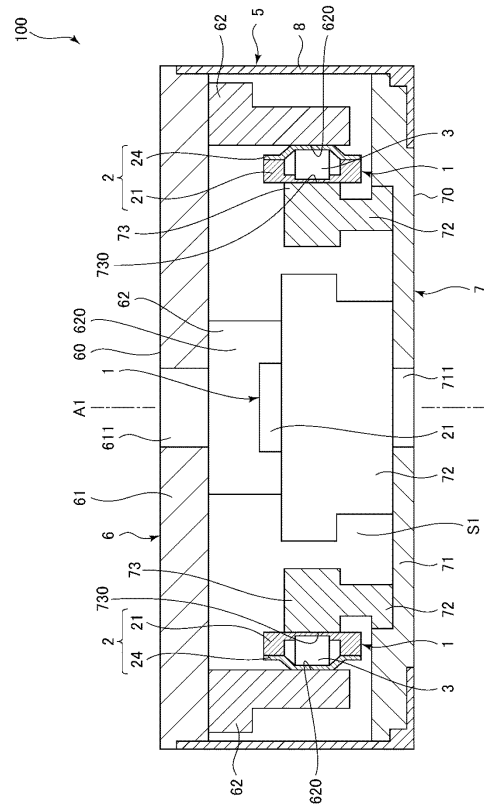
【図 1 4】



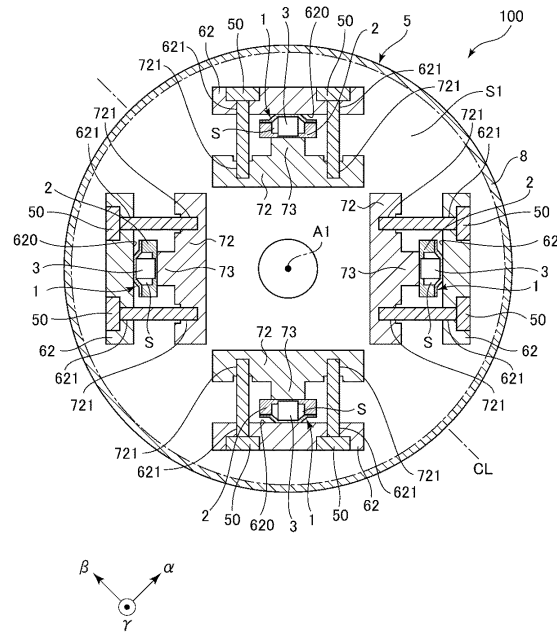
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

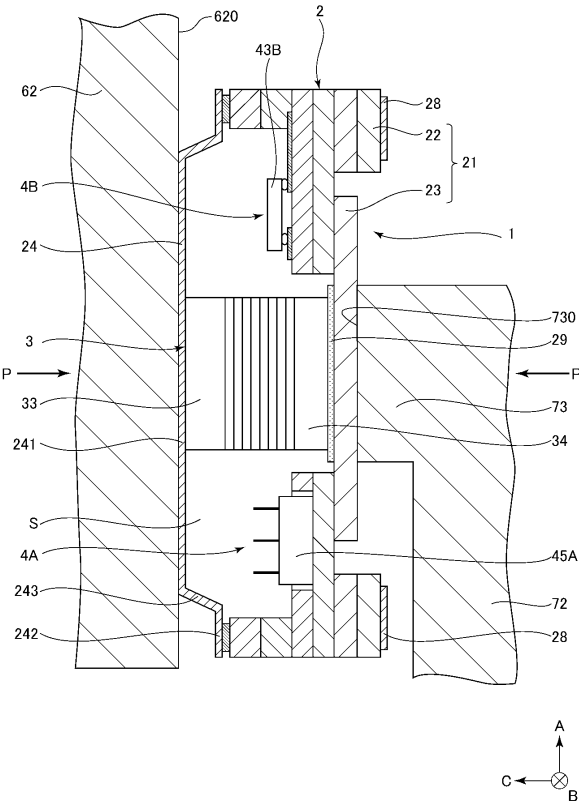


30

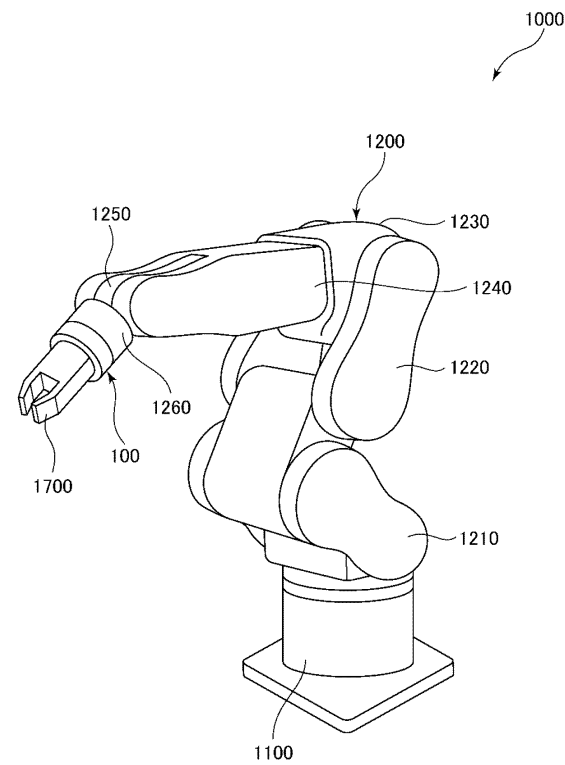
40

50

【図 17】



【図 18】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 41/083(2006.01) H 0 1 L 41/083
G 0 1 L 5/167(2020.01) G 0 1 L 5/167

コーエブソン株式会社内

(72)発明者 小松 洋
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエブソン株式会社内

審査官 森 雅之

(56)参考文献 特許第 6 1 6 3 9 0 0 (J P , B 2)
特許第 6 2 1 0 2 9 6 (J P , B 2)
特許第 6 3 5 4 8 9 4 (J P , B 2)
特許第 6 4 7 7 8 4 3 (J P , B 2)
特許第 6 4 3 6 2 6 1 (J P , B 2)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 L

B 2 5 J

H 0 1 L