

(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2014-196924

(P2014-196924A)

(43) 公開日 平成26年10月16日(2014.10.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 L 5/16 (2006.01)	G O 1 L 5/16	2 F 0 5 1
B 2 5 J 19/02 (2006.01)	B 2 5 J 19/02	3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-71931 (P2013-71931)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成25年3月29日 (2013.3.29)	(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	松本 隆伸 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	浦野 治 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
		Fターム(参考)	2F051 AA10 AB08 BA07 DA03 DB03 3C707 BS10 BS26 KS33 KV04 KW03 KX06

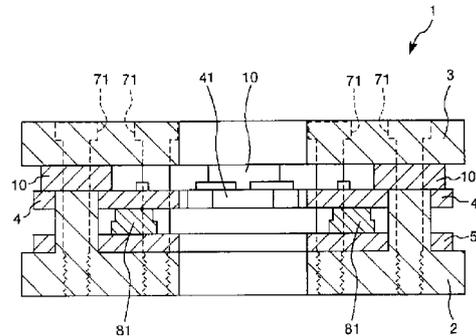
(54) 【発明の名称】 力検出装置、ロボット、電子部品搬送装置、電子部品検査装置、部品加工装置および移動体

(57) 【要約】

【課題】素子が設けられた第1の回路基板の変形や応力を低減し、素子や第1の回路基板の破損を防止し、また、力検出の精度を向上させることができる力検出装置、ロボット、電子部品搬送装置、電子部品検査装置、部品加工装置および移動体を提供すること。

【解決手段】本発明の力検出装置は、第1の基板と、前記第1の基板と対向配置された第2の基板と、前記第1の基板と前記第2の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第1の回路基板とを備える。前記各第1の回路基板は、前記第1の回路基板の面方向に沿って配置されている。前記各第1の回路基板は、前記第1の回路基板の平面視で、同一の形状をなしている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の基板と、
前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、
前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする力検出装置。

【請求項 2】

前記各第 1 の回路基板は、前記第 1 の回路基板の平面視で、同一の形状をなしている請求項 1 に記載の力検出装置。

【請求項 3】

前記各第 1 の回路基板は、前記第 1 の回路基板の面方向に沿って配置されている請求項 1 または 2 に記載の力検出装置。

【請求項 4】

可撓性を有し、前記各第 1 の回路基板の隣り合う 2 つの前記第 1 の回路基板同士を電氣的に接続する配線を備える請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

【請求項 5】

可撓性を有し、前記各第 1 の回路基板の隣り合う 2 つの前記第 1 の回路基板同士を連結する連結部材を備える請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

【請求項 6】

前記素子は、外力に応じて電荷を出力するものであり、
前記第 1 の回路基板には、前記電荷を電圧に変換する電荷 / 電圧変換部が設けられている請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、前記各第 1 の回路基板と対向配置され、アナログ信号をデジタル信号に変換する A/D 変換部が設けられた第 2 の回路基板を有する請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

【請求項 8】

前記各素子は、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とで挟持されている請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

【請求項 9】

各第 1 の回路基板に穴が形成されている請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

【請求項 10】

前記各素子は、前記第 1 の基板の周方向に沿って、等角度間隔に配置されている請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

【請求項 11】

アームと、
前記アーム設けられたエンドエフェクタと、
前記アームと前記エンドエフェクタの間に設けられ、前記エンドエフェクタに加えらる外力を検出する力検出装置とを備え、

前記力検出装置は、第 1 の基板と、
前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、
前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とするロボット。

【請求項 12】

モーターと、
前記モーターにより駆動され、電子部品を把持する把持部と、
前記把持部に加えらる外力を検出する力検出装置とを備え、
前記力検出装置は、第 1 の基板と、
前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、

10

20

30

40

50

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする電子部品搬送装置。

【請求項 1 3】

モーターと、

前記モーターにより駆動され、電子部品を把持する把持部と、

前記電子部品を検査する検査部と

前記把持部に加えられる外力を検出する力検出装置とを備え、

前記力検出装置は、第 1 の基板と、

前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする電子部品検査装置。 10

【請求項 1 4】

工具を装着し、前記工具を変位させる工具変位部と、

前記工具に加えられる外力を検出する力検出装置とを備え、

前記力検出装置は、第 1 の基板と、

前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする部品加工装置。

【請求項 1 5】

移動のための動力を供給する動力部と、 20

前記移動により発生する外力を検出する力検出装置とを備え、

前記力検出装置は、第 1 の基板と、

前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、力検出装置、ロボット、電子部品搬送装置、電子部品検査装置、部品加工装置および移動体に関する。 30

【背景技術】

【0002】

近年、生産効率向上を目的として、工場等の生産施設への産業用ロボット導入が進められている。このような産業用ロボットは、1軸または複数軸方向に対して駆動可能なアームと、アーム先端側に取り付けられる、ハンド、部品検査用器具または部品搬送用器具等のエンドエフェクタとを備えており、部品の組み付け作業、部品加工作業等の部品製造作業、部品搬送作業および部品検査作業等を実行することができる。

【0003】

このような産業用ロボットにおいては、例えば、アームとエンドエフェクタとの間に、力検出装置が設けられている。産業用ロボットに用いられる力検出装置としては、例えば、特許文献 1 に開示されているような力検出装置が用いられる。特許文献 1 に記載の力検出装置は、1対の押圧板と、その 1対の押圧板の間に設けられた複数の水晶圧電素子とを備えている。前記押圧板に外力が加わると、1対の押圧板が相対的に変位し、水晶圧電素子により、1対の押圧板間の力が検出される。このような水晶圧電素子を用いた力検出装置では、外力による水晶圧電素子の変形が電圧に変換され、出力される。また、水晶圧電素子に与圧を加える与圧ボルトにより、1対の押圧板が固定される。 40

【0004】

また、従来之力検出装置では、水晶圧電素子から出力される電荷を電圧に変換する回路等を含む回路基板は、1対の押圧板の間ではなく、1対の押圧板の外側に設けられており、このため、装置全体が大型化するという問題がある。 50

また、装置全体の小型化を図るため、回路基板を1対の押圧板の間に設け、その回路基板に複数の水晶圧電素子を搭載してなる力検出装置も知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-80586号公報

【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、従来の力検出装置では、1つの共通の回路基板に、複数の水晶圧電素子が搭載されているので、回路基板の寸法を比較的大きく、すなわち押圧板の寸法と同じ程度にする必要があり、このため、回路基板の熱膨張による変形や応力、押圧板に外力が加わったときの回路基板の変形や応力が比較的大きい。また、複数の水晶圧電素子は、回路基板に対して互いに異なる角度で傾斜していることがあり、この場合は、回路基板を組み付ける際、回路基板が湾曲または屈曲してしまう。

10

【0007】

このため、前記回路基板の変形や応力により、水晶圧電素子を固定している半田等が破損または剥離したり、水晶圧電素子や回路基板が破損したりし、また、水晶圧電素子に不要な力が加わり、力検出の精度が低下することがある。特に、各水晶圧電素子の高さにバラツキがある場合は、前記不具合がより生じ易い。そして、1つの共通の回路基板に、複数の水晶圧電素子が搭載されているので、1つの水晶圧電素子が破損した場合や、回路基板の一部が破損した場合でも回路基板全体を交換する必要がある。

20

本発明の目的は、素子が設けられた第1の回路基板の変形や応力を低減し、素子や第1の回路基板の破損を防止し、また、力検出の精度を向上させることができる力検出装置、ロボット、電子部品搬送装置、電子部品検査装置、部品加工装置および移動体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の力検出装置は、第1の基板と、

30

前記第1の基板と対向配置された第2の基板と、

前記第1の基板と前記第2の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第1の回路基板とを備えることを特徴とする。

【0009】

これにより、各第1の回路基板は、他の第1の回路基板から影響を受けることを防止することができ、また、独立してその交換やメンテナンス等を行うことができる。

すなわち、1つの第1の回路基板が熱膨張した場合や、力検出装置に外力が加わり、1つの第1の回路基板が変形した場合に、それによる応力等が他の第1の回路基板に伝わることを防止することができる。これにより、第1の回路基板の変形や応力を低減することができ、これによって、素子を固定している半田等の破損、剥離を防止することができ、また、素子や第1の回路基板が破損することを防止することができる。また、素子に不要な力が加わることを抑制することができ、力検出の精度を向上させることができる。

40

【0010】

また、1つの素子が破損した場合や、複数の第1の回路基板の一部が破損した場合は、対応する第1の回路基板のみを交換すればよく、その交換作業を容易かつ迅速に行うことができ、また、コストを低減することができる。

また、3つ以上の素子(回路基板)を有することにより、6軸力、すなわち、x、y、z軸方向の並進力成分(せん断力)およびx、y、z軸周りの回転力成分(モーメント)を検出することができる。

【0011】

50

本発明の力検出装置では、前記各第1の回路基板は、前記第1の回路基板の平面視で、同一の形状をなしていることが好ましい。

これにより、各第1の回路基板について、1種類の回路基板を用いることができ、コストを低減することができる。

本発明の力検出装置では、前記各第1の回路基板は、前記第1の回路基板の面方向に沿って配置されていることが好ましい。

これにより、偏りなく外力を検出することができる。

【0012】

本発明の力検出装置では、可撓性を有し、前記各第1の回路基板の隣り合う2つの前記第1の回路基板同士を電氣的に接続する配線を備えることが好ましい。

これにより、例えば、各第1の回路基板に電氣的に接続される第2の回路基板を設ける場合、各第1の回路基板の出力端子をいずれか1つの第1の回路基板に集中させることができ、これによって、1箇所、各第1の回路基板と第2の回路基板とを電氣的に接続する接続部を設けることができる。

【0013】

本発明の力検出装置では、可撓性を有し、前記各第1の回路基板の隣り合う2つの前記第1の回路基板同士を連結する連結部材を備えることが好ましい。

これにより、第1の回路基板を持ち上げれば、全部の第1の回路基板が持ち上がるので、各第1の回路基板の組み付け等において、各第1の回路基板を容易に取り扱うことができる。

【0014】

本発明の力検出装置では、前記素子は、外力に応じて電荷を出力するものであり、

前記第1の回路基板には、前記電荷を電圧に変換する電荷/電圧変換部が設けられていることが好ましい。

これにより、より精度の高い力検出を行うことができる。

本発明の力検出装置では、前記第1の基板と前記第2の基板との間に設けられ、前記各第1の回路基板と対向配置され、アナログ信号をデジタル信号に変換するAD変換部が設けられた第2の回路基板を有することが好ましい。

これにより、第2の回路基板を外部に設ける場合に比べ、装置の小型化を図ることができる。

【0015】

本発明の力検出装置では、前記各素子は、前記第1の基板と前記第2の基板とで挟持されていることが好ましい。

これにより、より精度の高い力検出を行うことができる。

本発明の力検出装置では、各第1の回路基板に穴が形成されていることが好ましい。

これにより、前記穴を、例えば、位置決め用の穴、固定用の穴やネジ穴等に用いることができる。

本発明の力検出装置では、前記各素子は、前記第1の基板の周方向に沿って、等角度間隔に配置されていることが好ましい。

これにより、偏りなく外力を検出することができる。

【0016】

本発明のロボットは、アームと、

前記アーム設けられたエンドエフェクタと、

前記アームと前記エンドエフェクタの間に設けられ、前記エンドエフェクタに加えられ外力を検出する力検出装置とを備え、

前記力検出装置は、第1の基板と、

前記第1の基板と対向配置された第2の基板と、

前記第1の基板と前記第2の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第1の回路基板とを備えることを特徴とする。

【0017】

10

20

30

40

50

これにより、前記本発明の力検出装置と同様の効果が得られる。そして、力検出装置が検出した外力をフィードバックし、より精密に作業を実行することができる。また、力検出装置が検出した外力によって、エンドエフェクタの障害物への接触等を検知することができる。そのため、従来の位置制御では困難だった障害物回避動作、対象物損傷回避動作等を容易に行うことができ、より安全に作業を実行することができる。

【 0 0 1 8 】

本発明の電子部品搬送装置は、モーターと、
前記モーターにより駆動され、電子部品を把持する把持部と、
前記把持部に加えられる外力を検出する力検出装置とを備え、
前記力検出装置は、第 1 の基板と、
前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、
前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする。

10

【 0 0 1 9 】

これにより、前記本発明の力検出装置と同様の効果が得られる。そして、力検出装置が検出した外力をフィードバックし、より精密に作業を実行することができる。また、力検出装置が検出した外力によって、把持部の障害物への接触等を検知することができる。そのため、従来の位置制御では困難だった障害物回避動作、対象物損傷回避動作等を容易に行うことができ、より安全に電子部品搬送作業を実行することができる。

20

【 0 0 2 0 】

本発明の電子部品検査装置は、モーターと、
前記モーターにより駆動され、電子部品を把持する把持部と、
前記電子部品を検査する検査部と
前記把持部に加えられる外力を検出する力検出装置とを備え、
前記力検出装置は、第 1 の基板と、
前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、
前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

これにより、前記本発明の力検出装置と同様の効果が得られる。そして、力検出装置が検出した外力をフィードバックし、より精密に作業を実行することができる。また、力検出装置が検出した外力によって、把持部の障害物への接触等を検知することができる。そのため、従来の位置制御では困難だった障害物回避動作、対象物損傷回避動作等を容易に行うことができ、より安全に電子部品検査作業を実行することができる。

30

【 0 0 2 2 】

本発明の部品加工装置は、工具を装着し、前記工具を変位させる工具変位部と、
前記工具に加えられる外力を検出する力検出装置とを備え、
前記力検出装置は、第 1 の基板と、
前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、
前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする。

40

【 0 0 2 3 】

これにより、前記本発明の力検出装置と同様の効果が得られる。そして、力検出装置が検出した外力をフィードバックすることにより、部品加工装置は、より精密に部品加工作業を実行することができる。また、力検出装置が検出する外力によって、工具の障害物への接触等を検知することができる。そのため、工具に障害物等が接触した場合に緊急停止することができ、部品加工装置は、より安全な部品加工作業を実行可能である。

【 0 0 2 4 】

本発明の移動体は、移動のための動力を供給する動力部と、
前記移動により発生する外力を検出する力検出装置とを備え、

50

前記力検出装置は、第 1 の基板と、
 前記第 1 の基板と対向配置された第 2 の基板と、
 前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に設けられ、外力に応じて信号を出力する素子が設けられた複数の第 1 の回路基板とを備えることを特徴とする。

これにより、前記本発明の力検出装置と同様の効果が得られる。そして、力検出装置は、移動に伴い生じた振動や加速度等による外力を検出でき、移動体は、姿勢制御、振動制御および加速制御等の制御を実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明の力検出装置の第 1 実施形態を示す平面図（第 2 の基板は図示せず）である。 10

【図 2】図 1 中の A - A 線での断面図である。

【図 3】図 1 に示す力検出装置を概略的に示す回路図である。

【図 4】図 1 に示す力検出装置の電荷出力素子を概略的に示す断面図である。

【図 5】本発明の力検出装置の第 2 実施形態を示す平面図（第 2 の基板は図示せず）である。

【図 6】図 5 中の B - B 線での断面図である。

【図 7】本発明の力検出装置の第 3 実施形態を示す平面図（第 2 の基板は図示せず）である。

【図 8】本発明の力検出装置を用いた単腕ロボットの 1 例を示す図である。 20

【図 9】本発明の力検出装置を用いた複腕ロボットの 1 例を示す図である。

【図 10】本発明の力検出装置を用いた電子部品検査装置および電子部品搬送装置の 1 例を示す図である。

【図 11】本発明の力検出装置を用いた電子部品搬送装置の 1 例を示す図である。

【図 12】本発明の力検出装置を用いた部品加工装置の 1 例を示す図である。

【図 13】本発明の力検出装置を用いた移動体の 1 例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の力検出装置、ロボット、電子部品搬送装置、電子部品検査装置、部品加工装置および移動体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。 30

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明の力検出装置の第 1 実施形態を示す平面図（第 2 の基板は図示せず）である。図 2 は、図 1 中の A - A 線での断面図である。図 3 は、図 1 に示す力検出装置を概略的に示す回路図である。図 4 は、図 1 に示す力検出装置の電荷出力素子を概略的に示す断面図である。

なお、以下では、説明の都合上、図 1 中の上側を「上」または「上方」、下側を「下」または「下方」と言う。

【0027】

図 1 に示す力検出装置 1 は、外力（モーメントを含む）を検出する機能、すなわち、6 軸力（x、y、z 軸方向の並進力成分（せん断力）および x、y、z 軸周りの回転力成分（モーメント））を検出する機能を有する。 40

力検出装置 1 は、第 1 の基板（第 1 の部材）2 と、第 1 の基板 2 から所定の間隔を隔てて配置され、第 1 の基板 2 に対向する第 2 の基板（第 2 の部材）3 と、第 1 の基板 2 と第 2 の基板 3 との間に設けられ、加えられた外力に応じて信号を出力する電荷出力素子（素子）10 が搭載された 4 つのアナログ回路基板（第 1 の回路基板）4 と、第 1 の基板 2 と第 2 の基板 3 との間に設けられ、各アナログ回路基板 4 と電気的に接続されたデジタル回路基板（第 2 の回路基板）5 と、第 1 の基板 2 と第 2 の基板 3 とを固定する 8 つの与圧ボルト（固定部材）7 1 とを備えている。

【0028】

各電荷出力素子 10 は、外力の検出に用いられる電荷（信号）を取得するための素子で 50

ある。

各電荷出力素子 10 は、アナログ回路基板 4 の第 2 の基板 3 側の面に配置され、それぞれ、アナログ回路基板 4 ごと、第 1 の基板 2 と第 2 の基板 3 とで挟持されている。なお、第 1 の基板 2 と、第 2 の基板 3 とのいずれを力が加わる側の基板としてもよいが、本実施形態では、第 2 の基板 3 を力が加わる側の基板として説明する。また、各電荷出力素子 10 は、アナログ回路基板 4 の第 1 の基板 2 側の面に配置されていてもよい。なお、アナログ回路基板 4 については後で詳述する。

【0029】

また、電荷出力素子 10 (アナログ回路基板 4) の数は、前記 4 つに限定されるものではなく、例えば、2 つ、3 つ、または 5 つ以上でもよい。但し、電荷出力素子 10 の数は、3 つ以上であることが好ましく、力検出装置 1 は、少なくとも 3 つの電荷出力素子 10 を有していれば、6 軸力を検出可能である。電荷出力素子 10 が 3 つの場合、電荷出力素子 10 の数が少ないので、力検出装置 1 を軽量化することができる。また、電荷出力素子 10 が図示のように 4 つの場合、後述する非常に単純な演算によって 6 軸力を求めることができるので、演算部 402 を簡略化することができる。

10

【0030】

第 1 の基板 2、第 2 の基板 3、デジタル回路基板 5 の形状は、それぞれ、特に限定されないが、本実施形態では、第 1 の基板 2、第 2 の基板 3、デジタル回路基板 5 の平面視で、その外形形状は、円形をなしている。なお、第 1 の基板 2、第 2 の基板 3、デジタル回路基板 5 の平面視での前記の他の外形形状としては、例えば、四角形、五角形等の多角形、楕円形等が挙げられる。

20

【0031】

また、第 1 の基板 2、第 2 の基板 3、アナログ回路基板 4 の各素子および各配線以外の部位、デジタル回路基板 5 の各素子および各配線以外の部位の構成材料としては、それぞれ、特に限定されず、例えば、各種の樹脂材料、各種の金属材料等を用いることができる。

また、各電荷出力素子 10 の位置は、特に限定されないが、本実施形態では、各電荷出力素子 10 は、第 1 の基板 2、第 2 の基板 3 の周方向に沿って、等角度間隔 (90° 間隔) に配置されている。これにより、偏りなく外力を検出することができる。そして、6 軸力を検出することができる。なお、本実施形態では、各電荷出力素子 10 は、全て同じ方向を向いた状態でアナログ回路基板 4 に搭載されているが、これに限定されるものではない。

30

【0032】

図 3 に示すように、各アナログ回路基板 4 は、搭載された電荷出力素子 10 から出力された電荷 Q_x を電圧 V_x に変換する変換出力回路 90a と、電荷 Q_z を電圧 V_z に変換する変換出力回路 90b と、電荷 Q_y を電圧 V_y に変換する変換出力回路 90c とを備えている。また、デジタル回路基板 5 は、加えられた外力を検出する外力検出回路 40 を備えている。このデジタル回路基板 5 は、アナログ回路基板 4 よりも第 1 の基板 2 側、すなわち、各アナログ回路基板 4 と第 1 の基板との間に配置されている。

【0033】

そして、図 2 に示すように、各アナログ回路基板 4 の出力端子と、デジタル回路基板 5 の入力端子とは、4 つのコネクター 81 により電氣的に接続されている。なお、各アナログ回路基板 4 の出力端子とデジタル回路基板 5 の入力端子とを電氣的に接続する接続部材としては、コネクターに限らず、この他、例えば、配線が設けられ、可撓性を有するフレキシブル基板等が挙げられる。

40

【0034】

また、各アナログ回路基板 4 は、本実施形態では、アナログ回路基板 4 の平面視で、扇形の中心側が円弧状となるように、扇形の中心側を除去してなる形状をなしている。そして、各アナログ回路基板 4 は、その平面視での形状を含め、同様の構成をなしている。なお、アナログ回路基板 4 の形状は、これに限定されるものではなく、この他、例えば、例

50

えば、三角形、四角形、五角形等の多角形、円形、楕円形等が挙げられる。また、各アナログ回路基板 4 が同様の構成をなしてなくてもよいことは、言うまでもない。

また、各アナログ回路基板 4 は、第 1 の基板 2、第 2 の基板 3 の平面視で、その扇形の中心が第 1 の基板 2、第 2 の基板 3 の中心に位置し、アナログ回路基板 4 の面方向に沿って配置されている。この場合、各アナログ回路基板 4 は、第 1 の基板 2、第 2 の基板 3 の周方向に沿って、所定の間隔を隔てて、等角度間隔（ 90° 間隔）に配置されている。

【0035】

すなわち、各アナログ回路基板 4 は、隣り合うアナログ回路基板 4 から離間している。これにより、各アナログ回路基板 4 は、他のアナログ回路基板 4 から影響を受けることを防止することができる。なお、本実施形態では、アナログ回路基板 4 の外周全体が、隣り合うアナログ回路基板 4 から離間しているが、本発明では、これに限らず、アナログ回路基板 4 の一部が、隣り合うアナログ回路基板 4 に接触していてもよい。

なお、各アナログ回路基板 4 には、2 つの与圧ボルト 7 1 が挿通する 2 つの穴 4 1 が形成されている。

【0036】

第 1 の基板 2 と、第 2 の基板 3 とは、8 つの与圧ボルト 7 1 により、固定されている。各与圧ボルト 7 1 は、その頭部が第 2 の基板 3 側に配置され、第 1 の基板 2 に螺合している。なお、与圧ボルト 7 1 による「固定」は、2 つの固定対象物の互いの所定量の移動を許容しつつ行われる。具体的には、第 1 の基板 2 と、第 2 の基板 3 とは、8 つの与圧ボルト 7 1 により、互いの所定量の第 1 の基板 2、第 2 の基板 3 の面方向の移動が許容されつつ固定される。

そして、この与圧ボルト 7 1 により、各電荷出力素子 1 0 に、所定の大きさの Z 軸方向の圧力、すなわち、与圧が加えられる。なお、前記与圧の大きさは、特に限定されず、適宜設定される。また、与圧ボルト 7 1 の数は、8 つに限定されず、例えば、2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、6 つ、7 つまたは、9 つ以上であってもよい。

【0037】

また、各与圧ボルト 7 1 の位置は、特に限定されないが、本実施形態では、各与圧ボルト 7 1 は、第 1 の基板 2、第 2 の基板 3 の周方向に沿って配置されている。また、各与圧ボルト 7 1 は、各電荷出力素子 1 0 に対して、それぞれ、1 対の与圧ボルト 7 1 が電荷出力素子 1 0 を挟んで電荷出力素子 1 0 の両側に配置されている。これにより、第 1 の基板 2 と第 2 の基板 3 とをバランス良く固定することができ、また、各電荷出力素子 1 0 にバランス良く与圧を加えることができる。

【0038】

< 電荷出力素子（素子） >

各電荷出力素子 1 0 は、それぞれ、互いに直交する 3 軸（（X）軸、（Y）軸、（Z）軸）に沿って加えられた（受けた）外力のそれぞれに応じて 3 つの電荷 Q_x 、 Q_y 、 Q_z を出力する機能を有する。なお、各電荷出力素子 1 0 は、構造、寸法、構成材料等すべての構成が同様である。このため、以下では、代用的に、1 つの電荷出力素子 1 0 について説明する。

電荷出力素子 1 0 の形状は、特に限定されないが、本実施形態では、第 1 の基板 2 の平面視で、四角形をなしている。なお、電荷出力素子 1 0 の平面視での前記の他の外形形状としては、例えば、五角形等の他の多角形、円形、楕円形等が挙げられる。

【0039】

図 4 に示すように、電荷出力素子 1 0 は、グランド（基準電位点）に接地された 4 つのグランド電極層 1 1 と、 X 軸に平行な外力（せん断力）に応じて電荷 Q_y を出力する第 1 のセンサ 1 2 と、 Y 軸に平行な外力（圧縮 / 引張力）に応じて電荷 Q_z を出力する第 2 のセンサ 1 3 と、 Z 軸に平行な外力（せん断力）に応じて電荷 Q_x を出力する第 3 のセンサ 1 4 とを有し、グランド電極層 1 1 と各センサ 1 2、1 3、1 4 は交互に積層されている。なお、図 4 において、グランド電極層 1 1 およびセンサ 1 2、1 3、1 4 の積層方向を Z 軸方向とし、 X 軸方向に直交し且つ互いに直交する方向をそれぞれ X 軸方向、 Y 軸方向

10

20

30

40

50

としている。

【0040】

図示の構成では、図4中の下側から、第1のセンサ12、第2のセンサ13、第3のセンサ14の順で積層されているが、本発明はこれに限られない。センサ12、13、14の積層順は任意である。

グランド電極層11は、グランド（基準電位点）に接地された電極である。グランド電極層11を構成する材料は、特に限定されないが、例えば、金、チタニウム、アルミニウム、銅、鉄またはこれらを含む合金が好ましい。これらの中でも特に、鉄合金であるステンレスを用いるのが好ましい。ステンレスにより構成されたグランド電極層11は、優れた耐久性および耐食性を有する。

10

【0041】

第1のセンサ12は、軸に沿って加えられた（受けた）外力（せん断力）に応じて電荷 Q_y を出力する機能を有する。第1のセンサ12は、軸の正方向に沿って加えられた外力に応じて正電荷を出力し、軸の負方向に沿って加えられた外力に応じて負電荷を出力するよう構成されている。

第1のセンサ12は、第1の結晶軸CA1を有する第1の圧電体層121と、第1の圧電体層121と対向して設けられ、第2の結晶軸CA2を有する第2の圧電体層123と、第1の圧電体層121と第2の圧電体層123との間に設けられ、電荷 Q を出力する出力電極層122を有する。

【0042】

20

第1の圧電体層121は軸の負方向に配向した第1の結晶軸CA1を有する圧電体によって構成されている。第1の圧電体層121の表面に対し、軸の正方向に沿った外力が加えられた場合、圧電効果により、第1の圧電体層121内に電荷が誘起される。その結果、第1の圧電体層121の出力電極層122側表面近傍には正電荷が集まり、第1の圧電体層121のグランド電極層11側表面近傍には負電荷が集まる。同様に、第1の圧電体層121の表面に対し、軸の負方向に沿った外力が加えられた場合、第1の圧電体層121の出力電極層122側表面近傍には負電荷が集まり、第1の圧電体層121のグランド電極層11側表面近傍には正電荷が集まる。

【0043】

第2の圧電体層123は、軸の正方向に配向した第2の結晶軸CA2を有する圧電体によって構成されている。第2の圧電体層123の表面に対し、軸の正方向に沿った外力が加えられた場合、圧電効果により、第2の圧電体層123内に電荷が誘起される。その結果、第2の圧電体層123の出力電極層122側表面近傍には正電荷が集まり、第2の圧電体層123のグランド電極層11側表面近傍には負電荷が集まる。同様に、第2の圧電体層123の表面に対し、軸の負方向に沿った外力が加えられた場合、第2の圧電体層123の出力電極層122側表面近傍には負電荷が集まり、第2の圧電体層123のグランド電極層11側表面近傍には正電荷が集まる。

30

【0044】

このように、第1の圧電体層121の第1の結晶軸CA1は、第2の圧電体層123の第2の結晶軸CA2の方向と反対方向を向いている。これにより、第1の圧電体層121または第2の圧電体層123のいずれか一方のみと、出力電極層122によってセンサ12を構成する場合と比較して、出力電極層122近傍に集まる正電荷または負電荷を増加させることができる。その結果、出力電極層122から出力される電荷 Q を増加させることができる。

40

【0045】

なお、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123の構成材料としては、水晶、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。これらの中でも特に、水晶が好ましい。水晶により構成された圧電体層は、広いダイナミックレンジ、高い剛性、高い固有振動数、高い対荷重性等の優れた特性を有するためである。また、第

50

1の圧電体層121および第2の圧電体層123のように、層の面方向に沿った外力（せん断力）に対して電荷を生ずる圧電体層は、Yカット水晶により構成することができる。

【0046】

出力電極層122は、第1の圧電体層121内および第2の圧電体層123内に生じた正電荷または負電荷を電荷 Q_y として出力する機能を有する。前述のように、第1の圧電体層121の表面または第2の圧電体層123の表面に 軸の正方向に沿った外力が加えられた場合、出力電極層122近傍には、正電荷が集まる。その結果、出力電極層122からは、正の電荷 Q_y が出力される。一方、第1の圧電体層121の表面または第2の圧電体層123の表面に 軸の負方向に沿った外力が加えられた場合、出力電極層122近傍には、負電荷が集まる。その結果、出力電極層122からは、負の電荷 Q_y が出力される。

10

【0047】

また、出力電極層122の幅は、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123の幅以上であることが好ましい。出力電極層122の幅が、第1の圧電体層121または第2の圧電体層123よりも狭い場合、第1の圧電体層121または第2の圧電体層123の一部は出力電極層122と接しない。そのため、第1の圧電体層121または第2の圧電体層123に生じた電荷の一部を出力電極層122から出力できない場合がある。その結果、出力電極層122から出力される電荷 Q_y が減少してしまう。なお、後述する出力電極層132、142についても同様である。

【0048】

20

第2のセンサ13は、 軸に沿って加えられた（受けた）外力（圧縮／引張力）に応じて電荷 Q_z を出力する機能を有する。第2のセンサ13は、 軸に平行な圧縮力に応じて正電荷を出力し、 軸に平行な引張力に応じて負電荷を出力するよう構成されている。

第2のセンサ13は、第3の結晶軸CA3を有する第3の圧電体層131と、第3の圧電体層131と対向して設けられ、第4の結晶軸CA4を有する第4の圧電体層133と、第3の圧電体層131と第4の圧電体層133との間に設けられ、電荷 Q_z を出力する出力電極層132を有する。

【0049】

第3の圧電体層131は、 軸の正方向に配向した第3の結晶軸CA3を有する圧電体によって構成されている。第3の圧電体層131の表面に対し、 軸に平行な圧縮力が加えられた場合、圧電効果により、第3の圧電体層131内に電荷が誘起される。その結果、第3の圧電体層131の出力電極層132側表面近傍には正電荷が集まり、第3の圧電体層131のグランド電極層11側表面近傍には負電荷が集まる。同様に、第3の圧電体層131の表面に対し、 軸に平行な引張力が加えられた場合、第3の圧電体層131の出力電極層132側表面近傍には負電荷が集まり、第3の圧電体層131のグランド電極層11側表面近傍には正電荷が集まる。

30

【0050】

第4の圧電体層133は、 軸の負方向に配向した第4の結晶軸CA4を有する圧電体によって構成されている。第4の圧電体層133の表面に対し、 軸に平行な圧縮力が加えられた場合、圧電効果により、第4の圧電体層133内に電荷が誘起される。その結果、第4の圧電体層133の出力電極層132側表面近傍には正電荷が集まり、第4の圧電体層133のグランド電極層11側表面近傍には負電荷が集まる。同様に、第4の圧電体層133の表面に対し、 軸に平行な引張力が加えられた場合、第4の圧電体層133の出力電極層132側表面近傍には負電荷が集まり、第4の圧電体層133のグランド電極層11側表面近傍には正電荷が集まる。

40

【0051】

第3の圧電体層131および第4の圧電体層133の構成材料としては、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123と同様の構成材料を用いることができる。また、第3の圧電体層131および第4の圧電体層133のように、層の面方向に垂直な外力（圧縮／引張力）に対して電荷を生ずる圧電体層は、Xカット水晶により構成することができ

50

る。

【0052】

出力電極層132は、第3の圧電体層131内および第4の圧電体層133内に生じた正電荷または負電荷を電荷 Q_z として出力する機能を有する。前述のように、第3の圧電体層131の表面または第4の圧電体層133の表面に 軸に平行な圧縮力が加えられた場合、出力電極層132近傍には、正電荷が集まる。その結果、出力電極層132からは、正の電荷 Q_z が出力される。一方、第3の圧電体層131の表面または第4の圧電体層133の表面に 軸に平行な引張力が加えられた場合、出力電極層132近傍には、負電荷が集まる。その結果、出力電極層132からは、負の電荷 Q_z が出力される。

【0053】

第3のセンサ14は、 軸に沿って加えられた（受けた）外力（せん断力）に応じて電荷 Q_x を出力する機能を有する。第3のセンサ14は、 軸の正方向に沿って加えられた外力に応じて正電荷を出力し、 軸の負方向に沿って加えられた外力に応じて負電荷を出力するよう構成されている。

第3のセンサ14は、第5の結晶軸CA5を有する第5の圧電体層141と、第5の圧電体層141と対向して設けられ、第6の結晶軸CA6を有する第6の圧電体層143と、第5の圧電体層141と第6の圧電体層143との間に設けられ、電荷 Q_x を出力する出力電極層142を有する。

【0054】

第5の圧電体層141は、 軸の負方向に配向した第5の結晶軸CA5を有する圧電体によって構成されている。第5の圧電体層141の表面に対し、 軸の正方向に沿った外力が加えられた場合、圧電効果により、第5の圧電体層141内に電荷が誘起される。その結果、第5の圧電体層141の出力電極層142側表面近傍には正電荷が集まり、第5の圧電体層141のグランド電極層11側表面近傍には負電荷が集まる。同様に、第5の圧電体層141の表面に対し、 軸の負方向に沿った外力が加えられた場合、第5の圧電体層141の出力電極層142側表面近傍には負電荷が集まり、第5の圧電体層141のグランド電極層11側表面近傍には正電荷が集まる。

【0055】

第6の圧電体層143は、 軸の正方向に配向した第6の結晶軸CA6を有する圧電体によって構成されている。第6の圧電体層143の表面に対し、 軸の正方向に沿った外力が加えられた場合、圧電効果により、第6の圧電体層143内に電荷が誘起される。その結果、第6の圧電体層143の出力電極層142側表面近傍には正電荷が集まり、第6の圧電体層143のグランド電極層11側表面近傍には負電荷が集まる。同様に、第6の圧電体層143の表面に対し、 軸の負方向に沿った外力が加えられた場合、第6の圧電体層143の出力電極層142側表面近傍には負電荷が集まり、第6の圧電体層143のグランド電極層11側表面近傍には正電荷が集まる。

【0056】

第5の圧電体層141および第6の圧電体層143の構成材料としては、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123と同様の構成材料を用いることができる。また、第5の圧電体層141および第6の圧電体層143のように、層の面方向に沿った外力（せん断力）に対して電荷を生ずる圧電体層は、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123と同様に、Yカット水晶により構成することができる。

【0057】

出力電極層142は、第5の圧電体層141内および第6の圧電体層143内に生じた正電荷または負電荷を電荷 Q_x として出力する機能を有する。前述のように、第5の圧電体層141の表面または第6の圧電体層143の表面に 軸の正方向に沿った外力が加えられた場合、出力電極層142近傍には、正電荷が集まる。その結果、出力電極層142からは、正の電荷 Q_x が出力される。一方、第5の圧電体層141の表面または第6の圧電体層143の表面に 軸の負方向に沿った外力が加えられた場合、出力電極層142近傍には、負電荷が集まる。その結果、出力電極層142からは、負の電荷 Q_x が出力され

10

20

30

40

50

る。

【0058】

このように、第1のセンサ12、第2のセンサ13、および第3のセンサ14は、各センサの力検出方向が互いに直交するように積層されている。これにより、各センサは、それぞれ、互いに直交する力成分に応じて電荷を誘起することができる。そのため、電荷出力素子10は、3軸（（X）軸、（Y）軸、（Z）軸）に沿った外力のそれぞれに応じて3つの電荷 Q_x 、 Q_y 、 Q_z を出力することができる。

【0059】

<変換出力回路>

各電荷出力素子10には、それぞれ、変換出力回路（電荷/電圧変換部）90a、90b、90cが接続されている。各電荷出力素子10に接続されたそれぞれの変換出力回路90a、90b、90cは、同様であるので、以下では、代表的に、1つの電荷出力素子10に接続された変換出力回路90a、90b、90cについて説明する。

10

【0060】

変換出力回路90aは、電荷出力素子10から出力された電荷 Q_x を電圧 V_x に変換する機能を有する。変換出力回路90bは、電荷出力素子10から出力された電荷 Q_z を電圧 V_z に変換する機能を有する。変換出力回路90cは、電荷出力素子10から出力された電荷 Q_y を電圧 V_y に変換する機能を有する。変換出力回路90a、90b、90cは、同様であるので、以下では、代表的に、変換出力回路90cについて説明する。

【0061】

変換出力回路90cは、電荷出力素子10から出力された電荷 Q_y を電圧 V_y に変換して電圧 V_y を出力する機能を有する。変換出力回路90cは、オペアンプ91と、コンデンサ92と、スイッチング素子93とを有する。オペアンプ91の第1の入力端子（マイナス入力）は、電荷出力素子10aの出力電極層122に接続され、オペアンプ91の第2の入力端子（プラス入力）は、グランド（基準電位点）に接地されている。また、オペアンプ91の出力端子は、外力検出回路40に接続されている。コンデンサ92は、オペアンプ91の第1の入力端子と出力端子との間に接続されている。スイッチング素子93は、オペアンプ91の第1の入力端子と出力端子との間に接続され、コンデンサ92と並列接続されている。また、スイッチング素子93は、駆動回路（図示せず）に接続されており、駆動回路からのオン/オフ信号に従い、スイッチング素子93はスイッチング動作を実行する。

20

30

【0062】

スイッチング素子93がオフの場合、電荷出力素子10から出力された電荷 Q_y は、静電容量 C_1 を有するコンデンサ92に蓄えられ、電圧 V_y として外力検出回路40に出力される。次に、スイッチング素子93がオンになった場合、コンデンサ92の両端子間が短絡される。その結果、コンデンサ92に蓄えられた電荷 Q_y は、放電されて0クーロンとなり、外力検出回路40に出力される電圧 V は、0ボルトとなる。スイッチング素子93がオンとなることを、変換出力回路90cをリセットするという。なお、理想的な変換出力回路90cから出力される電圧 V_y は、電荷出力素子10から出力される電荷 Q_y の蓄積量に比例する。

40

【0063】

スイッチング素子93は、例えば、MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）等の半導体スイッチング素子である。半導体スイッチング素子は、機械式スイッチと比べて小型および軽量であるので、力検出装置1aの小型化および軽量化に有利である。以下、代表例として、スイッチング素子93としてMOSFETを用いた場合を説明する。

【0064】

スイッチング素子93は、ドレイン電極、ソース電極、およびゲート電極を有している。スイッチング素子93のドレイン電極またはソース電極の一方がオペアンプ91の第1の入力端子に接続され、ドレイン電極またはソース電極の他方がオペアンプ91の出力端

50

子に接続されている。また、スイッチング素子 93 のゲート電極は、駆動回路（図示せず）に接続されている。

【0065】

各変換出力回路 90 a、90 b、90 c のスイッチング素子 93 には、同一の駆動回路が接続されていてもよいし、それぞれ異なる駆動回路が接続されていてもよい。各スイッチング素子 93 には、駆動回路から、全て同期したオン/オフ信号が入力される。これにより、各変換出力回路 90 a、90 b、90 c のスイッチング素子 93 の動作が同期する。すなわち、各変換出力回路 90 a、90 b、90 c のスイッチング素子 93 のオン/オフタイミングは一致する。

【0066】

<外力検出回路>

外力検出回路 40 は、各変換出力回路 90 a から出力される電圧 $V_x 1$ 、 $V_x 2$ 、 $V_x 3$ 、 $V_x 4$ と、各変換出力回路 90 b から出力される電圧 $V_z 1$ 、 $V_z 2$ 、 $V_z 3$ 、 $V_z 4$ と、変換出力回路 90 c から出力される電圧 $V_y 1$ 、 $V_y 2$ 、 $V_y 3$ 、 $V_y 4$ とに基づき、加えられた外力を検出する機能を有する。外力検出回路 40 は、変換出力回路 90 a、90 b、90 c に接続された A/D コンバータ（A/D 変換部）401 と、A/D コンバータ 401 に接続された演算部 402 とを有する。

【0067】

A/D コンバータ 401 は、電圧 $V_x 1$ 、 $V_y 1$ 、 $V_z 1$ 、 $V_x 2$ 、 $V_y 2$ 、 $V_z 2$ 、 $V_x 3$ 、 $V_y 3$ 、 $V_z 3$ 、 $V_x 4$ 、 $V_y 4$ 、 $V_z 4$ をアナログ信号からデジタル信号へ変換する機能を有する。A/D コンバータ 401 によってデジタル変換された電圧 $V_x 1$ 、 $V_y 1$ 、 $V_z 1$ 、 $V_x 2$ 、 $V_y 2$ 、 $V_z 2$ 、 $V_x 3$ 、 $V_y 3$ 、 $V_z 3$ 、 $V_x 4$ 、 $V_y 4$ 、 $V_z 4$ は、演算部 402 に入力される。

【0068】

すなわち、第 1 の基板 2 および第 2 の基板 3 の相対位置が互いに（X）軸方向にずれる外力が加えられた場合、A/D コンバータ 401 は、電圧 $V_x 1$ 、 $V_x 2$ 、 $V_x 3$ 、 $V_x 4$ を出力する。同様に、第 1 の基板 2 および第 2 の基板 3 の相対位置が互いに（Y）軸方向にずれる外力が加えられた場合、A/D コンバータ 401 は、電圧 $V_y 1$ 、 $V_y 2$ 、 $V_y 3$ 、 $V_y 4$ を出力する。また、第 1 の基板 2 および第 2 の基板 3 の相対位置が互いに（Z）軸方向にずれる外力が加えられた場合、A/D コンバータ 401 は、電圧 $V_z 1$ 、 $V_z 2$ 、 $V_z 3$ 、 $V_z 4$ を出力する。

また、第 1 の基板 2 および第 2 の基板 3 は、互いに x 軸周りに回転する相対変位、y 軸周りに回転する相対変位、および z 軸周りに回転する相対変位が可能であり、各回転に伴う外力を電荷出力素子 10 に伝達することが可能である。

【0069】

演算部 402 は、デジタル変換された電圧 $V_x 1$ 、 $V_y 1$ 、 $V_z 1$ 、 $V_x 2$ 、 $V_y 2$ 、 $V_z 2$ 、 $V_x 3$ 、 $V_y 3$ 、 $V_z 3$ 、 $V_x 4$ 、 $V_y 4$ 、 $V_z 4$ に基づき、x 軸方向の並進力成分 F_x 、y 軸方向の並進力成分 F_y 、z 軸方向の並進力成分 F_z 、x 軸周りの回転力成分 M_x 、y 軸周りの回転力成分 M_y 、z 軸周りの回転力成分 M_z を演算する機能を有する。各力成分は、以下の式により求めることができる。

【0070】

$$F_x = V_x 1 + V_x 2 + V_x 3 + V_x 4$$

$$F_y = V_y 1 + V_y 2 + V_y 3 + V_y 4$$

$$F_z = V_z 1 + V_z 2 + V_z 3 + V_z 4$$

$$M_x = b \times (V_z 4 - V_z 2)$$

$$M_y = a \times (V_z 3 - V_z 1)$$

$$M_z = b \times (V_x 2 - V_x 4) + a \times (V_y 1 - V_y 3)$$

ここで、a、b は定数である。

このように、力検出装置 1 は、6 軸力を検出することができる。

【0071】

10

20

30

40

50

以上説明したように、この力検出装置 1 によれば、各アナログ回路基板 4 は、他のアナログ回路基板 4 から影響を受けることを防止することができ、また、独立してそのアナログ回路基板 4 の交換やメンテナンス等を行うことができる。

すなわち、1つのアナログ回路基板 4 が熱膨張した場合や、力検出装置 1 に外力が加わり、1つのアナログ回路基板 4 が変形した場合に、それによる応力等が他のアナログ回路基板 4 に伝わることを防止することができる。これにより、アナログ回路基板 4 の変形や応力を低減することができ、これによって、電荷出力素子 10 を固定している半田等の破損、剥離を防止することができ、また、電荷出力素子 10 やアナログ回路基板 4 が破損することを防止することができる。また、電荷出力素子 10 に不要な力が加わることを抑制することができ、力検出の精度を向上させることができる。

10

【0072】

また、各アナログ回路基板 4 を設置する際、各アナログ回路基板 4 をどのような姿勢に設置しても他のアナログ回路基板 4 に影響を与えないので、各アナログ回路基板 4 を最適な姿勢に設置することができる。

また、1つの電荷出力素子 10 が破損した場合や、複数のアナログ回路基板 4 の一部が破損した場合は、対応するアナログ回路基板 4 のみを交換すればよく、その交換作業を容易かつ迅速に行うことができ、また、コストを低減することができる。

【0073】

また、アナログ回路基板 4 について、1種類の回路基板を用いることができ、これにより、コストを低減することができる。

20

また、アナログ回路基板 4 と、デジタル回路基板 5 とが分離しているので、デジタル回路基板から発生する熱がアナログ回路基板 4 に伝達されることを抑制することができる。これにより、アナログ回路基板 4 におけるリーク電流を抑制することができ、出力ドリフトを抑制することができ、これによって、より精度の高い力検出を行うことができる。

【0074】

< 第 2 実施形態 >

図 5 は、本発明の力検出装置の第 2 実施形態を示す平面図（第 2 の基板は図示せず）である。図 6 は、図 5 中の B - B 線での断面図である。

なお、以下では、説明の都合上、図 5 中の上側を「上」または「上方」、下側を「下」または「下方」と言う。

30

【0075】

以下、第 2 実施形態について、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図 5 および図 6 に示すように、第 2 実施形態の力検出装置 1 は、各アナログ回路基板 4 の隣り合う 2 つのアナログ回路基板 4 同士を電氣的に接続する配線が設けられ、可撓性を有する 4 つのフレキシブル基板（接続部材）82 を備えている。各フレキシブル基板 82 の一端部は、隣り合う 2 つのアナログ回路基板 4 の一方に電氣的に接続され、他端部は、他方のアナログ回路基板 4 に電氣的に接続されている。

この場合、各アナログ回路基板 4 の出力ラインは、対応するフレキシブル基板 82 および他のアナログ回路基板 4 に設けられた配線に接続されており、これにより、各アナログ回路基板 4 の出力端子は、1つのアナログ回路基板 4 の 1 箇所に集中している。

40

【0076】

一方、デジタル回路基板 5 においては、各アナログ回路基板 4 の出力端子に電氣的に接続される入力端子が 1 箇所、すなわち、各アナログ回路基板 4 の出力端子が集中している箇所に対向する位置に集中している。

そして、各アナログ回路基板 4 の出力端子と、デジタル回路基板 5 の入力端子とは、単一のコネクタ 83 により電氣的に接続されている。なお、各アナログ回路基板 4 の出力端子とデジタル回路基板 5 の入力端子とを電氣的に接続する接続部材としては、コネクタに限らず、この他、例えば、配線が設けられ、可撓性を有するフレキシブル基板等が挙げられる。

50

この力検出装置 1 によれば、前述した第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

【0077】

そして、この力検出装置 1 では、各アナログ回路基板 4 とデジタル回路基板 5 とを単一のコネクタ 8 3 で電氣的に接続することができるので、部品点数を削減することができる。また、前記接続の作業を容易かつ迅速に行うことができる。

また、各アナログ回路基板 4 の出力がデジタル回路基板 5 の 1 箇所集中するので、デジタル回路基板 5 での各処理を効率良く行うことができる。

【0078】

< 第 3 実施形態 >

図 7 は、本発明の力検出装置の第 3 実施形態を示す平面図（第 2 の基板は図示せず）である。

以下、第 2 実施形態について、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0079】

図 7 に示すように、第 3 実施形態の力検出装置 1 は、各アナログ回路基板 4 の隣り合う 2 つのアナログ回路基板 4 同士を連結し、可撓性を有する連結部材 8 4 を備えている。

各連結部材 8 4 は、同一の形状をなしている。また、各連結部材 8 4 の形状は、特に限定されないが、本実施形態では、帯状をなしている。

そして、各連結部材 8 4 の短辺方向の一端部は、隣り合う 2 つのアナログ回路基板 4 の一方に固着し、他端部は、他方のアナログ回路基板 4 に固着している。この連結部材 8 4 の固着方法は、特に限定されず、例えば、接着剤等により接着、融着等が挙げられる。なお、本実施形態では、各アナログ回路基板 4 および各連結部材 8 4 全体で、円環状をなしている。

【0080】

また、連結部材 8 4 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、各種樹脂材料やゴム材料等が挙げられる。

この力検出装置 1 によれば、前述した第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

そして、この力検出装置 1 では、各アナログ回路基板 4 が対応する連結部材 8 4 で連結されているので、各アナログ回路基板 4 の組み付け等において、各アナログ回路基板 4 を容易に取り扱うことができる。

なお、各連結部材 8 4 の形状は、本実施形態では、同一であるが、異なってもよい。

この第 3 実施形態は、第 2 実施形態にも適用することができる。すなわち、力検出装置 1 は、フレキシブル基板（接続部材）8 2 および連結部材 8 4 を有していてもよい。

【0081】

< 単腕ロボットの実施形態 >

次に、図 8 に基づき、本発明のロボットの実施形態である単腕ロボットを説明する。以下、本実施形態について、前述した第 1、第 2 および第 3 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図 8 は、本発明の力検出装置を用いた単腕ロボットの 1 例を示す図である。図 8 の単腕ロボット 5 0 0 は、基台 5 1 0 と、アーム 5 2 0 と、アーム 5 2 0 の先端側に設けられたエンドエフェクタ 5 3 0 と、アーム 5 2 0 とエンドエフェクタ 5 3 0 との間に設けられた力検出装置 1 0 0 とを有する。なお、力検出装置 1 0 0 としては、前述した各実施形態と同様のものを用いる。

基台 5 1 0 は、アーム 5 2 0 を回転させるための動力を発生させるアクチュエーター（図示せず）およびアクチュエーターを制御する制御部（図示せず）等を収納する機能を有する。また、基台 5 1 0 は、例えば、床、壁、天井、移動可能な台車などに固定される。

【0082】

アーム 5 2 0 は、第 1 のアーム要素 5 2 1、第 2 のアーム要素 5 2 2、第 3 のアーム要

10

20

30

40

50

素 5 2 3、第 4 のアーム要素 5 2 4 および第 5 のアーム要素 5 2 5 を有しており、隣り合うアーム同士を回動自在に連結することにより構成されている。アーム 5 2 0 は、制御部の制御によって、各アーム要素の連結部を中心に複合的に回転または屈曲することにより駆動する。

エンドエフェクタ 5 3 0 は、対象物を把持する機能を有する。エンドエフェクタ 5 3 0 は、第 1 の指 5 3 1 および第 2 の指 5 3 2 を有している。アーム 5 2 0 の駆動によりエンドエフェクタ 5 3 0 が所定の動作位置まで到達した後、第 1 の指 5 3 1 および第 2 の指 5 3 2 の離間距離を調整することにより、対象物を把持することができる。

【 0 0 8 3 】

力検出装置 1 0 0 は、エンドエフェクタ 5 3 0 に加えられる外力を検出する機能を有する。力検出装置 1 0 0 が検出する力を基台 5 1 0 の制御部にフィードバックすることにより、単腕ロボット 5 0 0 は、より精密な作業を実行することができる。また、力検出装置 1 0 0 が検出する力によって、単腕ロボット 5 0 0 は、エンドエフェクタ 5 3 0 の障害物への接触等を検知することができる。そのため、従来の位置制御では困難だった障害物回避動作、対象物損傷回避動作等を容易に行うことができ、単腕ロボット 5 0 0 は、より安全に作業を実行することができる。

なお、図示の構成では、アーム 5 2 0 は、合計 5 本のアーム要素によって構成されているが、本発明はこれに限られない。アーム 5 2 0 が、1 本のアーム要素に構成されている場合、2 ~ 4 本のアーム要素によって構成されている場合、6 本以上のアーム要素によって構成されている場合も本発明の範囲内である。

【 0 0 8 4 】

< 複腕ロボットの実施形態 >

次に、図 9 に基づき、本発明のロボットの実施形態である複腕ロボットを説明する。以下、本実施形態について、前述した第 1、第 2 および第 3 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図 9 は、本発明の力検出装置を用いた複腕ロボットの 1 例を示す図である。図 9 の複腕ロボット 6 0 0 は、基台 6 1 0 と、第 1 のアーム 6 2 0 と、第 2 のアーム 6 3 0 と、第 1 のアーム 6 2 0 の先端側に設けられた第 1 のエンドエフェクタ 6 4 0 a と、第 2 のアーム 6 3 0 の先端側に設けられた第 2 のエンドエフェクタ 6 4 0 b と、第 1 のアーム 6 2 0 と第 1 のエンドエフェクタ 6 4 0 a 間および第 2 のアーム 6 3 0 と第 2 のエンドエフェクタ 6 4 0 b との間に設けられた力検出装置 1 0 0 を有する。なお、力検出装置 1 0 0 としては、前述した各実施形態と同様のものを用いる。

【 0 0 8 5 】

基台 6 1 0 は、第 1 のアーム 6 2 0 および第 2 のアーム 6 3 0 を回動させるための動力を発生させるアクチュエーター（図示せず）およびアクチュエーターを制御する制御部（図示せず）等を収納する機能を有する。また、基台 6 1 0 は、例えば、床、壁、天井、移動可能な台車などに固定される。

第 1 のアーム 6 2 0 は、第 1 のアーム要素 6 2 1 および第 2 のアーム要素 6 2 2 を回動自在に連結することにより構成されている。第 2 のアーム 6 3 0 は、第 1 のアーム要素 6 3 1 および第 2 のアーム要素 6 3 2 を回動自在に連結することにより構成されている。第 1 のアーム 6 2 0 および第 2 のアーム 6 3 0 は、制御部の制御によって、各アーム要素の連結部を中心に複合的に回転または屈曲することにより駆動する。

【 0 0 8 6 】

第 1、第 2 のエンドエフェクタ 6 4 0 a、6 4 0 b は、対象物を把持する機能を有する。第 1 のエンドエフェクタ 6 4 0 a は、第 1 の指 6 4 1 a および第 2 の指 6 4 2 a を有している。第 2 のエンドエフェクタ 6 4 0 b は、第 1 の指 6 4 1 b および第 2 の指 6 4 2 b を有している。第 1 のアーム 6 2 0 の駆動により第 1 のエンドエフェクタ 6 4 0 a が所定の動作位置まで到達した後、第 1 の指 6 4 1 a および第 2 の指 6 4 2 a の離間距離を調整することにより、対象物を把持することができる。同様に、第 2 のアーム 6 3 0 の駆動により第 2 のエンドエフェクタ 6 4 0 b が所定の動作位置まで到達した後、第 1 の指 6 4 1

bおよび第2の指642bの離間距離を調整することにより、対象物を把持することができる。

【0087】

力検出装置100は第1、第2のエンドエフェクタ640a、640bに加えられる外力を検出する機能を有する。力検出装置100が検出する力を基台610の制御部にフィードバックすることにより、複腕ロボット600は、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が検出する力によって、複腕ロボット600は、第1、第2のエンドエフェクタ640a、640bの障害物への接触等を検知することができる。そのため、従来の位置制御では困難だった障害物回避動作、対象物損傷回避動作等を容易に行うことができ、複腕ロボット600は、より安全に作業を実行することができる。

10

なお、図示の構成では、アームは合計2本であるが、本発明はこれに限られない。複腕ロボット600が3本以上のアームを有している場合も、本発明の範囲内である。

【0088】

<電子部品検査装置および電子部品搬送装置の実施形態>

次に、図10、図11に基づき、本発明の実施形態である電子部品検査装置および電子部品搬送装置を説明する。以下、本実施形態について、前述した第1、第2および第3実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図10は、本発明の力検出装置を用いた電子部品検査装置および部品搬送装置の1例を示す図である。図11は、本発明の力検出装置を用いた電子部品搬送装置の1例を示す図である。

20

【0089】

図10の電子部品検査装置700は、基台710と、基台710の側面に立設された支持台720とを有する。基台710の上面には、検査対象の電子部品711が載置されて搬送される上流側ステージ712uと、検査済みの電子部品711が載置されて搬送される下流側ステージ712dとが設けられている。また、上流側ステージ712uと下流側ステージ712dとの間には、電子部品711の姿勢を確認するための撮像装置713と、電気的特性を検査するために電子部品711がセットされる検査台714とが設けられている。なお、電子部品711の例として、半導体、半導体ウェハー、CLDやOLED等の表示デバイス、水晶デバイス、各種センサ、インクジェットヘッド、各種MEMSデバイスなどが挙げられる。

30

【0090】

また、支持台720には、基台710の上流側ステージ712uおよび下流側ステージ712dと平行な方向(Y方向)に移動可能にYステージ731が設けられており、Yステージ731からは、基台710に向かう方向(X方向)に腕部732が延設されている。また、腕部732の側面には、X方向に移動可能にXステージ733が設けられている。また、Xステージ733には、撮像カメラ734と、上下方向(Z方向)に移動可能なZステージを内蔵した電子部品搬送装置740が設けられている。また、電子部品搬送装置740の先端側には、電子部品711を把持する把持部741が設けられている。また、電子部品搬送装置740の先端と、把持部741の間には、力検出装置100が設けられている。更に、基台710の前面側には、電子部品検査装置700の全体の動作を制御する制御装置750が設けられている。なお、力検出装置100としては、前述した各実施形態と同様のものを用いる。

40

【0091】

電子部品検査装置700は、以下のようにして電子部品711の検査を行う。最初に、検査対象の電子部品711は、上流側ステージ712uに載せられて、検査台714の近くまで移動する。次に、Yステージ731およびXステージ733を動かして、上流側ステージ712uに載置された電子部品711の真上の位置まで電子部品搬送装置740を移動させる。このとき、撮像カメラ734を用いて電子部品711の位置を確認することができる。そして、電子部品搬送装置740内に内蔵されたZステージを用いて電子部品搬送装置740を降下させ、把持部741で電子部品711を把持すると、そのまま電子

50

部品搬送装置 740 を撮像装置 713 の上に移動させて、撮像装置 713 を用いて電子部品 711 の姿勢を確認する。次に、電子部品搬送装置 740 に内蔵されている微調整機構を用いて電子部品 711 の姿勢を調整する。そして、電子部品搬送装置 740 を検査台 714 の上まで移動させた後、電子部品搬送装置 740 に内蔵された Z ステージを動かして電子部品 711 を検査台 714 の上にセットする。電子部品搬送装置 740 内の微調整機構を用いて電子部品 711 の姿勢が調整されているので、検査台 714 の正しい位置に電子部品 711 をセットすることができる。次に、検査台 714 を用いて電子部品 711 の電気的特性検査が終了した後、今度は検査台 714 から電子部品 711 を取り上げ、Y ステージ 731 および X ステージ 733 を動かして、下流側ステージ 712 d 上まで電子部品搬送装置 740 を移動させ、下流側ステージ 712 d に電子部品 711 を置く。最後に

10

【0092】

図 11 は、力検出装置 100 を含む電子部品搬送装置 740 を示す図である。電子部品搬送装置 740 は、把持部 741 と、把持部 741 に接続された 6 軸力検出装置 100 と、6 軸力検出装置 100 を介して把持部 741 に接続された回転軸 742 と、回転軸 742 に回転可能に取り付けられた微調整プレート 743 を有する。また、微調整プレート 743 は、ガイド機構（図示せず）によってガイドされながら、X 方向および Y 方向に移動可能である。

20

【0093】

また、回転軸 742 の端面に向けて、回転方向用の圧電モーター 744 が搭載されており、圧電モーター 744 の駆動凸部（図示せず）が回転軸 742 の端面に押しつけられている。このため、圧電モーター 744 を動作させることによって、回転軸 742（および把持部 741）を 方向に任意の角度だけ回転させることが可能である。また、微調整プレート 743 に向けて、X 方向用の圧電モーター 744 x と、Y 方向用の圧電モーター 744 y とが設けられており、それぞれの駆動凸部（図示せず）が微調整プレート 743 の表面に押しつけられている。このため、圧電モーター 744 x を動作させることによって、微調整プレート 743（および把持部 741）を X 方向に任意の距離だけ移動させることができ、同様に、圧電モーター 744 y を動作させることによって、微調整プレート 743（および把持部 741）を Y 方向に任意の距離だけ移動させることが可能である。

30

【0094】

また、検出装置 100 は、把持部 741 に加えられる外力を検出する機能を有する。力検出装置 100 が検出する力を制御装置 750 にフィードバックすることにより、電子部品搬送装置 740 および電子部品検査装置 700 は、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 が検出する力によって、把持部 741 の障害物への接触等を検出することができる。そのため、従来の位置制御では困難だった障害物回避動作、対象物損傷回避動作等を容易に行うことができ、電子部品搬送装置 740 および電子部品検査装置 700 は、より安全な作業を実行可能である。

40

【0095】

< 部品加工装置の実施形態 >

次に、図 12 に基づき、本発明の部品加工装置の実施形態を説明する。以下、本実施形態について、前述した第 1、第 2 および第 3 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図 12 は、本発明の力検出装置を用いた部品加工装置の 1 例を示す図である。図 12 の部品加工装置 800 は、基台 810 と、基台 810 の上面に起立形成された支柱 820 と、支柱 820 の側面に設けられた送り機構 830 と、送り機構 830 に昇降可能に取り付けられた工具変位部 840 と、工具変位部 840 に接続された力検出装置 100 と、力検出装置 1 を介して工具変位部 840 に装着された工具 850 を有する。なお、力検出装置 100 としては、前述した各実施形態と同様のものを用いる。

50

【0096】

基台810は、被加工部品860を載置し、固定するための台である。支柱820は、送り機構830を固定するための柱である。送り機構830は、工具変位部840を昇降させる機能を有する。送り機構830は、送り用モーター831と、送り用モーター831からの出力に基づいて工具変位部840を昇降させるガイド832を有する。工具変位部840は、工具850に回転、振動等の変位を与える機能を有する。工具変位部840は、変位用モーター841と、変位用モーター841に連結された主軸（図示せず）の先端に設けられた工具取付け部843と、工具変位部840に取り付けられ主軸を保持する保持部842とを有する。工具850は、工具変位部840の工具取付け部843に、力検出装置1を介して取り付けられ、工具変位部840から与えられる変位に応じて被加工部品860を加工するために用いられる。工具850は、特に限定されないが、例えば、レンチ、プラスドライバー、マイナスドライバー、カッター、丸のこ、ニッパ、錐、ドリル、フライス等である。

10

【0097】

力検出装置100は、工具850に加えられる外力を検出する機能を有する。力検出装置1が検出する外力を送り用モーター831や変位用モーター841にフィードバックすることにより、部品加工装置800は、より精密に部品加工作業を実行することができる。また、力検出装置100が検出する外力によって、工具850の障害物への接触等を知ることができる。そのため、工具850に障害物等が接触した場合に緊急停止することができ、部品加工装置800は、より安全な部品加工作業を実行可能である。

20

【0098】

<移動体の実施形態>

次に、図13に基づき、本発明の移動体の実施形態を説明する。以下、本実施形態について、前述した第1、第2および第3実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図13は、本発明の力検出装置を用いた移動体の1例を示す図である。図13の移動体900は、与えられた動力により移動することができる。移動体900は、特に限定されないが、例えば、自動車、バイク、飛行機、船、電車等の乗り物、2足歩行ロボット、車輪移動ロボット等のロボット等である。

【0099】

30

移動体900は、本体910（例えば、乗り物の筐体、ロボットのメインボディ等）と、本体910を移動させるための動力を供給する動力部920と、本体910の移動により発生する外力を検出する本発明の力検出装置100と、制御部930を有する。なお、力検出装置100としては、前述した各実施形態と同様のものを用いる。

動力部920から供給された動力によって本体910が移動すると、移動に伴い振動や加速度等が生じる。力検出装置100は、移動に伴い生じた振動や加速度等による外力を検出する。力検出装置100によって検出された外力は、制御部930に伝達される。制御部930は、力検出装置100から伝達された外力に応じて動力部920等を制御することにより、姿勢制御、振動制御および加速制御等の制御を実行することができる。

【0100】

40

以上、本発明の力検出装置、ロボット、電子部品搬送装置、電子部品検査装置、部品加工装置および移動体を、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、本発明は、前記実施形態のうちの、任意の2以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

【0101】

また、前記実施形態では、外力に応じて信号を出力する素子として、圧電体を用いたものを使用しているが、本発明では、加えられる外力に応じて出力が変化するものであればこれに限定されず、その他、例えば、感圧導電体等を用いたものが挙げられる。

50

また、本発明では、固定部材として、与圧ボルトに替えて、例えば、素子に与圧を加える機能を有していないものを用いてもよい。

【0102】

また、本発明では、アナログ回路基板と、デジタル回路基板とを1つの回路基板で構成してもよい。

また、本発明では、デジタル回路基板を外部に設けてもよく、また、デジタル回路基板を省略してもよい。

また、本発明では、回路基板の機能の一部、例えば、デジタル回路基板のADコンバーター、演算部等を外部に設けてもよく、また、それを省略してもよい。

【0103】

また、本発明のロボットは、アーム型ロボット(ロボットアーム)に限定されず、他の形式のロボット、例えば、スカラーロボット、脚式歩行(走行)ロボット等であってもよい。

また、本発明の力検出装置は、ロボット、電子部品搬送装置、電子部品検査装置、部品加工装置および移動体に限らず、他の装置、例えば、他の搬送装置、他の検査装置、振動計、加速度計、重力計、動力計、地震計、傾斜計等の測定装置、入力装置等にも適用することができる。

【符号の説明】

【0104】

- 1 ... 力検出装置 2 ... 第1の基板 3 ... 第2の基板 4 ... アナログ回路基板 4 1 ... 穴
- 4 0 ... 外力検出回路 4 0 1 ... ADコンバーター 4 0 2 ... 演算部 5 ... デジタル回路
- 基板 7 1 ... 与圧ボルト 8 1、8 3 ... コネクター 8 2 ... フレキシブル基板 8 4 ... 連
- 結部材 9 0 a、9 0 b、9 0 c ... 変換出力回路 9 1 ... オペアンプ 9 2 ... コンデンサ
- ー 9 3 ... スwitching素子 1 0 ... 電荷出力素子(素子) 1 1 ... グランド電極層 1
- 2 ... 第1のセンサ 1 2 1 ... 第1の圧電体層 1 2 2 ... 出力電極層 1 2 3 ... 第2の圧電
- 体層 1 3 ... 第2のセンサ 1 3 1 ... 第3の圧電体層 1 3 2 ... 出力電極層 1 3 3 ... 第
- 4の圧電体層 1 4 ... 第3のセンサ 1 4 1 ... 第5の圧電体層 1 4 2 ... 出力電極層 1
- 4 3 ... 第6の圧電体層 5 0 0 ... 単腕ロボット 5 1 0 ... 基台 5 2 0 ... アーム 5 2 1
- ... 第1のアーム要素 5 2 2 ... 第2のアーム要素 5 2 3 ... 第3のアーム要素 5 2 4 ...
- 第4のアーム要素 5 2 5 ... 第5のアーム要素 5 3 0 ... エンドエフェクタ 5 3 1 ... 第
- 1の指 5 3 2 ... 第2の指 6 0 0 ... 複腕ロボット 6 1 0 ... 基台 6 2 0 ... 第1のア
- ーム 6 2 1 ... 第1のアーム要素 6 2 2 ... 第2のアーム要素 6 3 0 ... 第2のアーム 6
- 3 1 ... 第1のアーム要素 6 3 2 ... 第2のアーム要素 6 4 0 a ... 第1のエンドエフェク
- タ 6 4 1 a ... 第1の指 6 4 2 a ... 第2の指 6 4 0 b ... 第2のエンドエフェクタ 6
- 4 1 b ... 第1の指 6 4 2 b ... 第2の指 7 0 0 ... 電子部品検査装置 7 1 0 ... 基台 7
- 1 1 ... 電子部品 7 1 2 u ... 上流側ステージ 7 1 2 d ... 下流側ステージ 7 1 3 ... 撮像
- 装置 7 1 4 ... 検査台 7 2 0 ... 支持台 7 3 1 ... Yステージ 7 3 2 ... 腕部 7 3 3 ...
- Xステージ 7 3 4 ... 撮像カメラ 7 4 0 ... 電子部品搬送装置 7 4 1 ... 把持部 7 4 2
- ... 回転軸 7 4 3 ... 微調整プレート 7 4 4 x、7 4 4 y、7 4 4 ... 圧電モーター 7
- 5 0 ... 制御装置 8 0 0 ... 部品加工装置 8 1 0 ... 基台 8 2 0 ... 支柱 8 3 0 ... 送り機
- 構 8 3 1 ... 送り用モーター 8 3 2 ... ガイド 8 4 0 ... 工具変位部 8 4 1 ... 変位用モ
- ーター 8 4 2 ... 保持部 8 4 3 ... 工具取付け部 8 5 0 ... 工具 8 6 0 ... 被加工部品
- 9 0 0 ... 移動体 9 1 0 ... 本体 9 2 0 ... 動力部 9 3 0 ... 制御部 C A 1 ... 第1の結晶
- 軸 C A 2 ... 第2の結晶軸 C A 3 ... 第3の結晶軸 C A 4 ... 第4の結晶軸 C A 5 ... 第
- 5の結晶軸 C A 6 ... 第6の結晶軸

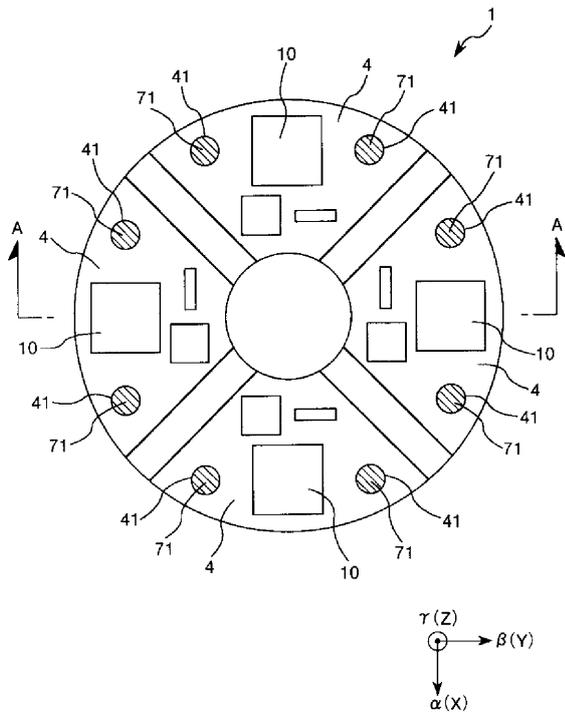
10

20

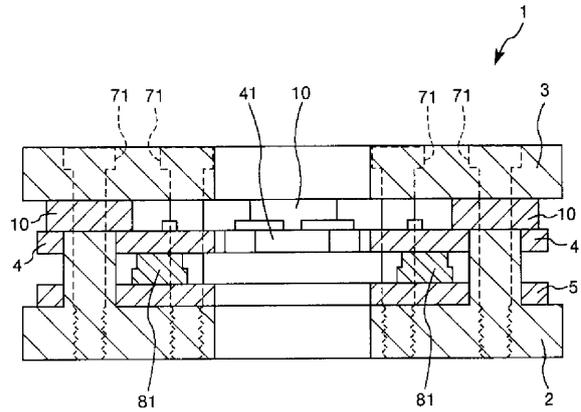
30

40

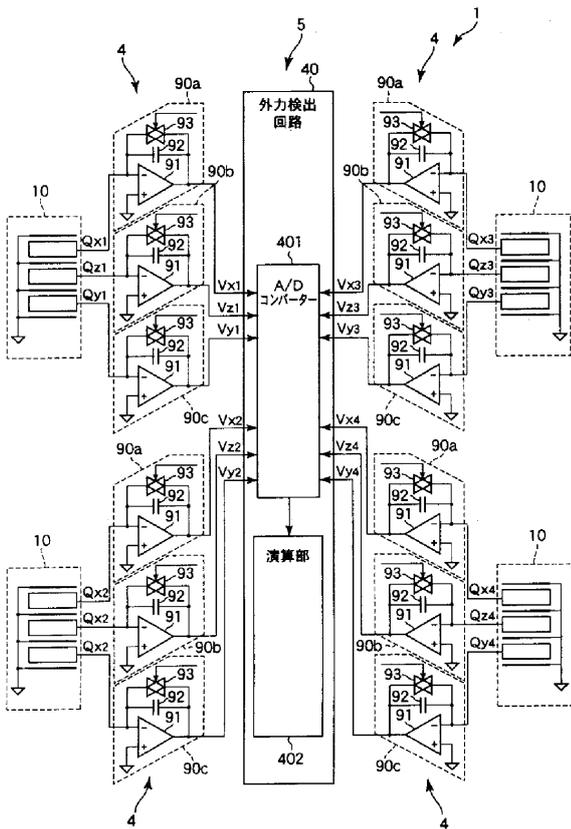
【図1】



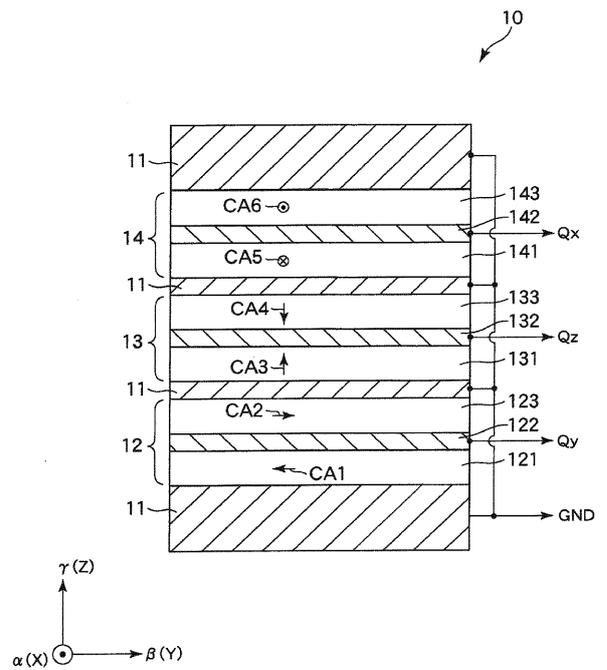
【図2】



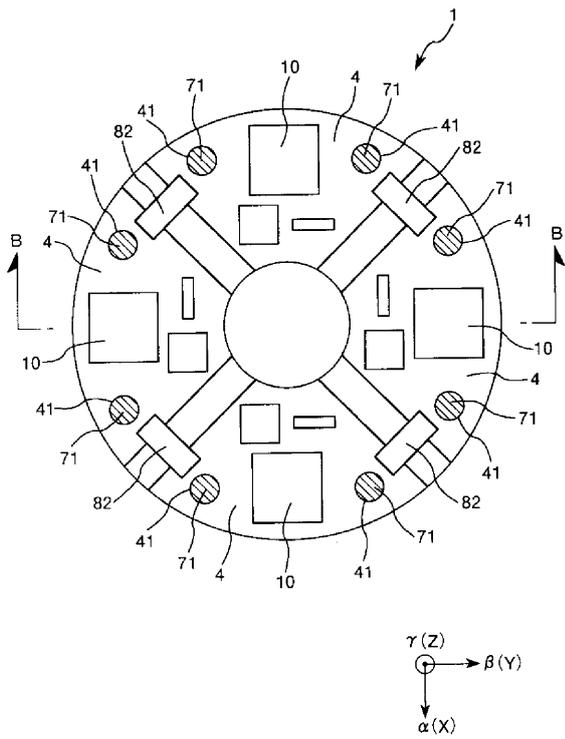
【図3】



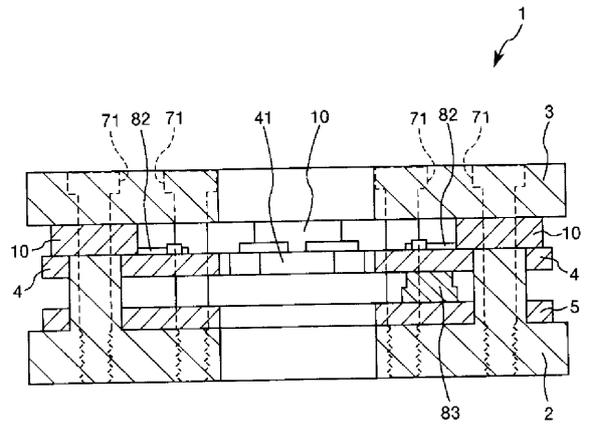
【図4】



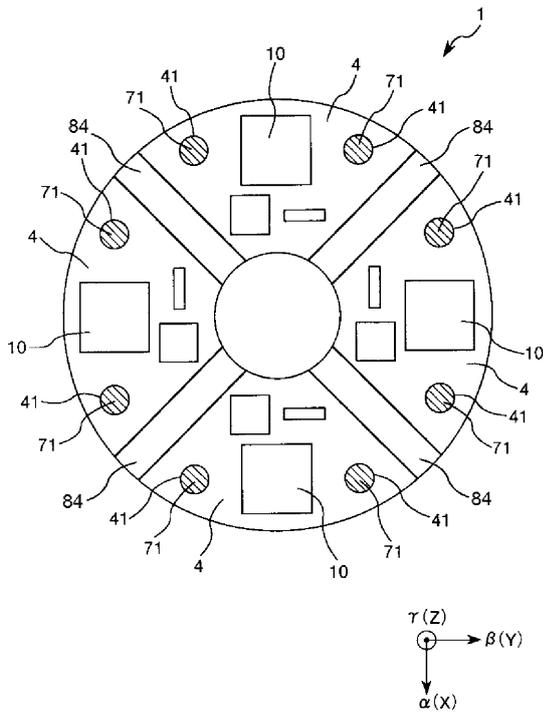
【 図 5 】



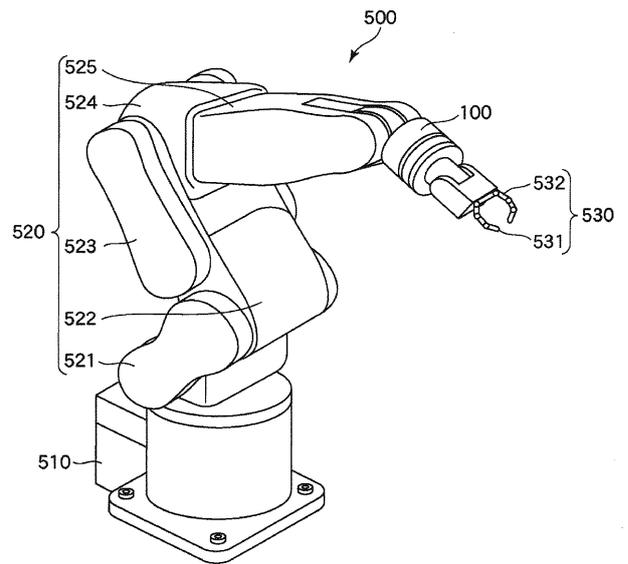
【 図 6 】



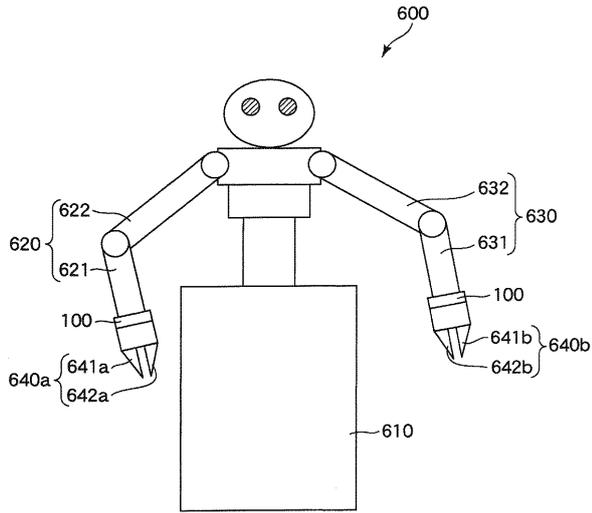
【 図 7 】



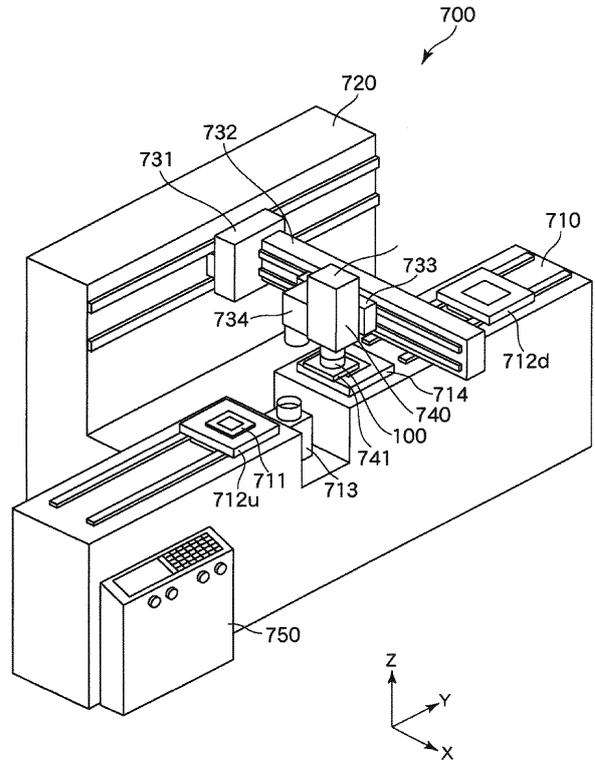
【 図 8 】



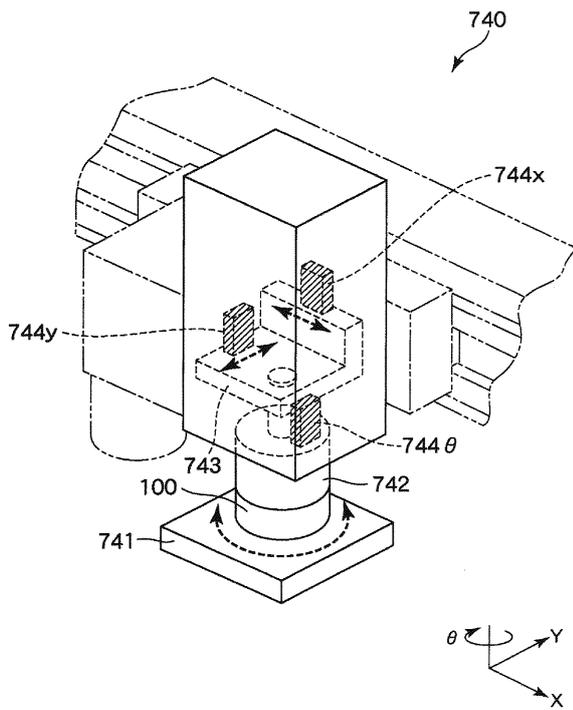
【 図 9 】



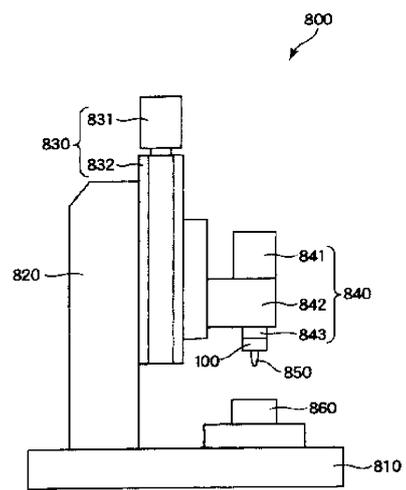
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

