

(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2016-156669  
(P2016-156669A)

(43) 公開日 平成28年9月1日(2016.9.1)

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

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2015-33750 (P2015-33750)  
(22) 出願日 平成27年2月24日 (2015.2.24)

(71) 出願人 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 100116665  
弁理士 渡辺 和昭  
(74) 代理人 100164633  
弁理士 西田 圭介  
(74) 代理人 100179475  
弁理士 仲井 智至  
(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 松沢 明  
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

最終頁に続く

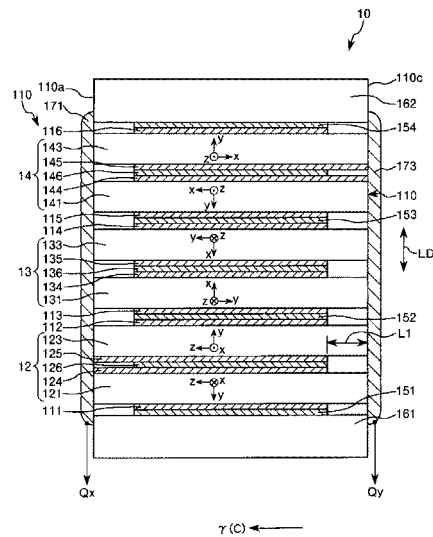
(54) 【発明の名称】 センサー素子、力検出装置およびロボット

(57) 【要約】

【課題】優れた検出精度を有するセンサー素子、力検出装置およびロボットを提供すること。

【解決手段】本発明のセンサー素子は、第1圧電板と、前記第1圧電板の厚み方向に前記第1圧電板と積層される第2圧電板と、前記第1圧電板を積層する第1接合層と、を備え、前記厚み方向から見て、前記第1接合層の端部は、前記第1圧電板の端部と前記第2圧電板の端部に重ならない部分を有する。また、前記厚み方向に平行な側面に設けられた側面電極を有し、前記第1接合層の端部と前記側面電極とが離間している。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 圧電板と、  
前記第 1 圧電板の厚み方向に前記第 1 圧電板と積層される第 2 圧電板と、  
前記第 1 圧電板と前記第 2 圧電板とを積層する第 1 接合層と、を備え、  
前記厚み方向から見て、前記第 1 接合層の端部は、前記第 1 圧電板の端部と前記第 2 圧電板の端部に重ならない部分を有することを特徴とするセンサー素子。

**【請求項 2】**

前記厚み方向から見て、前記第 1 接合層の端部は、前記第 1 圧電板の端部と前記第 2 圧電板の端部のいずれにも重ならない請求項 1 に記載のセンサー素子。

10

**【請求項 3】**

前記厚み方向に平行な側面に設けられた側面電極を有し、  
前記第 1 接合層の端部と前記側面電極とが離間している請求項 1 または 2 に記載のセンサー素子。

**【請求項 4】**

前記第 1 圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第 2 圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、  
前記厚み方向から見て、前記第 1 接合層は、前記内部電極に重なる請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のセンサー素子。

**【請求項 5】**

前記第 1 圧電板と前記第 2 圧電板の端部に設けられ、前記第 1 接合層と離間する第 2 接合層を有する請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のセンサー素子。

20

**【請求項 6】**

前記第 1 圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第 2 圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、  
前記第 2 接合層と前記内部電極とが離間している請求項 5 に記載のセンサー素子。

**【請求項 7】**

力センサー素子を備えた力検出装置であって、  
前記力センサー素子は、第 1 圧電板と、  
前記第 1 圧電板の厚み方向に前記第 1 圧電板と積層される第 2 圧電板と、  
前記第 1 圧電板と前記第 2 圧電板とを積層する第 1 接合層と、を備え、  
前記厚み方向から見て、前記第 1 接合層の端部は、前記第 1 圧電板の端部と前記第 2 圧電板の端部に重ならない部分を有することを特徴とする力検出装置。

30

**【請求項 8】**

前記厚み方向から見て、前記第 1 接合層の端部は、前記第 1 圧電板の端部と前記第 2 圧電板の端部のいずれにも重ならない請求項 7 に記載の力検出装置。

**【請求項 9】**

前記厚み方向に平行な側面に設けられた側面電極を有し、  
前記第 1 接合層の端部と前記側面電極とが離間している請求項 7 または 8 に記載の力検出装置。

40

**【請求項 10】**

前記第 1 圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第 2 圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、  
前記厚みから見て、前記第 1 接合層は、前記内部電極に重なる請求項 7 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

**【請求項 11】**

前記第 1 圧電板と前記第 2 圧電板の端部に設けられ、前記第 1 接合層と離間する第 2 接合層を有する請求項 7 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

**【請求項 12】**

前記第 1 圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第 2 圧電板の前記厚み方向と

50

交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、

前記第 2 接合層と前記内部電極とが離間している請求項 1 1 に記載の力検出装置。

【請求項 1 3】

アームと、

前記アームに設けられたエンドエフェクターと、

前記アームと前記エンドエフェクターの間に設けられ、前記エンドエフェクターに加えられ外力を検出する力検出装置と、を備えたロボットであって、

前記力検出装置は、力センサー素子を備え、

前記力センサー素子は、第 1 圧電板と、

前記第 1 圧電板の厚み方向に前記第 1 圧電板と積層される第 2 圧電板と、

前記第 1 圧電板と前記第 2 圧電板とを積層する第 1 接合層と、を備え、

前記厚み方向から見て、前記第 1 接合層の端部は、前記第 1 圧電板の端部と前記第 2 圧電板の端部に重ならない部分を有することを特徴とするロボット。

10

【請求項 1 4】

前記厚み方向から見て、前記第 1 接合層の端部は、前記第 1 圧電板の端部と前記第 2 圧電板の端部のいずれにも重ならない請求項 1 3 に記載のロボット。

【請求項 1 5】

前記厚み方向に平行な側面に設けられた側面電極を有し、

前記第 1 接合層の端部と前記側面電極とが離間している請求項 1 3 または 1 4 に記載のロボット。

20

【請求項 1 6】

前記第 1 圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第 2 圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、

前記厚みから見て、前記第 1 接合層は、前記内部電極に重なる請求項 1 3 ないし 1 5 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 1 7】

前記第 1 圧電板と前記第 2 圧電板の端部に設けられ、前記第 1 接合層と離間する第 2 接合層を有する請求項 1 3 ないし 1 6 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 1 8】

前記第 1 圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第 2 圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、

前記第 2 接合層と前記内部電極とが離間している請求項 1 7 に記載のロボット。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサー素子、力検出装置およびロボットに関する。

【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ーとを備えており、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。

40

【0003】

このような産業用ロボットにおいては、アームとエンドエフェクターとの間に、センサー素子を有する力検出装置が設けられている。この力検出装置のセンサー素子は、複数の圧電板と、それらの間に設けられた複数の内部電極とで構成された積層体を有している。また、前記積層体は、一般的には、各圧電板の一方の面上に内部電極を形成し、これらを接合層で接合し、積層して形成される。その結果、圧電板、内部電極および接着剤層の順に複数回積層されたセンサー素子を得ることができる。また、内部電極は、グランド（基

50

準電位点)に接地されたグランド電極や、圧電板に生じた電荷(電流)を出力する出力電極としての機能を有する。そして、積層体の側面には、前記出力電極に接続された側面電極と、前記グランド電極に接続された側面電極とが設けられている。

【0004】

また、特許文献1には、圧電シートと内部電極とを接着層により接合し、これらを積層してなる圧電デバイス(積層体)が開示されている。圧電シートと内部電極との積層方向から見て、接着層は、圧電シートと同一の形状で、同一の寸法を有している。このような圧電デバイスは、例えば、力検出装置のセンサー素子に適用することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0005】

【特許文献1】特開2012-204423号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載の圧電デバイスを力検出装置のセンサー素子に適用すると、積層方向から見て、接着層は、圧電シートと同一の形状で、同一の寸法を有しているため、接着層が側面電極に接触した構成となる。このため、内部電極が電流を流したくない側面電極に接触しないように構成したとしても、接着層を介して前記電流を流したくない側面電極にリーク電流が生じ、検出精度が低下するという問題がある。

20

【0007】

本発明の目的は、優れた検出精度を有するセンサー素子、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】

【0008】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0009】

[適用例1]

本発明に係わるセンサー素子は、第1圧電板と、前記第1圧電板の厚み方向に前記第1圧電板と積層される第2圧電板と、前記第1圧電板と前記第2圧電板とを積層する第1接合層と、を備え、前記厚み方向から見て、前記第1接合層の端部は、前記第1圧電板の端部と前記第2圧電板の端部に重ならない部分を有することを特徴とする。

30

【0010】

これにより、第1接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0011】

[適用例2]

本発明に係わるセンサー素子では、前記厚み方向から見て、前記第1接合層の端部は、前記第1圧電板の端部と前記第2圧電板の端部のいずれにも重ならないことが好ましい。

40

【0012】

これにより、第1接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0013】

[適用例3]

本発明に係わるセンサー素子では、前記厚み方向に平行な側面に設けられた側面電極を有し、

前記第1接合層の端部と前記側面電極とが離間していることが好ましい。

【0014】

50

これにより、側面電極を介して信号を出力することができ、また、第1接合層を介して側面電極に流れるリーク電流を抑制することができる。

【0015】

[適用例4]

本発明に係わるセンサー素子では、前記第1圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第2圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、

前記厚み方向から見て、前記第1接合層は、前記内部電極に重なることが好ましい。

【0016】

これにより、内部電極を介して信号を出力することができ、また、第1接合層により第1圧電板と第2圧電板とを強固に接合することができる。

【0017】

[適用例5]

本発明に係わるセンサー素子では、前記第1圧電板と前記第2圧電板の端部に設けられ、前記第1接合層と離間する第2接合層を有することが好ましい。

【0018】

これにより、第1圧電板と第2圧電板との接合強度を向上させることができ、信頼性を向上させることができ、また、第2接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができる。

【0019】

[適用例6]

本発明に係わるセンサー素子では、前記第1圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第2圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、

前記第2接合層と前記内部電極とが離間していることが好ましい。

【0020】

これにより、内部電極を介して信号を出力することができ、また、第2接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができる。

【0021】

[適用例7]

本発明に係わる力検出装置は、力センサー素子を備えた力検出装置であって、前記力センサー素子は、第1圧電板と、前記第1圧電板の厚み方向に前記第1圧電板と積層される第2圧電板と、前記第1圧電板と前記第2圧電板とを積層する第1接合層と、を備え、前記厚み方向から見て、前記第1接合層の端部は、前記第1圧電板の端部と前記第2圧電板の端部に重ならない部分を有することを特徴とする。

【0022】

これにより、第1接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0023】

[適用例8]

本発明に係わる力検出装置では、前記厚み方向から見て、前記第1接合層の端部は、前記第1圧電板の端部と前記第2圧電板の端部のいずれにも重ならないことが好ましい。

【0024】

これにより、第1接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0025】

[適用例9]

本発明に係わる力検出装置では、前記厚み方向に平行な側面に設けられた側面電極を有し、

10

20

30

40

50

前記第1接合層の端部と前記側面電極とが離間していることが好ましい。

【0026】

これにより、側面電極を介して信号を出力することができ、また、第1接合層を介して側面電極に流れるリーク電流を抑制することができる。

【0027】

[適用例10]

本発明に係わる力検出装置では、前記第1圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第2圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、前記厚みから見て、前記第1接合層は、前記内部電極に重なることが好ましい。

【0028】

これにより、内部電極を介して信号を出力することができ、また、第1接合層により第1圧電板と第2圧電板とを強固に接合することができる。

【0029】

[適用例11]

本発明に係わる力検出装置では、前記第1圧電板と前記第2圧電板の端部に設けられ、前記第1接合層と離間する第2接合層を有することが好ましい。

【0030】

これにより、第1圧電板と第2圧電板との接合強度を向上させることができ、信頼性を向上させることができ、また、第2接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができる。

【0031】

[適用例12]

本発明に係わる力検出装置では、前記第1圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第2圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、前記第2接合層と前記内部電極とが離間していることが好ましい。

【0032】

これにより、内部電極を介して信号を出力することができ、また、第2接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができる。

【0033】

[適用例13]

本発明に係わるロボットは、アームと、  
前記アームに設けられたエンドエフェクターと、  
前記アームと前記エンドエフェクターの間に設けられ、前記エンドエフェクターに加えらる外力を検出する力検出装置と、を備えたロボットであって、  
前記力検出装置は、力センサー素子を備え、  
前記力センサー素子は、第1圧電板と、  
前記第1圧電板の厚み方向に前記第1圧電板と積層される第2圧電板と、  
前記第1圧電板と前記第2圧電板とを積層する第1接合層と、を備え、  
前記厚み方向から見て、前記第1接合層の端部は、前記第1圧電板の端部と前記第2圧電板の端部に重ならない部分を有することを特徴とする。

【0034】

これにより、第1接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0035】

[適用例14]

本発明に係わるロボットでは、前記厚み方向から見て、前記第1接合層の端部は、前記第1圧電板の端部と前記第2圧電板の端部のいずれにも重ならないことが好ましい。

【0036】

これにより、第1接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0037】

[適用例15]

本発明に係わるロボットでは、前記厚み方向に平行な側面に設けられた側面電極を有し、  
前記第1接合層の端部と前記側面電極とが離間していることが好ましい。

【0038】

これにより、側面電極を介して信号を出力することができ、また、第1接合層を介して側面電極に流れるリーク電流を抑制することができる。

【0039】

[適用例16]

本発明に係わるロボットでは、前記第1圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第2圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、前記厚みから見て、前記第1接合層は、前記内部電極に重なることが好ましい。

【0040】

これにより、内部電極を介して信号を出力することができ、また、第1接合層により第1圧電板と第2圧電板とを強固に接合することができる。

【0041】

[適用例17]

本発明に係わるロボットでは、前記第1圧電板と前記第2圧電板の端部に設けられ、前記第1接合層と離間する第2接合層を有することが好ましい。

【0042】

これにより、第1圧電板と第2圧電板との接合強度を向上させることができ、信頼性を向上させることができ、また、第2接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができる。

【0043】

[適用例18]

本発明に係わるロボットでは、前記第1圧電板の前記厚み方向と交差する主面および前記第2圧電板の前記厚み方向と交差する主面のいずれかに設けられた内部電極を有し、前記第2接合層と前記内部電極とが離間していることが好ましい。

【0044】

これにより、内部電極を介して信号を出力することができ、また、第2接合層を介して発生するリーク電流を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の力検出装置の第1実施形態を示す断面図である。

【図2】図1に示す力検出装置の断面図である。

【図3】図1に示す力検出装置の電荷出力素子を概略的に示す平面図である。

【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（図3中のA - A線での断面図）である。

【図5】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（図3中のB - B線での断面図）である。

【図6】本発明の力検出装置の第2実施形態における電荷出力素子を概略的に示す断面図である。

【図7】本発明の力検出装置の第2実施形態における電荷出力素子を概略的に示す断面図である。

【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。

【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。

【発明を実施するための形態】

【0046】

以下、本発明のセンサー素子、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

10

20

30

40

50

形態に基づいて詳細に説明する。

【0047】

<力検出装置の第1実施形態>

図1は、本発明の力検出装置の第1実施形態を示す断面図である。図2は、図1に示す力検出装置の断面図である。図3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平面図である。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（図3中のA-A線での断面図）である。図5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（図3中のB-B線での断面図）である。

【0048】

なお、以下では、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。また、電荷出力素子については、図4および図5中の上側を「上」または「上方」、下側を「下」または「下方」と言う。なお、これらは、第2実施形態においても同様である。

10

【0049】

また、図2には、互いに直交する3つの軸として、軸、軸および軸が図示されている。また、図1、図3、図4および図5には、前記3つの軸のうち、軸のみを図示している。（A）軸に平行な方向を「（A）軸方向」または「方向」、（B）軸に平行な方向を「（B）軸方向」または「方向」、（C）軸に平行な方向を「（C）軸方向」または「方向」という。また、軸と軸で規定される平面を「平面」と言い、軸と軸で規定される平面を「平面」と言い、軸と軸で規定される平面を「平面」と言う。また、方向、方向および方向において、矢印先端側を「+（正）側」、矢印基端側を「-（負）側」とする。なお、これらは、第2実施形態においても同様である。

20

【0050】

図1に示す力検出装置1は、力検出装置1に加えられた外力、すなわち、6軸力（、軸方向の並進力成分および、軸周りの回転力成分）を検出する機能を有する。

【0051】

この力検出装置1は、第1基部（第1部材）2と、第1基部2から所定の間隔を隔てて配置され、第1基部2に対向する第2基部（第1部材）3と、第1基部2と第2基部3との間に収納された（設けられた）4つのアナログ回路基板4と、第1基部2と第2基部3との間に収納され（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5と、各アナログ回路基板4に1つずつ搭載され、受けた外力に応じて信号（電荷）を出力する素子である電荷出力素子（センサー素子）（力センサー素子）10および電荷出力素子10を収納するパッケージ（収容部）60を有する4つのセンサーデバイス（圧力検出部）6と、8つの与圧ボルト（固定部材）71と、を備えている。

30

【0052】

以下に、力検出装置1の各部の構成について詳述する。

なお、以下の説明では、図2に示すように、4つのセンサーデバイス6のうち、図2中の右側に位置するセンサーデバイス6を「センサーデバイス6A」といい、以降反時計回りに順に「センサーデバイス6B」、「センサーデバイス6C」、「センサーデバイス6D」という。また、各センサーデバイス6A、6B、6C、6Dを区別しない場合は、それらを「センサーデバイス6」という。

40

【0053】

図1に示すように、第1基部（ベースプレート）2は、板状をなし、その平面形状（厚さ方向から見た形状）は、丸みを帯びた四角形をなしている。なお、第1基部2の平面形状は、図示のものに限定されず、例えば、五角形および六角形等の他の多角形、円形、楕円形等が挙げられる。

【0054】

力検出装置1を、ロボットのアームとエンドエフェクターの間に設け、エンドエフェク

50



ターに加えられる外力を検出する力覚センサーとして用いる場合を例に挙げると、第1基部2の下面221は、当該ロボットのアーム(対象物)に対する取付面(第1取付面)として機能する。

【0055】

この第1基部2は、底板22と、底板22から上方に向かって立設した壁部24とを有している。

【0056】

壁部24は、「L」字状をなし、外方に臨む2つの面にそれぞれ凸部23が突出形成されている。各凸部23の頂面(第1面)231は、底板22に対して垂直な平面である。また、凸部23には、後述する与圧ボルト71と螺合する雌ネジ241が設けられている(図2参照)。

10

【0057】

図1に示すように、第1基部2に対し所定の間隔を隔てて対向するように、第2基部(カバープレート)3が配置されている。

【0058】

第2基部3も、第1基部2と同様に、板状をなしている。また、第2基部3の平面形状は、第1基部2の平面形状に対応した形状であることが好ましく、本実施形態では、第2基部3の平面形状は、第1基部2の平面形状と同様に、丸みを帯びた四角形をなしている。また、第2基部3は、第1基部2と同じ大きさ、または、第1基部2を包含する程度の大きさであることが好ましい。

20

【0059】

力検出装置1を前記ロボットの力覚センサーとして用いる場合を例に挙げると、第2基部3の上面(第2面)321は、当該ロボットのアームに装着されるエンドエフェクター(対象物)に対する取付面(第2取付面)として機能する。また、第2基部3の上面321と、前述した第1基部2の下面221とは、外力が付与していない自然状態では平行となっている。

【0060】

また、第2基部3は、天板32と、天板32の縁部に形成され、当該縁部から下方に向かって突出した4つの側壁33とを有している。各側壁33の内壁面(第2面)331は、それぞれ、天板32に対して垂直な平面である。そして、第1基部2の頂面231と第2基部3の各側壁33の内壁面331との間には、それぞれ、センサーデバイス6が設けられている。

30

【0061】

また、第1基部2と第2基部3とは、与圧ボルト71により、接続、固定されている。この与圧ボルト71は、図2に示すように、8本(複数)あり、そのうちの2本ずつが各センサーデバイス6の両側に配置されている。なお、1つのセンサーデバイス6に対する与圧ボルト71の数は、2つに限定されず、例えば、3つ以上であってもよい。

【0062】

また、与圧ボルト71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、各種金属材料等を用いることができる。

40

【0063】

このように与圧ボルト71によって接続された第1基部2と第2基部3とで、センサーデバイス6A~6D、アナログ回路基板4、およびデジタル回路基板5を収納する収納空間を形成している。この収納空間は、円形または角丸正方形の断面形状を有する。

【0064】

また、図1に示すように、第1基部2と第2基部3との間には、センサーデバイス6に電氣的に接続されたアナログ回路基板4が設けられている。

【0065】

アナログ回路基板4のセンサーデバイス6(具体的には、電荷出力素子10)が配置されている部位には、第1基部2の各凸部23が挿入される孔41が形成されている。この

50

孔 4 1 は、アナログ回路基板 4 を貫通する貫通孔である。

【 0 0 6 6 】

また、図 2 に示すように、アナログ回路基板 4 には各与圧ボルト 7 1 が貫通する貫通孔が設けられており、アナログ回路基板 4 の与圧ボルト 7 1 が貫通する部分（貫通孔）には、樹脂材料等の絶縁材料で構成されたパイプ 4 3 が例えば嵌合により固定されている。

【 0 0 6 7 】

また、図 1 に示すように、第 1 基部 2 と第 2 基部 3 との間には、第 1 基部 2 上の各アナログ回路基板 4 が設けられている位置とは異なる位置に、各アナログ回路基板 4 に電氣的に接続されたデジタル回路基板 5 が設けられている。デジタル回路基板 5 は、第 1 基部 2 の底板 2 2 および第 2 基部 3 の天板 3 2 と平行になるように配置されている。なお、デジタル回路基板 5 の第 1 基部 2 および第 2 基部 3 の厚さ方向の位置は、第 1 基部 2 と第 2 基部 3 との間であれば特に限定されず、例えば、図 1 に示すように、第 2 基部 3 の近傍でもよく、また、第 1 基部 2 の近傍でもよく、また、第 1 基部 2 と第 2 基部 3 との中間の位置（中央部）でもよい。

10

【 0 0 6 8 】

また、第 1 基部 2、第 2 基部 3 は、それぞれ、板状をなす部材で構成されているが、これに限定されず、例えば、一方の基部が板状をなす部材で構成され、他方の基部がブロック状をなす部材で構成されていてもよい。

【 0 0 6 9 】

次に、センサーデバイス 6 について、説明する。

20

[ センサーデバイス ]

図 1、図 2 に示すように、センサーデバイス 6 A は、第 1 基部 2 の 4 つの凸部 2 3 のうちの 1 つの凸部 2 3 の頂面 2 3 1 と、この頂面 2 3 1 に対向する内壁面 3 3 1 とによって挟持されている。このセンサーデバイス 6 A と同様に、前記と異なる 1 つの凸部 2 3 の頂面 2 3 1 と、この頂面 2 3 1 に対向する内壁面 3 3 1 とによって、センサーデバイス 6 B が挟持されている。また、前記と異なる 1 つの凸部 2 3 の頂面 2 3 1 と、この頂面 2 3 1 に対向する内壁面 3 3 1 とによって、センサーデバイス 6 C が挟持されている。さらに、前記と異なる 1 つの凸部 2 3 の頂面 2 3 1 と、この頂面 2 3 1 に対向する内壁面 3 3 1 によって、センサーデバイス 6 D が挟持されている。

30

【 0 0 7 0 】

なお、以下では、各センサーデバイス 6 A ~ 6 D が第 1 基部 2 および第 2 基部 3 によって挟持されている方向を「挟持方向 S D」という。また、各センサーデバイス 6 A ~ 6 D のうちセンサーデバイス 6 A が挟持されている方向を第 1 挟持方向、センサーデバイス 6 B が挟持されている方向を第 2 挟持方向、センサーデバイス 6 C が挟持されている方向を第 3 挟持方向、センサーデバイス 6 D が挟持されている方向を第 4 挟持方向ということもある。

【 0 0 7 1 】

なお、本実施形態では、図 1 に示すように、センサーデバイス 6 は、アナログ回路基板 4 の第 2 基部 3（側壁 3 3）側に設けられているが、センサーデバイス 6 は、アナログ回路基板 4 の第 1 基部 2 側に設けられていてもよい。

40

【 0 0 7 2 】

また、図 2 に示すように、センサーデバイス 6 A およびセンサーデバイス 6 B と、センサーデバイス 6 C およびセンサーデバイス 6 D とは、第 1 基部 2 の軸に沿った中心軸 2 7 1 に関して対称的に配置されている。すなわち、センサーデバイス 6 A ~ 6 D は、第 1 基部 2 の中心 2 7 2 回りに等角度間隔に配置されている。このようにセンサーデバイス 6 A ~ 6 D を配置することより、外力を偏りなく検出することができる。

【 0 0 7 3 】

なお、センサーデバイス 6 A ~ 6 D の配置は図示のものに限定されないが、センサーデバイス 6 A ~ 6 D は、第 2 基部 3 の上面 3 2 1 から見て、第 2 基部 3 の中心部（中心 2 7 2）からできる限り離間した位置に配置されているのが好ましい。これにより、力検出装

50

置 1 に加わる外力を安定して検出することができる。

【 0 0 7 4 】

また、本実施形態では、センサーデバイス 6 A ~ 6 D は、全て同じ方向を向いた状態に搭載されているが、センサーデバイス 6 A ~ 6 D の向きは、それぞれ、異なってもよい。

【 0 0 7 5 】

このように配置されたセンサーデバイス 6 は、図 1 に示すように、電荷出力素子 1 0 と、電荷出力素子 1 0 を収納するパッケージ 6 0 とを有している。また、本実施形態では、センサーデバイス 6 A ~ 6 D は、同様の構成である。なお、パッケージは、省略されていてもよい。

10

【 0 0 7 6 】

以下に、このセンサーデバイス 6 が備える電荷出力素子 1 0 について、説明する。

[ 電荷出力素子 ( センサー素子 ) ]

電荷出力素子 1 0 は、力検出装置 1 に加わった外力、すなわち第 1 基部 2 または第 2 基部 3 の少なくとも一方の基部に加えられた外力に応じて電荷を出力する機能を有する。

【 0 0 7 7 】

なお、センサーデバイス 6 A ~ 6 D が備える各電荷出力素子 1 0 は、同じ構成であるため、1 つの電荷出力素子 1 0 について中心的に説明する。

【 0 0 7 8 】

図 4 に示すように、センサーデバイス 6 が備える電荷出力素子 1 0 は、第 1 のカバー基材 1 6 1 と、第 1 のカバー基材 1 6 1 から所定の間隔を隔てて配置され、第 1 のカバー基材 1 6 1 に対向する第 2 のカバー基材 1 6 2 と、電荷を出力する積層体 1 1 0 と、積層体 1 1 0 に電氣的に接続された側面電極 1 7 1、1 7 2、1 7 3 および 1 7 4 とを有している。積層体 1 1 0 は、第 1 のカバー基材 1 6 1 および第 2 のカバー基材 1 6 2 により挟持されている。

20

【 0 0 7 9 】

図 4 に示すように、第 1 のカバー基材 1 6 1 と、積層体 1 1 0 と、第 2 のカバー基材 1 6 2 とは、図 4 中の上方に向かって、この順序で平行に積層されている。また、第 1 のカバー基材 1 6 1 および第 2 のカバー基材 1 6 2 は、それぞれ、絶縁材料で構成されており、パッケージ 6 0 と積層体 1 1 0 との導通を遮断する機能を有している。

30

【 0 0 8 0 】

また、図 3 に示すように、第 1 のカバー基材 1 6 1 および第 2 のカバー基材 1 6 2 の形状は、それぞれ、特に限定されないが、本実施形態では、板状をなし、各側壁 3 3 の内壁面 3 3 1 に対して垂直な方向から見て、四角形をなしている。なお、第 1 のカバー基材 1 6 1 および第 2 のカバー基材 1 6 2 の前記の方向から見た場合の他の形状としては、それぞれ、例えば、五角形および六角形等の他の多角形、円形、楕円形等が挙げられる。

【 0 0 8 1 】

また、図 3 ~ 図 5 に示すように、後述する積層体 1 1 0 は、4 つの側面 1 1 0 a、1 1 0 b、1 1 0 c および 1 1 0 d を有しており、側面電極 1 7 1、1 7 2、1 7 3 および 1 7 4 は、それぞれ、その側面 1 1 0 a、1 1 0 b、1 1 0 c および 1 1 0 d に設けられている。なお、側面 1 1 0 a、1 1 0 b、1 1 0 c および 1 1 0 d は、それぞれ、後述する積層方向 L D と平行である。

40

【 0 0 8 2 】

また、側面電極 1 7 1 ~ 1 7 4 は、それぞれ、パッケージ 6 0 に設けられた対応する出力端子 ( 図示せず ) に、電氣的に接続されている。

【 0 0 8 3 】

また、側面電極 1 7 1 ~ 1 7 4 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側面電極 1 7 1 ~ 1 7 4 は、優れた耐久性および耐食性を有する。

50

## 【0084】

また、積層体110の形状は、特に限定されないが、本実施形態では、各側壁33の内壁面331に対して垂直な方向から見て、第1のカバー基材161および第2のカバー基材162と同様の形状、すなわち、四角形をなしている。なお、積層体110の前記の方向から見た場合の他の形状としては、例えば、五角形および六角形等の他の多角形、円形、楕円形等が挙げられる。

## 【0085】

また、図4および図5に示すように、積層体110は、グラウンド（基準電位点）に接地された6つのグラウンド電極層（内部電極）111、112、113、114、115および116と、第1のセンサー12と、第2のセンサー13と、第3のセンサー14とを有している。グラウンド電極層111、第1のセンサー12、グラウンド電極層112、113、第2のセンサー13、グラウンド電極層114、115、第3のセンサー14およびグラウンド電極層116は、図4中の上方向へ、この順序で平行に積層されている。以下、この積層された方向を「積層方向LD」という。また、第1のセンサー12、第2のセンサー13、第3のセンサー14を構成する各層の積層方向および厚み方向も前記積層方向LDと同一であり、以下、前記各層の積層方向および厚み方向も「積層方向LD」という。この積層方向LDは、上面321の法線NL2（または下面221の法線NL1）と直交する方向となっている（図1参照）。また、積層方向LDは、挟持方向SDと平行となっている（図1参照）。なお、第1のセンサー12、第2のセンサー13、第3のセンサー14の積層順は任意であり、本発明では、図4に示す第1のセンサー12、第2のセンサー13、第3のセンサー14の積層順に限定されない。

10

20

## 【0086】

第1のセンサー12は、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2のセンサー13は、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3のセンサー14は、外力（せん断力）に応じて電荷 $Q_y$ を出力する。

## 【0087】

以下、グラウンド電極層111～116、第1のセンサー12、第2のセンサー13、および第3のセンサー14について、説明する。

## 【0088】

グラウンド電極層111～116は、それぞれ、その4辺のうち1辺のみが積層体110の側面110bに位置している。グラウンド電極層111～116は、それぞれ、側面電極171～174のうち側面電極172のみに接触し、電氣的に接続されており、その側面電極172を介してグラウンド（基準電位点）に接地された電極である。

30

## 【0089】

また、グラウンド電極層111と第1のカバー基材161とは、第1接合層151により接合（積層）されている。なお、第1接合層151は、第1のカバー基材161と、第1の圧電体層121との間に配置され、グラウンド電極層111は、第1の圧電体層121と第1接合層151との間に配置されている。

## 【0090】

また、グラウンド電極層112とグラウンド電極層113とは、第1接合層152により接合されている。なお、第1接合層152は、第2の圧電体層123と、第3の圧電体層131との間に配置され、グラウンド電極層112は、第2の圧電体層123と第1接合層152との間に配置され、グラウンド電極層113は、第3の圧電体層131と第1接合層152との間に配置されている。

40

## 【0091】

また、グラウンド電極層114とグラウンド電極層115とは、第1接合層153により接合されている。なお、第1接合層153は、第4の圧電体層133と、第5の圧電体層141との間に配置され、グラウンド電極層114は、第4の圧電体層133と第1接合層153との間に配置され、グラウンド電極層115は、第5の圧電体層141と第1接合層153との間に配置されている。

50

## 【0092】

また、グランド電極層116と第2のカバー基材162とは、第1接合層154により接合されている。なお、第1接合層154は、第2のカバー基材162と、第6の圧電体層143との間に配置され、グランド電極層116は、第6の圧電体層143と第1接合層154との間に配置されている。なお、第1接合層151～154については、後に詳述する。

## 【0093】

また、グランド電極層111～116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111～116は、優れた耐久性および耐食性を有する。

10

## 【0094】

第1のセンサー12は、積層方向LD（第1の挟持方向）と直交する、すなわち、法線NL2（法線NL1）の方向と同じ方向の第1検出方向の外力（せん断力）に応じて電荷 $Q_x$ を出力する機能を有する。すなわち、第1のセンサー12は、外力に応じて正電荷または負電荷を出力するよう構成されている。なお、後述する第1の圧電体層121および第2の圧電体層123におけるx軸方向が、前記第1検出方向である。

## 【0095】

第1のセンサー12は、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た第2の圧電体層123と、第1の圧電体層121の上面に設けられた第1の出力電極層（内部電極）124と、第2の圧電体層123の下面に設けられた第2の出力電極層（内部電極）125とを有している。また、第1の出力電極層124と第2の出力電極層125とは、第1接合層126により接合されている。なお、第1接合層126は、第1の圧電体層121と、第2の圧電体層123との間に配置され、第1の出力電極層124は、第1の圧電体層121と第1接合層126との間に配置され、第2の出力電極層125は、第2の圧電体層123と第1接合層126との間に配置されている。この第1接合層126については、後に詳述する。

20

## 【0096】

第1の圧電体層121は、Yカット水晶板で構成され、互いに直交する結晶軸であるx軸、y軸、z軸を有する。y軸は、第1の圧電体層121の厚さ方向に沿った軸であり、x軸は、図4中の紙面奥行き方向に沿った軸であり、z軸は、図4中の左右方向に沿った軸である。

30

## 【0097】

以下では、これら図示した各矢印の先端側を「+（正）」、基端側を「-（負）」として説明する。また、x軸に平行な方向を「x軸方向」、y軸に平行な方向を「y軸方向」、z軸に平行な方向を「z軸方向」という。なお、後述する第2の圧電体層123、第3の圧電体層131、第4の圧電体層133、第5の圧電体層141、および第6の圧電体層143についても同様である。

## 【0098】

第2の圧電体層123も、Yカット水晶板で構成され、互いに直交する結晶軸であるx軸、y軸、z軸を有する。y軸は、第2の圧電体層123の厚さ方向に沿った軸であり、x軸は、図4中の紙面奥行き方向に沿った軸であり、z軸は、図4中の左右方向に沿った軸である。

40

## 【0099】

第1の出力電極層124は、第1の圧電体層121内に生じた正電荷または負電荷を出力する機能を有し、第2の出力電極層125は、第2の圧電体層123内に生じた正電荷または負電荷を出力する機能を有する。第1の出力電極層124および第2の出力電極層125は、それぞれ、その4辺のうちの1辺のみが積層体110の側面110aに位置しており、側面電極171～174のうちの側面電極171のみに接触し、電気的に接続されている。これにより、第1の圧電体層121内に生じた正電荷または負電荷と、第2の

50

圧電体層 1 2 3 内に生じた正電荷または負電荷とを加算してなる電荷  $Q_x$  が、側面電極 1 7 1 から出力されるようになっている。

【0100】

第2のセンサー 1 3 は、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。すなわち、第2のセンサー 1 3 は、圧縮力に応じて正電荷を出力し、引張力に応じて負電荷を出力するよう構成されている。なお、後述する第3の圧電体層 1 3 1 および第4の圧電体層 1 3 3 における  $x$  軸方向が、前記検出する圧縮および引張力の方向である。

【0101】

第2のセンサー 1 3 は、第3の圧電体層 1 3 1 と、第3の圧電体層 1 3 1 と対向して設けられた第4の圧電体層 1 3 3 と、第3の圧電体層 1 3 1 の上面に設けられた第3の出力電極層（内部電極）1 3 4 と、第4の圧電体層 1 3 3 の下面に設けられた第4の出力電極層（内部電極）1 3 5 とを有している。また、第3の出力電極層 1 3 4 と第4の出力電極層 1 3 5 とは、第1接合層 1 3 6 により接合されている。なお、第1接合層 1 3 6 は、第3の圧電体層 1 3 1 と、第4の圧電体層 1 3 3 との間に配置され、第3の出力電極層 1 3 4 は、第3の圧電体層 1 3 1 と第1接合層 1 3 6 との間に配置され、第4の出力電極層 1 3 5 は、第4の圧電体層 1 3 3 と第1接合層 1 3 6 との間に配置されている。この第1接合層 1 3 6 については、後に詳述する。

【0102】

第3の圧電体層 1 3 1 は、 $X$  カット水晶板で構成され、互いに直交する  $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸を有する。 $x$  軸は、第3の圧電体層 1 3 1 の厚さ方向に沿った軸であり、 $y$  軸は、図 4 中の左右方向に沿った軸であり、 $z$  軸は、図 4 中の紙面奥行き方向に沿った軸である。

【0103】

第4の圧電体層 1 3 3 も、 $X$  カット水晶板で構成され、互いに直交する  $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸を有する。 $x$  軸は、第4の圧電体層 1 3 3 の厚さ方向に沿った軸であり、 $y$  軸は、図 4 中の左右方向に沿った軸であり、 $z$  軸は、図 4 中の紙面奥行き方向に沿った軸である。

【0104】

第3の出力電極層 1 3 4 は、第3の圧電体層 1 3 1 内に生じた正電荷または負電荷を出力する機能を有し、第4の出力電極層 1 3 5 は、第4の圧電体層 1 3 3 内に生じた正電荷または負電荷を出力する機能を有する。第3の出力電極層 1 3 4 および第4の出力電極層 1 3 5 は、それぞれ、その4辺のうちの1辺のみが積層体 1 1 0 の側面 1 1 0 d に位置しており、側面電極 1 7 1 ~ 1 7 4 のうちの側面電極 1 7 4 のみに接触し、電氣的に接続されている。これにより、第3の圧電体層 1 3 1 内に生じた正電荷または負電荷と、第4の圧電体層 1 3 3 内に生じた正電荷または負電荷とを加算してなる電荷  $Q_z$  が、側面電極 1 7 4 から出力されるようになっている。

【0105】

第3のセンサー 1 4 は、積層方向  $L D$ （第2の挟持方向）と直交し、第1のセンサー 1 2 が電荷  $Q_x$  を出力する際に作用する外力の第1検出方向と交差（直交）する第2検出方向の外力（せん断力）に応じて電荷  $Q_x$  を出力する機能を有する。すなわち、第3のセンサー 1 4 は、外力に応じて正電荷または負電荷を出力するよう構成されている。なお、後述する第5の圧電体層 1 4 1 および第6の圧電体層 1 4 3 における  $x$  軸方向が、前記第2検出方向である。

【0106】

第3のセンサー 1 4 は、第5の圧電体層（第2検出板）1 4 1 と、第5の圧電体層 1 4 1 と対向して設けられた第6の圧電体層（第2検出板）1 4 3 と、第5の圧電体層 1 4 1 の上面に設けられた第5の出力電極層（内部電極）1 4 4 と、第6の圧電体層 1 4 3 の下面に設けられた第6の出力電極層（内部電極）1 4 5 とを有している。また、第5の出力電極層 1 4 4 と第6の出力電極層 1 4 5 とは、第1接合層 1 4 6 により接合されている。なお、第1接合層 1 4 6 は、第5の圧電体層 1 4 1 と、第6の圧電体層 1 4 3 との間に配置され、第5の出力電極層 1 4 4 は、第5の圧電体層 1 4 1 と第1接合層 1 4 6 との間に配置され、第6の出力電極層 1 4 5 は、第6の圧電体層 1 4 3 と第1接合層 1 4 6 との間

10

20

30

40

50

に配置されている。この第1接合層146については、後に詳述する。

【0107】

第5の圧電体層141は、Yカット水晶板で構成され、互いに直交する結晶軸であるx軸、y軸、z軸を有する。y軸は、第5の圧電体層141の厚さ方向に沿った軸であり、x軸は、図4中の左右方向に沿った軸であり、z軸は、図4中の紙面奥行き方向に沿った軸である。

【0108】

第6の圧電体層143も、Yカット水晶板で構成され、互いに直交する結晶軸であるx軸、y軸、z軸を有する。y軸は、第6の圧電体層143の厚さ方向に沿った軸であり、x軸は、図4中の左右方向に沿った軸であり、z軸は、図4中の紙面奥行き方向に沿った軸である。

10

【0109】

電荷出力素子10では、積層方向LDから見たとき、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123の各x軸と、第5の圧電体層141および第6の圧電体層143の各x軸とが交差している。また、積層方向LDから見たとき、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123の各z軸と、第5の圧電体層141および第6の圧電体層143の各z軸とが交差している。

【0110】

第5の出力電極層144は、第5の圧電体層141内に生じた正電荷または負電荷を出力する機能を有し、第6の出力電極層145は、第6の圧電体層143内に生じた正電荷または負電荷を出力する機能を有する。第5の出力電極層144および第6の出力電極層145は、それぞれ、その4辺のうちの1辺のみが積層体110の側面110cに位置しており、側面電極171～174のうちの側面電極173のみに接触し、電気的に接続されている。これにより、第5の圧電体層141内に生じた正電荷または負電荷と、第6の圧電体層143内に生じた正電荷または負電荷とを加算してなる電荷 $Q_y$ が、側面電極173から出力されるようになっている。

20

【0111】

なお、第1の出力電極層124、第2の出力電極層125、第3の出力電極層134、第4の出力電極層135、第5の出力電極層144および第6の出力電極層145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出力電極層124、125、134、135、144および145は、優れた耐久性および耐食性を有する。

30

【0112】

また、各第1接合層126、136、146、151～154は、それぞれ、絶縁性を有している、すなわち、絶縁材料（絶縁体）で構成されている。各第1接合層126、136、146、151～154の構成材料としては、それぞれ、例えば、例えば、シリコン系、エポキシ系、アクリル系、シアノアクリレート系、ポリウレタン系等の接着剤等を用いることができる。

【0113】

このように、電荷出力素子10では、第1のセンサー12、第2のセンサー13、および第3のセンサー14は、各センサー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、各センサーは、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、x軸、y軸およびz軸に沿った各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。

40

【0114】

また、電荷出力素子10は、上述したように、電荷 $Q_z$ を出力することができるが、力検出装置1では、各外力を求める際、電荷 $Q_z$ を用いないことが好ましい。すなわち、力検出装置1は、圧縮や引張力を検出せずに、せん断力を検出する装置として用いることが好ましい。これにより、力検出装置1の温度変化に起因するノイズ成分を低減することが

50

できる。なお、電荷 $Q_z$ は、各外力を求める際に用いない場合でも、例えば、与圧ボルト71による与圧の調整に用いられる。

【0115】

なお、本実施形態では、前述した各圧電体層（第1の圧電体層121、第2の圧電体層123、第3の圧電体層131、第4の圧電体層133、第5の圧電体層141、および第6の圧電体層143）は、全て水晶を用いた構成としているが、各圧電体層は、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： $Pb(Zr, Ti)O_3$ ）、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等が挙げられる。しかしながら、各圧電体層は、水晶を用いた構成であることが好ましい。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。

10

【0116】

また、本実施形態では、第1のセンサー12、第2のセンサー13および第3のセンサー14の圧電体層の数は、2つであるが、これに限らず、例えば、1つであってもよい。

【0117】

以下、第1接合層126、136、146、151～154について説明する。

なお、本発明における第1圧電板および第2圧電板については、本実施形態では、下記の部材（部分）が、その第1圧電板および第2圧電板に相当する。

【0118】

20

すなわち、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123のいずれか一方が第1圧電板に相当し、他方が第2圧電板に相当する。また、第3の圧電体層131および第4の圧電体層133のいずれか一方が第1圧電板に相当し、他方が第2圧電板に相当する。また、第5の圧電体層141および第6の圧電体層143のいずれか一方が第1圧電板に相当し、他方が第2圧電板に相当する。また、第2の圧電体層123および第3の圧電体層131のいずれか一方が第1圧電板に相当し、他方が第2圧電板に相当する。また、第4の圧電体層133および第5の圧電体層141のいずれか一方が第1圧電板に相当し、他方が第2圧電板に相当する。

【0119】

30

また、第1の圧電体層121の上面、第2の圧電体層123の下面、第3の圧電体層131の上面、第4の圧電体層133の下面、第5の圧電体層141の上面および第6の圧電体層143の下面は、それぞれ、積層方向LDと直交（交差）する主面に相当する。

【0120】

図4および図5に示すように、積層方向LDから見て、第1接合層126の端部は、第1の圧電体層121の端部と第2の圧電体層123の端部に重ならない部分を有している。本実施形態では、積層方向LDから見て、第1接合層126の端部は、第1の圧電体層121の端部と第2の圧電体層123の端部のいずれにも重ならない。すなわち、第1接合層126の外周面（端部）は、その外周の1周に亘って、積層体110の側面110a、110b、110c、110dよりも内側に配置されており、側面電極171～174のいずれからも離間している。これにより、第1接合層126を介して発生するリーク電流、すなわち、第1接合層126を介して側面電極172、173および174に流れるリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

40

【0121】

他の第1接合層136、146、151、152、153および154についても同様である。

【0122】

すなわち、積層方向LDから見て、第1接合層136の端部は、第3の圧電体層131の端部と第4の圧電体層133の端部に重ならない部分を有している。本実施形態では、積層方向LDから見て、第1接合層136の端部は、第3の圧電体層131の端部と第4の圧電体層133の端部のいずれにも重ならない。すなわち、第1接合層136の外周

50



面（端部）は、その外周の1周に亘って、積層体110の側面110a、110b、110c、110dよりも内側に配置されており、側面電極171～174のいずれからも離間している。これにより、第1接合層136を介して発生するリーク電流、すなわち、第1接合層136を介して側面電極171、172および173に流れるリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0123】

また、積層方向LDから見て、第1接合層146の端部は、第5の圧電体層141の端部と第6の圧電体層143の端部に重ならない部分を有している。本実施形態では、積層方向LDから見て、第1接合層146の端部は、第5の圧電体層141の端部と第6の圧電体層143の端部とのいずれにも重ならない。すなわち、第1接合層146の外周面（端部）は、その外周の1周に亘って、積層体110の側面110a、110b、110c、110dよりも内側に配置されており、側面電極171～174のいずれからも離間している。これにより、第1接合層146を介して発生するリーク電流、すなわち、第1接合層146を介して側面電極171、172および174に流れるリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

10

【0124】

また、積層方向LDから見て、第1接合層151の端部は、第1のカバー基材161の端部と第1の圧電体層121の端部に重ならない部分を有している。本実施形態では、積層方向LDから見て、第1接合層151の端部は、第1のカバー基材161の端部と第1の圧電体層121の端部とのいずれにも重ならない。すなわち、第1接合層151の外周面（端部）は、その外周の1周に亘って、積層体110の側面110a、110b、110c、110dよりも内側に配置されており、側面電極171～174のいずれからも離間している。これにより、第1接合層151を介して発生するリーク電流、すなわち、第1接合層151を介して側面電極171、173および174に流れるリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

20

【0125】

また、積層方向LDから見て、第1接合層152の端部は、第2の圧電体層123の端部と第3の圧電体層131の端部に重ならない部分を有している。本実施形態では、積層方向LDから見て、第1接合層152の端部は、第2の圧電体層123の端部と第3の圧電体層131の端部とのいずれにも重ならない。すなわち、第1接合層152の外周面（端部）は、その外周の1周に亘って、積層体110の側面110a、110b、110c、110dよりも内側に配置されており、側面電極171～174のいずれからも離間している。これにより、第1接合層152を介して発生するリーク電流、すなわち、第1接合層152を介して側面電極171、173および174に流れるリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

30

【0126】

また、積層方向LDから見て、第1接合層153の端部は、第4の圧電体層133の端部と第5の圧電体層141の端部に重ならない部分を有している。本実施形態では、積層方向LDから見て、第1接合層153の端部は、第4の圧電体層133の端部と第5の圧電体層141の端部とのいずれにも重ならない。すなわち、第1接合層153の外周面（端部）は、その外周の1周に亘って、積層体110の側面110a、110b、110c、110dよりも内側に配置されており、側面電極171～174のいずれからも離間している。これにより、第1接合層153を介して発生するリーク電流、すなわち、第1接合層153を介して側面電極171、173および174に流れるリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

40

【0127】

また、積層方向LDから見て、第1接合層154の端部は、第6の圧電体層143の端部と第2のカバー基材162の端部に重ならない部分を有している。本実施形態では、積層方向LDから見て、第1接合層154の端部は、第6の圧電体層143の端部と第2のカバー基材162の端部とのいずれにも重ならない。すなわち、第1接合層154の外周

50

面（端部）は、その外周の1周に亘って、積層体110の側面110a、110b、110c、110dよりも内側に配置されており、側面電極171～174のいずれからも離間している。これにより、第1接合層154を介して発生するリーク電流、すなわち、第1接合層154を介して側面電極171、173および174に流れるリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0128】

このように、第1接合層126、136、146、151、152、153および154を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0129】

また、第1接合層126の外周面と、第1の圧電体層121および第2の圧電体層123の外周面（積層体110の側面110a、110b、110c、110d）との間の距離L1は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、0.05mm以上、2mm以下であることが好ましく、0.1mm以上、0.6mm以下であることがより好ましい。

【0130】

前記距離L1が前記下限値よりも小さいと、第1接合層126を介して発生するリーク電流が増大する虞がある。また、前記距離L1が前記上限値よりも大きいと、第1の圧電体層121と第2の圧電体層123との接合強度が低下する虞がある。

【0131】

なお、他の第1接合層136、146、151～154についての前記距離L1も同様である。

【0132】

また、積層方向LDから見て、第1接合層126は、第1の出力電極層124および第2の出力電極層125に包含されている。すなわち、第1接合層126は、第1の出力電極層124および第2の出力電極層125に重なっている。詳細には、積層方向LDから見て、第1接合層126は、側面電極171側の端部が、第1の出力電極層124および第2の出力電極層125の側面電極171側の端部よりも内側に位置している点を除き、第1の出力電極層124および第2の出力電極層125と同一形状をなしている。

【0133】

なお、他の第1接合層136、146、151～154についても同様に、それぞれ、積層方向LDから見て、その第1接合層の上下（隣）に配置されている出力電極層、グランド電極層に包含されている。すなわち、第1接合層136、146、151～154についても同様に、それぞれ、積層方向LDから見て、その第1接合層の上下に配置されている出力電極層、グランド電極層に重なっている。

【0134】

また、前述したように、第1基部2、および第2基部3とは、与圧ボルト71によって固定されている。

【0135】

この与圧ボルト71による固定は、頂面231と内壁面331との間に各センサーデバイス6を配置した状態で、与圧ボルト71を第2基部3の側壁33側から第1基部2の凸部23に向かって差し込み、与圧ボルト71の雄ネジ（図示せず）を第1基部2に形成された雌ネジ241に螺合する。このようにして、電荷出力素子10は、当該電荷出力素子10を収納するパッケージ60ごと第1基部2と第2基部3とによって所定の大きさの圧力、すなわち、与圧が加えられる。

【0136】

なお、第1基部2と、第2基部3とは、1つのセンサーデバイス6について2つの与圧ボルト71、すなわち合計で8つの与圧ボルト71により、互いに所定量の変位（移動）が可能ないように固定される。第1基部2と、第2基部3とが互いに所定量の変位が可能ないように固定されることで、力検出装置1に外力（せん断力）が加わることで電荷出力素子

10

20

30

40

50

10にせん断力が作用したとき、電荷出力素子10を構成する層同士の間での摩擦力が確実に生じ、よって、電荷を確実に検出することができる。また、各与圧ボルト71による与圧方向は、積層方向LDに平行な方向となっている。

【0137】

なお、力検出装置1全体の軸方向の力FA、軸方向の力FB、軸方向の力FC、軸周りの回転力MA、軸周りの回転力MBおよび軸周りの回転力MCは、各電荷出力素子10からの電荷の蓄積量に比例する信号に基づいて算出される。また、本実施形態では、電荷出力素子10は4つ設けられているが、電荷出力素子10は少なくとも3つ設けられていれば、回転力MA、MBおよびMCを算出することが可能である。

【0138】

以上説明したように、この力検出装置1によれば、第1接合層126、136、146、151~154を介して発生するリーク電流を抑制することができ、検出精度を向上させることができる。

【0139】

<力検出装置の第2実施形態>

図6および図7は、それぞれ、本発明の力検出装置の第2実施形態における電荷出力素子を概略的に示す断面図である。なお、図6は、第1実施形態の図4に対応し、図7は、第1実施形態の図5に対応している。

【0140】

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

【0141】

図6および図7に示すように、第2実施形態の力検出装置1では、電荷出力素子10は、第2接合層181、182、183、184、185、186および187を有している。

【0142】

第2接合層181は、第1のカバー基材161と第1の圧電体層121との間に設けられ、第1のカバー基材161の端部(外周部)と第1の圧電体層121の端部(外周部)とを接合している。また、第2接合層181は、側面電極171、173および174には接触しているが、第1接合層151およびグランド電極層111から離間している。

【0143】

これにより、第1接合層151を介して発生するリーク電流を抑制しつつ、第1のカバー基材161と第1の圧電体層121との接合強度を向上させることができる。

【0144】

他の第2接合層182、183、184、185、186および187についても同様である。

【0145】

すなわち、第2接合層182は、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、第1の圧電体層121の端部(外周部)と第2の圧電体層123の端部(外周部)とを接合している。また、第2接合層182は、側面電極172、173および174には接触しているが、第1接合層126、第1の出力電極層124および第2の出力電極層125から離間している。

【0146】

これにより、第1接合層126を介して発生するリーク電流を抑制しつつ、第1の圧電体層121と第2の圧電体層123との接合強度を向上させることができる。

【0147】

第2接合層183は、第2の圧電体層123と第3の圧電体層131との間に設けられ、第2の圧電体層123の端部(外周部)と第3の圧電体層131の端部(外周部)とを接合している。また、第2接合層183は、側面電極171、173および174には接触しているが、第1接合層152、グランド電極層112および113から離間している

10

20

30

40

50

。

【0148】

これにより、第1接合層152を介して発生するリーク電流を抑制しつつ、第2の圧電体層123と第3の圧電体層131との接合強度を向上させることができる。

【0149】

また、第2接合層184は、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、第3の圧電体層131の端部（外周部）と第4の圧電体層133の端部（外周部）とを接合している。また、第2接合層184は、側面電極171、172および173には接触しているが、第1接合層136、第3の出力電極層134および第4の出力電極層135から離間している。

10

【0150】

これにより、第1接合層136を介して発生するリーク電流を抑制しつつ、第3の圧電体層131と第4の圧電体層133との接合強度を向上させることができる。

【0151】

また、第2接合層185は、第4の圧電体層133と第5の圧電体層141との間に設けられ、第4の圧電体層133の端部（外周部）と第5の圧電体層141の端部（外周部）とを接合している。また、第2接合層185は、側面電極171、173および174には接触しているが、第1接合層153、グランド電極層114および115から離間している。

【0152】

これにより、第1接合層153を介して発生するリーク電流を抑制しつつ、第4の圧電体層133と第5の圧電体層141との接合強度を向上させることができる。

20

【0153】

また、第2接合層186は、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、第5の圧電体層141の端部（外周部）と第6の圧電体層143の端部（外周部）とを接合している。また、第2接合層186は、側面電極171、172および174には接触しているが、第1接合層146、第5の出力電極層144および第6の出力電極層145から離間している。

【0154】

これにより、第1接合層146を介して発生するリーク電流を抑制しつつ、第5の圧電体層141と第6の圧電体層143との接合強度を向上させることができる。

30

【0155】

また、第2接合層187は、第2のカバー基材162と第6の圧電体層143との間に設けられ、第2のカバー基材162の端部（外周部）と第6の圧電体層143の端部（外周部）とを接合している。また、第2接合層187は、側面電極171、173および174には接触しているが、第1接合層154およびグランド電極層116から離間している。

【0156】

これにより、第1接合層154を介して発生するリーク電流を抑制しつつ、第2のカバー基材162と第6の圧電体層143との接合強度を向上させることができる。

40

【0157】

また、第2接合層182の内周面と、第1接合層126、第1の出力電極層124および第2の出力電極層125の外周面との間の距離L2は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、0.05mm以上、2mm以下であることが好ましく、0.1mm以上、0.6mm以下であることがより好ましい。

【0158】

前記距離L2が前記下限値よりも小さいと、第1接合層126を介して発生するリーク電流が増大する虞がある。また、前記距離L2が前記上限値よりも大きいと、第1の圧電体層121と第2の圧電体層123との接合強度が低下する虞がある。

なお、他の第2接合層181、183～187についての前記距離L2も同様である。

50

## 【0159】

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。

## 【0160】

また、電荷出力素子10の第1のカバー基材161と第1の圧電体層121との間、第1の圧電体層121と第2の圧電体層123との間、第2の圧電体層123と第3の圧電体層131との間、第3の圧電体層131と第4の圧電体層133との間、第4の圧電体層133と第5の圧電体層141との間、第5の圧電体層141と第6の圧電体層143との間、第6の圧電体層141と第2のカバー基材162との間の接合強度を向上させることができ、信頼性の高い電荷出力素子10および力検出装置1を実現することができる。

10

## 【0161】

<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。

## 【0162】

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500は、基台510と、アーム520と、アーム520の先端側に設けられたエンドエフェクター530と、アーム520とエンドエフェクター530との間に設けられた力検出装置1とを有する。なお、力検出装置1としては、前述した各実施形態と同様のものを用いる。

20

## 【0163】

基台510は、アーム520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510は、例えば、床、壁、天井、移動可能な台車などに固定される。

## 【0164】

アーム520は、第1のアーム要素521、第2のアーム要素522、第3のアーム要素523、第4のアーム要素524および第5のアーム要素525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520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。

30

## 【0165】

エンドエフェクター530は、対象物を把持する機能を有する。エンドエフェクター530は、第1の指531および第2の指532を有している。アーム520の駆動によりエンドエフェクター530が所定の動作位置まで到達した後、第1の指531および第2の指532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。

## 【0166】

なお、エンドエフェクター530は、ここでは、ハンドであるが、本発明では、これに限定されるものではない。エンドエフェクターの他の例としては、例えば、部品検査用器具、部品搬送用器具、部品加工用器具、部品組立用器具、測定器等が挙げられる。これは、他の実施形態におけるエンドエフェクターについても同様である。

40

## 【0167】

力検出装置1は、エンドエフェクター530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が検出する力を基台510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500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が検出する力によって、単腕ロボット500は、エンドエフェクター530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500は、より安全に作業

50

を実行することができる。

【0168】

なお、図示の構成では、アーム520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520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。

【0169】

< 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。

【0170】

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600は、基台610と、第1のアーム620と、第2のアーム630と、第1のアーム620の先端側に設けられた第1のエンドエフェクター640aと、第2のアーム630の先端側に設けられた第2のエンドエフェクター640bと、第1のアーム620と第1のエンドエフェクター640a間および第2のアーム630と第2のエンドエフェクター640bとの間に設けられた力検出装置1を有する。なお、力検出装置1としては、前述した各実施形態と同様のものを用いる。

【0171】

基台610は、第1のアーム620および第2のアーム630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610は、例えば、床、壁、天井、移動可能な台車上などに固定される。

【0172】

第1のアーム620は、第1のアーム要素621および第2のアーム要素622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630は、第1のアーム要素631および第2のアーム要素632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620および第2のアーム630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。

【0173】

第1、第2のエンドエフェクター640a、640b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ー640aは、第1の指641aおよび第2の指642aを有している。第2のエンドエフェクター640bは、第1の指641bおよび第2の指642bを有している。第1のアーム620の駆動により第1のエンドエフェクター640aが所定の動作位置まで到達した後、第1の指641aおよび第2の指642a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630の駆動により第2のエンドエフェクター640bが所定の動作位置まで到達した後、第1の指641b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。

【0174】

力検出装置1は第1、第2のエンドエフェクター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1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1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ー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。

【0175】

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

10

20

30

40

50

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。

【0176】

以上、本発明のセンサー素子、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。

【0177】

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。

【0178】

また、本発明では、与圧ボルトに替えて、例えば、電荷出力素子（センサー素子）に与圧を加える機能を有してないものを用いてもよく、また、ボルト以外の固定方法を採用してもよい。

【0179】

また、本実施形態では、電荷出力素子の数は、4つであるが、本発明では、電荷出力素子の数は、1つ、2つ、3つ、または、5つ以上でもよい。

【0180】

また、本実施形態では、電荷出力素子は、第1のセンサー、第2のセンサーおよび第3のセンサーを有しているが、本発明では、電荷出力素子が有するセンサーの数は、1つ、2つ、または、4つ以上でもよい。

【0181】

また、本発明のロボットは、アームを有していれば、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。

【0182】

また、本発明の力検出装置は、ロボットに限らず、他の装置、例えば、電子部品搬送装置等の搬送装置、電子部品検査装置等の検査装置、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、部品加工装置、移動体等にも適用することができる。

【符号の説明】

【0183】

- 1 ... 力検出装置
- 2 ... 第1基部
- 2 2 ... 底板
- 2 3 ... 凸部
- 2 2 1 ... 下面（第1面）
- 2 3 1 ... 頂面
- 2 4 ... 壁部
- 2 4 1 ... 雌ネジ
- 2 7 1 ... 中心軸
- 2 7 2 ... 中心
- 3 ... 第2基部
- 3 2 ... 天板
- 3 3 ... 側壁
- 3 2 1 ... 上面（第2面）
- 3 3 1 ... 内壁面
- 4 ... アナログ回路基板
- 4 1 ... 孔
- 4 3 ... パイプ
- 5 ... デジタル回路基板

10

20

30

40

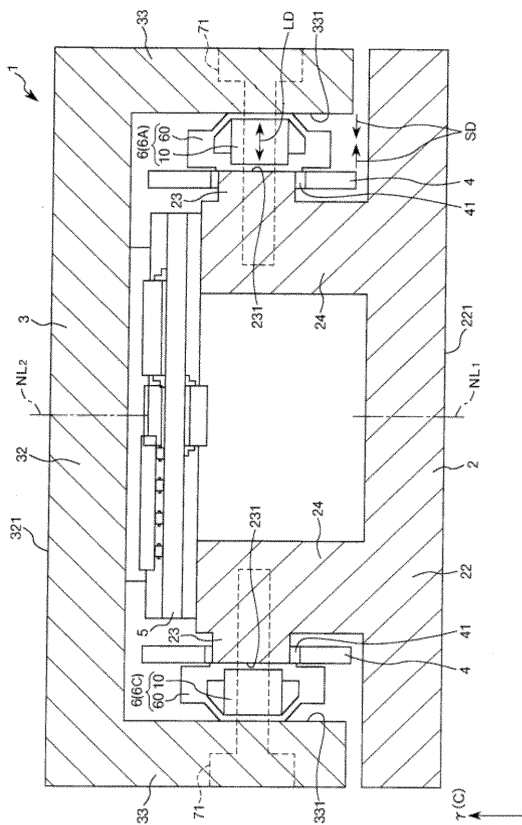
50

6、6 A、6 B、6 C、6 D ... センサーデバイス（圧力検出部）	
6 0 ... パッケージ（収容部）	
7 1 ... 与圧ボルト	
1 0 ... 電荷出力素子	
1 1 0 ... 積層体	
1 1 0 a、1 1 0 b、1 1 0 c、1 1 0 d ... 側面	
1 1 1 ~ 1 1 6 ... グランド電極層	
1 2 ... 第 1 のセンサー	
1 2 1 ... 第 1 の圧電体層	
1 2 3 ... 第 2 の圧電体層	10
1 2 4 ... 第 1 の出力電極層	
1 2 5 ... 第 2 の出力電極層	
1 2 6 ... 第 1 接合層	
1 3 ... 第 2 のセンサー	
1 3 1 ... 第 3 の圧電体層	
1 3 3 ... 第 4 の圧電体層	
1 3 4 ... 第 3 の出力電極層	
1 3 5 ... 第 4 の出力電極層	
1 3 6 ... 第 1 接合層	
1 4 ... 第 3 のセンサー	20
1 4 1 ... 第 5 の圧電体層	
1 4 3 ... 第 6 の圧電体層	
1 4 4 ... 第 5 の出力電極層	
1 4 5 ... 第 6 の出力電極層	
1 4 6 ... 第 1 接合層	
1 5 1 ~ 1 5 4 ... 第 1 接合層	
1 6 1 ... 第 1 のカバー基材	
1 6 2 ... 第 2 のカバー基材	
1 7 1 ... 第 1 の側面電極	
1 7 2 ... 第 2 の側面電極	30
1 7 3 ... 第 3 の側面電極	
1 7 4 ... 第 4 の側面電極	
1 8 1 ~ 1 8 7 ... 第 2 接合層	
5 0 0 ... 単腕口ポット	
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	40
5 2 5 ... 第 5 のアーム要素	
5 3 0 ... エンドエフェクター	
5 3 1 ... 第 1 の指	
5 3 2 ... 第 2 の指	
6 0 0 ... 複腕口ポット	
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	50

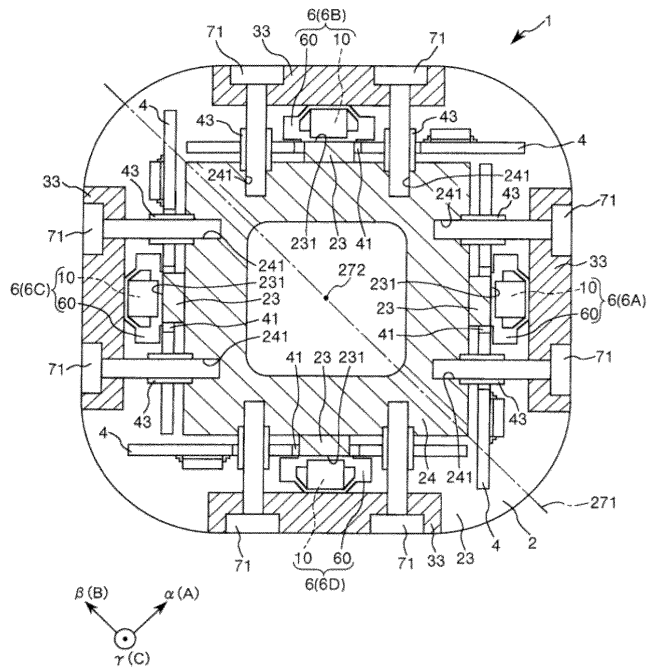


- 6 3 1 ... 第 1 のアーム要素
- 6 3 2 ... 第 2 のアーム要素
- 6 4 0 a ... 第 1 のエンドエフェクター
- 6 4 1 a ... 第 1 の指
- 6 4 2 a ... 第 2 の指
- 6 4 0 b ... 第 2 のエンドエフェクター
- 6 4 1 b ... 第 1 の指
- 6 4 2 b ... 第 2 の指
- N L 1、N L 2 ... 法線
- Q x、Q y、Q z ... 電荷

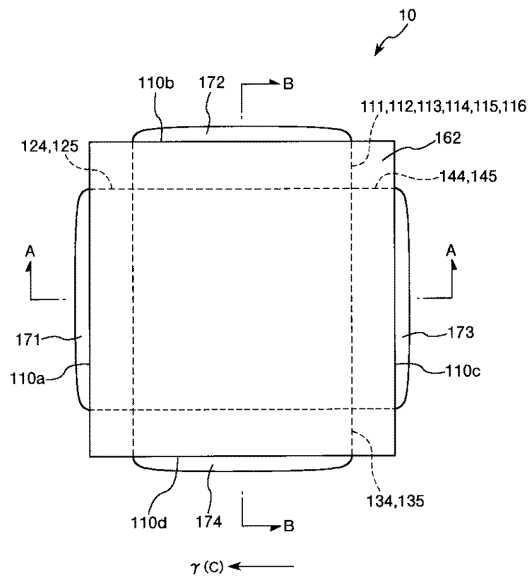
【 図 1 】



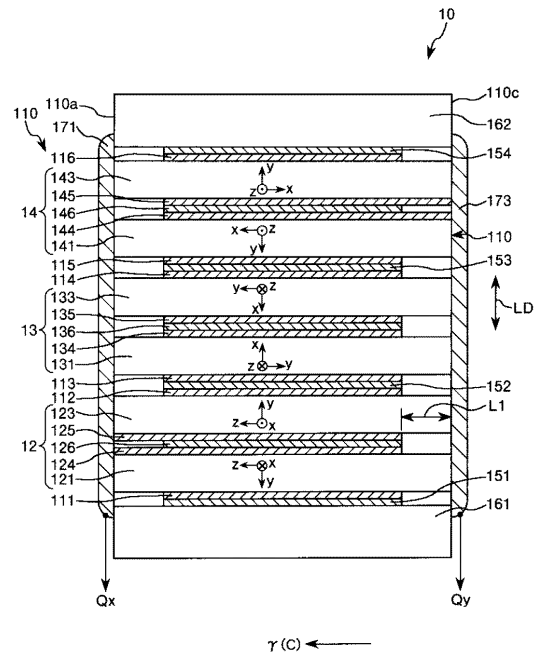
【 図 2 】



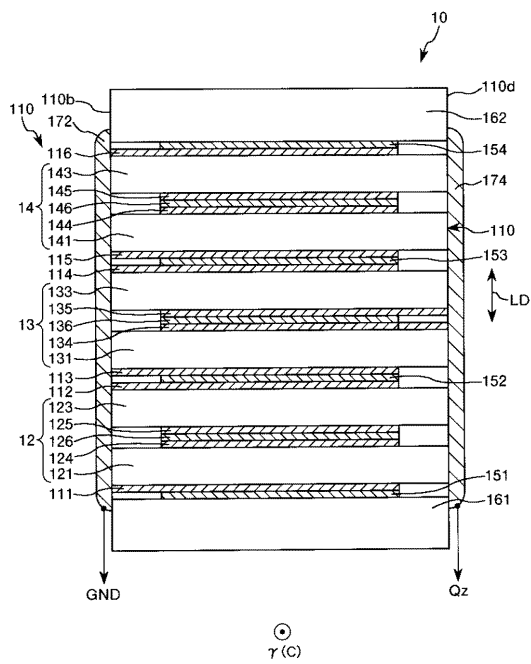
【 図 3 】



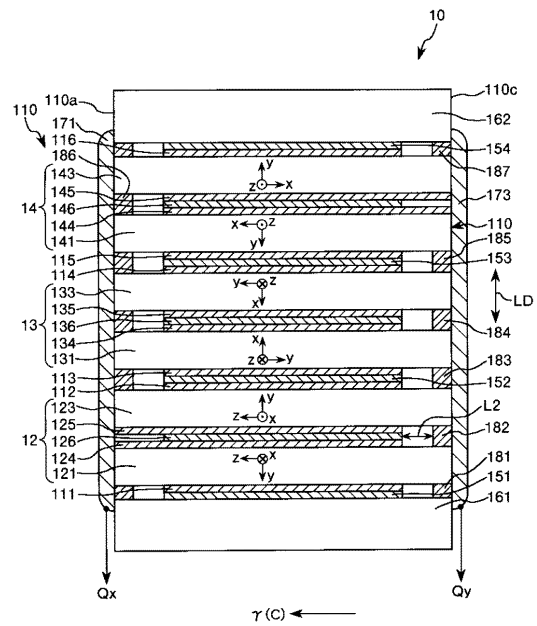
【 図 4 】



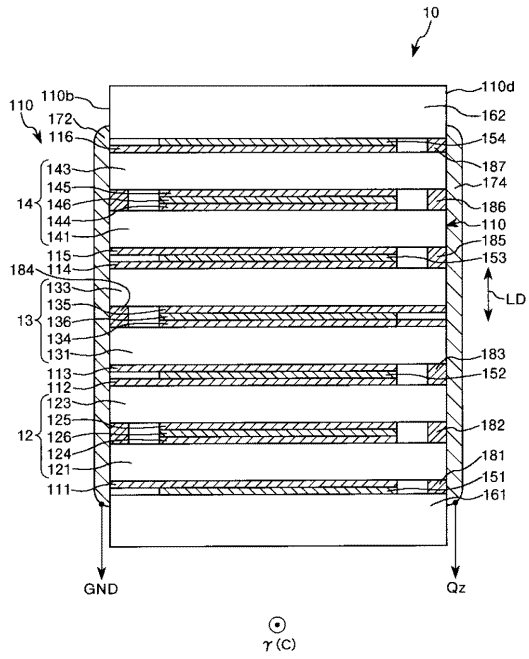
【 図 5 】



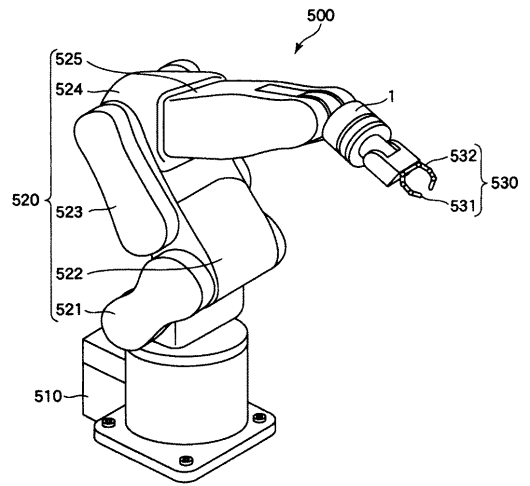
【 図 6 】



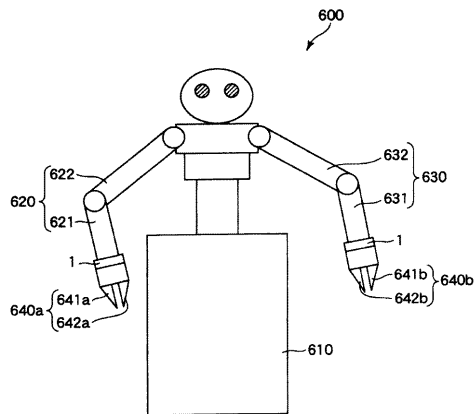
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 神谷 俊幸

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 KS33 KW03 KX06 MS07