

(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2013-152129

(P2013-152129A)

(43) 公開日 平成25年8月8日(2013.8.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G 0 1 L 5/00 (2006.01)</b>	G 0 1 L 5/00 1 0 1 Z	2 F 0 5 1
<b>B 2 5 J 15/08 (2006.01)</b>	B 2 5 J 15/08 W	3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-12755 (P2012-12755)  
 (22) 出願日 平成24年1月25日 (2012.1.25)

(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  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (72) 発明者 天野 隆祐  
 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 AB07  
 3C707 ES03 KS32 KS33 KV06 KW02  
 KW03 KX08 LV10

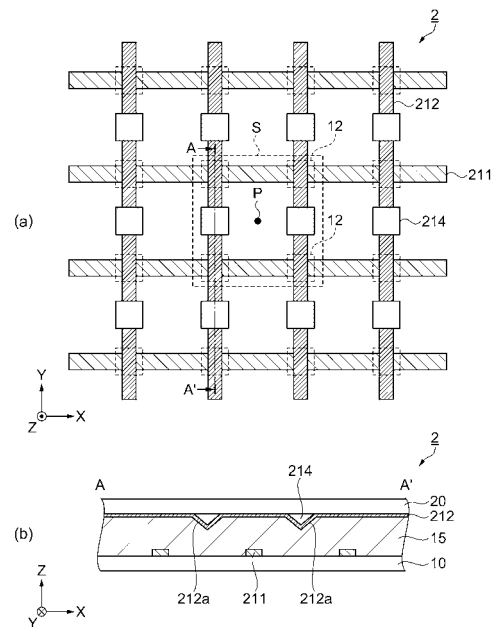
(54) 【発明の名称】 力検出器、圧力検出装置、電子機器及びロボット

(57) 【要約】

【課題】計測分解能が高く、計測感度が良い力検出器、これを備えた圧力検出装置、電子機器及びロボットを提供する事。

【解決手段】力検出器2は、第1電極配線211と、第2電極配線212と、形状支持体214と、複数個の検出部としての圧力センサー12とを備える。圧力センサー12は第1電極配線211と第2電極配線212との交点に設けられ、第2電極配線212は第1電極配線211よりも検出面側に配置される。第2電極配線212は圧力センサー12の外の領域で、形状支持体214に沿って屈曲する突出部212aを有している。一つの圧力センサー12に加えられた力が突出部212aによって分散され、第2電極配線212を経由して隣の圧力センサー12に伝播する事を抑制でき、検出面に加えられた力Pを正確に測定する事ができる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 基板と、  
可撓性を有する第 2 基板と、  
前記第 1 基板と前記第 2 基板との間に配置された感圧材料と、を備え、  
前記第 1 基板は、前記感圧材料に面する側において互いに間隔を置いて設けられた複数の第 1 電極配線を含み、  
前記第 2 基板は、前記感圧材料に面する側に設けられ、前記複数の第 1 電極配線と交差する第 2 電極配線を含み、  
前記第 1 電極配線と前記第 2 電極配線とが交差する領域が検出部であり、  
前記第 2 電極配線は、隣り合う前記検出部間において前記感圧材料側に屈曲または湾曲する突出部を有することを特徴とする力検出器。

10

**【請求項 2】**

前記第 2 基板は、隣り合う前記検出部間において前記第 2 電極配線を支持すると共に前記感圧材料側に屈曲または湾曲させる形状支持体を有することを特徴とする請求項 1 に記載の力検出器。

**【請求項 3】**

前記第 2 電極配線は、互いに間隔を置いて複数設けられ、  
前記形状支持体は、隣り合う前記第 2 電極配線間において互いに離間して配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の力検出器。

20

**【請求項 4】**

前記第 2 電極配線は、互いに間隔を置いて複数設けられ、  
前記形状支持体は、前記第 2 基板よりも弾性係数が大きく、隣り合う前記第 1 電極配線間において複数の前記第 2 電極配線に亘って配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の力検出器。

**【請求項 5】**

前記形状支持体は、前記第 2 基板に一体成形されていることを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれか一項に記載の力検出器。

**【請求項 6】**

前記第 2 電極配線と前記感圧材料との間に設けられ、少なくとも前記第 2 電極配線の前記突出部を覆う絶縁層を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の力検出器。

30

**【請求項 7】**

前記感圧材料が感圧導電性弾性体であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の力検出器。

**【請求項 8】**

前記感圧材料が弾性を有する誘電体物質であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の力検出器。

**【請求項 9】**

前記感圧材料が感圧スイッチであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の力検出器。

40

**【請求項 10】**

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の力検出器と、  
一方の面側に弾性体突起を有する第 3 基板と、を備え、  
前記第 3 基板は、前記弾性体突起の先端部が前記第 2 基板の前記感圧材料に面する側に対して反対側の表面に接するように前記力検出器に対向配置されていることを特徴とする圧力検出装置。

**【請求項 11】**

前記力検出器において、前記第 1 電極配線と前記第 2 電極配線とが交差する領域が検出部であり、

50

前記第 1 基板には基準点が定められると共に、前記検出部は前記基準点の周りに複数個設けられ、

前記第 3 基板は、前記弾性体突起の重心が前記基準点と重なると共に、前記弾性体突起の先端部が前記基準点に接するように前記力検出器に対向配置されていることを特徴とする請求項 10 に記載の圧力検出装置。

【請求項 12】

外力によって前記弾性体突起が弾性変形することにより複数の前記検出部で検出された圧力値のうち任意に組み合わせられた前記検出部でそれぞれ検出された圧力値の差分を演算し、その差分に基づいて外力が加えられた方向と外力の大きさを演算する演算装置を備えることを特徴とする請求項 11 に記載の圧力検出装置。

10

【請求項 13】

請求項 10 乃至 12 のいずれか一項に記載の圧力検出装置を備えたことを特徴とする電子機器。

【請求項 14】

請求項 10 乃至 12 のいずれか一項に記載の圧力検出装置を備えた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、力検出器、力検出器を備えた圧力検出装置、電子機器及びロボットに関する。

20

【背景技術】

【0002】

上記検出装置として、変位可能な接触子と、この接触子を表面に設け、接触子の変位を検出ポイントで検出して出力する感圧素子を備える触覚センサーが知られている（特許文献 1）。接触子は感圧素子の表面に三つ以上設けられ、感圧素子の検出ポイントは 1 つの接触子につき三つ以上設けられている。これにより、接触子に作用する物理量としての荷重を検出可能であると共に、感圧素子の表面において荷重がどの方向に加わっているかというモーメントを検出可能であるとしている。

図 17 (a) ~ (c) は特許文献 1 に示された感圧素子の構成を示す模式図である。上記特許文献 1 には、図 17 (a) ~ (c) に示すように、感圧導電シート 414 と、感圧導電シート 414 の一方の面側に設けた複数の第 1 電極 411 と、感圧導電シート 414 の他方の面側に第 1 電極 411 と交差するように設けられた第 2 電極 412 とを有し、第 1 電極 411 と第 2 電極 412 とが交差する領域が検出ポイント 413 として機能する感圧素子 400 の例が示されている。つまり、感圧素子 400 は、感圧導電シート 414 を介して第 1 電極 411 と第 2 電極 412 間の電気抵抗を検出するものである。したがって、触覚センサーは、感圧素子 400 によって検出された電気抵抗の変化に基づいて荷重を求めている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 164557 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記特許文献 1 では、図 17 (b) に示すように、第 2 電極 412 の延在方向 (C - C' 方向) に交差する方向 (R - R' 方向) では、例えば隣り合う検出ポイント 413 の間に荷重 F が加えられたとしても、隣り合う検出ポイント 413 のさらに外側に延在する第 2 電極 412 には荷重 F が伝わり難いので、第 2 電極 412 の延在方向に交差する方向における荷重 F の計測分解能は確保できる。しかしながら、図 17 (c) に示すように、第

50

2電極412の延在方向(C-C'方向)では、加えられた荷重Fが第2電極412の延在方向に伝播して分散する。それゆえに、第2電極412の延在方向に交差する方向に比べて延在方向における計測分解能や計測感度が低下して、接触子に加えられた荷重や荷重のモーメントを正確に測定できないという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

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。

【0006】

[適用例1] 本適用例に係る力検出器は、第1基板と、可撓性を有する第2基板と、第1基板と第2基板との間に配置された感圧材料とを備え、第1基板は、感圧材料に面する側において互いに間隔を置いて設けられた複数の第1電極配線を含み、第2基板は、感圧材料に面する側に設けられ複数の第1電極配線と交差する第2電極配線を含み、第1電極配線と第2電極配線とが交差する領域が検出部であり、第2電極配線は、隣り合う検出部間において感圧材料側に屈曲または湾曲する突出部を有することを特徴とする。

10

【0007】

本適用例によれば、一つの検出部に加えられた力が突出部によって分散されるので、加えられた力が第2電極配線を経由して隣の検出部に伝搬することを抑制できる。従って第2電極配線に沿った方向での計測分解能と検出感度との低下を抑制できる。即ち、検出面に加えられた力を正確に測定する事ができる。換言すると、計測分解能が高く、計測感度も良い力検出器を提供する事ができる。

20

【0008】

[適用例2] 上記適用例に係わる力検出器において、第2基板は、隣り合う検出部間において第2電極配線を支持すると共に感圧材料側に屈曲または湾曲させる形状支持体を有することを特徴とする。

【0009】

本適用例によれば、形状支持体に沿って第2電極配線を形成でき、第2電極配線の突出部を所望の形状に形成することが可能となる。

【0010】

[適用例3] 上記適用例に係わる力検出器において、第2電極配線は、互いに間隔を置いて複数設けられ、形状支持体は、隣り合う第2電極配線間において互いに離間して配置されていることを特徴とする。

30

【0011】

本適用例によれば、形状支持体すなわち突出部が互いに離間して配置されているため、一つの検出部に加えられた力が複数の突出部により分散されるので、加えられた力が第2電極配線を経由して隣の検出部に伝搬することをより抑制できる。

【0012】

[適用例4] 上記適用例に係わる力検出器において、第2電極配線は、互いに間隔を置いて複数設けられ、形状支持体は、第2基板よりも弾性係数が大きく、隣り合う第1電極配線間において複数の第2電極配線に亘って配置されていることを特徴とする。

40

【0013】

本適用例によれば、形状支持体の弾性係数が第2基板の弾性係数よりも大きいため、一つの検出部に加えられた力が形状支持体すなわち突出部を経由して隣の検出部に伝搬することを抑制できる。従って第2電極配線に沿った方向での計測分解能と検出感度との低下をより抑制できる。また形状支持体を、隣り合う第1電極配線間において複数の第2電極配線に亘って配置するため、形状支持体の形成を容易にする事ができる。

【0014】

[適用例5] 上記適用例に係わる力検出器において、形状支持体は、第2基板に一体成形されていることを特徴とする。

【0015】

50

本適用例によれば、形状支持体が第2基板に一体形成されているために、形状支持体の強度および耐久性を向上させることができる。また、高い生産効率を得ることができる。

【0016】

[適用例6] 上記適用例に係わる力検出器において、第2電極配線と感圧材料との間に設けられ、少なくとも第2電極配線の突出部を覆う絶縁層を備えることを特徴とする。

【0017】

本適用例によれば、第2電極配線の突出部が絶縁層で覆われているため、第2電極配線の突出部と第1電極配線間での力検出を防止することができる。すなわち、第1電極配線と第2電極配線とが交差する領域のみを検出部とすることができ、より正確な力検出が可能となる。

【0018】

[適用例7] 上記適用例に係わる力検出器において、感圧材料が感圧導電性弾性体であることを特徴とする。

【0019】

本適用例によれば、一つの検出部に加えられた力が第2電極配線を経由して隣の検出部に伝搬することを抑制できる。従って、ある検出部に作用した外力が、当該検出部の隣の検出部に配置された、感圧導電性弾性体からなる抵抗方式の圧力センサーによって誤検出されることを抑制できる。

【0020】

[適用例8] 上記適用例に係わる力検出器において、感圧材料が弾性を有する誘電体物質であることを特徴とする。

【0021】

本適用例によれば、一つの検出部に加えられた力が第2電極配線を経由して隣の検出部に伝搬することを抑制できる。従って、ある検出部に作用した外力が、当該検出部の隣の検出部に配置された、誘電体物質からなる誘電方式の圧力センサーによって誤検出されることを抑制できる。

【0022】

[適用例9] 上記適用例に係わる力検出器において、感圧材料が感圧スイッチであることを特徴とする。

【0023】

本適用例によれば、一つの検出部に加えられた力が第2電極配線を経由して隣の検出部に伝搬することを抑制できる。従って、ある検出部に作用した外力が、当該検出部の隣の検出部に配置された、圧力スイッチからなる圧力センサーによって誤検出されることを抑制できる。

【0024】

[適用例10] 本適用例に係わる圧力検出装置は、外力の大きさと方向とを検出する圧力検出装置であって、上記適用例に記載の力検出器と、一方の面側に弾性体突起を有する第3基板とを備え、第3基板は弾性体突起の先端部が第2基板の感圧材料に面する側に対して反対側の表面に接するように力検出器に対向配置されていることを特徴とする。

【0025】

本適用例によれば、弾性体突起の先端部が第2基板に当接した状態で滑り方向（圧力検出装置に平行な方向）に変形する事が可能であるので、特許文献1の触覚センサーに比べて、外力の大きさと方向との検出精度を高める事ができる。第3基板の表面に外力が付加されると、弾性体突起は先端部が第2基板に当接した状態で圧縮変形する。この時、面内の所定の方向の滑り力成分がある場合、弾性体突起の変形には偏りが生じる。即ち、弾性体突起の重心は所定方向（滑り方向）に移動する。すると、力検出器における複数の圧力センサーのうち弾性体突起の重心が移動した部分と重なる割合が相対的に大きくなる。つまり、各圧力センサーで異なる値の圧力値が検出される。具体的には、弾性体突起の重心と重なる位置の圧力センサーでは相対的に大きい圧力値が検出され、弾性体突起の重心と重ならない位置の圧力センサーでは相対的に小さい圧力値が検出される事となる。よって

10

20

30

40

50

、演算装置により、各圧力センサーで検出された圧力値の差分を演算し、その差分に基づいて外力が加えられた方向と大きさを求める事ができる。又、力検出器の感度と分解能とが優れているので、外力の大きさと方向とを高い精度で検出する圧力検出装置を提供する事ができる。

【0026】

[適用例11] 上記適用例に係わる圧力検出装置において、第1電極配線と第2電極配線とが交差する領域が検出部であり、第1基板には基準点が定められると共に、検出部は基準点の周りに複数個設けられ、第3基板は、弾性体突起の重心が基準点と重なると共に、弾性体突起の先端部が基準点に接するように力検出器に対向配置されていることを特徴とする。

10

【0027】

本適用例によれば、第3基板の表面に外力が付加されると、弾性体突起は先端部が第2基板に当接した状態で圧縮変形する。この時、面内の所定の方向の滑り力成分がある場合、弾性体突起の変形には偏りが生じる。即ち、弾性体突起の重心は基準点からずれて所定方向（滑り方向）に移動する。すると、基準点の周りに設けられた複数の検出部すなわち複数の圧力センサーのうち弾性体突起の重心が移動した部分と重なる割合が相対的に大きくなる。つまり、各圧力センサーで異なる値の圧力値が検出される。具体的には、弾性体突起の重心と重なる位置の圧力センサーでは相対的に大きい圧力値が検出され、弾性体突起の重心と重ならない位置の圧力センサーでは相対的に小さい圧力値が検出される事となる。よって、演算装置により、各圧力センサーで検出された圧力値の差分を演算し、その差分に基づいて外力が加えられた方向と大きさを求める事ができる。又、力検出器の感度と分解能とが優れているので、外力の大きさと方向とを高い精度で検出する圧力検出装置を提供する事ができる。

20

【0028】

[適用例12] 上記適用例に係わる圧力検出装置において、外力によって弾性体突起が弾性変形することにより複数の検出部で検出された圧力値のうち任意に組み合わせられた検出部でそれぞれ検出された圧力値の差分を演算し、その差分に基づいて外力が加えられた方向と外力の大きさを演算する演算装置を備えてもよい。

【0029】

[適用例13] 本適用例に係わる電子機器は、上記適用例に係わる圧力検出装置を備えることを特徴とする。

30

【0030】

この構成によれば、上述した圧力検出装置を備えているので、外力の方向と大きさを高い精度で検出する事が可能な電子機器を提供する事ができる。

【0031】

[適用例14] 本適用例に係わるロボットは、上記適用例に係わる圧力検出装置を備えることを特徴とする。

【0032】

この構成によれば、上述した圧力検出装置を備えているので、外力の方向と大きさを高い精度で検出する事が可能なロボットを提供する事ができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】(a)および(b)は実施形態1に係る力検出器の概略構成を示す図。

【図2】実施形態1に係る圧力検出装置の概略構成を示す分解斜視図。

【図3】(a)~(c)は実施形態1に係る圧力センサーによる断面形状の変化を示す断面図。

【図4】(a)~(c)は実施形態1に係る圧力センサーによる圧力値の変化を示す平面図。

【図5】実施形態1に係るセンシング領域の座標系を示す図。

【図6】実施形態1に係る圧力センサーによる垂直方向の圧力分布を示す図。

50

【図 7】実施形態 1 に係る圧力センサーによる滑り方向の計算例を示す図。

【図 8】実施形態 2 に係る圧力検出装置の概略構成を示す分解斜視図。

【図 9】(a) ~ (c) は実施形態 2 に係る圧力センサーによる断面形状の変化を示す断面図。

【図 10】(a) ~ (c) は実施形態 2 に係る圧力センサーによる圧力値の変化を示す平面図。

【図 11】実施形態 2 に係るセンシング領域の座標系を示す図。

【図 12】変形例 1 における形状支持体の平面形状を示す図。

【図 13】(a) ~ (d) は変形例 2 における形状支持体の断面形状を示す図。

【図 14】変形例 3 における力検出器の断面形状を説明した図。

10

【図 15】(a) および (b) は電子機器の一例携帯情報端末の概略構成を示す模式図。

【図 16】(a) および (b) はロボットの一例ロボットハンドの概略構成を示す模式図。

【図 17】(a) ~ (c) は特許文献 1 に示された感圧素子の構成を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、本発明を具体化した実施形態について図面に従って説明する。なお、使用する図面は、説明する部分が認識可能な状態となるように、適宜拡大または縮小して表示している。尚、以下の説明においては、図 1 中に示された X Y Z 直交座標系を設定し、この X Y Z 直交座標系を参照しつつ各部材について説明する。X Y Z 直交座標系は、X 軸及び Y 軸が第 1 基板 10 に対して平行な方向に設定され、X Y 平面 ( $z = 0$ ) を検出面 (図 1 (b) の第 2 基板 20 の表面側) と称す。又、Z 軸が第 1 基板 10 に対して直交する方向 (検出面の法線方向) に設定されている。

20

【0035】

なお、以下の形態において、例えば「基板上に」と記載された場合、基板の上に接するように配置される場合、または基板の上に他の構成物を介して配置される場合、または基板の上に一部が接するように配置され、一部が他の構成物を介して配置される場合を表すものとする。

【0036】

(実施形態 1)

<力検出器>

本実施形態の力検出器について、図 1 を参照して説明する。

図 1 は、実施形態 1 に係る力検出器の概略構成を示す図であり、(a) は平面図で、(b) は (a) の A - A' における断面図である。

本実施形態の力検出器 2 は図 1 (b) に示される様に、第 1 基板 10 と第 2 基板 20 と感圧材料 15 とを備える。本実施形態で、感圧材料 15 は感圧導電性弾性体である。感圧材料 15 は第 1 基板 10 の表面と第 2 基板 20 の裏面とで挟持され、第 2 基板 20 の表面側が検出面である。力検出器 2 はこの検出面に加えられた力を検出する。尚、第 1 基板 10 も第 2 基板 20 も一方の面を表面と称し、その反対の他方の面を裏面と称している。本明細書では、Z 軸の正の方向 (図 1 (b) の上向き) に面する方を表面と称し、Z 軸の負の方向 (図 1 (b) の下向き) に面する方を裏面と称する。

30

40

【0037】

力検出器 2 は更に第 1 電極配線 211 と第 2 電極配線 212 とを備え、第 1 電極配線 211 は第 1 基板 10 の表面に形成され、第 2 電極配線 212 は第 2 基板 20 の裏面に形成されている。従って、第 1 電極配線 211 と第 2 電極配線 212 との間に感圧材料 15 としての感圧導電性弾性体が備えられている。力検出器 2 の検出面が第 2 基板 20 の表面側なので、断面視にて、第 2 電極配線 212 は第 1 電極配線 211 よりも検出面側に配置されている事になる。一方、平面視においては、図 1 (a) に示される様に、第 1 電極配線 211 と第 2 電極配線 212 とは、互いに交差される様に配置され、第 1 電極配線 211 と第 2 電極配線 212 とが交差する領域が検出部であって、検出部には圧力センサー 12

50

が設けられる。即ち、力検出器 2 は感圧抵抗方式の複数の圧力センサー 1 2 を具備して構成されている。

【0038】

さらに、第 2 基板 2 0 の裏面には感圧材料 1 5 側に突出する形状支持体 2 1 4 を有しており、第 2 電極配線 2 1 2 は形状支持体 2 1 4 の形状に沿って形成される。即ち、第 2 電極配線 2 1 2 に沿って隣り合う圧力センサー 1 2 の間で、第 2 電極配線 2 1 2 は感圧材料 1 5 側に屈曲する突出部 2 1 2 a を有している。断面の形状が三角形の形状支持体 2 1 4 は、隣り合う第 2 電極配線 2 1 2 間において互いに離間して配置されている。

【0039】

第 1 基板 1 0 は、例えばガラスや石英及びプラスチック等の材料で構成された矩形板であり、第 1 基板 1 0 の大きさ（平面視のサイズ）は、例えば縦 2 0 mm × 横 2 0 mm 程度になっている。又、第 2 基板 2 0 は可撓性を有する例えばポリイミドフィルムやポリエステルフィルムなどのプラスチックフィルムを用いて構成されている。尚、感圧材料 1 5 は、誘電体物質でも構わず、第 1 電極配線 2 1 1 と第 2 電極配線 2 1 2 との間に誘電体物質を備えた静電容量方式の圧力センサー 1 2 を以て力検出器 2 を構成してもよい。また、感圧材料 1 5 は、加えられた圧力によって、電気的なスイッチングが生ずる感圧スイッチでもよい。

【0040】

形状支持体 2 1 4 は、第 2 基板 2 0 の弾性係数よりも大きい弾性係数を有する絶縁性の部材で構成することが好ましいが、上述した第 2 基板 2 0 を構成する部材と同じ部材を用いてもよい。これによれば、第 2 基板 2 0 と形状支持体 2 1 4 とを一体成形することもできる。

【0041】

< 圧力検出装置 >

次に、上述の力検出器 2 を用いた圧力検出装置について図 2 を参照して説明する。図 2 は、実施形態 1 に係る圧力検出装置の概略構成を示す分解斜視図である。図 2 において、符号 P は基準点、符号 S は 1 つの弾性体突起 3 2 に対応して配置された複数の圧力センサー 1 2 が検出する単位検出領域を示している。尚、図 1 ( a ) には、図 2 に対応させて、単位検出領域 S と基準点 P とを描いてある。

【0042】

本実施形態の圧力検出装置 1 は、基準点 P に加えられた外力の方向と大きさを検出する圧力センサー方式のタッチパッドであり、例えばノートパソコン等の電子機器においてマウスの代わりにポインティングデバイスとして用いられるものである。あるいは、ロボットハンドの指に取り付けられ、触覚センサーとして用いられるものである。尚、「基準点」とは、滑り力が作用していない場合に弾性体突起 3 2 の中心が位置するポイントである。

【0043】

図 2 に示す様に、圧力検出装置 1 は、基準点 P の周りに複数配置された圧力センサー 1 2、を有する力検出器 2 と、基準点 P に重なる位置に重心が位置すると共に外力によって先端部が力検出器 2 に当接した状態で弾性変形する弾性体突起 3 2 が形成された第 3 基板 3 0 と、を備えている。

【0044】

圧力検出装置 1 は、外力によって弾性体突起 3 2 が弾性変形する事により複数の圧力センサー 1 2 で検出された圧力値のうち任意に組み合わせられた各圧力センサー 1 2 で検出された圧力値の差分を演算し、その差分に基づいて外力が加えられた方向と大きさを演算する演算装置（図示略）を備えている。

【0045】

複数の圧力センサー 1 2 は、基準点 P に対して点対称に配置されている。例えば、複数の圧力センサー 1 2 は、互いに直交する二方向（X 方向及び Y 方向）に行列状に配置されている。これにより、基準点 P と各圧力センサー 1 2 との間の距離が互いに等しくなるの

10

20

30

40

50

で、弾性体突起 3 2 の変形と各圧力センサー 1 2 で検出される圧力値との関係が互いに等しくなる。よって、各圧力センサー 1 2 の圧力値のうち任意に組み合わせられた各圧力センサー 1 2 で検出された圧力値の差分を演算する事が容易となる。尚、圧力値の差分の演算方法については後述する。

#### 【 0 0 4 6 】

複数の圧力センサー 1 2 は、単位検出領域 S 当たり縦 2 行横 2 列に計 4 つ配置されている。4 つの圧力センサー 1 2 の中心（単位検出領域 S の中心）が基準点 P となっている。例えば、単位検出領域 S の大きさ（平面視のサイズ）は、縦 4 mm × 横 4 mm 程度になっている。また、4 つの圧力センサー 1 2 の各面積がほぼ等しくなっている。圧力センサー 1 2 は、接触面に外力が作用した時に加わる圧力を抵抗の変化として検出して電気信号に変換する。但し、圧力センサー 1 2 の方式については特に限定される事なく、この他に例えば、前述した静電容量方式などを用いる事ができる。

10

#### 【 0 0 4 7 】

第 3 基板 3 0 は、矩形板状の第 3 基板本体 3 1 と、第 3 基板本体 3 1 に配置された複数の弾性体突起 3 2 と、を具備して構成されている。第 3 基板本体 3 1 は、外力を受ける部分である。第 3 基板本体 3 1 は、例えばガラス、石英及びプラスチックなどの材料で構成する事もできるし、発泡ウレタン樹脂、シリコン樹脂等の樹脂材料で構成する事もできる。本実施形態では、第 3 基板本体 3 1 及び弾性体突起 3 2 の形成材料として樹脂材料を用い、第 3 基板本体 3 1 及び弾性体突起 3 2 を金型で一体形成している。

#### 【 0 0 4 8 】

複数の弾性体突起 3 2 は、第 3 基板本体 3 1 上において X 方向及び Y 方向に行列状に配置されている。弾性体突起 3 2 の先端部は、球面の錘状となっており、力検出器 2 に当接している。弾性体突起 3 2 の重心は、初期的に基準点 P と重なる位置に配置されている。また、複数の弾性体突起 3 2 は、互いに離間して配置されている。この為、弾性体突起 3 2 が弾性変形した時の第 3 基板本体 3 1 の面内に平行な方向の変形量を許容する事ができる。

20

#### 【 0 0 4 9 】

弾性体突起 3 2 のサイズは任意に設定する事ができる。ここでは、弾性体突起 3 2 の基部の径（弾性体突起 3 2 が第 3 基板本体 3 1 に接する部分の直径）は 5 mm 程度になっている。弾性体突起 3 2 の高さ（弾性体突起 3 2 の Z 方向の距離）は 5 mm 程度になっている。隣り合う弾性体突起 3 2 の離間間隔は 2 . 5 mm 程度になっている。弾性体突起 3 2 のデュロメーター硬さ（タイプ A、ISO 7 6 1 9 準拠のデュロメーターによる硬さ測定値）は 3 0 程度になっている。

30

#### 【 0 0 5 0 】

次に、基準点 P に作用する外力の方向と大きさを検出する方法について、図 3 及び図 4 を参照して説明する。図 3 ( a ) ~ ( c ) は、実施形態 1 に係る圧力検出装置の構造変化を示す断面図である。図 4 ( a ) ~ ( c ) は、図 3 ( a ) ~ ( c ) に対応した、実施形態 1 に係る圧力検出装置の圧力値の変化を示す平面図である。尚、図 3 ( a ) 及び図 4 ( a ) は第 3 基板 3 0 の表面に外力が付加される前の状態（外力の作用がないとき）を示している。図 3 ( b ) 及び図 4 ( b ) は第 3 基板 3 0 の表面に垂直方向（滑り力がない状態）の外力が付加された状態を示している。図 3 ( c ) 及び図 4 ( c ) は第 3 基板 3 0 の表面に斜め方向（滑り力がある状態）の外力が付加された状態を示している。また、図 4 ( a ) ~ ( c ) において、符号 G は弾性体突起 3 2 の重心（圧力中心）を示している。

40

#### 【 0 0 5 1 】

図 3 ( a ) 及び図 4 ( a ) に示す様に、圧力検出装置 1 の表面に外力が付加される前においては、弾性体突起 3 2 は変形しない。これにより、力検出器 2 と第 3 基板 3 0 との間の距離は一定に保たれる。この時、弾性体突起 3 2 の重心 G は基準点 P と重なる位置に配置されている。この時の各圧力センサー 1 2 の圧力値は例えばメモリー（図示省略）に記憶されている。メモリーに記憶された各圧力センサー 1 2 の圧力値を基準として外力の作用する方向や大きさが求められる。

50

## 【 0 0 5 2 】

図 3 ( b ) 及び図 4 ( b ) に示す様に、圧力検出装置 1 の表面に垂直方向の外力が付加された時には、弾性体突起 3 2 は先端部が力検出器 2 に配置された複数の圧力センサー 1 2 に当接した状態で Z 方向に圧縮変形する。これにより、第 2 基板 2 0 が - Z 方向に撓み、力検出器 2 と第 3 基板 3 0 との間の距離が外力の作用がない時に比べて小さくなる。この時の圧力センサー 1 2 の圧力値は、外力の作用がない時に比べて大きくなる。また、その変化量は各圧力センサー 1 2 と同値となる。

## 【 0 0 5 3 】

図 3 ( c ) 及び図 4 ( c ) に示す様に、圧力検出装置 1 の表面に斜め方向の外力が付加された時には、弾性体突起 3 2 は先端部が力検出器 2 に配置された複数の圧力センサー 1 2 に当接した状態で斜めに傾いて圧縮変形する。これにより、第 2 基板 2 0 が - Z 方向に撓み、力検出器 2 と第 3 基板 3 0 との間の距離が外力の作用がない時に比べて小さくなる。この時、弾性体突起 3 2 の重心 G は基準点 P から + X 方向及び + Y 方向にずれる。この場合、弾性体突起 3 2 の先端部と 4 つの圧力センサー 1 2 とがそれぞれ重なる面積が変化する。具体的には、弾性体突起 3 2 の先端部と、4 つの圧力センサー 1 2 のうち - X 方向及び - Y 方向に配置された圧力センサー 1 2 と重なる面積よりも + X 方向及び + Y 方向に配置された圧力センサー 1 2 と重なる面積のほうが大きくなる。

## 【 0 0 5 4 】

弾性体突起 3 2 は、斜め方向の外力により変形に偏りが生じる。即ち、弾性体突起 3 2 の重心 G は基準点 P からずれて滑り方向 ( X 方向及び Y 方向 ) に移動する。すると、各圧力センサー 1 2 で異なる値の圧力値が検出される。具体的には、弾性体突起 3 2 の重心 G と重なる位置の圧力センサー 1 2 では相対的に大きい圧力値が検出され、弾性体突起 3 2 の重心 G と重ならない位置の圧力センサー 1 2 では相対的に小さい圧力値が検出される事となる。そして、後述する差分の演算方法に基づいて外力が加えられた方向と大きさが求められる。

## 【 0 0 5 5 】

図 5 は、実施形態 1 に係るセンシング領域の座標系を示す図である。図 6 は、実施形態 1 に係る圧力センサーによる垂直方向の圧力分布を示す図である。図 7 は、実施形態 1 に係る圧力センサーによる滑り方向の計算例を示す図である。

## 【 0 0 5 6 】

図 5 に示す様に、複数の圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) は、単位検出領域 S 当たり縦 2 行横 2 列に計 4 つ配置されている。ここで、各圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) が検出する圧力値 ( 検出値 ) をそれぞれ  $P_{S1}$ 、 $P_{S2}$ 、 $P_{S3}$ 、 $P_{S4}$  とし、各圧力センサー 1 2 の面積を A とすると、外力の X 方向成分  $F_x$  ( 外力の面内方向成分のうち X 方向に作用する分力 ) は以下の式 ( 1 ) で表される。

## 【 0 0 5 7 】

## 【 数 1 】

$$F_x = \frac{(P_{S2}+P_{S4}) - (P_{S1}+P_{S3})}{P_{S1}+P_{S2}+P_{S3}+P_{S4}} \cdot f$$

## 【 0 0 5 8 】

また、外力の Y 方向成分  $F_y$  ( 外力の面内方向成分のうち Y 方向に作用する分力 ) は以下の式 ( 2 ) で表される。

## 【 0 0 5 9 】

## 【 数 2 】

$$F_y = \frac{(P_{S1}+P_{S2}) - (P_{S3}+P_{S4})}{P_{S1}+P_{S2}+P_{S3}+P_{S4}} \cdot f$$

## 【 0 0 6 0 】

尚、式 ( 1 ) 及び式 ( 2 ) の  $f$  は圧力検出装置 1 に固有な比例定数で力の単位を有する。また、外力の Z 方向成分  $F_z$  ( 外力の垂直方向成分 ) は以下の式 ( 3 ) で表される。

## 【 0 0 6 1 】

## 【 数 3 】

$$F_z = (P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} + P_{S4}) A$$

## 【 0 0 6 2 】

本実施形態では、外力の成分を検出する際に法線成分  $F_z$  に関しては式 ( 3 ) を用い、滑り力に関しては式 ( 1 ) 及び式 ( 2 ) を用いる。滑り力に関しては、次の手順を踏む。

まず、検出面上で第 1 軸 ( 例えば X 軸 ) と第 2 軸 ( 例えば Y 軸 ) とを定める。第 1 軸に沿った滑り力の成分を検出するには、基準点 P より第 1 軸の正の方向に位置する圧力センサー 1 2 ( 例えば圧力センサー S 2 ( 1 2 ) と圧力センサー S 4 ( 1 2 ) ) で検出された圧力値の和から、第 1 軸の負の方向に位置する圧力センサー 1 2 ( 例えば圧力センサー S 1 ( 1 2 ) と圧力センサー S 3 ( 1 2 ) ) で検出された圧力値の和を差し引き ( 1 軸差分と称する )、この数値 ( 1 軸差分 ) を用いて所定の演算を行って求める。同様に、第 2 軸に沿った滑り力の成分を検出するには、基準点 P より第 2 軸の正の方向に位置する圧力センサー 1 2 ( 例えば圧力センサー S 1 ( 1 2 ) と圧力センサー S 2 ( 1 2 ) ) で検出された圧力値の和から、第 2 軸の負の方向に位置する圧力センサー 1 2 ( 例えば圧力センサー S 3 ( 1 2 ) と圧力センサー S 4 ( 1 2 ) ) で検出された圧力値の和を差し引き ( 2 軸差分と称する )、この数値 ( 2 軸差分 ) を用いて所定の演算を行って求める。所定の演算の一例としては、先の数値 ( 1 軸差分や 2 軸差分 ) を、総ての圧力センサー 1 2 ( 例えば圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) ) で検出された圧力値の総和にて除し、圧力検出装置 1 に固有な比例定数  $f$  を乗ずる。

## 【 0 0 6 3 】

式 ( 1 ) に示す様に、外力の X 方向成分  $F_x$  においては、4 つの圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) で検出された圧力値のうち + X 方向に配置された圧力センサー S 2 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 4 ( 1 2 ) で検出された値が組み合わせられると共に、- X 方向に配置された圧力センサー S 1 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 3 ( 1 2 ) で検出された値が組み合わせられる。この様に、+ X 方向に配置された圧力センサー S 2 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 4 ( 1 2 ) の組み合わせによる圧力値と - X 方向に配置された圧力センサー S 1 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 3 ( 1 2 ) の組み合わせによる圧力値との差分に基づいて外力の X 方向成分が求められる。

## 【 0 0 6 4 】

式 ( 2 ) に示す様に、外力の Y 方向成分  $F_y$  においては、4 つの圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) で検出された圧力値のうち + Y 方向に配置された圧力センサー S 1 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 2 ( 1 2 ) で検出された値が組み合わせられると共に、- Y 方向に配置された圧力センサー S 3 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 4 ( 1 2 ) で検出された値が組み合わせられる。この様に、+ Y 方向に配置された圧力センサー S 1 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 2 ( 1 2 ) の組み合わせによる圧力値と - Y 方向に配置された圧力センサー S 3 ( 1 2 ) 及び圧力センサー S 4 ( 1 2 ) の組み合わせによる圧力値との差分に基づいて外力の Y 方向成分が求められる。

## 【 0 0 6 5 】

式 ( 3 ) に示す様に、外力の Z 方向成分  $F_z$  においては、4 つの圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) の圧力値を足し合わせた合力で求められる。但し、外力の Z 方向成分  $F_z$  は、外力の X 方向成分  $F_x$  及び外力の Y 方向成分  $F_y$  ( 分力 ) に比べて検出値が大きく検出される傾向がある。例えば、弾性体突起 3 2 の材質として硬いものを用いたり、先端部の形状を先鋭にしたりすると、外力の Z 方向成分  $F_z$  の検出感度が高くなる。しかしながら、弾性体突起 3 2 の材質として硬いものを用いると弾性体突起 3 2 が変形しにくく

10

20

30

40

50

なり外力の面内方向の検出値が小さくなってしまふ。また、弾性体突起 3 2 の先端部の形状を先鋭にすると接触面を指で触った時のタッチ感に強い感度（違和感）を与える場合がある。この為、外力の Z 方向成分  $F_z$  の検出値を、外力の X 方向成分  $F_x$  の検出値及び外力の Y 方向成分  $F_y$  の検出値と揃えるには、弾性体突起 3 2 の材質や形状によって決定される補正係数で検出値を適宜補正する必要がある。

#### 【 0 0 6 6 】

図 6 は、圧力検出装置 1 を 1 5 行 1 5 列の行列状（合計 2 2 5 個）に並べて、タッチパッドとした例で、各圧力検出装置 1 は、単位検出領域 S に圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) を縦 2 行横 2 列の合計 4 個配置している。図 6 では、タッチパッドの検出面の中央部より左上寄りの位置を指で斜めに押している。この時、外力の垂直方向（Z 方向）の圧力は、外力が作用した部分の中心部が最も大きくなっている（圧力センサー 1 2 の出力電圧が 9 0 m V ~ 1 2 0 m V 程度）。また、外力の垂直方向（Z 方向）の圧力は、中心部に次いでその周辺部（圧力センサー 1 2 の出力電圧が 6 0 m V ~ 9 0 m V 程度）、最外周部（圧力センサー 1 2 の出力電圧が 3 0 m V ~ 6 0 m V 程度）の順に小さくなっている。また、指で押されていない領域は、圧力センサー 1 2 の出力電圧が 0 m V ~ 3 0 m V 程度となっている。

10

#### 【 0 0 6 7 】

図 6 に示すタッチパッドの検出面の中央部より左上寄りの位置を指で斜めに押した場合に外力の面内方向成分（滑り方向）の算出方法を考える。図 7 は、外力を算出する一例を示している。図 7 の例では、指の押圧力（外力）は、縦 1 5 行 × 横 1 5 列に配置された圧力検出装置 1 の内の縦 3 行 × 横 3 列に配置された部分に作用している。外力の垂直方向の圧力は、図 6 と同様に、外力が作用した 3 行 3 列の中心部がもっとも大きくなっている（1 1 0 m V）。各圧力検出装置 1 は、それぞれ 4 つの圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) を有しており、4 つの圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) からの出力の和が外力の法線成分となる（上述の式（3））。例えば、先の中央部の圧力検出装置 1 では各圧力センサー 1 2 からの出力の和は  $5 4 \text{ m V} + 2 8 \text{ m V} + 1 8 \text{ m V} + 1 0 \text{ m V} = 1 1 0 \text{ m V}$  となっている。

20

#### 【 0 0 6 8 】

一方、各圧力センサー S 1 ( 1 2 ) ~ S 4 ( 1 2 ) で検出された圧力値のうち任意に組み合わせられた各圧力センサーで検出された圧力値の差分を演算し、その差分に基づいて外力が加えられた方向（滑り力の方向）が演算される。つまり、各圧力検出装置 1 にて、上述した式（1）及び式（2）に基づいて外力の X 方向成分  $F_x$  及び外力の Y 方向成分  $F_y$  が算出される。例えば、中心部の圧力検出装置 1 では  $F_x = ( 2 8 + 1 0 - 5 4 - 1 8 ) / 1 1 0 f = - 0 . 3 1 f$ 、 $F_y = ( 5 4 + 2 8 - 1 8 - 1 0 ) / 1 1 0 f = 0 . 4 9 f$  となっている。従って  $\tan \theta = - 0 . 4 9 / 0 . 3 1 = - 1 . 5 8$  となり、滑り力の方向は  $\theta = 1 2 2 ^\circ$  である。この様に 9 個の圧力検出装置 1 にて検出された滑り力の方向の平均を取ると、+ X 方向を基準として反時計回りに約  $1 2 3 ^\circ$  の方向に外力が作用している事が分かる。尚、外力の作用する方向の算出にあつては、ここで行われた様に複数の圧力検出装置 1 から算出された結果の平均値で求める方法の他に、例えば、複数の圧力検出装置 1 から算出された結果の最大値を採用する方法や、所定の閾値よりも大きい検出値を採用する方法等を用いる事ができる。

30

40

#### 【 0 0 6 9 】

本実施形態の力検出器 2 によれば、隣り合う圧力センサー 1 2 間の第 2 電極配線 2 1 2 に突出部 2 1 2 a が設けられているので、一つの圧力センサー 1 2 に加えられた力が第 2 電極配線 2 1 2 を経由して隣の圧力センサー 1 2 に伝播する事を抑制できる。従って、第 2 電極配線 2 1 2 に沿った方向での計測分解能と検出感度との低下を抑制できる。即ち、検出面に加えられた力を正確に測定する事ができる。換言すると、計測分解能が高く、計測感度も良い力検出器 2 を提供する事ができる。又、第 1 電極配線 2 1 1 が真っ直ぐな帯状となるので、製造が容易で有る上に、複数個の圧力センサー 1 2 を行列状に配置できる。

50

## 【0070】

本実施形態の圧力検出装置1によれば、弾性体突起32の先端部が力検出器2（複数の圧力センサー12）に当接した状態で滑り方向（圧力センサー12表面に平行な方向）に変形する事が可能であるので、特許文献1の触覚センサーに比べて、外力の方向と大きさの検出精度を高める事ができる。圧力検出装置1の表面に外力が付加されると、弾性体突起32は先端部が力検出器2に配置された複数の圧力センサー12に当接した状態で圧縮変形する。この時、面内の所定の方向の滑り力成分がある場合、弾性体突起32の変形には偏りが生じる。即ち、弾性体突起32の重心は基準点Pからずれて所定方向（滑り方向）に移動する。すると、複数の圧力センサー12のうち弾性体突起32の重心が移動した部分と重なる割合が相対的に大きくなる。つまり、各圧力センサーS1（12）～S4（12）で異なる値の圧力値が検出される。具体的には、弾性体突起32の重心と重なる位置の圧力センサー12では相対的に大きい圧力値が検出され、弾性体突起32の重心と重ならない位置の圧力センサー12では相対的に小さい圧力値が検出される事となる。よって、演算装置により、各圧力センサーS1（12）～S4（12）で検出された圧力値の差分を演算し、その差分に基づいて外力が加えられた方向と大きさを求める事ができる。従って、外力の方向と大きさを高い精度で検出する事が可能な圧力検出装置1を提供する事ができる。

10

## 【0071】

本実施形態によれば、複数の圧力センサー12が基準点Pに対して点対称に配置されているので、基準点Pと各圧力センサー12との間の距離が互いに等しくなる。この為、弾性体突起32の変形量と各圧力センサーS1（12）～S4（12）で検出される圧力値の関係が互いに等しくなる。例えば、複数の圧力センサー12が基準点Pから互いに異なる距離に配置される場合、弾性体突起32の変形量が同じであっても、各圧力センサー12で検出された圧力値は互いに異なる事となる。この為、検出値の差分を演算する際に各圧力センサーS1（12）～S4（12）の配置位置に応じた補正係数が必要となる。しかしながら、本実施形態によれば、弾性体突起32の変形量と各圧力センサーS1（12）～S4（12）が検出する圧力値との関係が互いに等しくなるので、前記補正係数は不要となる。従って、各圧力センサーS1（12）～S4（12）の圧力値の差分から外力の方向と大きさを演算する事が容易となり、外力を効率よく検出する事ができる。

20

## 【0072】

本実施形態によれば、複数の圧力センサー12が互いに直交する二方向に行列状に配置されているので、各圧力センサーS1（12）～S4（12）で検出された圧力値のうち任意に組み合わせられた各圧力センサー12で検出された圧力値の差分から外力の方向と大きさを演算する事が容易となる。例えば、面内方向成分のうちX方向成分を演算する場合、複数の圧力センサー12が複数の方向にランダムに配置されている場合に比べて、相対的に+X方向に配置された圧力センサーS2（12）及び圧力センサーS4（12）の組み合わせと相対的に-X方向に配置された圧力センサーS1（12）及び圧力センサーS3（12）の組み合わせとを区別して選出しやすくなる。従って、外力を効率よく検出する事ができる。

30

## 【0073】

本実施形態によれば、第3基板本体31には、複数の弾性体突起32が互いに離間して配置されているので、弾性体突起32が弾性変形した時の第3基板本体31の面内に平行な方向の変形量を許容する事ができる。例えば、一方の弾性体突起32が変形した時に他方の弾性体突起32に変形の影響を及ぼす事を抑制する事ができる。この為、複数の弾性体突起32が互いに接触して配置されている場合に比べて、外力を正確に各圧力センサーS1（12）～S4（12）に伝達する事ができる。従って、外力の方向と大きさを高い精度で検出する事ができる。

40

## 【0074】

尚、本実施形態においては、圧力センサー12が単位検出領域S当たり縦2行横2列に計4つ配置されている例を挙げて説明したが、これに限らない。圧力センサー12は、単

50

位検出領域S当たり3つ以上配置されていけばよい。

【0075】

(実施形態2)

<他の圧力検出装置>

次に、実施形態2の圧力検出装置について図8～図11を参照して説明する。

図8は、図2に対応した、本発明の実施形態2に係る圧力検出装置の概略構成を示す分解斜視図である。図8において、符号Pは基準点、符号Sは1つの弾性体突起32に対応して配置された複数の圧力センサー112が検出する単位検出領域を示している。本実施形態の圧力検出装置4は、複数の圧力センサー112が互いに直交する二方向に少なくとも縦4行横4列に配置されている点で、上述の実施形態1で説明した圧力検出装置1と異なる。図8において、図2と同様の構成には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。尚、図8においては、便宜上、複数の圧力センサー112が単位検出領域S当たり縦4行横4列に配置されているが、実際には図10及び図11に示す様に複数の圧力センサー112が単位検出領域S当たり縦4行横4列以上に配置されていても良い。

10

【0076】

図8に示す様に、圧力検出装置4は、基準点Pの周りに複数配置された圧力センサー112、を有する力検出器3と、基準点Pに重なる位置に重心が位置すると共に外力によって先端部が力検出器3に当接した状態で弾性変形する弾性体突起32、が形成された第3基板30と、を備えている。

【0077】

複数の圧力センサー112は、互いに直交する二方向(X方向及びY方向)に少なくとも縦4行横4列に計16個配置されている。具体的には、複数の圧力センサー112は、単位検出領域S当たり少なくとも縦4行横4列に計16個配置されている。これら16個の圧力センサー112の中心(単位検出領域Sの中心)が基準点Pとなっている。

20

【0078】

図9(a)～(c)は、図3(a)～(c)に対応した、実施形態2に係る圧力検出装置4の構造の変化を示す断面図である。図10(a)～(c)は、図9(a)～(c)に対応した、実施形態2に係る圧力検出装置4の圧力値の変化を示す平面図である。尚、図9(a)及び図10(a)は圧力検出装置4の表面に外力が付加される前の状態(外力の作用がないとき)を示している。図9(b)及び図10(b)は圧力検出装置4の表面に垂直方向の外力が付加された状態を示している。図9(c)及び図10(c)は圧力検出装置4の表面に斜め方向の外力が付加された状態を示している。また、図10(a)～(c)において、符号Gは弾性体突起32の重心を示している。図9及び図10において、図3及び図4と同様の構成には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

30

【0079】

図9(a)及び図10(a)に示す様に、圧力検出装置4の表面に外力が付加される前においては、弾性体突起32は変形しない。これにより、力検出器3と第3基板30との間の距離は一定に保たれる。この時、弾性体突起32の重心Gは基準点Pと重なる位置に配置されている。この時の各圧力センサー112の圧力値は例えばメモリー(図示省略)に記憶されている。メモリーに記憶された各圧力センサー112の圧力値を基準として外力の作用する方向や大きさが求められる。

40

尚、力検出器3は、第1電極配線311を有する第1基板110と、第1電極配線311に対して交差する方向に配置された第2電極配線312を有する第2基板120と、両基板に挟持された感圧材料15とにより構成されている。第1基板110や第2基板120の材料構成は、実施形態1と同様である。

【0080】

図9(b)及び図10(b)に示す様に、圧力検出装置4の表面に垂直方向の外力が付加された時には、弾性体突起32は先端部が力検出器3の表面に配置された複数の圧力センサー112に当接した状態でZ方向に圧縮変形する。これにより、第2基板120が-Z方向に撓み、力検出器3と第3基板30との間の距離が外力の作用がない時に比べて小

50

さくなる。この時の圧力センサー 112 で検出された圧力値は、外力の作用がない時に比べて大きくなる。

【0081】

図9(c)及び図10(c)に示す様に、圧力検出装置4の表面に斜め方向の外力が付加された時には、弾性体突起32は先端部が力検出器3の表面に配置された複数の圧力センサー112に当接した状態で斜めに傾いて圧縮変形する。これにより、第2基板120が-Z方向に撓み、力検出器3と第3基板30との間の距離が外力の作用がない時に比べて小さくなる。また、第2基板120の撓み量は-X方向成分よりも+X方向成分の方が大きくなる。この時、弾性体突起32の重心Gは基準点Pから+X方向及び+Y方向にずれる。この場合、弾性体突起32の先端部と複数の圧力センサー112との重なる面積の割合は、-X方向及び-Y方向に配置された部分と重なる面積よりも+X方向及び+Y方向に配置された部分と重なる面積のほうが重なる面積の割合が大きくなる。

10

【0082】

図11は、図5に対応した、実施形態2に係るセンシング領域の座標系を示す図である。尚、図11において、複数の圧力センサー $S_i(112)$ (100個)が行列状に配置されており、このうちの25の圧力センサー $S_i(112)$ がそれぞれ-X方向及び+Y方向に区画された領域、+X方向及び+Y方向に区画された領域、-X方向及び-Y方向に区画された領域、+X方向及び-Y方向に区画された領域に配置されている。また、図11においては、便宜上、100個の圧力センサー $S_i(112)$ を図示しているが、圧力センサー $S_i(112)$ の配置数はこれに限らず任意に変更することができる。

20

【0083】

図11に示す様に、複数の圧力センサー $S_i(112)$ は、単位検出領域 $S$ 当たり縦10行横10列に計100個配置されている。ここで、各圧力センサー $S_i(112)$ が検出する圧力値(検出値)をそれぞれ $P_i(i=1\sim 100)$ 、基準点 $P$ と各圧力センサー $S_i(112)$ との間の距離の面内方向成分を $r_i(i=1\sim 100)$ とする。また、面内方向成分のうちX方向成分を $r_{xi}(i=1\sim 100)$ 、面内方向成分のうちY方向成分を $r_{yi}(i=1\sim 100)$ とすると、外力のX方向成分 $F_x$ (外力の面内方向成分のうちX方向に作用する分力)は以下の式(4)で表される。

【0084】

【数4】

$$F_x = \frac{\sum_i P_i r_{xi}}{\sum_i P_i} \cdot g$$

30

【0085】

また、外力のY方向成分 $F_y$ (外力の面内方向成分のうちY方向に作用する分力)は以下の式(5)で表される。

【0086】

【数5】

$$F_y = \frac{\sum_i P_i r_{yi}}{\sum_i P_i} \cdot g$$

40

【0087】

尚、式(4)及び式(5)の $g$ は圧力検出装置4に固有な比例定数で力/長さの単位を有する。また、外力のZ方向成分 $F_z$ (外力の垂直方向成分)は以下の式(6)で表される。式(6)の $A$ は、一つの圧力センサー112の面積である。

【0088】

50

## 【数 6】

$$F_z = A \sum_i P_i$$

## 【0089】

本実施形態では、外力の成分を検出する際に法線成分  $F_z$  に関しては式(6)を用い、滑り力に関しては式(4)及び式(5)を用いる。滑り力の検出に関しては、次の手順を踏む。まず、検出面上で第1軸(例えばX軸)と第2軸(例えばY軸)とを定める。第1軸に沿った滑り力の成分を検出するには、各圧力センサー112で検出された圧力値を距離の第1軸成分で重み付けし、これら重み付けされた圧力値(第1モーメントと称する)の総和を用いて所定の演算を行って求める。同様に、第2軸に沿った滑り力の成分を検出するには、各圧力センサー112で検出された圧力値を距離の第2軸成分で重み付けし、これら重み付けされた圧力値(第2モーメントと称する)の総和を用いて所定の演算を行って求める。所定の演算の一例としては、重み付けされた圧力値の総和を、総ての圧力センサー112で検出された圧力値の総和にて除し、圧力検出装置4に固有な比例定数  $g$  を乗ずる。

10

## 【0090】

式(4)に示す様に、第1軸をX軸とし、外力のX方向成分  $F_x$  を求めるには、100個の圧力センサー  $S_i(112)$  で検出された圧力値を用いて100個の第1モーメントを求め、これを総ての圧力センサー112で検出された圧力値の総和にて除し、圧力検出装置4に固有な比例定数  $g$  を乗ずる。

20

## 【0091】

同様に、式(5)に示す様に、第2軸をY軸とし、外力のY方向成分  $F_y$  を求めるには、100個の圧力センサー  $S_i(112)$  の圧力値を用いて100個の第2モーメントを求め、これを総ての圧力センサー112で検出された圧力値の総和にて除し、圧力検出装置4に固有な比例定数  $g$  を乗ずる。

## 【0092】

式(6)に示す様に、外力のZ方向成分  $F_z$  を求めるには、100個の圧力センサー  $S_i(112)$  で検出された圧力値を足し合わせ、これに一つの圧力センサー112の面積  $A$  を乗ずる。但し、外力のZ方向成分  $F_z$  は、外力のX方向成分  $F_x$  及び外力のY方向成分  $F_y$  に比べて検出値が大きく検出される傾向がある。この為、外力のZ方向成分  $F_z$  の検出値を、外力のX方向成分  $F_x$  の検出値及び外力のY方向成分  $F_y$  の検出値と揃えるには、弾性体突起32の材質や形状によって決定される補正係数で検出値を適宜補正する必要がある。

30

## 【0093】

本実施形態の圧力検出装置4によれば、複数の圧力センサー112が互いに直交する二方向に少なくとも縦4行横4列に配置されているので、実施形態1に比べて配置される圧力センサー112の数が多くなる。この為、多数の圧力センサー112で検出された圧力値に基づいて、外力の作用する方向と大きさをより正確に求める事ができる。

## 【0094】

尚、本発明は上述した実施形態に限定されず、上述した実施形態に種々の変更や改良などを加える事が可能である。変形例を以下に述べる。

40

## 【0095】

(変形例1)

図12は変形例1における形状支持体の平面形状を説明した図である。以下、図12を用いて変形例1を説明する。実施形態1では形状支持体214は、隣り合う第2電極配線212間において互いに離間して配置されていたが、形状支持体214は、第2基板20よりも弾性係数が大きく、隣り合う第1電極配線211間において複数の第2電極配線212に亘って配置されていてもよい。

## 【0096】

50

本変形例に示す様に、形状支持体 2 1 4 の弾性係数が第 2 基板 2 0 の弾性係数よりも大きいと、一つの圧力センサー 1 2 に加えられた力が形状支持体 2 1 4 を経由して隣の圧力センサー 1 2 に伝搬することを抑制できる。従って第 2 電極配線 2 1 2 に沿った方向での計測分解能と検出感度との低下を抑制できる。即ち、検出面に加えられた力を正確に測定することができる。換言すると、計測分解能が高く、計測感度も良い力検出器を提供することができる。また形状支持体 2 1 4 を、隣り合う第 1 電極配線 2 1 1 間において複数の第 2 電極配線 2 1 2 に亘って配置するため、形状支持体 2 1 4 の形成を容易にする事ができる。

#### 【0097】

##### (変形例 2)

図 1 3 は変形例 2 における形状支持体の断面形状を説明した図である。以下、図 1 3 を用いて変形例 2 を説明する。実施形態 1 では、形状支持体 2 1 4 の断面形状は三角形であって第 2 電極配線 2 1 2 に沿って設けられた突出部 2 1 2 a は 3 か所の屈曲点を有していたが、屈曲点の個数はこれに限られず、1 つ以上有ればよく、あるいは湾曲していても良い。図 1 3 ( a ) に示すように第 2 電極配線 2 1 2 は断面形状が長方形の形状支持体 2 1 4 に沿うように設けられた突出部 2 1 2 b を有している。図 1 3 ( b ) に示すように第 2 電極配線 2 1 2 は断面形状が台形の形状支持体 2 1 4 に沿うように設けられた突出部 2 1 2 c を有している。したがって図 1 3 ( a ) および ( b ) では 4 か所の屈曲点を有している。図 1 3 ( c ) に示すように第 2 電極配線 2 1 2 は断面形状が三角形の複数 ( 2 つ ) の形状支持体 2 1 4 に沿うように設けられた複数 ( 2 つ ) の突出部 2 1 2 a を有している。したがって、図 1 3 ( c ) では 6 か所の屈曲点を有している。図 1 3 ( d ) に示すように第 2 電極配線 2 1 2 は断面形状が半円形の形状支持体 2 1 4 に沿うように設けられた突出部 2 1 2 d を有している。図 1 3 ( d ) では突出部 2 1 2 d が湾曲している。即ち、第 2 電極配線 2 1 2 に設けられる突出部は複数の屈曲点あるいは湾曲点を有した断面形状を採用することができる。

#### 【0098】

特に図 1 3 ( c ) に示す様に、第 2 電極配線 2 1 2 が圧力センサー 1 2 の外の領域に屈曲点を有する突出部 2 1 2 a を複数個有すると、屈曲する箇所が多くなるので、一つの圧力センサー 1 2 に加えられた力が第 2 電極配線 2 1 2 を経由して隣の圧力センサー 1 2 に伝播する事をより確実に抑制できる。即ち、第 2 電極配線 2 1 2 に沿った方向での計測分解能と検出感度との低下をより確実に抑制できる。

#### 【0099】

##### (変形例 3)

図 1 4 は変形例 3 における力検出器の断面形状を説明した図である。以下、図 1 4 を用いて変形例 3 を説明する。実施形態 1 では形状支持体 2 1 4 に沿って感圧材料 1 5 側に屈曲又は湾曲した突出部 2 1 2 a が感圧材料 1 5 に直接接する構造であったのに対し、変形例 3 では形状支持体 2 1 4 に沿って感圧材料 1 5 側へ突出した第 2 電極配線 2 1 2 の突出部 2 1 2 a に絶縁層 2 1 5 を設け、該突出部 2 1 2 a においては第 2 電極配線 2 1 2 と感圧材料 1 5 とが絶縁される点が異なる。絶縁層 2 1 5 は第 1 電極配線 2 1 1 と第 2 電極配線 2 1 2 が交差する領域に被らないよう設けられていれば良い。

#### 【0100】

本変形例に示す様に、突出部 2 1 2 a において第 2 電極配線 2 1 2 と感圧材料 1 5 とが絶縁されると、感圧材料 1 5 側へ突出した第 2 電極配線 2 1 2 と第 1 電極配線 2 1 1 間での力検出を防止することができる。すなわち、第 1 電極配線 2 1 1 と第 2 電極配線 2 1 2 とが交差する領域のみを検出部とすることができ、より正確な力検出が可能となる。

#### 【0101】

##### <電子機器>

図 1 5 ( a ) は、上記実施形態に係る圧力検出装置 1 , 4 又は、上記変形例に係わる力検出器を用いた圧力検出装置 1 , 4 を適用した電子機器としての携帯電話機 1 0 0 0 の概略構成を示す模式図である。携帯電話機 1 0 0 0 は、複数の操作ボタン 1 0 0 3 及びスク

10

20

30

40

50

ロールボタン 1002、並びに表示部としての上記圧力検出装置を適用した液晶パネル 1001を備えている。スクロールボタン 1002を操作する事によって、液晶パネル 1001に表示される画面がスクロールされる。液晶パネル 1001にはメニューボタン（図示略）が表示される。例えば、メニューボタンを指で触れると電話帳が表示されたり、携帯電話機 1000の電話番号が表示されたりする。

#### 【0102】

図 15 (b) は、上記実施形態に係る圧力検出装置 1, 4 又は、上記変形例に係わる力検出器を用いた圧力検出装置 1, 4 を適用した電子機器としての携帯情報端末 (PDA: Personal Digital Assistants) 2000の概略構成を示す模式図である。携帯情報端末 2000は、複数の操作ボタン 2002及び電源スイッチ 2003、並びに表示部としての上記圧力検出装置を適用した液晶パネル 2001を備えている。電源スイッチ 2003を操作すると、液晶パネル 2001にはメニューボタン（図示省略）が表示される。例えば、メニューボタン（図示省略）を指で触れると住所録が表示されたり、スケジュール帳が表示されたりする。

10

#### 【0103】

このような電子機器によれば、上述した圧力検出装置を備えているので、外力の方向と大きさを高い精度で検出する事が可能な電子機器を提供する事ができる。

#### 【0104】

尚、電子機器としては、この他にも、例えばパーソナルコンピューター、ビデオカメラのモニター、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳、電卓、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、POS 端末、デジタルスチルカメラ、タッチパネルを備えた機器等が挙げられる。これらの電子機器に対しても、本発明に係る圧力検出装置を適用させる事ができる。

20

#### 【0105】

<ロボット>

図 16 は、上記実施形態に係る圧力検出装置 1, 4 又は、上記変形例に係わる力検出器を用いた圧力検出装置 1, 4 を適用したロボットハンド 3000の概略構成を示す模式図である。図 16 (a) に示す様に、ロボットハンド 3000は、本体部 3003及び一対のアーム部 3002、並びに上記圧力検出装置を適用した把持部 3001を備えている。例えば、リモコン等の制御装置によりアーム部 3002に駆動信号を送信すると、一対のアーム部 3002が開閉動作する。

30

#### 【0106】

図 16 (b) に示す様に、ロボットハンド 3000でコップ等の対象物 3010を把持する場合を考える。この時、対象物 3010に作用する力は把持部 3001で圧力として検出される。ロボットハンド 3000は、把持部 3001として上述した圧力検出装置を備えているので、対象物 3010の表面（接触面）に垂直な方向の力と併せて重力  $Mg$  である方向の力（滑り力の成分）を検出する事が可能である。例えば、柔らかい物体を変形させたり滑りやすい物体を落としたりしないよう、対象物 3010の質感に応じて力を加減しながら持つ事ができる。

40

#### 【0107】

このロボットハンド 3000によれば、上述した圧力検出装置を備えているので、外力の方向と大きさを高い精度で検出する事が可能なロボットハンド 3000を提供する事ができる。

#### 【符号の説明】

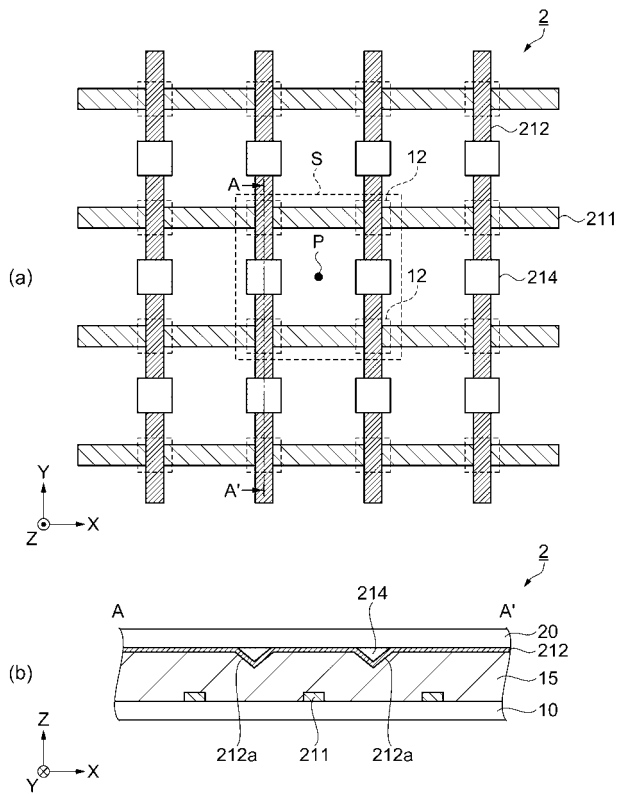
#### 【0108】

1 ... 圧力検出装置、2 ... 力検出器、3 ... 力検出器、4 ... 圧力検出装置、10 ... 第 1 基板、12 ... 圧力センサー、15 ... 感圧材料、20 ... 第 2 基板、30 ... 第 3 基板、31 ... 第 3 基板本体、32 ... 弾性体突起、110 ... 第 1 基板、112 ... 圧力センサー、120 ... 第 2 基板、211 ... 第 1 電極配線、212 ... 第 2 電極配線、212 a, 212 b, 212 c, 212 d ... 突出部、214 ... 形状支持体、311 ... 第 1 電極配線、312 ... 第 2 電極配線

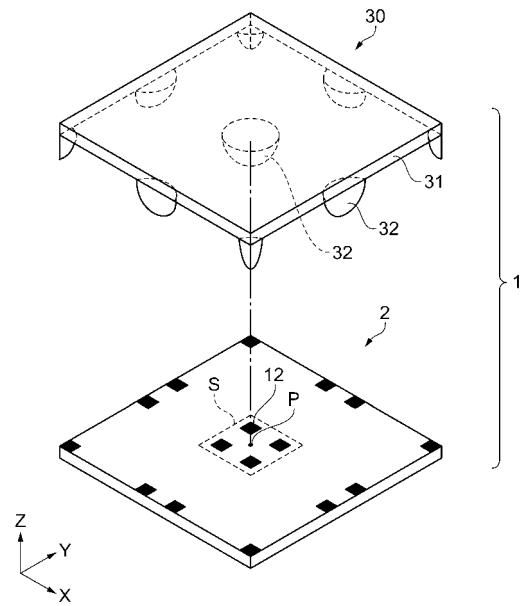
50

、 1 0 0 0 ... 携帯電話機、 2 0 0 0 ... 携帯情報端末、 3 0 0 0 ... ロボットハンド、 3 0 0 1 ... 把持部、 3 0 1 0 ... 対象物。

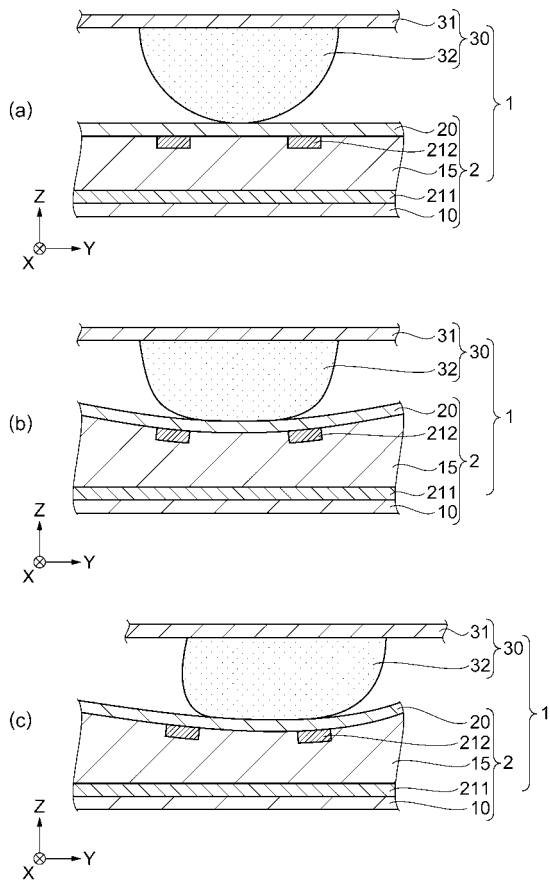
【 図 1 】



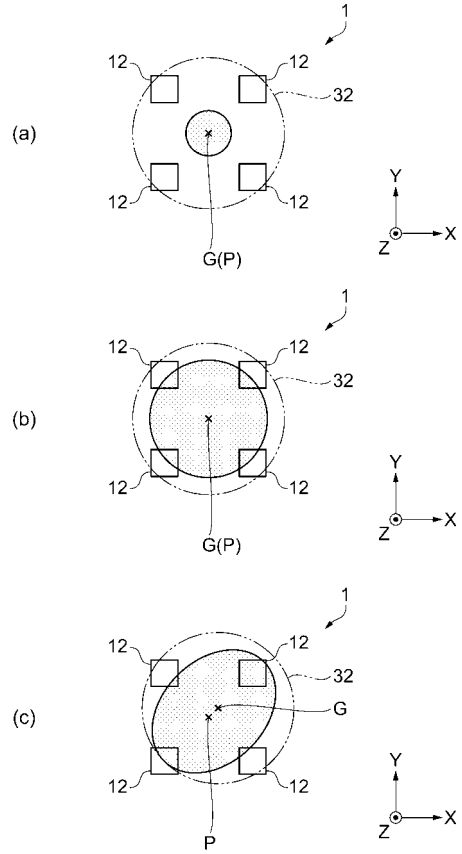
【 図 2 】



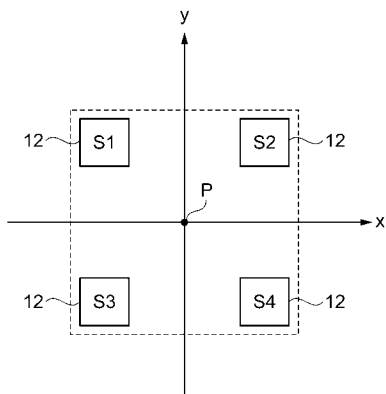
【 図 3 】



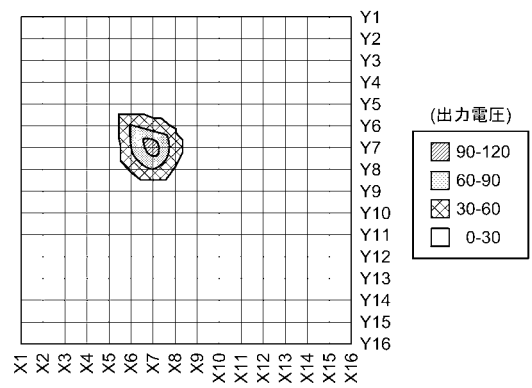
【 図 4 】



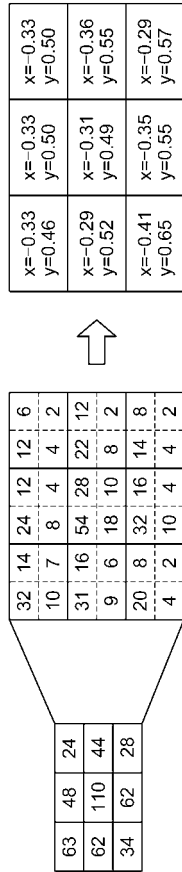
【 図 5 】



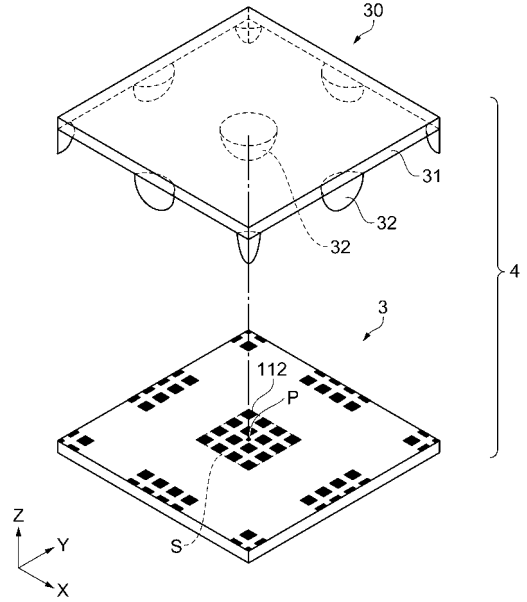
【 図 6 】



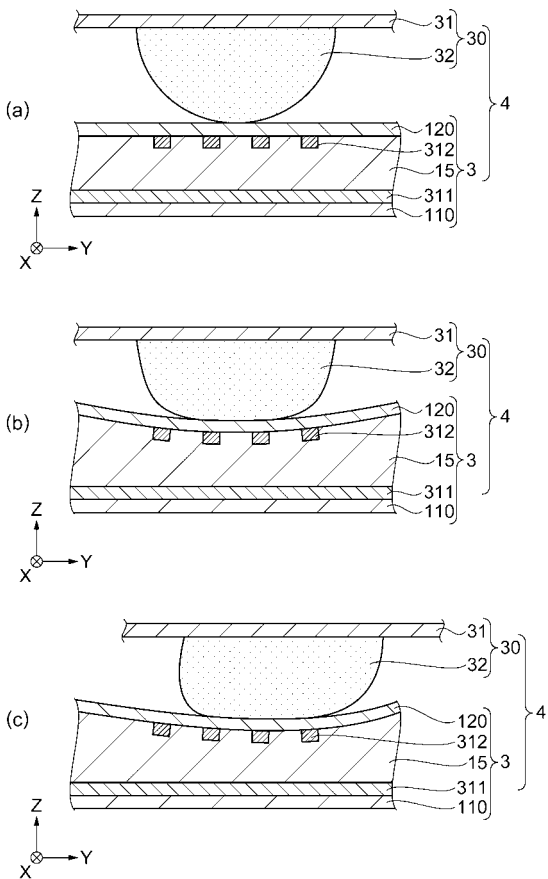
【 図 7 】



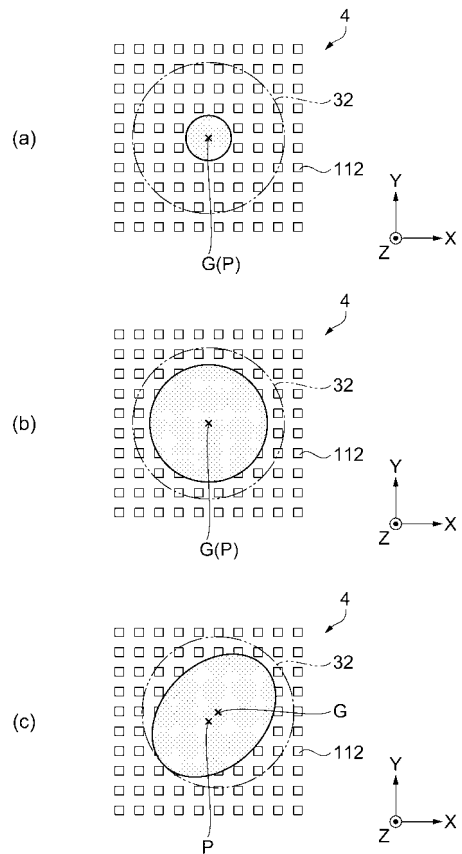
【 図 8 】



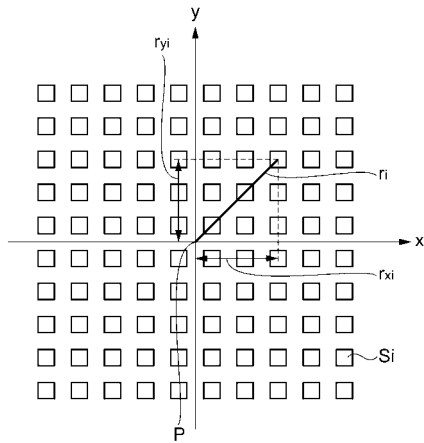
【 図 9 】



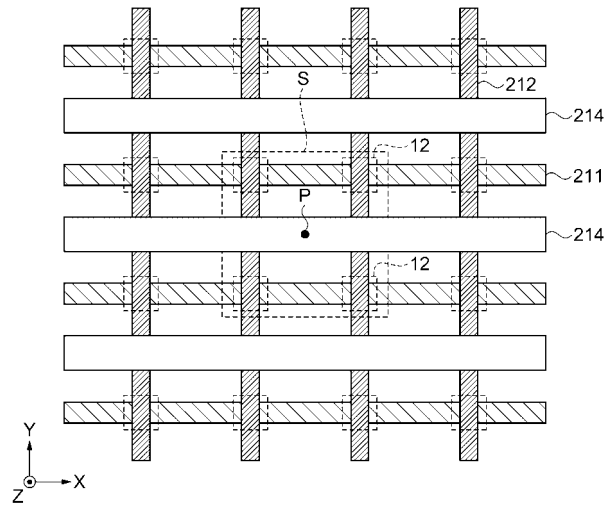
【 図 10 】



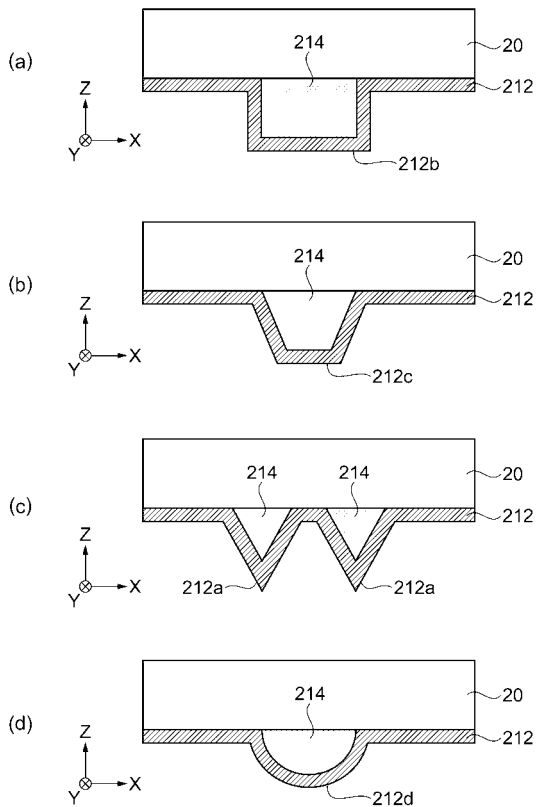
【 図 1 1 】



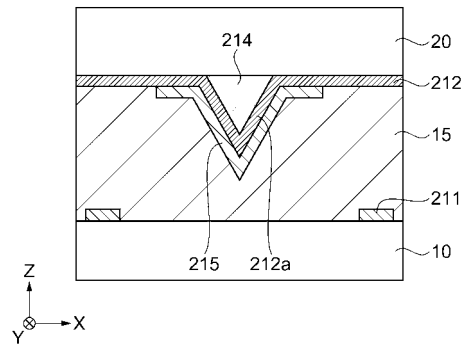
【 図 1 2 】



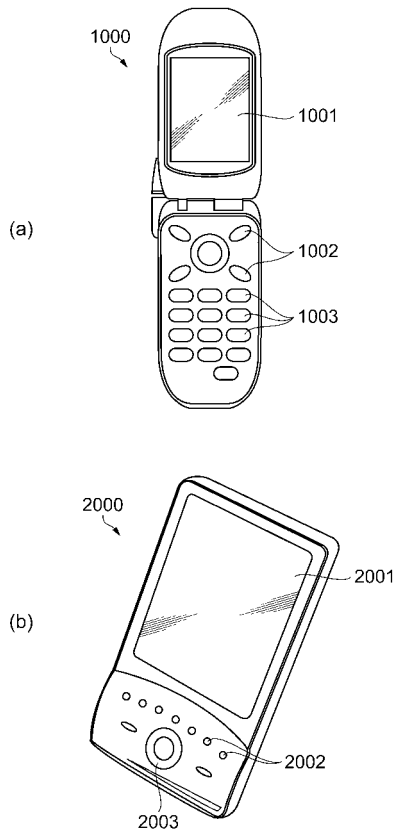
【 図 1 3 】



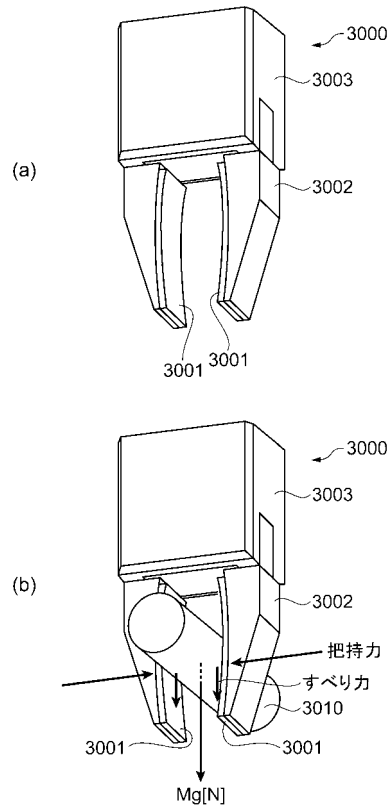
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】

