

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5821328号  
(P5821328)

(45) 発行日 平成27年11月24日(2015.11.24)

(24) 登録日 平成27年10月16日(2015.10.16)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 L	5/16	(2006.01)	GO 1 L 5/16
GO 1 L	5/00	(2006.01)	GO 1 L 5/00 1 O 1 Z

請求項の数 19 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2011-143837 (P2011-143837)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成23年6月29日(2011.6.29)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-47728 (P2012-47728A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成24年3月8日(2012.3.8)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成26年6月19日(2014.6.19)		弁理士 上柳 雅誉
(31) 優先権主張番号	特願2010-166792 (P2010-166792)	(74) 代理人	100107261
(32) 優先日	平成22年7月26日(2010.7.26)		弁理士 須澤 修
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	池邊 朋
			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	宇都宮 純夫
			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
		審査官	岡田 卓弥

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子機器装置、ロボットハンド及びロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数配置された容量電極、を有する第1基板と、  
前記容量電極を挟んで前記第1基板と対向配置された第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、弾性体若しくは流体からなる誘電体と、

外圧によって先端部が前記第2基板に当接した状態で弾性変形する弾性体突起、が形成された第3基板と、を備え、

1つの前記弾性体突起に対して複数の前記容量電極が配置され、外圧の方向と大きさを検出する検出装置を含むことを特徴とする電子機器装置。

【請求項 2】

外圧によって前記弾性体突起が弾性変形することにより変化する、前記容量電極と前記誘電体とで構成される複数の容量検出素子の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子の静電容量値の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向と外圧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1に記載の電子機器装置。

【請求項 3】

前記複数の容量電極は、基準点に対して点対称に配置されていることを特徴とする請求項1または2に記載の電子機器装置。

【請求項 4】

10

20

前記複数の容量電極は、互いに直交する2方向にマトリックス状に配置されていることを特徴とする請求項3に記載の電子機器装置。

【請求項5】

前記容量電極は、前記第1基板に配置された第1容量電極と、前記第2基板に配置された第2容量電極と、を含むことを特徴とする請求項4に記載の電子機器装置。

【請求項6】

前記容量電極は、前記第1基板の基準点と重なる位置に配置されていることを特徴とする請求項4に記載の電子機器装置。

【請求項7】

前記複数の容量電極は、互いに直交する2方向に少なくとも4行4列に配置されていることを特徴とする請求項5または6に記載の電子機器装置。 10

【請求項8】

前記弾性体突起は前記第3基板に複数形成されており、

前記複数の弾性体突起は、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1～7のいずれか1項に記載の電子機器装置。

【請求項9】

前記第1基板と前記第2基板の間には、少なくとも隣接する前記弾性体突起の境界に、前記第1基板と前記第2基板との間の距離を一定に保つスペーサーが配置されていることを特徴とする請求項8に記載の電子機器装置。

【請求項10】 20

前記第3基板の前記弾性体突起が形成された側と反対の側には、前記第3基板よりも高い剛性を有する補強部材が配置されていることを特徴とする請求項8または9に記載の電子機器装置。

【請求項11】

請求項1～10のいずれか1項に記載の電子機器装置は、ロボットハンドであることを特徴とする。

【請求項12】

請求項1～10のいずれか1項に記載の電子機器装置はロボットであることを特徴とする。

【請求項13】 30

第1及び第2の電極が配置された第1基板と、

第3の電極が配置された第2基板と、

弾性体突起が配置された第3基板と、を備え、

前記弾性体突起のそれぞれに対して前記第1及び第2の電極が配置された前記第1基板の面と前記第3の電極が配置された第2基板の面とが誘電体を介して向かい合うように、前記第1基板と第2基板とが配置され、

前記弾性体突起が配置された前記第3基板の面と前記第2基板とが向かい合うように、前記第3基板と前記第2基板とが配置され、測定面にかかる外圧の方向を検出する検出装置を備えたことを特徴とする電子機器装置。

【請求項14】 40

前記測定面に前記外圧がかかった際に、前記弾性体突起が前記第2基板を押圧することで前記誘電体の厚みが変化し、前記誘電体の厚みの変化に応じて変化する前記第1及び第2の電極から検出される電流値の差分に基づいて、前記測定面にかかる外圧の方向を検出することを特徴とする請求項13に記載の電子機器装置。

【請求項15】

前記第1及び第2の電極で検出される電流値に基づいて、前記測定面にかかる外圧の大きさを検出することを特徴とする請求項14に記載の電子機器装置。

【請求項16】

前記第1及び第2の電極の配置位置に応じた補正係数に基づいて、前記測定面にかかる外圧の方向を検出することを特徴とする請求項14または15に記載の電子機器装置。 50

## 【請求項 17】

請求項 13 ~ 16 のいずれか一項に記載の前記検出装置を備えることを特徴とするロボットハンド。

## 【請求項 18】

請求項 13 ~ 16 のいずれか一項に記載の前記検出装置を備えることを特徴とするロボット。

## 【請求項 19】

第 1 及び第 2 の電極と、前記第 1 及び第 2 の電極のそれぞれに隣り合う位置に配置された第 3 の電極とを備えた第 1 基板と、

第 2 基板と、

弾性体突起が配置された第 3 基板と、を備え、

前記弾性体突起のそれぞれに対して前記第 1 及び第 2 の電極と前記第 3 の電極が配置された前記第 1 基板の面と第 2 基板とが誘電体を介して向かい合うように、前記第 1 基板と第 2 基板とが配置され、

前記弾性体突起が配置された前記第 3 基板の面と前記第 2 基板とが向かい合うように、前記第 3 基板と前記第 2 基板とが配置された検出装置を備えたことを特徴とする電子機器装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、本発明は、電子機器装置、ロボットハンド及びロボットに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

外力を検出する検出装置として、特許文献 1 ~ 3 に記載の検出装置が知られている。このような検出装置は、タッチパネルやロボットの触覚センサー等への応用が検討されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特開昭 60 - 135834 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 128163 号公報

【特許文献 3】特開 2009 - 176183 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献 1 の検出装置は、裏面に錘状突起が略均一に配置された受圧シートを用い、その突起の変形量から圧力分布を検出する構成となっている。しかしながら、特許文献 1 の検出装置では、測定面にかかる圧力の面内方向の力（すべり力）を測定することができない。

特許文献 2 の検出装置は、受圧シートの表面に複数の柱状突起を格子状に配置し、これら表面突起の周辺部を等分した個所の裏面に円錐状の突起を設けた構成となっている。特許文献 2 の検出装置では、外圧を 3 次元の力ベクトルとして検出することは可能であるが、突起の変形の度合いで外圧の検出限界が決まってしまう。

特許文献 3 の検出装置は、静電容量を検出するセンシング領域を備えた素子基板と対向基板との間に誘電体層を設け、その変形による静電容量の変化から圧力の変化を検出する構成となっている。しかしながら、特許文献 3 の検出装置では、測定面にかかる外圧の面内方向の力（すべり力）を測定することができない。

以上のように、特許文献 1 ~ 3 の検出装置では、いずれも外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができなかった。

## 【 0 0 0 5 】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することが可能な検出装置、電子機器及びロボットを提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 6 】

上記の課題を解決するため、本発明の検出装置は、基準点に加えられた外圧の方向と大きさを検出する検出装置であって、前記基準点の周りに複数配置された第1容量電極、を有する第1基板と、前記第1容量電極を挟んで前記第1基板と対向配置された第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、弾性体若しくは流体からなる誘電体と、前記第1基板と前記第2基板との間において前記誘電体を挟んで前記第1容量電極と対向配置された第2容量電極と、前記基準点と重なる位置に重心が位置するとともに外圧によって先端部が前記第2基板に当接した状態で弾性変形する弾性体突起、が形成された第3基板と、を備えることを特徴とする。

10

## 【 0 0 0 7 】

この検出装置によれば、弾性体突起と誘電体との2段構成により、特許文献1や特許文献2の検出装置に比べて、外圧の方向の検出精度を高めることができる。第3基板の表面に所定の方向の外圧が付加されると、弾性体突起はある程度の厚みまで圧縮変形する。付加される外圧が大きくなると、弾性体突起はこれ以上変形しない臨界点を迎える。弾性体突起に臨界点を越えた外圧が作用すると、誘電体が柔軟に変形する。このため、弾性体突起が変形しうる臨界点以上の大きさの外圧を検出することができる。また、弾性体突起は、所定方向の外圧により変形に偏りが生じる。すなわち、外圧に面内の所定方向のすべり力成分がある場合、弾性体突起の重心は基準点からずれて所定方向（すべり方向）に移動する。すると、弾性体突起の重心が移動した部分の誘電体の厚みが相対的に薄くなる。つまり、各容量検出素子で異なる値の静電容量が検出される。具体的には、弾性体突起の重心と重なる位置の容量検出素子では相対的に大きい静電容量が検出され、弾性体突起の重心と重ならない位置の容量検出素子では相対的に小さい静電容量が検出されることとなる。よって、演算装置により、各容量検出素子で検出された静電容量の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向と外圧の大きさを求めることができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することが可能な検出装置を提供することができる。

20

30

## 【 0 0 0 8 】

前記検出装置において、外圧によって前記弾性体突起が弾性変形することにより変化する、前記第1容量電極と前記第2容量電極と前記誘電体とで構成される複数の容量検出素子の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子の静電容量値の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向と大きさを演算する演算装置を備えていてもよい。

## 【 0 0 0 9 】

前記検出装置において、前記容量検出素子は、前記弾性体突起の弾性変形による静電容量値の変化と前記誘電体の変形による静電容量値の変化とを分けて検出可能になっていて

40

## 【 0 0 1 0 】

この検出装置によれば、容量検出素子が弾性体突起の弾性変形の弾性変形による静電容量値の変化と誘電体の変形による静電容量値の変化とを一括して検出する場合に比べて、外圧を検出することが容易となる。例えば、弾性体突起が臨界点を迎えるまで誘電体がほとんど変形しないとすると、弾性体突起の弾性変形の弾性変形による静電容量値の変化のみを検出すれば外圧が加えられた方向と外圧の大きさを求めることができる。したがって、各容量検出素子の静電容量値の差分を演算することが容易となり、外圧を効率よく検出することができる。

## 【 0 0 1 1 】

50

前記検出装置において、前記複数の第1容量電極は、前記基準点に対して点対称に配置されていてもよい。

【0012】

この検出装置によれば、基準点と各第1容量電極との間の距離が互いに等しくなるので、弾性体突起の変形量と各第1容量電極と第2容量電極とを含んで構成される各容量検出素子が検出する静電容量値との関係が互いに等しくなる。例えば、複数の第1容量電極が基準点から互いに異なる距離に配置される場合、弾性体突起の変形量が同じであっても、各容量検出素子が検出する静電容量値は互いに異なることとなる。このため、検出容量の差分を演算する際に各第1容量電極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、この構成によれば、弾性体突起の変形量と各容量検出素子が検出する静電容量値が互いに等しくなるので、前記補正係数は不要となる。したがって、各容量検出素子の静電容量値の差分から外圧の方向と大きさを演算することが容易となり、外圧を効率よく検出することができる。

10

【0013】

前記検出装置において、前記複数の第1容量電極は、互いに直交する2方向にマトリックス状に配置されていてもよい。

【0014】

この検出装置によれば、各第1容量電極と第2容量電極とを含んで構成される各容量検出素子の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子の静電容量値の差分から外圧の方向と大きさを演算することが容易となる。

20

【0015】

前記検出装置において、前記第2容量電極は、前記第2基板に配置されていてもよい。

【0016】

この検出装置によれば、第1容量電極及び第2容量電極が同一の基板に配置される場合に比べて、第1容量電極と第2容量電極との間に印加される電界のベクトル成分が誘電体の厚み方向と平行な方向の成分を多く含むこととなる。つまり、第1容量電極と第2容量電極との間に印加される電界のベクトル成分は、外圧が加えられる方向とほぼ同じとなる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0017】

前記検出装置において、前記第2容量電極は、前記第1基板の前記基準点と重なる位置に配置されていてもよい。

30

【0018】

この検出装置によれば、第1容量電極及び第2容量電極を同一の工程で形成することが可能となる。したがって、製造工程を簡略化することができ、製造効率の向上及び製造コストの低減を図ることができる。また、製造プロセス中の加熱工程などにおいて第2基板に反り等が生じることを抑制することができるので、外圧の検出精度を向上させることができる。また、弾性体突起の変形の過程において電極間の距離を一定に保つことができるので、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0019】

前記検出装置において、前記複数の第1容量電極は、互いに直交する2方向に少なくとも4行4列に配置されていてもよい。

40

【0020】

この検出装置によれば、配置される第1容量電極の数が増える。このため、多数の容量検出素子で検出される静電容量に基づいて各容量検出素子の検出結果を積算して外圧の作用する方向を求めることができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0021】

前記検出装置において、前記弾性体突起は前記第3基板に複数形成されており、前記複数の弾性体突起は、互いに離間して配置されていてもよい。

【0022】

50

この検出装置によれば、弾性体突起が弾性変形したときの第3基板本体の面内に平行な方向の変形量を許容することができる。例えば、一方の弾性体突起が変形したときに他方の弾性体突起に変形の影響を及ぼすことを抑制することができる。このため、複数の弾性体突起が互いに接触して配置されている場合に比べて、外圧を正確に誘電体に伝達することができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0023】

前記検出装置において、前記第1基板と前記第2基板の間には、少なくとも隣接する前記弾性体突起の境界に、前記第1基板と前記第2基板との間の距離を一定に保つスペーサーが配置されていてもよい。

【0024】

この検出装置によれば、外圧はスペーサーで囲まれた単位検出領域毎に作用することとなる。このため、スペーサーで囲まれた単位検出領域においては、他の単位検出領域との間で相互作用を及ぼし合うことなく、別個独立して外圧を検出することができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0025】

前記検出装置において、前記第3基板の前記弾性体突起が形成された側と反対の側には、前記第3基板よりも高い剛性を有する補強部材が配置されていてもよい。

【0026】

この検出装置によれば、例えば、外圧が2つの隣り合う弾性体突起の間の領域に作用する場合、補強部材が無いときに比べて2つの隣り合う弾性体突起が互いに反対の方向に圧縮変形してしまうことを抑制することができる。つまり、外圧の加えられた方向と反対の方向を検出するといった誤検出を抑制することができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0027】

本発明の電子機器は、上述した検出装置を備えることを特徴とする。

【0028】

この電子機器によれば、上述した検出装置を備えているので、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することが可能な電子機器を提供することができる。

【0029】

本発明のロボットは、上述した検出装置を備えることを特徴とする。

【0030】

このロボットによれば、上述した検出装置を備えているので、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することが可能なロボットを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の第1実施形態に係る検出装置の概略構成を示す分解斜視図である。

【図2】第1実施形態に係るセンシング回路の構成を示す回路図である。

【図3】第1実施形態に係るセンシング回路の動作を示すタイミングチャートである。

【図4】リセット期間におけるセンシング回路の動作を示す説明図である。

【図5】センシング期間におけるセンシング回路の動作を示す説明図である。

【図6】読出期間におけるセンシング回路の動作を示す説明図である。

【図7】第1実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。

【図8】第1実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す平面図である。

【図9】第1実施形態に係るセンシング領域の座標系を示す図である。

【図10】第1実施形態に係る容量検出素子による垂直方向の圧力分布を示す図である。

【図11】第1実施形態に係る容量検出素子によるすべり方向の計算例を示す図である。

【図12】本発明の第2実施形態に係る検出装置の概略構成を示す分解斜視図である。

【図13】第2実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。

【図14】第2実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す平面図である。

【図15】第2実施形態に係るセンシング領域の座標系を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 6】本発明の第 3 実施形態に係る検出装置の概略構成を示す分解斜視図である。  
【図 1 7】第 3 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。  
【図 1 8】本発明の第 4 実施形態に係る検出装置の概略構成を示す分解斜視図である。  
【図 1 9】第 4 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。  
【図 2 0】本発明の第 5 実施形態に係る検出装置の概略構成を示す分解斜視図である。  
【図 2 1】第 5 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。  
【図 2 2】第 5 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す平面図である。  
【図 2 3】第 5 実施形態に係るセンシング領域の座標系を示す図である。  
【図 2 4】電子機器の一例である携帯電話機の概略構成を示す模式図である。  
【図 2 5】電子機器の一例である携帯情報端末の概略構成を示す模式図である。  
【図 2 6】ロボットの一例であるロボットハンドの概略構成を示す模式図である。  
【発明を実施するための形態】

10

## 【 0 0 3 2 】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。かかる実施の形態は、本発明の一態様を示すものであり、この発明を限定するものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。また、以下の図面においては、各構成をわかりやすくするために、実際の構造と各構造における縮尺や数等が異なっている。

## 【 0 0 3 3 】

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 1 0 に対して平行な方向に設定され、Z 軸が第 1 基板 1 0 に対して直交する方向に設定されている。

20

## 【 0 0 3 4 】

(第 1 実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る検出装置 1 の概略構成を示す分解斜視図である。図 1 においては、便宜上、誘電体 4 0 (図 7 参照) の図示を省略している。図 1 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容量検出素子 S 1 ~ S 4 (第 1 容量電極 1 2 と第 2 容量電極 2 2 と誘電体 4 0 とで構成される素子) が検出する単位検出領域を示している。

## 【 0 0 3 5 】

30

検出装置 1 は、基準点に加えられた外圧の方向を検出する静電容量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のポインティングデバイスとして用いられるものである。なお、「基準点」とは、すべり力が作用していない場合に弾性体突起の中心が位置するポイントである。

## 【 0 0 3 6 】

図 1 に示すように、検出装置 1 は、基準点 P の周りに複数配置された第 1 容量電極 1 2、を有する第 1 基板 1 0 と、第 1 容量電極 1 2 を挟んで第 1 基板 1 0 と対向配置された第 2 基板 2 0 と、第 1 基板 1 0 と第 2 基板 2 0 との間に配置された誘電体 4 0 (図 7 参照) と、基準点 P に重なる位置に重心が位置するとともに外圧によって先端部が第 2 基板 2 0 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。

40

## 【 0 0 3 7 】

検出装置 1 は、外圧によって弾性体突起 3 2 が弾性変形することにより変化する複数の容量検出素子 S 1 ~ S 4 の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子の静電容量値の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向と外圧の大きさを演算する演算装置 (図示略) を備えている。

## 【 0 0 3 8 】

容量検出素子は、弾性体突起 3 2 の弾性変形による静電容量値の変化と誘電体 4 0 の変形による静電容量値の変化とを分けて検出することが可能になっている。

## 【 0 0 3 9 】

50

なお、本実施形態では、第1基板10に第1容量電極12が配置され、第2基板20に第2容量電極22が配置されている。つまり、第1容量電極12と第2容量電極22との間の誘電体40に縦方向（Z方向）の電界を印加させる縦電界方式を採用している。

【0040】

第1基板10は、例えばガラス、石英及びプラスチック等の材料で構成された矩形板状の第1基板本体11と、第1基板本体11に配置された複数の第1容量電極12と、を具備して構成されている。例えば、第1基板本体11の大きさ（平面視のサイズ）は、縦56mm×横56mm程度になっている。

【0041】

複数の第1容量電極12は、基準点Pに対して点対称に配置されている。例えば、複数の第1容量電極12は、互いに直交する2方向（X方向及びY方向）にマトリックス状に配置されている。これにより、基準点Pと各第1容量電極12との間の距離が互いに等しくなるので、各第1容量電極12と第2容量電極22とを含んで構成される各容量検出素子S1～S4が検出する静電容量値が互いに等しくなる。よって、各容量検出素子S1～S4の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子S1～S4の静電容量値の差分を演算することが容易となる。なお、静電容量値の差分の演算方法については後述する。

10

【0042】

隣り合う第1容量電極12の間隔は、0.1mm程度になっている。このため、外乱や静電気等の影響により隣り合う位置の容量検出素子S1～S4で検出される静電容量の値にノイズがのらないようになっている。

20

【0043】

複数の第1容量電極12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つの第1容量電極12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2.8mm×横2.8mm程度になっている。また、4つの第1容量電極12の各面積がほぼ等しくなっている。第1容量電極12の形成材料としては、例えばアルミニウム（Al）等の金属材料を用いることができる。

【0044】

第2基板20は、例えばプラスチック等の材料で構成された矩形板状の第2基板本体21と、第2基板本体21に配置された第2容量電極22と、を具備して構成されている。第2基板本体21は、接触面に外圧が作用したときに可撓性を有する程度の厚さに形成されている。なお、第2基板本体21は平面視において第1基板本体11と同じサイズに形成されている。

30

【0045】

第2容量電極22は、複数の第1容量電極12の全体と重なる位置に配置されている。具体的には、第2容量電極22は、第2基板本体21の下面の露出する部位全体に亘って形成されている。第2容量電極22の形成材料としては、第1容量電極12と同様に、例えばアルミニウム（Al）等の金属材料を用いることができる。

【0046】

誘電体40（図7参照）は、第1基板10と第2基板20との間に配置された、弾性体若しくは流体からなるものである。誘電体40の形成材料としては、例えば、ゴム等の弾性体を用いることもできるし、シリコンオイルや液晶等の流体を用いることもできる。

40

【0047】

第1基板10と第2基板20の間には、第1基板10と第2基板20との間の距離を一定に保つスペーサー（図示略）が複数配置されている。複数のスペーサーは、弾性体突起32がマトリックス状に配置された領域の外周部に配置される。これにより、誘電体40は、第1基板10と第2基板との間においてZ方向に一定の厚みを有して構成されている。

【0048】

50



第3基板30は、矩形板状の第3基板本体31と、第3基板本体31に配置された複数の弾性体突起32と、を具備して構成されている。第3基板本体31は、外圧を直接受ける部分である。第3基板本体31は、例えばガラス、石英及びプラスチック等の材料で構成することもできるし、発泡ウレタン樹脂等の樹脂材料で構成することもできる。本実施形態では、第3基板本体31及び弾性体突起32の形成材料として樹脂材料を用い、第3基板本体31及び弾性体突起32を金型で一体形成している。

#### 【0049】

複数の弾性体突起32は、第3基板本体31上においてX方向及びY方向にマトリックス状に配置されている。弾性体突起32の先端部は、球面の錘状となっており、第2基板本体21に当接している。弾性体突起32の重心は、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32は、互いに離間して配置されている。このため、弾性体突起32が弾性変形したときの第3基板本体31の面内に平行な方向の変形量を許容することができる。

10

#### 【0050】

弾性体突起32のサイズは任意に設定することができる。ここでは、弾性体突起32の基部の径（弾性体突起32が第3基板本体31に接する部分の直径）は1.8mm程度になっている。弾性体突起32の高さ（弾性体突起32のZ方向の距離）は2mm程度になっている。隣り合う弾性体突起32の離間間隔は1mm程度になっている。弾性体突起32のデュロメーター硬さ（タイプA、ISO7619準拠のデュロメーターによる硬さ測定値）は30程度になっている。

20

#### 【0051】

図2は、容量検出素子を用いて外圧を検出するセンシング回路の等価回路図である。なお、図2において、符号C1は容量検出素子（図1に示す符号S1～S4）を示している。センシング回路60は、リセットトランジスタ61と、増幅トランジスタ62と、選択トランジスタ63と、基準容量素子Crと、容量検出素子C1と、を備えている。容量検出素子C1は、第1容量電極12と第2容量電極22とを含み、第2容量電極22には共通電位Vcomが供給される。

#### 【0052】

リセットトランジスタ61のドレインは電源線70に接続されている。リセットトランジスタ61のソースは増幅トランジスタ62のゲートに接続されている。電源線70には電源電位VRHが供給される。リセットトランジスタ61のゲートは第1制御線72に接続されている。第1制御線72にはリセット信号RESが供給される。

30

#### 【0053】

増幅トランジスタ62のドレインは電源線70に接続されている。増幅トランジスタ62のソースは選択トランジスタ63のドレインに接続されている。増幅トランジスタ62のゲートと第1制御線72との間には基準容量素子Crが設けられている。また、増幅トランジスタ62のゲートは容量検出素子C1の第1容量電極12と接続されている。

#### 【0054】

選択トランジスタ63のソースは検出線74に接続されている。選択トランジスタ63のゲートは第2制御線76に接続されている。第2制御線76には選択信号SELが供給される。

40

#### 【0055】

（回路動作）

次に、センシング回路60の動作を図3～図6を参照しながら説明する。

図3は、本実施形態に係るセンシング回路60の動作を示すタイミングチャートである。図4は、リセット期間におけるセンシング回路60の動作を示す説明図である。図5は、センシング期間におけるセンシング回路60の動作を示す説明図である。図6は、読出期間におけるセンシング回路60の動作を示す説明図である。

図3に示すように、センシング回路60は、リセット期間Tres、センシング期間T

50

s e n、及び読出期間 T o u t を一単位として動作する。

【 0 0 5 6 】

(リセット期間)

先ず、リセット期間 T r e s において、第 1 制御線 7 2 に供給されるリセット信号 R E S のレベルは電位 V D に設定される。すなわち、リセット期間 T r e s においては、リセット信号 R E S のレベルはハイレベルに設定され、リセットトランジスタ 6 1 はオン状態となる。一方、第 2 制御線 7 6 に供給される選択信号 S E L はローレベルに設定され、選択トランジスタ 6 3 はオフ状態となる。すると、図 4 に示すように、増幅トランジスタ 6 2 のゲート電位 V A は電源電位 V R H に設定 (リセット) される。また、容量検出素子 C 1 の第 1 容量電極 1 2 にも電源電位 V R H が供給され、容量検出素子 C 1 の第 1 容量電極 1 2 と第 2 容量電極 2 2 との間の電圧は  $V R H - V c o m$  に設定される。

10

【 0 0 5 7 】

(センシング期間)

次に、リセット期間 T r e s 経過後の次の期間であるセンシング期間 T s e n においては、リセット信号 R E S のレベルが V D から G N D ( = 0 V ) に変化する。すると、図 5 に示すように、リセットトランジスタ 6 1 はオフ状態となる。また、センシング期間 T s e n においては、選択信号 S E L はローレベルに設定され、選択トランジスタ 6 3 はオフ状態となる。増幅トランジスタ 6 2 のゲートのインピーダンスは十分に高いため、センシング期間 T s e n においては、増幅トランジスタ 6 2 のゲートは電氣的にフローティング状態となる。基準容量素子 C r の一方の電極は第 1 制御線 7 2 に接続されているため、第 1 制御線 7 2 に供給されるリセット信号 R E S のレベルが V D から G N D に変化する。すると、それに応じて増幅トランジスタ 6 2 のゲートの電位 V A も変化する。このときのゲートの電位 V A の変化量は、基準容量素子 C r と容量検出素子 C 1 との容量比に応じた値となる。

20

【 0 0 5 8 】

(読出期間)

センシング期間 T s e n の次の期間である読出期間 T o u t においては、選択信号 S E L がローレベルからハイレベルに変化する。すると、図 6 に示すように、選択トランジスタ 6 3 がオン状態となる。これにより、増幅トランジスタ 6 2 のゲートの電位 V A に応じた大きさの検出電流 I t が検出線 7 4 を流れる。この検出電流 I t は、対象物 (例えば指) と検出装置 1 との接触を検出する検出回路 (図示略) へ供給される。

30

【 0 0 5 9 】

センシング期間 T s e n において容量検出素子 C 1 の容量値が変化すると、それに応じて増幅トランジスタ 6 2 のゲートの電位 V A も変化する。したがって、対象物が検出装置 1 に接触していない状態のときに読出期間 T s e n で出力される検出電流 I t の値と、対象物が検出装置 1 に接触したときに読出期間 T s e n で出力される検出電流 I t の値とは異なる。

【 0 0 6 0 】

ここで、対象物が検出装置 1 に接触していない状態における容量検出素子 C 1 の容量値を  $C 1 c$ 、対象物が検出装置 1 に接触したときの容量検出素子 C 1 の容量値の変化量を  $C 1 c$ 、基準容量素子 C r の容量値を  $C r e f$ 、第 1 制御線 7 2 の電位変化を  $V ( = V D )$  とすると、対象物が検出装置 1 に接触したときの増幅トランジスタ 6 2 のゲートの電位 V A の変化量  $V A$  は、以下に示す式 ( 1 ) で表される。ただし、式 ( 1 ) において寄生容量は無視している。

40

【 0 0 6 1 】

【数 1】

$$\Delta VA = \{(C_{ref} \times \Delta Clc) \times \Delta V\} / \{(C_{ref} + Clc + \Delta Clc)(C_{ref} + Clc)\} \dots (1)$$

【0062】

検出回路（図示略）は、検出電流  $I_t$ （検出信号に相当）の値に基づいて対象物と検出装置 1 との接触を検出する。対象物が検出装置 1 に接触したときのゲートの電位  $V_A$  の変化量  $\Delta V_A$  が大きいほど、非接触時における検出電流  $I_t$  の値と接触時における検出電流  $I_t$  の値との差が大きくなり、検出感度も高くなる。

10

【0063】

図 7 及び図 8 は、基準点 P に作用する外圧の方向と大きさを検出する方法の説明図である。

図 7 (a) ~ (c) は、第 1 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。図 8 (a) ~ (c) は、図 7 (a) ~ (c) に対応した、第 1 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す平面図である。なお、図 7 (a) 及び図 8 (a) は第 3 基板 30 の表面に外圧が付加される前の状態（外圧の作用がないとき）を示している。図 7 (b) 及び図 8 (b) は第 3 基板 30 の表面に垂直方向（すべり力がない状態）の外圧が付加された状態を示している。図 7 (c) 及び図 8 (c) は第 3 基板 30 の表面に斜め方向（すべり力がある状態）の外圧が付加された状態を示している。また、図 8 (a) ~ (c) において、符号 G は弾性体突起 32 の重心（圧力中心）を示している。

20

【0064】

図 7 (a) 及び図 8 (a) に示すように、第 3 基板 30 の表面に外圧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、第 1 容量電極 12 と第 2 容量電極 22 との間の距離は一定に保たれる。このとき、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。このときの各容量検出素子 S1 ~ S4 の静電容量値は図示略のメモリーに記憶されている。メモリーに記憶された各容量検出素子 S1 ~ S4 の静電容量値を基準として外圧の作用する方向や大きさが求められる。

30

【0065】

図 7 (b) 及び図 8 (b) に示すように、第 3 基板 30 の表面に垂直方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起 32 は先端部が第 2 基板 20 の表面に当接した状態で Z 方向に圧縮変形する。これにより、第 2 基板 20 が - Z 方向に撓み、第 1 容量電極 12 と第 2 容量電極 22 との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。つまり、このときの容量検出素子の静電容量値は、外圧の作用がないときに比べて大きくなる。

【0066】

弾性体突起 32 は、外圧の大きさに応じて圧縮変形する。外圧が大きくなると、弾性体突起 32 はこれ以上変形しない臨界点を迎える。弾性体突起 32 に臨界点を越えた外圧が作用すると、誘電体 40 が Z 方向に柔軟に変形する。このため、弾性体突起 32 が変形する臨界点以上の大きさの外圧を検出することができる。

40

【0067】

図 7 (c) 及び図 8 (c) に示すように、第 3 基板 30 の表面に斜め方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起 32 は先端部が第 2 基板 20 の表面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 20 が - Z 方向に撓み、第 1 容量電極 12 と第 2 容量電極 22 との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。また、第 2 基板 20 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。このとき、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 4 つの第 1 容量電極 12 との重なる面積は互いに異なる。具体的には、弾性体突起 32 の先端部と 4 つの第 1 容量電極 12 との重なる面積は、4 つの第 1 容量電

50

極 1 2 のうち - 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大きくなる。

【 0 0 6 8 】

弾性体突起 3 2 は、外圧の大きさに応じて斜めに圧縮変形し、外圧が大きくなるとこれ以上変形しない臨界点を迎える。また、弾性体突起 3 2 は、斜め方向の外圧により変形に偏りが生じる。すなわち、弾性体突起 3 2 の重心は基準点 P からずれてすべり方向（X 方向及び Y 方向）に移動する。すると、弾性体突起 3 2 の重心が移動した部分の誘電体 4 0 の厚みが相対的に薄くなる。つまり、各容量検出素子で異なる値の静電容量が検出される。具体的には、弾性体突起 3 2 の重心と重なる位置の容量検出素子では相対的に大きい静電容量が検出され、弾性体突起 3 2 の重心と重ならない位置の容量検出素子では相対的に小さい静電容量が検出されることとなる。そして、後述する差分の演算方法に基づいて外圧が加えられた方向と大きさが求められる。

10

【 0 0 6 9 】

図 9 は、第 1 実施形態に係るセンシング領域の座標系を示す図である。図 1 0 は、第 1 実施形態に係る容量検出素子による垂直方向の圧力分布を示す図である。図 1 1 は、第 1 実施形態に係る容量検出素子によるすべり方向の計算例を示す図である。

【 0 0 7 0 】

図 9 に示すように、複数の容量検出素子  $S_1$  ,  $S_2$  ,  $S_3$  ,  $S_4$  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、各容量検出素子  $S_1$  ,  $S_2$  ,  $S_3$  ,  $S_4$  が検出する静電容量値（検出値）をそれぞれ  $P_{S1}$  ,  $P_{S2}$  ,  $P_{S3}$  ,  $P_{S4}$  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の割合）は以下の式（2）で表される。

20

【 0 0 7 1 】

【数 2】

$$F_x = \frac{(P_{S2} + P_{S4}) - (P_{S1} + P_{S3})}{P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} + P_{S4}} \quad \dots (2)$$

【 0 0 7 2 】

30

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の割合）は以下の式（3）で表される。

【 0 0 7 3 】

【数 3】

$$F_y = \frac{(P_{S1} + P_{S2}) - (P_{S3} + P_{S4})}{P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} + P_{S4}} \quad \dots (3)$$

【 0 0 7 4 】

40

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（4）で表される。

【 0 0 7 5 】

【数 4】

$$F_z = P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} + P_{S4} \quad \dots (4)$$

【 0 0 7 6 】

本実施形態では、外圧によって弾性体突起が弾性変形することにより変化する 4 つの容

50

量検出素子  $S_1$  ,  $S_2$  ,  $S_3$  ,  $S_4$  の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子の静電容量値の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向と大きさが演算される。

【 0 0 7 7 】

式 ( 2 ) に示すように、外圧の  $X$  方向成分  $F_x$  においては、4つの容量検出素子  $S_1$  ,  $S_2$  ,  $S_3$  ,  $S_4$  の静電容量値のうち  $+X$  方向に配置された容量検出素子  $S_2$  及び  $S_4$  が組み合わせられるとともに、 $-X$  方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_3$  が組み合わせられる。このように、 $+X$  方向に配置された容量検出素子  $S_2$  及び  $S_4$  の組み合わせによる静電容量値と  $-X$  方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_3$  の組み合わせによる静電容量値との差分に基づいて外圧の  $X$  方向成分が求められる。

10

【 0 0 7 8 】

式 ( 3 ) に示すように、外圧の  $Y$  方向成分  $F_y$  においては、4つの容量検出素子  $S_1$  ,  $S_2$  ,  $S_3$  ,  $S_4$  の静電容量値のうち  $+Y$  方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_2$  が組み合わせられるとともに、 $-Y$  方向に配置された容量検出素子  $S_3$  及び  $S_4$  が組み合わせられる。このように、 $+Y$  方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_2$  の組み合わせによる静電容量値と  $-Y$  方向に配置された容量検出素子  $S_3$  及び  $S_4$  の組み合わせによる静電容量値との差分に基づいて外圧の  $Y$  方向成分が求められる。

【 0 0 7 9 】

式 ( 4 ) に示すように、外圧の  $Z$  方向成分  $F_z$  においては、4つの容量検出素子  $S_1$  ,  $S_2$  ,  $S_3$  ,  $S_4$  の静電容量値を足し合わせた合力で求められる。ただし、外圧の  $Z$  方向成分  $F_z$  は、外圧の  $X$  方向成分  $F_x$  及び外圧の  $Y$  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、外圧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 が変形しにくくなり外圧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ときのタッチ感に強い感度 ( 違和感 ) を与える場合がある。このため、外圧の  $Z$  方向成分  $F_z$  の検出値を、外圧の  $X$  方向成分  $F_x$  及び外圧の  $Y$  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。

20

【 0 0 8 0 】

図 1 0 に示すように、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を考える。このとき、外圧の垂直方向の圧力は、外圧が作用した部分の中心部が最も大きくなっている ( 9 0 ~ 1 2 0 m V 程度 ) 。また、外圧の垂直方向の圧力は、中心部に次いでその周辺部 ( 6 0 ~ 9 0 m V 程度 ) 、最外周部 ( 3 0 ~ 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、0 ~ 3 0 m V 程度となっている。なお、タッチパッドには単位検出領域 ( 容量検出素子  $S_1$  ~  $S_4$  が縦 2 行横 2 列に計 4 つ配置された領域 ) がマトリックス状 ( 例えば縦 1 5 行  $\times$  横 1 5 列に計 2 2 5 個 ) に配置されているとする。

30

【 0 0 8 1 】

図 1 1 に示すように、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の外圧の面内方向成分 ( すべり方向 ) の算出方法を考える。このとき、指の押圧力 ( 外力 ) は、縦 1 5 行  $\times$  横 1 5 列に配置されたものうち縦 3 行  $\times$  横 3 列に配置された部分に作用しているとする。ここで、外圧の垂直方向の圧力は、図 1 0 と同様に外圧が作用した部分の中心部がもっとも大きくなっている ( 1 1 0 m V ) 。

40

【 0 0 8 2 】

縦 3 行  $\times$  横 3 列に配置された各単位検出領域は、それぞれ 4 つの容量検出素子  $S_1$  ~  $S_4$  を有しており、各容量検出素子  $S_1$  ~  $S_4$  で検出された静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子  $S_1$  ~  $S_4$  の静電容量値の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向が演算される。つまり、各単位検出領域では、上述した式 ( 2 ) 及び式 ( 3 ) に基づいて外圧の  $X$  方向成分  $F_x$  及び外圧の  $Y$  方向成分  $F_y$  が算出される。こ

50

では、+ X 方向を基準として左回りに約 1 2 3 ° の方向に外圧が作用していることが分かる。なお、外圧の作用する方向の算出にあつては、9 つの算出結果の平均値で求める方法、あるいは 9 つの算出結果のうちの最大値（例えば所定のしきい値よりも大きい検出値）により求める方法を用いることができる。

#### 【 0 0 8 3 】

本実施形態の検出装置 1 によれば、弾性体突起と誘電体との 2 段構成により、特許文献 1 や特許文献 2 の検出装置に比べて、外圧の方向の検出精度を高めることができる。第 3 基板 3 0 の表面に所定の方向の外圧が付加されると、弾性体突起 3 2 はある程度の厚みまで圧縮変形する。付加される外圧が大きくなると、弾性体突起 3 2 はこれ以上変形しない臨界点を迎える。弾性体突起 3 2 に臨界点を越えた外圧が作用すると、誘電体 4 0 が柔軟に変形する。このため、弾性体突起 3 2 が変形しうる臨界点以上の大きさの外圧を検出することができる。また、弾性体突起 3 2 は、所定方向の外圧により変形に偏りが生じる。すなわち、外圧に面内の所定方向のすべり力成分がある場合、弾性体突起 3 2 の重心は基準点からずれて所定方向（すべり方向）移動する。すると、弾性体突起 3 2 の重心が移動した部分の誘電体 4 0 の厚みが相対的に薄くなる。つまり、各容量検出素子 S 1 ~ S 4 で異なる値の静電容量が検出される。具体的には、弾性体突起 3 2 の重心と重なる位置の容量検出素子では相対的に大きい静電容量が検出され、弾性体突起 3 2 の重心と重ならない位置の容量検出素子では相対的に小さい静電容量が検出されることとなる。よって、演算装置により、各容量検出素子 S 1 ~ S 4 で検出された静電容量の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向と外圧の大きさを求めることができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することが可能な検出装置 1 を提供することができる。

#### 【 0 0 8 4 】

この検出装置によれば、各容量検出素子 S 1 ~ S 4 が弾性体突起 3 2 の弾性変形の弾性変形による静電容量値の変化と誘電体 4 0 の変形による静電容量値の変化とを分けて検出するので、それらを一括して検出する場合に比べて、外圧を検出することが容易となる。例えば、弾性体突起 3 2 が臨界点を迎えるまで誘電体がほとんど変形しないとすると、その間は弾性体突起 3 2 の弾性変形の弾性変形による静電容量値の変化のみを検出すれば外圧が加えられた方向と外圧の大きさを求めることができる。したがって、各容量検出素子 S 1 ~ S 4 の静電容量値の差分を演算することが容易となり、外圧を効率よく検出することができる。

#### 【 0 0 8 5 】

この構成によれば、複数の第 1 容量電極 1 2 が基準点 P に対して点対称に配置されているので、弾性体突起 3 2 の変形量と基準点 P と各第 1 容量電極 1 2 との間の距離との関係が互いに等しくなる。このため、各第 1 容量電極 1 2 と第 2 容量電極 2 2 とを含んで構成される各容量検出素子 S 1 ~ S 4 が検出する静電容量値が互いに等しくなる。例えば、複数の第 1 容量電極が基準点から互いに異なる距離に配置される場合、弾性体突起 3 2 の変形量が同じであっても、各容量検出素子 S 1 ~ S 4 が検出する静電容量値は互いに異なることとなる。このため、検出容量の差分を演算する際に各第 1 容量電極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、この構成によれば、弾性体突起 3 2 の変形量と各容量検出素子 S 1 ~ S 4 が検出する静電容量値が互いに等しくなるので、前記補正係数は不要となる。したがって、各容量検出素子 S 1 ~ S 4 の静電容量値の差分から外圧の方向と大きさを演算することが容易となり、外圧を効率よく検出することができる。

#### 【 0 0 8 6 】

この構成によれば、複数の第 1 容量電極 1 2 が互いに直交する 2 方向にマトリックス状に配置されているので、各第 1 容量電極 1 2 と第 2 容量電極 2 2 とを含んで構成される各容量検出素子 S 1 ~ S 4 の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子 S 1 ~ S 4 の静電容量値の差分から外圧の方向と大きさを演算することが容易となる。例えば、面内方向成分のうち X 方向成分を演算する場合、複数の第 1 容量電極 1 2 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 方向に配置された容量検出素子 S

2 及び S 4 の組み合わせと相対的に - X 方向に配置された容量検出素子 S 1 及び S 3 の組み合わせとを区分けして選出しやすくなる。したがって、外圧を効率よく検出することができる。

【0087】

この構成によれば、第 2 容量電極 2 2 が第 2 基板に配置されているので、第 1 容量電極 1 2 及び第 2 容量電極 2 2 が同一の基板に配置される場合に比べて、第 1 容量電極 1 2 と第 2 容量電極 2 2 との間に印加される電界は誘電体 4 0 の厚み方向と平行な方向の成分を多く含むこととなる。つまり、第 1 容量電極 1 2 と第 2 容量電極 2 2 との間に印加される電界のベクトル成分は、外圧が加えられる方向とほぼ同じとなる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

10

【0088】

この構成によれば、複数の弾性体突起 3 2 が互いに離間して配置されているので、弾性体突起 3 2 が弾性変形したときの第 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ことができる。例えば、一方の弾性体突起 3 2 が変形したときに他方の弾性体突起 3 2 に変形の影響を及ぼすことを抑制することができる。このため、複数の弾性体突起 3 2 が互いに接触して配置されている場合に比べて、外圧を正確に誘電体 4 0 に伝達することができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0089】

なお、本実施形態においては、第 1 容量電極 1 2 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。第 1 容量電極 1 2 は、単位検出領域 S 当たり 3 つ以上配置されていればよい。

20

【0090】

(第 2 実施形態)

図 1 2 は、図 1 に対応した、本発明の第 2 実施形態に係る検出装置 2 の概略構成を示す分解斜視図である。なお、図 1 2 においては、便宜上、誘電体 4 0 (図 1 3 参照) の図示を省略している。また、図 1 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容量検出素子  $S_i$  (第 1 容量電極 1 1 2 と第 2 容量電極 2 2 と誘電体 4 0 とで構成される素子) が検出する単位検出領域を示している。本実施形態の検出装置 2 は、複数の第 1 容量電極 1 1 2 が互いに直交する 2 方向に少なくとも縦 4 行横 4 列に配置されている点で、上述の第 1 実施形態で説明した検出装置 1 と異なる。図 1 2 において、図 1 と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。なお、図 1 2 においては、便宜上、複数の第 1 容量電極 1 1 2 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 1 3 及び図 1 4 に示すように複数の第 1 容量電極 1 1 2 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よいものとする。

30

【0091】

図 1 2 に示すように、検出装置 2 は、基準点 P の周りに複数配置された第 1 容量電極 1 1 2、を有する第 1 基板 1 1 0 と、第 1 容量電極 1 1 2 を挟んで第 1 基板 1 1 0 と対向配置された第 2 基板 2 0 と、第 1 基板 1 0 と第 2 基板 2 0 との間に配置された誘電体 4 0 (図 1 3 参照) と、基準点 P に重なる位置に重心が位置するとともに外圧によって先端部が第 2 基板 2 0 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。

40

【0092】

複数の第 1 容量電極 1 1 2 は、互いに直交する 2 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、複数の第 1 容量電極 1 1 2 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 個の第 1 容量電極 1 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。

【0093】

図 1 3 (a) ~ (c) は、図 7 (a) ~ (c) に対応した、第 2 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。図 1 4 (a) ~ (c) は、図 1 3 (a) ~ (c) に対応した、第 2 実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す平

50

面図である。なお、図 13 (a) 及び図 14 (a) は第 3 基板 30 の表面に外圧が付加される前の状態 (外圧の作用がないとき) を示している。図 13 (b) 及び図 14 (b) は第 3 基板 30 の表面に垂直方向の外圧が付加された状態を示している。図 13 (c) 及び図 14 (c) は第 3 基板 30 の表面に斜め方向の外圧が付加された状態を示している。また、図 14 (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 13 及び図 14 において、図 7 及び図 8 と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

#### 【0094】

図 13 (a) 及び図 14 (a) に示すように、第 3 基板 30 の表面に外圧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、第 1 容量電極 112 と第 2 容量電極 22 との間の距離は一定に保たれる。このとき、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。このときの各容量検出素子  $S_i$  の静電容量値は図示略のメモリーに記憶されている。メモリーに記憶された各容量検出素子  $S_i$  の静電容量値を基準として外圧の作用する方向や大きさが求められる。

10

#### 【0095】

図 13 (b) 及び図 14 (b) に示すように、第 3 基板 30 の表面に垂直方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起 32 は先端部が第 2 基板 20 の表面に当接した状態で Z 方向に圧縮変形する。これにより、第 2 基板 20 が - Z 方向に撓み、第 1 容量電極 112 と第 2 容量電極 22 との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。つまり、このときの容量検出素子の静電容量値は、外圧の作用がないときに比べて大きくなっている。

20

#### 【0096】

図 13 (c) 及び図 14 (c) に示すように、第 3 基板 30 の表面に斜め方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起 32 は先端部が第 2 基板 20 の表面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 20 が - Z 方向に撓み、第 1 容量電極 112 と第 2 容量電極 22 との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。また、第 2 基板 20 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。このとき、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 の先端部と複数の第 1 容量電極 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。

30

#### 【0097】

図 15 は、図 9 に対応した、第 2 実施形態に係るセンシング領域の座標系を示す図である。なお、図 15 において、複数の容量検出素子  $S_i$  (100 個) がマトリックス状に配置されており、このうちの 25 の容量検出素子  $S_i$  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 15 においては、便宜上、100 個の容量検出素子  $S_i$  を図示しているが、容量検出素子  $S_i$  の配置数はこれに限らず任意に変更することができる。

#### 【0098】

図 15 に示すように、複数の容量検出素子  $S_i$  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、各容量検出素子  $S_i$  が検出する静電容量値 (検出値) をそれぞれ  $P_i$  ( $i = 1 \sim 100$ )、基準点 P と各第 1 容量電極 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の割合) は以下の式 (5) で表される。

40

#### 【0099】



【数 5】

$$F_x = \frac{\sum_i P_i r_{xi}}{\sum_i P_i} \dots (5)$$

【0 1 0 0】

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の割合）は以下の式（6）で表される。

10

【0 1 0 1】

【数 6】

$$F_y = \frac{\sum_i P_i r_{yi}}{\sum_i P_i} \dots (6)$$

【0 1 0 2】

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（7）で表される。

20

【0 1 0 3】

【数 7】

$$F_z = \sum_i P_i \dots (7)$$

【0 1 0 4】

本実施形態では、外圧によって弾性体突起が弾性変形することにより変化する 1 0 0 個の容量検出素子  $S_i$  の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子  $S_i$  の静電容量値の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向が演算される。

30

【0 1 0 5】

式（5）に示すように、外圧の X 方向成分  $F_x$  においては、1 0 0 個の容量検出素子  $S_i$  の静電容量値のうち相対的に + X 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  が組み合わせられるとともに、相対的に - X 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  が組み合わせられる。このように、相対的に + X 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  の組み合わせによる静電容量値と相対的に - X 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  の組み合わせによる静電容量値との差分に基づいて外圧の X 方向成分が求められる。

【0 1 0 6】

式（6）に示すように、外圧の Y 方向成分  $F_y$  においては、1 0 0 個の容量検出素子  $S_i$  の静電容量値のうち相対的に + Y 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  が組み合わせられるとともに、相対的に - Y 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  が組み合わせられる。このように、相対的に + Y 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  の組み合わせによる静電容量値と相対的に - Y 方向に配置された容量検出素子  $S_i$  の組み合わせによる静電容量値との差分に基づいて外圧の Y 方向成分が求められる。

40

【0 1 0 7】

式（7）に示すように、外圧の Z 方向成分  $F_z$  においては、1 0 0 個の容量検出素子  $S_i$  の静電容量値を足し合わせた合力で求められる。ただし、外圧の Z 方向成分  $F_z$  は、外圧の X 方向成分  $F_x$  及び外圧の 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。このため、外圧の Z 方向成分  $F_z$  の検出値を、外圧の X 方向成分  $F_x$  及び外圧の 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

50

正係数で検出値を適宜補正する必要がある。

【0108】

なお、外圧の作用する方向の算出にあつては、100個の容量検出素子 $S_i$ による静電容量値の算出結果の平均値で求める方法あるいは100個の容量検出素子 $S_i$ による静電容量値の算出結果のうちの最大値（例えば所定のしきい値よりも大きい検出値）により求める方法を用いることができる。

【0109】

本実施形態の検出装置2によれば、複数の第1容量電極112が互いに直交する2方向に少なくとも縦4行横4列に配置されているので、配置される第1容量電極112の数が多くなる。このため、多数の容量検出素子 $S_i$ で検出される静電容量に基づいて各容量検出素子 $S_i$ の検出結果を積算して外圧の作用する方向と大きさを求めることができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

【0110】

（第3実施形態）

図16は、図12に対応した、本発明の第3実施形態に係る検出装置3の概略構成を示す分解斜視図である。なお、図16においては、便宜上、誘電体40（図17参照）の図示を省略している。また、図16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容量検出素子 $S_i$ （第1容量電極112と第2容量電極22と誘電体40とで構成される素子）が検出する単位検出領域を示している。本実施形態の検出装置3は、第1基板110と第2基板20の間において少なくとも隣接する弾性体突起32の境界にスペーサー50が配置されている点で、上述の第2実施形態で説明した検出装置2と異なる。図16において、図12と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0111】

図16に示すように、検出装置3は、基準点Pの周りに複数配置された第1容量電極112、を有する第1基板110と、第1容量電極112を挟んで第1基板110と対向配置された第2基板20と、第1基板110と第2基板20との間に配置された誘電体40（図13参照）と、基準点Pに重なる位置に重心が位置するとともに外圧によって先端部が第2基板20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、第1基板110と第2基板20の間において少なくとも隣接する弾性体突起32の境界に配置されたスペーサー50と、を備えている。

【0112】

スペーサー50は、円柱形状となっており、隣接する弾性体突起32の境界に配置されている。スペーサー50の配置構成は、前記境界の交差する領域に配置されていてもよいし、前記境界を埋めつくすよう例えば枠状形状するなど、単位検出領域Sの周囲全体に亘って配置されていてもよい。ここでは、スペーサー50は前記境界の交差する領域に配置されている。つまり、スペーサー50は単位検出領域Sの4隅に配置されている。

【0113】

図17(a)～(c)は、図13(a)～(c)に対応した、第3実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。なお、図17(a)は第3基板30の表面に外圧が付加される前の状態（外圧の作用がないとき）を示している。図17(b)は第3基板30の表面に垂直方向の外圧が付加された状態を示している。図17(c)は第3基板30の表面に斜め方向の外圧が付加された状態を示している。図17において、図13と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0114】

図17(a)に示すように、第3基板30の表面に外圧が付加される前においては、弾性体突起32は変形していない。これにより、第1容量電極112と第2容量電極22との間の距離は一定に保たれる。このときの各容量検出素子 $S_i$ の静電容量値は図示略のメモリーに記憶されている。メモリーに記憶された各容量検出素子 $S_i$ の静電容量値を基準として外圧の作用する方向や大きさが求められる。

## 【0115】

図17(b)に示すように、第3基板30の表面に垂直方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起32は先端部が第2基板20の表面に当接した状態でZ方向に圧縮変形する。これにより、第2基板20が-Z方向に撓み、第1容量電極112と第2容量電極22との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。つまり、このときの容量検出素子の静電容量値は、外圧の作用がないときに比べて大きくなる。

## 【0116】

ところで、スペーサーを弾性体突起が圧縮変形したときの面積よりも狭い距離で配置すると、基板の撓みやすいところと撓みにくいところで(変形の度合い)で検出値のむらが生じやすくなることが知られている。本実施形態では、スペーサー50を弾性体突起が圧縮変形したときの面積よりも広い距離で配置している。このため、第2基板20の撓みはスペーサー50で囲まれた領域内で生じる。つまり、外圧はスペーサー50で区画された単位検出領域毎に作用することとなる。例えば、指で検出装置3を垂直方向に押した場合、押圧ポイント以外のところで垂直方向の外圧が検出されることを抑制することができる。

10

## 【0117】

図17(c)に示すように、第3基板30の表面に斜め方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起32は先端部が第2基板20の表面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20が-Z方向に撓み、第1容量電極112と第2容量電極22との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。また、第2基板20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。このとき、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。

20

## 【0118】

また、第2基板20の撓みはスペーサー50で囲まれた領域内で生じる。つまり、外圧はスペーサー50で区画された単位検出領域毎に作用することとなる。例えば、指で検出装置3を斜め方向に押した場合、押圧ポイント以外のところで斜め方向の外圧が検出されることを抑制することができる。また、第2基板20がスペーサー50で固定されるので、外力が作用したときに第2基板20がずられて移動してしまうことを抑制することもできる。

## 【0119】

30

本実施形態の検出装置3によれば、第1基板110と第2基板20の間に少なくとも隣接する弾性体突起32の境界にスペーサー50が配置されているので、外圧はスペーサー50で囲まれた単位検出領域毎に作用することとなる。このため、スペーサー50で囲まれた単位検出領域においては、他の単位検出領域との間で相互作用を及ぼし合うことなく、別個独立して外圧を検出することができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

## 【0120】

## (第4実施形態)

図18は、図12に対応した、本発明の第4実施形態に係る検出装置4の概略構成を示す分解斜視図である。なお、図18においては、便宜上、誘電体40(図19参照)の図示を省略している。また、図18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容量検出素子 $S_i$ (第1容量電極112と第2容量電極22と誘電体40とで構成される素子)が検出する単位検出領域を示している。本実施形態の検出装置4は、第3基板30の表面に第3基板本体31よりも高い剛性を有する補強部材51が配置されている点で、上述の第2実施形態で説明した検出装置2と異なる。図18において、図12と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

40

## 【0121】

図18に示すように、検出装置4は、基準点Pの周りに複数配置された第1容量電極112、を有する第1基板110と、第1容量電極112を挟んで第1基板110と対向配置された第2基板20と、第1基板110と第2基板20との間に配置された誘電体40

50

(図19参照)と、基準点Pに重なる位置に重心が位置するとともに外圧によって先端部が第2基板20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、第3基板30の弾性体突起32が配置された側と反対の側に配置された補強部材51と、を備えている。

#### 【0122】

補強部材51は、矩形板状となっており、平面視において第3基板本体31と同じサイズに形成されている。この補強部材51は、第3基板本体31よりも高い剛性を有している。例えば、第3基板本体31の材質が弾性体突起32の材質と同様に発泡ウレタン樹脂(デュロメーター硬さ30程度)の場合、補強部材51の形成材料としては、エポキシ樹脂を用いたりウレタン樹脂(デュロメーター硬さ60程度)を用いたりすることができる。このため、接触面に弾性体突起32の配置間隔よりも小さい対象物(例えば先鋭なスタイラスペン)によって外力が加えられた場合であっても、外圧を正確に検出することができる。

10

#### 【0123】

図19(a)~(c)は、図13(a)~(c)に対応した、第4実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。なお、図19(a)は第3基板30の表面(補強部材51の表面)に外圧が付加される前の状態(外圧の作用がないとき)を示している。図19(b)は第3基板30の表面に垂直方向の外圧が付加された状態を示している。図19(c)は第3基板30の表面に斜め方向の外圧が付加された状態を示している。図19において、図13と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

20

#### 【0124】

図19(a)に示すように、第3基板30の表面に外圧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、第1容量電極112と第2容量電極22との間の距離は一定に保たれる。このときの各容量検出素子 $S_i$ の静電容量値は図示略のメモリーに記憶されている。メモリーに記憶された各容量検出素子 $S_i$ の静電容量値を基準として外圧の作用する方向や大きさが求められる。

#### 【0125】

図19(b)に示すように、第3基板30の表面に垂直方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起32は先端部が第2基板20の表面に当接した状態でZ方向に圧縮変形する。これにより、第2基板20が-Z方向に撓み、第1容量電極112と第2容量電極22との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。つまり、このときの容量検出素子の静電容量値は、外圧の作用がないときに比べて大きくなる。

30

#### 【0126】

また、外圧は2つの隣り合う弾性体突起32の間の領域に作用している。本実施形態では第3基板30の表面に第3基板本体31よりも高い剛性を有する補強部材51を備えているので、例えば、指で検出装置4を垂直方向に押した場合、2つの隣り合う弾性体突起32は互いに垂直方向に圧縮変形することとなる。このように、補強部材51が無い場合に比べて外力により2つの隣り合う弾性体突起32が互いに反対方向に圧縮変形してしまうことを抑制することができる。

40

#### 【0127】

図19(c)に示すように、第3基板30の表面に斜め方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起32は先端部が第2基板20の表面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20が-Z方向に撓み、第1容量電極112と第2容量電極22との間の距離が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。また、第2基板20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。このとき、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。

#### 【0128】

また、外圧は2つの隣り合う弾性体突起32の間の領域に作用している。本実施形態では第3基板30の表面に第3基板本体31よりも高い剛性を有する補強部材51を備えて

50

いるので、例えば、指で検出装置 4 を斜め方向に押した場合、2 つの隣り合う弾性体突起 3 2 は互いに斜め方向に圧縮変形することとなる。このように、補強部材 5 1 が無い場合に比べて外力により 2 つの隣り合う弾性体突起 3 2 が互いに反対方向に圧縮変形してしまうことを抑制することができる。

#### 【0129】

本実施形態の検出装置 4 によれば、第 3 基板 3 0 の弾性体突起 3 2 が形成された側と反対の側に第 3 基板本体 3 1 よりも高い剛性を有する補強部材 5 1 が配置されているので、外圧の方向を高い精度で検出することができる。例えば、外圧が 2 つの隣り合う弾性体突起 3 2 の間の領域に作用する場合、補強部材が無いときに比べて 2 つの隣り合う弾性体突起 3 2 が互いに反対の方向に圧縮変形してしまうことを抑制することができる。つまり、外圧の加えられた方向と反対の方向を検出するといった誤検出を抑制することができる。したがって、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

10

#### 【0130】

なお、本実施形態においては、補強部材 5 1 が第 3 基板 3 0 の表面に配置されているが、これに限らない。例えば、補強部材 5 1 を設けずに、第 3 基板本体 3 1 自体を弾性体突起 3 2 よりも高い剛性を有する材質で形成してもよい。これにより、補強部材 5 1 を設ける構成に比べて装置の薄型化を図ることができる。

#### 【0131】

また、上記実施形態においては、第 1 基板に第 1 電極が配置され、第 2 基板に第 2 電極が配置された、第 1 電極と第 2 電極との間の誘電体に縦方向（Z 方向）の電界を印加させる縦電界方式を採用する構成を例に挙げて説明したが、これに限らない。以下、上記実施形態とは異なる検出装置 5 について、図 2 0 を用いて説明する。

20

#### 【0132】

##### （第 5 実施形態）

図 2 0 は、図 1 に対応した、本発明の第 5 実施形態に係る検出装置 5 の概略構成を示す分解斜視図である。なお、図 2 0 においては、便宜上、誘電体 4 0（図 2 1 参照）の図示を省略している。また、図 2 0 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容量検出素子（第 1 容量電極 2 1 2 と第 2 容量電極 2 2 2 と誘電体 4 0 とで構成される素子）が検出する単位検出領域を示している。本実施形態の検出装置 5 は、第 2 容量電極 2 2 2 が第 1 基板 2 1 0 の基準点 P と重なる位置に配置されている点で、上述の第 1 実施形態で説明した検出装置 1 と異なる。図 2 0 において、図 1 と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

30

#### 【0133】

図 2 0 に示すように、検出装置 5 は、基準点 P の周りに複数配置された第 1 容量電極 2 1 2、基準点 P と重なる位置に配置された第 2 容量電極 2 2 2、を有する第 1 基板 2 1 0 と、第 1 容量電極 2 1 2 を挟んで第 1 基板 2 1 0 と対向配置された第 2 基板 1 2 0 と、第 1 基板 2 1 0 と第 2 基板 1 2 0 との間に配置された誘電体 4 0（図 2 1 参照）と、基準点 P に重なる位置に重心が位置するとともに外圧によって先端部が第 2 基板 1 2 0 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。

#### 【0134】

なお、本実施形態では、第 1 基板 2 1 0 に第 1 電極 2 1 2 及び第 2 容量電極 2 2 2 が配置されている。つまり、第 1 電極 2 1 2 と第 2 容量電極 2 2 2 との間の誘電体に横方向（XY 方向）の電界を印加させる横電界方式を採用している。

40

#### 【0135】

また、第 2 基板 1 2 0 は一枚板であり、縦電界方式を採用した構成のように電極が形成されていない。例えば、第 2 基板 1 2 0 の形成材料としてプラスチック等の樹脂材料を用いて電極を蒸着やスパッタ等の方法で形成すると、製造プロセス中の加熱工程において第 2 基板に反り等が生じる場合がある。しかしながら、この構成によれば第 2 基板 1 2 0 に電極を形成する必要がないので、製造プロセス中において第 2 基板 1 2 0 に反り等が生じることを抑制することができる。

50

## 【 0 1 3 6 】

また、第2容量電極222は、複数の第1容量電極212と等間隔に配置されている。具体的には、複数の第1容量電極212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。これら4つの第1容量電極212の中心（単位検出領域Sの中心）が基準点Pとなっており、この基準点に第2容量電極222が配置されている。

## 【 0 1 3 7 】

図21(a)～(c)は、図7(a)～(c)に対応した、第5実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す断面図である。図22(a)～(c)は、図21(a)～(c)に対応した、第5実施形態に係る容量検出素子による静電容量の変化を示す平面図である。なお、図21(a)及び図22(a)は第3基板30の表面に外圧が付加される前の状態（外圧の作用がないとき）を示している。図21(b)及び図22(b)は第3基板30の表面に垂直方向の外圧が付加された状態を示している。図21(c)及び図22(c)は第3基板30の表面に斜め方向の外圧が付加された状態を示している。また、図22(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21及び図22において、図7及び図8と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。なお、第1容量電極212と第2容量電極222との間の距離は外圧が付加される過程において一定に保たれる。

## 【 0 1 3 8 】

図21(a)及び図22(a)に示すように、第3基板30の表面に外圧が付加される前においては、弾性体突起32は変形していない。このとき、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。また、弾性体突起32の先端部は第2容量電極222に重なっている。具体的には、弾性体突起32の先端部は第2容量電極222と重なった状態で平面視円形となっている。なお、このときの容量検出素子が検出する静電容量値を基準として外圧の作用する方向や大きさが求められる。

## 【 0 1 3 9 】

図21(b)及び図22(b)に示すように、第3基板30の表面に垂直方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起32は先端部が第2基板120の表面に当接した状態で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、第1基板210と第2基板120との間の距離（誘電体40の厚み）が外圧の作用がないときに比べて小さくなる。つまり、このときの容量検出素子の静電容量値は、外圧の作用がないときに比べて大きくなっている。また、弾性体突起32の先端部は外圧の作用がないときよりも大きいサイズの平面視円形となっている。

## 【 0 1 4 0 】

図21(c)及び図22(c)に示すように、第3基板30の表面に斜め方向の外圧が付加されたときには、弾性体突起32は先端部が第2基板120の表面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、第1基板210と第2基板120との間の距離（誘電体40の厚み）が外圧の作用がないとき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。このとき、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。この弾性体突起32の重心Gのずれ（変位量）から外圧の面内方向成分（上述した $F_x$ 及び $F_y$ ）を算出することができる。また、弾性体突起32の先端部は平面視楕円形となっている。具体的には、弾性体突起32の先端部と複数の第1容量電極212との重なる面積は、-X方向及び-Y方向に配置された部分よりも+X方向及び+Y方向に配置された部分のほうが重なる割合が大きくなっている。

## 【 0 1 4 1 】

図23は、図9に対応した、第5実施形態に係るセンシング領域の座標系を示す図である。図23に示すように、複数の容量検出素子S1、S2、S3、S4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。

## 【 0 1 4 2 】

ここで、各容量検出素子S1、S2、S3、S4が検出する静電容量値（検出値）をそ

10

20

30

40

50

れぞれ  $P_{S1}$ ,  $P_{S2}$ ,  $P_{S3}$ ,  $P_{S4}$  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の割合) は上述した式 (2) で表される。

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の割合) は上述した式 (3) で表される。

また、外力の Z 方向成分  $F_z$  (外力の垂直方向成分) は上述した式 (4) で表される。

#### 【0143】

本実施形態では、第 1 実施形態と同様に、外圧によって弾性体突起が弾性変形することにより変化する 4 つの容量検出素子  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  の静電容量値のうち任意に組み合わせられた各容量検出素子の静電容量値の差分を演算し、その差分に基づいて外圧が加えられた方向と大きさが演算される。

10

#### 【0144】

式 (2) に示すように、外圧の X 方向成分  $F_x$  においては、4 つの容量検出素子  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  の静電容量値のうち + X 方向に配置された容量検出素子  $S_2$  及び  $S_4$  が組み合わせられるとともに、- X 方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_3$  が組み合わせられる。このように、+ X 方向に配置された容量検出素子  $S_2$  及び  $S_4$  の組み合わせによる静電容量値と - X 方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_3$  の組み合わせによる静電容量値との差分に基づいて外圧の X 方向成分が求められる。

#### 【0145】

式 (3) に示すように、外圧の Y 方向成分  $F_y$  においては、4 つの容量検出素子  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  の静電容量値のうち + Y 方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_2$  が組み合わせられるとともに、- Y 方向に配置された容量検出素子  $S_3$  及び  $S_4$  が組み合わせられる。このように、+ Y 方向に配置された容量検出素子  $S_1$  及び  $S_2$  の組み合わせによる静電容量値と - Y 方向に配置された容量検出素子  $S_3$  及び  $S_4$  の組み合わせによる静電容量値との差分に基づいて外圧の Y 方向成分が求められる。

20

#### 【0146】

式 (4) に示すように、外圧の Z 方向成分  $F_z$  においては、4 つの容量検出素子  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  の静電容量値を足し合わせた合力で求められる。外圧の Z 方向成分  $F_z$  の検出値を、外圧の X 方向成分  $F_x$  及び外圧の 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

#### 【0147】

本実施形態の検出装置 5 によれば、第 1 容量電極 212 及び第 2 容量電極 222 を第 1 基板 210 に配置しているので、第 1 容量電極 212 及び第 2 容量電極 222 を同一の工程で形成することが可能となる。したがって、製造工程を簡略化することができ、製造効率の向上及び製造コストの低減を図ることができる。また、製造プロセス中の加熱工程において第 2 基板 120 に反り等が生じることを抑制することができるので、外圧の検出精度を向上させることができる。また、弾性体突起 32 の変形の過程において電極間の距離を一定に保つことができるので、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することができる。

#### 【0148】

40

#### (電子機器)

図 24 は、上記実施形態に係る検出装置 1 ~ 5 を適用した携帯電話機 1000 の概略構成を示す模式図である。携帯電話機 1000 は、複数の操作ボタン 1003 及びスクロールボタン 1002、並びに表示部としての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 を操作することによって、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、携帯電話機の電話番号が表示されたりする。

#### 【0149】

図 25 は、上記実施形態に係る検出装置 1 ~ 5 を適用した携帯情報端末 (PDA: P e

50

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が表示される。例えば、メニューボタン(図示略)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。

#### 【0150】

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

#### 【0151】

なお、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、本発明に係る検出装置を適用させることができる。

#### 【0152】

##### (ロボット)

図26は、上記実施形態に係る検出装置1~5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26(a)に示すように、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。

#### 【0153】

図26(b)に示すように、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。このとき、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 $Mg$ でずべる方向の力(すべり力の成分)を検出することが可能である。例えば、柔らかい物体を変形させたりすべ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ことができる。

#### 【0154】

このロボットによれば、上述した検出装置を備えているので、外圧の方向と大きさを高い精度で検出することが可能なロボットを提供することができる。

#### 【符号の説明】

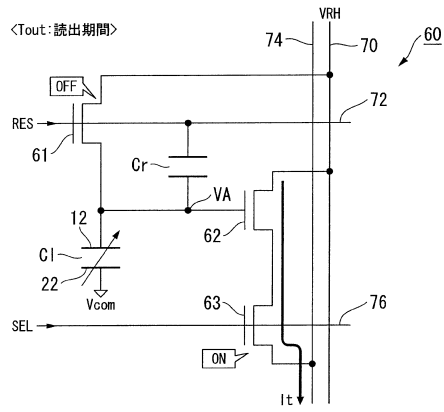
#### 【0155】

1, 2, 3, 4, 5...検出装置、10, 110, 210...第1基板、12, 112, 212...第1容量電極、20, 120...第2基板、22, 222...第2容量電極、30...第3基板、32...弾性体突起、40...誘電体、50...スペーサー、51...補強部材、S1, S2, S3, S4,  $S_i$ , C1...容量検出素子、1000...携帯電話機(電子機器)、2000...携帯情報端末(電子機器)、3000...ロボットハンド(ロボット)。

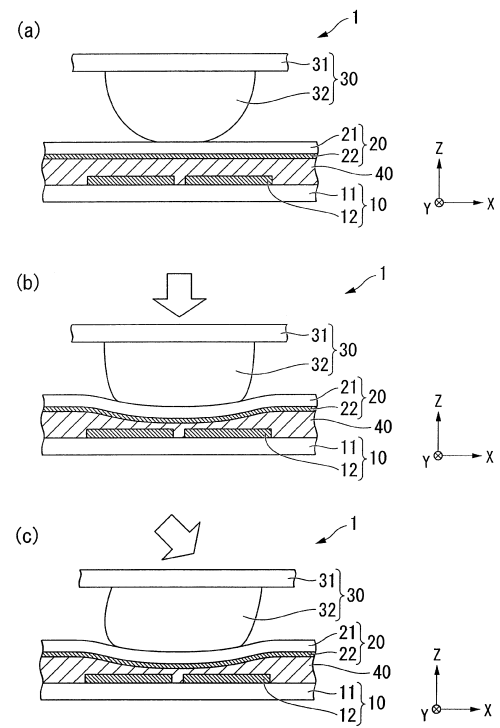




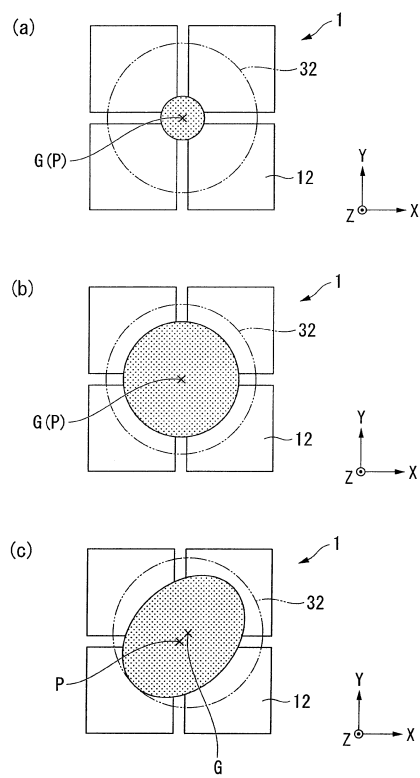
【図 6】



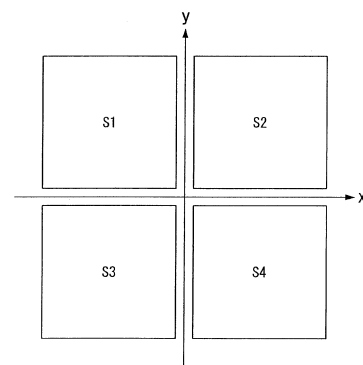
【図 7】



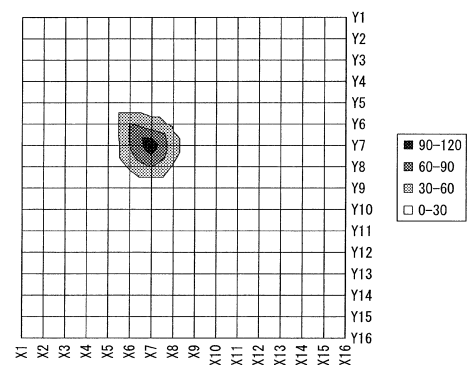
【図 8】



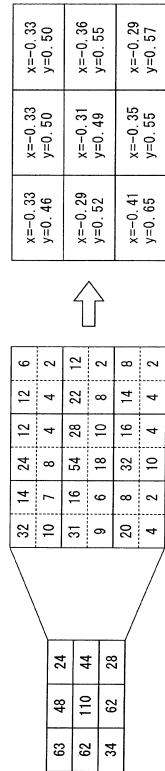
【図 9】



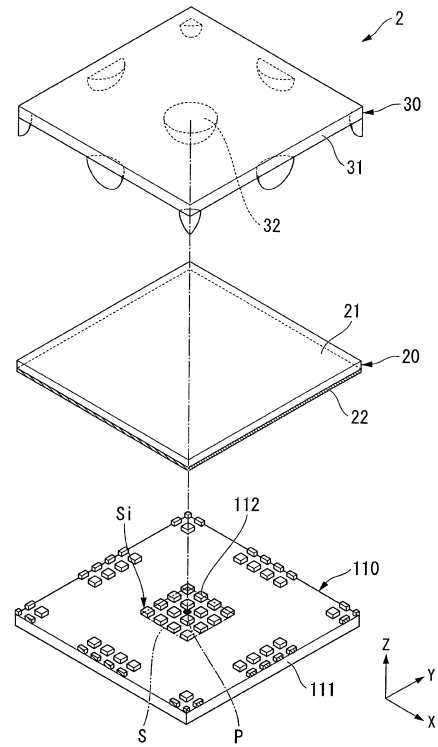
【図 10】



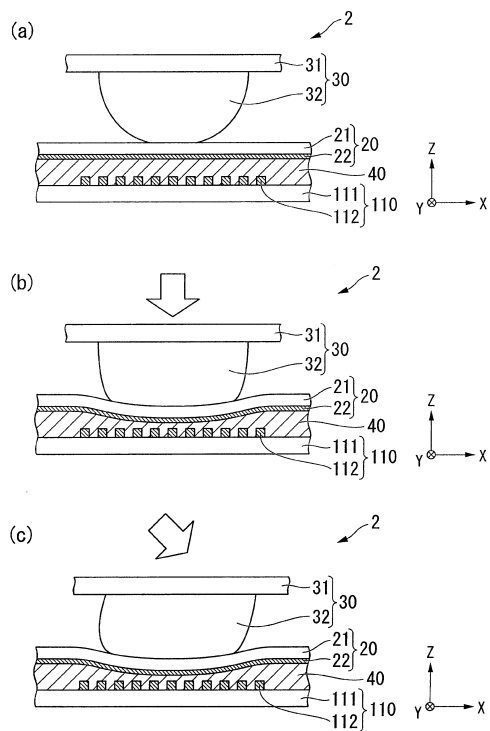
【 図 1 1 】



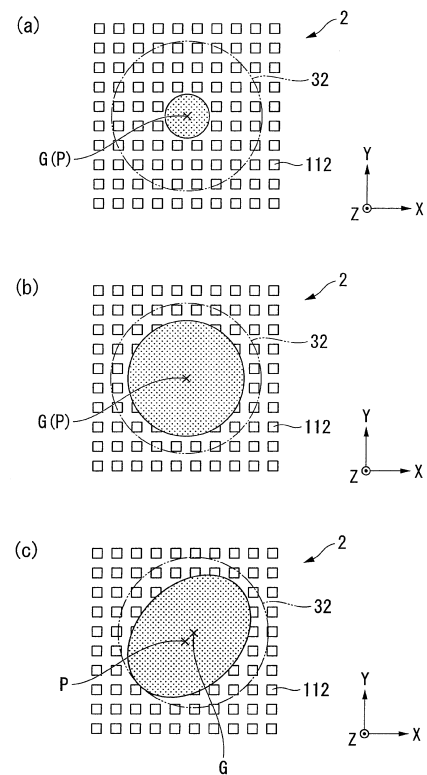
【 図 1 2 】



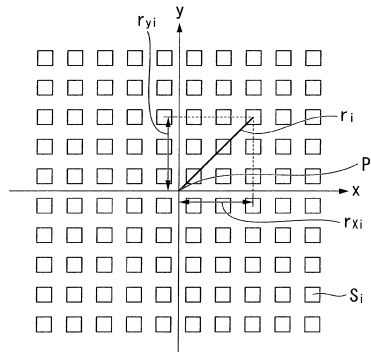
【 図 1 3 】



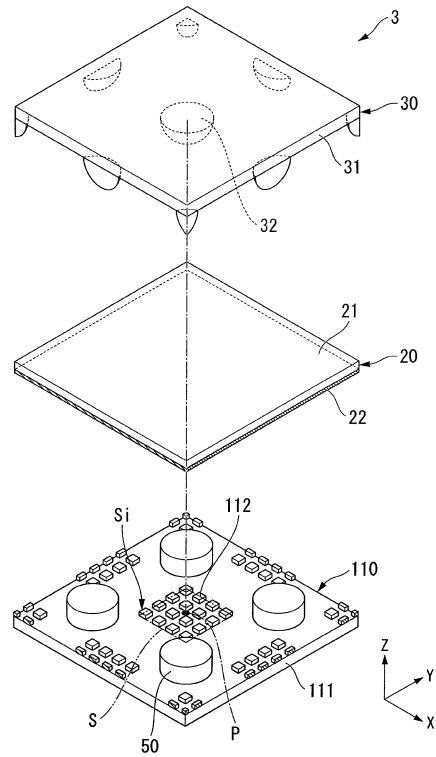
【 図 1 4 】



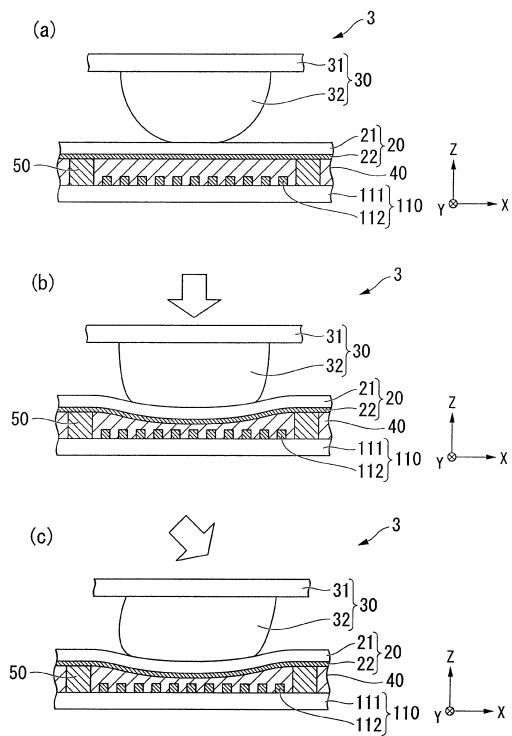
【図 15】



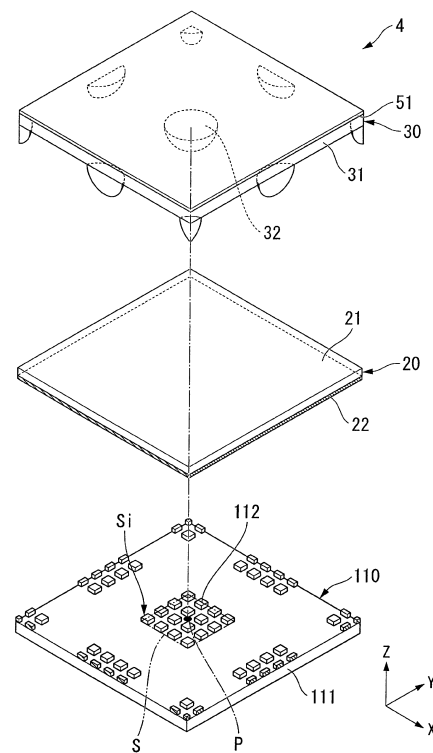
【図 16】



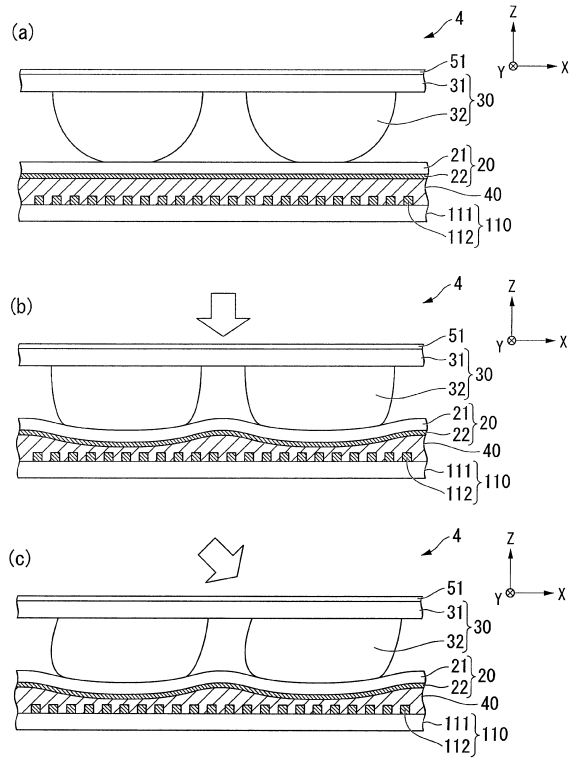
【図 17】



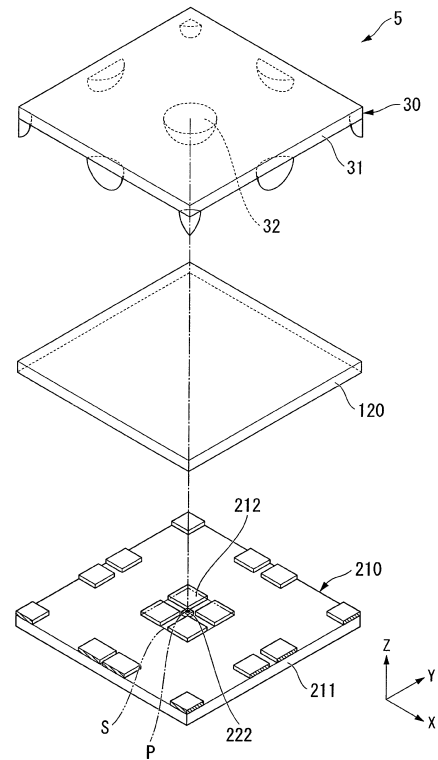
【図 18】



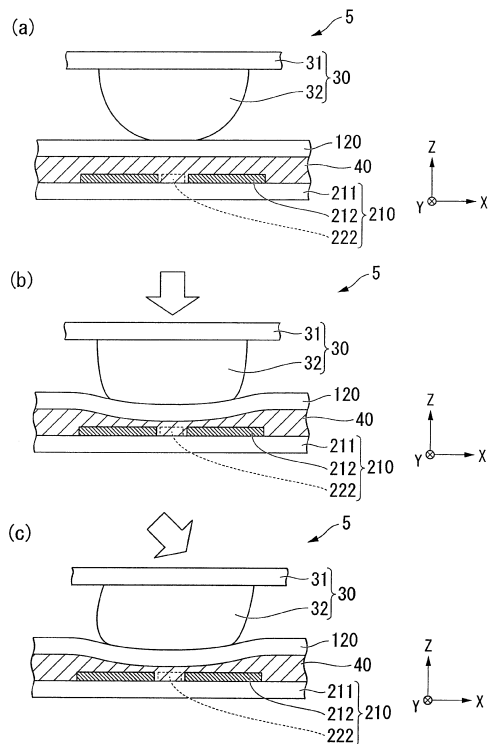
【図 19】



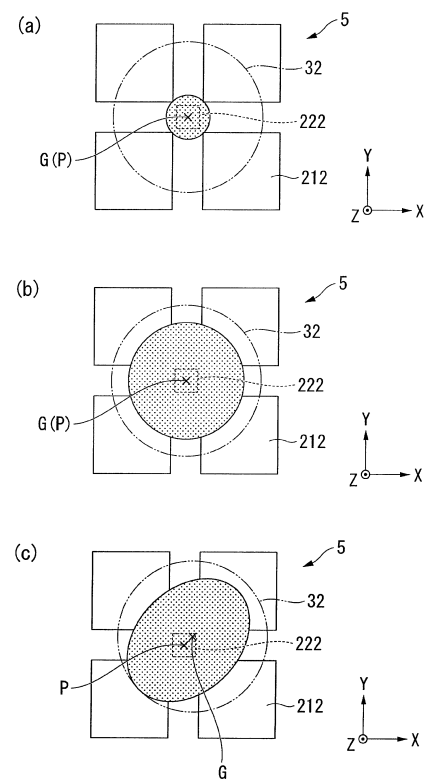
【図 20】



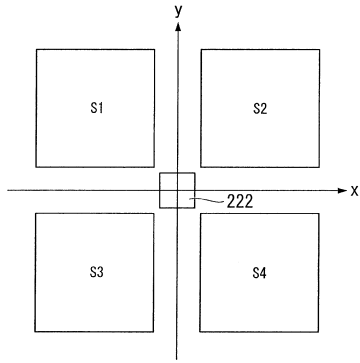
【図 21】



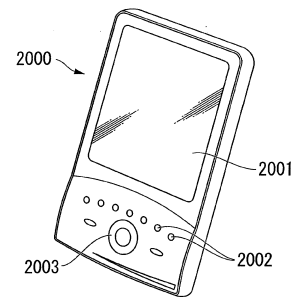
【図 22】



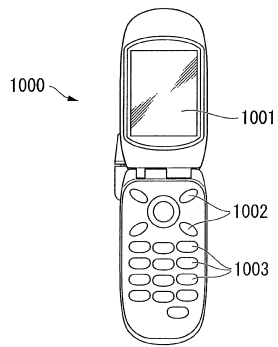
【図 23】



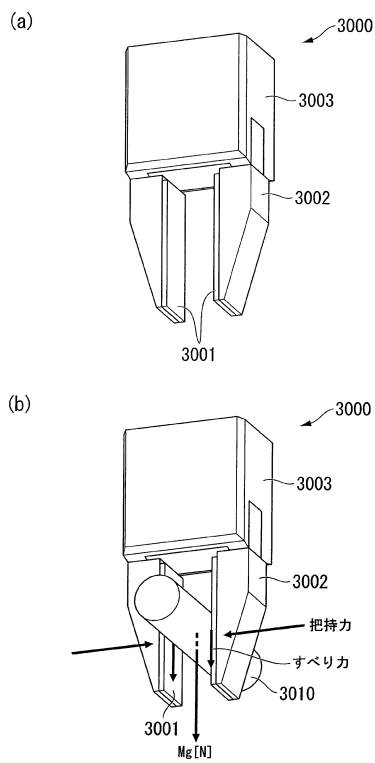
【図 25】



【図 24】



【図 26】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-209384(JP,A)  
特開2004-45178(JP,A)  
特開平7-140025(JP,A)  
特開平6-323933(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01L 5/00 - 5/28  
B25J19/00 - 19/06