

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5776334号
(P5776334)

(45) 発行日 平成27年9月9日 (2015.9.9)

(24) 登録日 平成27年7月17日 (2015.7.17)

(51) Int. Cl.			F I		
GO 1 L	5/16	(2006.01)	GO 1 L	5/16	
GO 1 L	1/16	(2006.01)	GO 1 L	1/16	B
GO 1 L	5/00	(2006.01)	GO 1 L	5/00	I O 1 Z
B 2 5 J	15/08	(2006.01)	B 2 5 J	15/08	V
B 2 5 J	19/02	(2006.01)	B 2 5 J	15/08	W
請求項の数 13 (全 25 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2011-121987 (P2011-121987)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成23年5月31日 (2011.5.31)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-247403 (P2012-247403A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成24年12月13日 (2012.12.13)	(74) 代理人	110000637
審査請求日	平成26年5月26日 (2014.5.26)		特許業務法人樹之下知的財産事務所
		(72) 発明者	中村 友亮
			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	西脇 学
			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	森 雅之
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 応力検出素子、センサーモジュール、電子機器、及び把持装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

剪断力を検出する応力検出素子であって、
互いに平行する第一直線部及び第二直線部を有する開口部を備えた支持体と、
前記支持体上に形成されて前記開口部を閉塞する支持膜と、
前記支持膜を膜厚み方向から見た平面視において、前記第一直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第一圧電素子と、
前記平面視において、前記第一直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第一弾性部と、
前記平面視において、前記第二直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第二弾性部と、
を具備し、
前記第一弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第一弾性端部、及び前記第二弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第二弾性端部の間には、弾性部間ギャップが設けられた
ことを特徴とする応力検出素子。

【請求項2】

請求項1に記載の応力検出素子において、
前記第一弾性部の前記第一弾性端部、及び前記第二弾性部の前記第二弾性端部は、前記

平面視において、前記第一直線部及び前記第二直線部と平行であることを特徴とする応力検出素子。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の応力検出素子において、
前記平面視において、前記開口部の前記第一直線部から前記第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離が等しいことを特徴とする応力検出素子。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の応力検出素子において、
前記開口部の前記第一直線部から前記第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離は、前記第一直線部から前記第二直線部までの距離の 10 % から 30 % であることを特徴とする応力検出素子。

10

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の応力検出素子において、
前記第一弾性部は、前記第一圧電素子を覆って設けられることを特徴とする応力検出素子。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の応力検出素子において、
前記平面視において、前記第二直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第二圧電素子を備えたことを特徴とする応力検出素子。

20

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の応力検出素子において、
前記開口部は、前記第一直線部及び前記第二直線部に対して直交する第三直線部及び第四直線部を有し、

当該応力検出素子は、

前記平面視において、前記第三直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第三圧電素子と

30

、
前記平面視において、前記第三直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第三弾性部と、

前記平面視において、前記第四直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第四弾性部と、

を具備し、

前記第三弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第三弾性端部、及び前記第四弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第四弾性端部の間には、第二弾性部間ギャップが設けられた

ことを特徴とする応力検出素子。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載の応力検出素子において、
前記平面視において、前記第四直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第四圧電素子を備えた

ことを特徴とする応力検出素子。

【請求項 9】

請求項 7 または請求項 8 に記載の応力検出素子において、
前記第一弾性部、前記第二弾性部、前記第三弾性部、及び前記第四弾性部は、一体形成された

50

ことを特徴とする応力検出素子。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の応力検出素子を複数備えるとともに、これらの応力検出素子がアレイ状に配列されたセンサーアレイを備えた

ことを特徴とするセンサーモジュール。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のセンサーモジュールと、

前記センサーモジュールから出力された信号に基づいて、信号処理を実施する信号処理部と、

を備えることを特徴とする電子機器。

10

【請求項 12】

請求項 10 に記載のセンサーモジュールと、

前記センサーモジュールが設けられている把持アームと、

を備えることを特徴とする把持装置。

【請求項 13】

互いに平行な一対の直線部を有する開口部を備えた支持体と、

前記支持体上に形成されて前記開口部を閉塞する支持膜と、

前記支持膜上に設けられ、前記支持膜の厚み方向から見た平面視において、一対の前記直線部のうち少なくともいずれか一方の前記直線部上に位置する圧電素子と、

前記支持膜上に設けられ、前記平面視において、一対の前記直線部上にそれぞれ位置する第 1 弾性部および第 2 弾性部と、を備え、

20

前記第 1 弾性部および前記第 2 弾性部の間には弾性部間ギャップが設けられている

ことを特徴とする応力検出素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、剪断方向に作用する剪断力、および剪断方向に直交する方向に作用する押圧力の双方を検出する応力検出素子、応力検出素子を備えたセンサーモジュール、センサーモジュールを備えた電子機器、及びセンサーモジュールを備えた把持装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来、ロボットのアームなどにより、重量や摩擦係数が未知である対象物を把持して持ち上げる把持装置が知られている。このような把持装置では、対象物を破損することなく、かつ対象物を滑り落とすことなく把持するためには、把持面に対して直交する方向に作用する力（押圧力）と、把持面の面方向（剪断方向）に作用する力（剪断力）を検出する必要があり、これらの力を検出するセンサーが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

この特許文献 1 に記載の触覚センサーは、センサー基板に開設される開口の縁部から延伸するカンチレバー構造の構造体を有し、この構造体は、平板状の感応部と、感応部とセンサー基板とを連結するヒンジ部とから構成される。そして、この構造体の感応部には導電性磁性体膜が形成され、ヒンジ部には、ピエゾ抵抗膜が形成され、導電性磁性体膜とピエゾ抵抗膜とが導通されている。また、ヒンジ部には電極が設けられ、圧力によりヒンジ部が曲がることで、ヒンジ部のピエゾ抵抗で発生する電流が電極から流れる構成となっている。そして、この触覚センサーは、センサー基板上に上記のような構造体が複数形成され、これらの構造体のうち一部がセンサー基板に対して起立し、他の一部がセンサー基板に対して平行に保持されている。また、このセンサー基板上には、弾性体が設けられ、起立した構造体は、弾性体に埋め込まれている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【0004】

【特許文献1】特開2006-208248号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記特許文献1に記載のような触覚センサーでは、カンチレバー構造の構造体を起立させた複雑な立体構造を有しており、その製造においても、磁場を加えてカンチレバー構造の構造体を湾曲させるなど、複雑な製造工程を有し、生産性が悪いという問題がある。

【0006】

これに対して、開口部を有する基板上に、開口部を閉塞するようにメンブレンを設け、当該メンブレンの内外に亘って圧電素子を配置し、その上部を弾性膜で覆う応力検出素子が考えられている。このような応力検出素子は、開口部が形成された基板上にメンブレンを形成する膜部材、圧電素子、及び弾性膜を積層形成するものであるため、製造が容易で小型化も可能となる。

しかしながら、このような応力検出素子では、弾性膜に加わった際にメンブレンの撓み量が小さいと、圧電素子から出力される信号値が小さくなり、検出精度が低下するおそれがあるという課題がある。

【0007】

本発明は、上記のような課題に鑑みて、生産性が良好で、かつ応力の検出精度が高い応力検出素子、センサーモジュール、電子機器、及び把持装置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】

【0008】

本発明の応力検出素子は、剪断力を検出する応力検出素子であって、互いに平行する第一直線部及び第二直線部を有する開口部を備えた支持体と、前記支持体上に形成されて前記開口部を閉塞する支持膜と、前記支持膜を膜厚み方向から見た平面視において、前記第一直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第一圧電素子と、前記平面視において、前記第一直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第一弾性部と、前記平面視において、前記第二直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第二弾性部と、を具備し、前記第一弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第一弾性端部、及び前記第二弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第二弾性端部の間には、弾性部間ギャップが設けられたことを特徴とする。

ここで、本発明における「互いに平行する第一直線部及び第二直線部」とは、僅かな誤差を許容するものであり、第一直線部及び第二直線部が完全に平行となる構成に加え、例えば第一直線部に対して第二直線部が僅かに傾斜して略平行となる構成も含むものである。

【0009】

本発明では、応力検出素子は、第一直線部及び第二直線部を有する開口部が設けられた支持体上に、開口部を塞ぐ状態に支持膜が形成され、この支持膜上に、開口部の第一直線部の内外に跨って第一圧電体素子が積層されている。また、支持体上には、第一直線部を跨ぐ第一弾性部と、第二直線部を跨ぐ第二弾性部とが積層されている。ここで、以降の説明において、開口部内の領域の支持膜をメンブレンと称する。

このような応力検出素子では、第一弾性部及び第二弾性部に剪断力が加わると、当該剪断力が加わった方向（剪断力検出方向）に沿って第一弾性部及び第二弾性部が弾性変形し、メンブレンに歪みが生じる。本発明では、このようなメンブレンの撓み量を第一圧電素子により検出することで剪断力を測定することが可能となる。

ここで、検出精度を向上させるためには、メンブレンをsin波状に撓ませる必要があ

10

20

30

40

50

る。例えば、第一直線部から第二直線部に向かう方向に剪断力が作用する場合では、メンブレンの第一直線部側が開口部側に入り込み、メンブレンの第二直線部側が開口部から離れる方向に浮き上がるように変形される。一方、第二直線部から第一直線部に向かう方向に剪断力が作用する場合では、メンブレンの第一直線部側が浮き上がり、メンブレンの第二直線部側が開口部に入り込むように変形される。このようなメンブレンの変形を検出することで、剪断力の大きさに加えて、剪断力が働く方向をも検出することが可能となる。

【0010】

ところで、メンブレン全体を覆うように弾性体が設けられる構成とした場合、メンブレンの第一直線部側の撓みと、第二直線部側の撓みとの間の変曲点を形成する部位近傍が、弾性部の剛性により変形を阻害され、撓み量が少なくなってしまう。この場合、第一圧電素子から出力される信号値も小さくなるため、剪断力の検出精度が低下してしまう。

これに対して、本発明によれば、第一弾性部と、第二弾性部との間に弾性部間ギャップが設けられている。すなわち、メンブレンの中央部には、第一弾性部も第二弾性部も積層されていない部位が存在する。このような構成では、第一弾性部及び第二弾性部の間は、支持膜に弾性部が積層されていないため、メンブレンの変位を阻害するものがない。したがって、第一弾性部より形成されるメンブレンの撓みと、第二弾性部により形成されるメンブレンの撓みと間に変曲点を好適に形成することができる。これにより、例えば、第一弾性部及び第二弾性部に、第一直線部から第二直線部に向かう剪断力が加わった場合、メンブレンの第一弾性部が設けられた位置は、大きく開口部側に変位し、第二弾性部が設けられた位置は、大きく開口部から離れる方向に変位し、結果として、振幅の大きい $\sin$ 波状の撓みを形成することができる。このため、第一圧電素子から出力される信号値も大きくなり、検出精度を向上させることができる。

また、本発明の応力検出素子は、支持体上に支持膜、第一圧電素子、第一弾性部、及び第二弾性部を積層させるだけの簡単な構成を有するものであるため、製造が容易で、かつ製造コストも低減できる。

【0011】

本発明の応力検出素子では、前記第一弾性部の前記第一弾性端部、及び前記第二弾性部の前記第二弾性端部は、前記平面視において、前記第一直線部及び前記第二直線部と平行であることが好ましい。

なお、本発明において、「第一弾性端部及び第二弾性端部が、第一直線部及び第二直線部と平行である」とは、上記発明と同様に、完全な平行状態に加え、第一弾性端部及び第二弾性端部の少なくともいずれか一方が、第一直線部や第二直線部に対して僅かに傾斜するような略平行状態をも含むものである。

【0012】

本発明では、第一弾性端部及び第二弾性端部は、第一直線部及び第二直線部を平行に設けられている。

ここで、第一弾性端部と第二弾性端部が平行でない場合、メンブレンの撓みが場所によって異なる形状となるおそれがある。例えば、第一直線部から第二直線部に向かう $+X$ 方向に沿って剪断力を加え、 X 方向に直交する方向を Y 方向に沿って、メンブレンの撓み状態を見ると、第一弾性端部及び第二弾性端部が平行でない場合では、メンブレン上の $Y = a$ の位置における撓み形状と、 $Y = b$ ($b \neq a$) の位置における撓み形状が異なる形状となる場合がある。このような場合、正確な剪断力を検出することができない。また、第一弾性端部及び第二弾性端部が平行であったとしても、第一直線部（第二直線部）に平行でない場合も同様に、メンブレンの位置によって撓み形状が異なる形状となる場合がある。

これに対して、本発明では、上述のように、第一弾性端部、第二弾性端部、第一直線部、及び第二直線部が平行となるため、 Y 座標によらず、 X 方向へのメンブレンの撓み形状が同一となり、正確な剪断力を検出することができる。

【0013】

本発明の応力検出素子では、前記平面視において、前記開口部の前記第一直線部から前記第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離が等し

いことが好ましい。

本発明では、第一直線部から第一弾性端部までの距離、第二直線部から第二弾性端部までの距離が等しいため、第一弾性部がメンブレンに与える応力と、第二弾性部がメンブレンに与える応力とは、方向が異なり、かつ略同一の大きさの応力となる。したがって、メンブレンの第一直線部側の撓み量と、第二直線部側の撓み量とが略同一の撓み量となり、かつ撓み方向が逆となる。このため、メンブレンの中心点を変曲点とした $\sin$ 波状に、当該メンブレンを撓ませることができ、剪断力の検出精度をさらに向上させることができる。

【0014】

本発明の応力検出素子では、前記開口部の前記第一直線部から前記第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離は、前記第一直線部から前記第二直線部までの距離の10%から30%であることが好ましい。

本発明では、前記第一直線部から第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離が前記第一直線部から前記第二直線部までの距離の10%から30%の範囲内となるように、第一弾性部及び第二弾性部が設けられている。メンブレンの撓み量を大きくするためには、メンブレンを $\sin$ 波状に撓ませる必要がある。すなわち、メンブレン上の第一直線部から第二直線部に向かう方向を $+X$ 方向とし、第一直線部の X 座標を0、第二直線部の X 座標を T とした場合、 $X = T/4$ 、 $3T/4$ において、メンブレンの振幅が最大となり、 $X = T/2$ が変曲点となることが好ましい。

ここで、前記第一直線部から第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離が前記第一直線部から前記第二直線部までの距離の10%未満の場合、第一弾性部及び第二弾性部からの応力が適切にメンブレンに伝達されず、メンブレンの撓み量が小さくなる。一方、前記第一直線部から第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離が前記第一直線部から前記第二直線部までの距離の30%より大きい場合、メンブレンの振幅が最大となる $X = T/4$ 、 $3T/4$ の位置が、第一弾性部及び第二弾性部が積層されることで、十分な振幅を稼ぐことができず、メンブレンの撓み量が小さくなる。これに対して、本発明のように、前記第一直線部から第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離が前記第一直線部から前記第二直線部までの距離の10%～30%となる場合では、メンブレンの撓みが阻害されず、かつ、第一弾性部及び第二弾性部から十分な応力がメンブレンに伝達されることになる。特に、前記第一直線部から第一弾性端部までの距離、及び前記第二直線部から前記第二弾性端部までの距離が20%～25%程度、すなわち、メンブレンの振幅が最大となる $X = T/4$ 、 $3T/4$ の位置近傍に、第一弾性端部及び第二弾性端部が設けられる構成とすることで、メンブレンの撓み量を最大にすることができる。この場合、第一圧電素子からより強い信号を出力させることができ、検出精度をより向上させることができる。

【0015】

本発明の応力検出素子では、前記第一弾性部は、前記第一圧電素子を覆って設けられることが好ましい。

第一弾性部が、第一圧電素子の一部のみに積層される構成では、第一圧電素子のうち、第一弾性部が積層されない部分での撓み量が減退する。この場合、第一圧電素子の撓みが小さくなり、出力される信号も弱くなる。これに対して、本発明では、第一弾性部が第一圧電素子全体を覆う構成であるため、第一圧電素子の撓みが大きくなり、信号強度を強くでき、検出精度をより向上させることができる。

【0016】

本発明の応力検出素子では、前記平面視において、前記第二直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第二圧電素子を備えたことが好ましい。

本発明では、第二直線部に沿って、第二圧電素子が設けられているため、第一圧電素子及び第二圧電素子の双方の信号値の差分により剪断力を検出することができ、検出精度を

10

20

30

40

50

さらに向上させることができる。

【0017】

本発明の応力検出素子では、前記開口部は、前記第一直線部及び前記第二直線部に対して直交する第三直線部及び第四直線部を有し、当該応力検出素子は、前記平面視において、前記第三直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第三圧電素子と、前記平面視において、前記第三直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第三弾性部と、前記平面視において、前記第四直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられる第四弾性部と、を具備し、前記第三弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第三弾性端部、及び前記第四弾性部の前記開口部の内側領域の端辺である第四弾性端部の間には、第二弾性部間ギャップが設けられることが好ましい。

10

【0018】

本発明では、開口部が、第一直線部及び第二直線部に直交する第三直線部及び第四直線部を有し、第三直線部に沿って第三圧電素子が設けられ、第三直線部の内外に跨る第三弾性部、及び第四直線部の内外に跨る第四弾性部が設けられている。このような構成では、第一直線部から第二直線部に向かうX方向の剪断力の検出に加え、第三直線部から第四直線部に向かうY方向の剪断力を第三圧電素子により検出することができる。

また、第一圧電素子及び第三圧電素子からの信号に基づいて、X方向に沿う剪断力の方向、大きさ、Y方向に沿う剪断力の方向、大きさが算出されれば、これらをベクトル演算することで、2次元平面内で作用する剪断力の方向、及び大きさを算出することが可能となる。

20

【0019】

本発明の応力検出素子では、前記平面視において、前記第四直線部に沿い、かつ、前記開口部の内側領域から外側領域に跨って前記支持膜上に設けられ、湾曲することで電気信号を出力する第四圧電素子を備えることが好ましい。

本発明では、上述した発明と同様に、第三圧電素子及び第四圧電素子の双方から出力された信号値に基づいて、第三直線部から第四直線部に向かうY方向の剪断力をより正確に検出することができる。

【0020】

30

本発明の応力検出素子では、前記第一弾性部、前記第二弾性部、前記第三弾性部、及び前記第四弾性部は、一体形成されることが好ましい。

本発明によれば、第一弾性部、第二弾性部、第三弾性部、及び第四弾性部が一体形成されている。このような構成では、弾性部間ギャップを形成するために、これら一体形成された弾性部にスリット状の空隙を設けることで、容易に上記構成の応力検出素子を形成することができ、製造効率の向上、及び構成の簡略化を図ることができる。

【0021】

本発明のセンサーモジュールは、上述したような応力検出素子を複数備えるとともに、これらの応力検出素子がアレイ状に配列されたセンサーアレイを備えることを特徴とする。

40

本発明では、センサーモジュールは、応力検出素子をアレイ状に配列したセンサーアレイを備えている。ここで応力検出素子は、上述したように、製造が容易であり、かつ高い剪断力検出精度を有するため、センサーモジュールにおいても、製造が容易であり、かつ複数の応力検出素子を用いた高精度な剪断力検出を行うことができる。

【0022】

本発明の電子機器は、上述したようなセンサーモジュールと、前記センサーモジュールから出力された信号に基づいて、信号処理を実施する信号処理部と、を備えることを特徴とする。

本発明の電子機器は、上述したセンサーモジュールを備えている。したがって、信号処理部では、センサーモジュールから出力された高精度な剪断力検出信号に基づいて、各種

50

処理を実施することができる。

本発明の把持装置は、上述したようなセンサーモジュールと、前記センサーモジュールが設けられている把持アームと、を備えることを特徴とする。

本発明の把持装置は、上述したセンサーモジュールを備えている。したがって、把持アームによる正確な把持動作を実施できる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明に係る第一実施形態の応力検出素子の概略構成を示す平面図。

【図2】第一実施形態の応力検出素子の概略構成を示す断面図。

【図3】応力検出素子に対象物が接触した状態を示す図であり、(A)は、メンブレンの変形前の状態を示す図、(B)は、剪断力によりメンブレンが変形した状態を示す図。

【図4】応力検出素子に対象物が接触した状態を示す図であり、(A)は、正圧力によりメンブレンが変形した状態を示す図、(B)は、剪断力及び正圧力の双方によりメンブレンが変形した状態を示す図。

【図5】圧電膜で発生する電位差を模式的に示す図であり、(A)は、圧電膜が変形していない状態、(B)は、圧電膜が伸長された状態、(C)は、圧電膜が圧縮された状態を示す図。

【図6】第二実施形態の触覚センサーの一部を拡大した平面図。

【図7】第二実施形態の触覚センサーの一部を断面した断面図。

【図8】第三実施形態の把持装置の概略構成を示す装置ブロック図。

【図9】把持装置の把持動作における触覚センサーに作用する押圧力および剪断力の関係を示す図。

【図10】第四実施形態のアイロンの概略構成を示すブロック図。

【図11】第五実施形態のノート型パソコンの概略構成を示す斜視図。

【図12】他の実施形態における応力検出素子を示す平面図。

【発明を実施するための形態】

【0024】

[第一実施形態]

以下、本発明に係る第一実施形態の応力検出素子について、図面に基づいて説明する。

[1. 応力検出素子の構成]

図1は、第一実施形態の応力検出素子100の概略構成を示す平面図であり、図2は、応力検出素子100の断面図である。

【0025】

応力検出素子100は、図1に示すように、本発明の支持体であるセンサー基板11上に、支持膜12、圧電素子13、および本発明の第一弾性部、第二弾性部、第三弾性部、及び第四弾性部を構成する弾性体14を積層することで構成されている。この応力検出素子100は、対象物が弾性体14に接触した際に加わる剪断力及び正圧力を検出する素子である。

【0026】

(センサー基板の構成)

センサー基板11は、例えばSiにより形成され、厚み寸法が例えば200 μ mに形成されている。このセンサー基板11には、図1および図2に示すように、開口部111が形成されている。この開口部111は、センサー基板11の厚み方向から当該センサー基板11を見る平面視（センサー平面視）において、正方形形状に形成されており、当該正方形の各辺が第一直線部111A、第二直線部111B、第三直線部111C、第四直線部111Dを構成する。本実施形態では、この開口部111は、例えば一辺の長さ寸法Lが500 μ mに形成されている。

【0027】

(支持膜の構成)

支持膜12は、図示は省略するが、センサー基板11上に例えば厚み寸法が3 μ mに成

10

20

30

40

50

膜される SiO_2 層と、この SiO_2 層上に積層される厚み寸法が例えば 400 nm の ZrO_2 層との 2 層構造により形成されている。ここで、 ZrO_2 層は、後述する圧電素子 13 の焼成形成時に、圧電膜 132 の剥離を防止するために形成される層である。すなわち、圧電膜 132 が例えば PZT により形成される場合、焼成時に ZrO_2 層が形成されていないと、圧電膜 132 に含まれる Pb が SiO_2 層に拡散して、 SiO_2 層の融点が下がり、 SiO_2 層の表面に気泡が生じ、この気泡により PZT が剥離してしまう。また、 ZrO_2 層がない場合、圧電膜 132 の歪みに対する撓み効率が低下するなどの問題もある。これに対して、 ZrO_2 層が SiO_2 層上に形成される場合、圧電膜 132 の剥離、撓み効率の低下などの不都合を回避することが可能となる。

また、以降の説明において、図 1 に示すようなセンサー平面視において、支持膜 12 のうち、開口部 111 を閉塞する領域をメンブレン 121 と称す。

【0028】

(圧電素子の構成)

圧電素子 13 (第一圧電素子 13A ~ 第四圧電素子 13D) は、メンブレン 121 上で、開口部 111 の各直線部 111A ~ 111D に沿って、各直線部 111A ~ 111D の直線方向と同一方向に長手となる矩形状に形成される。また、各圧電素子 13 は、センサー平面視において、開口部 111 の各直線部 111A ~ 111D を挟んで、開口部 111 の内側領域から外側領域に跨って配置されている。ここで、本実施形態において、第一直線部 111A に沿って設けられる圧電素子 13 が第一圧電素子 13A であり、第二直線部 111B に沿って設けられる圧電素子 13 が第二圧電素子 13B であり、第三直線部 111C に沿って設けられる圧電素子 13 が第三圧電素子 13C であり、第四直線部 111D に沿って設けられる圧電素子 13 が第四圧電素子 13D である。

これらの圧電素子 13 は、下部電極 131、圧電膜 132、及び上部電極 133 が積層されて構成されている。

【0029】

圧電膜 132 は、例えば PZT (ジルコン酸チタン酸鉛: lead zirconate titanate) を厚み寸法が例えば 500 nm となる膜状に成膜することで形成される。なお、本実施形態では、圧電膜 132 として PZT を用いるが、膜の応力変化により電荷を発生することが可能な素材であれば、いかなる素材を用いてもよく、例えばチタン酸鉛 (PbTiO_3)、ジルコン酸鉛 (PbZrO_3)、チタン酸鉛ランタン ($(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$)、窒化アルミ (AlN)、酸化亜鉛 (ZnO)、ポリフッ化ビニリデン (PVDF) などを用いてもよい。この圧電膜 132 は、剪断力により支持膜が撓むと、その撓み量に応じて下部電極 131 および上部電極 133 の間で電位差が発生する。これにより、下部電極 131 および上部電極 133 に圧電膜 132 からの電流が流れ、電気信号が出力される。

【0030】

下部電極 131 および上部電極 133 は、圧電膜 132 の膜厚み方向を挟んで形成される電極であり、下部電極 131 は、圧電膜 132 のメンブレン 121 に対向する面に形成され、上部電極 133 は、下部電極 131 が形成される面とは反対側の面に形成されている。

【0031】

下部電極 131 は、厚み寸法が例えば 200 nm に形成される膜状の電極であり、圧電素子 13 が形成される各直線部 111A ~ 111D に直交する方向に沿って、メンブレン 121 内外に跨って形成される。この下部電極 131 としては、導電性を有する導電薄膜であれば、いかなるものであってもよいが、本実施形態では、例えば、Ti/Ir/Pt/Ti の積層構造膜を用いる。

【0032】

また、上部電極 133 は、厚み寸法が例えば 50 nm に形成される膜状の電極である。この上部電極 133 は、圧電膜 132 の長手方向の端部間を覆って、圧電素子 13 が形成される各直線部 111A ~ 111D と平行に形成される。そして、この上部電極 133 の長手方向の端部に引出部 133A が形成されている。このような電極パターンにより、下

10

20

30

40

50

部電極 1 3 1 および上部電極 1 3 3 が直接接触する部分がなく、絶縁膜などにより電極の被覆をすることもなく、容易に圧電素子 1 3 から出力される電気信号を取り出すことができる。

また、この上部電極 1 3 3 としても、下部電極 1 3 1 と同様に導電性薄膜であれば、いかなる素材を用いてもよいが、本実施形態では、I r 薄膜を用いる。

このような圧電素子 1 3 では、下部電極 1 3 1、圧電膜 1 3 2、および上部電極 1 3 3 が膜方向に沿って重なり合っている部分が、支持膜の撓み量を検出する圧電積層部 1 3 4 となる。

【0033】

(弾性体の構成)

弾性体 1 4 は、上述のような支持膜 1 2、圧電素子 1 3 を覆って形成される膜である。この弾性体 1 4 としては、本実施形態では、例えば P D M S (PolyDiMethylSiloxane) を用いるが、これに限定されず、弾性を有する合成樹脂など、その他の弾性素材により形成されるものであってもよい。また、弾性体 1 4 の厚み寸法としては、特に限定されないが、例えば 3 0 0 μ m に形成されている。

【0034】

この弾性体 1 4 は、センサー平面視において、開口部 1 1 1 の中心領域に正形状のスリット 1 4 1 が形成されている。すなわち、弾性体 1 4 は、第一直線部 1 1 1 A に沿って開口部 1 1 1 の内外に跨って設けられる第一弾性部 1 4 1 A と、第二直線部 1 1 1 B の開口部 1 1 1 の内外に跨って設けられる第二弾性部 1 4 1 B と、第三直線部 1 1 1 C の開口部 1 1 1 の内外に跨って設けられる第三弾性部 1 4 1 C と、第四直線部 1 1 1 D の開口部 1 1 1 の内外に跨って設けられる第四弾性部 1 4 1 D と、を備えている。そして、第一弾性部 1 4 1 A の開口部 1 1 1 の内周側端部 (第一弾性端部 1 4 3 A)、第二弾性部 1 4 1 B の開口部 1 1 1 の内周側端部 (第二弾性端部 1 4 3 B)、第三弾性部 1 4 1 C の開口部 1 1 1 の内周側端部 (第三弾性端部 1 4 3 C)、及び、第四弾性部 1 4 1 D の開口部 1 1 1 の内周側端部 (第四弾性端部 1 4 3 D) により、スリット 1 4 1 が形成されている。

ここで、第一弾性端部 1 4 3 A 及び第二弾性端部 1 4 3 B は、第一直線部 1 1 1 A (第二直線部 1 1 1 B) と平行であり、弾性間ギャップ G x を介して互いに対向する。また、第三弾性端部 1 4 3 C 及び第四弾性端部 1 4 3 D は、第三直線部 1 1 1 C (第四直線部 1 1 1 D) と平行であり、弾性間ギャップ G y (第二弾性間ギャップ) を介して互いに対向する。

【0035】

また、第一弾性部 1 4 1 A (第二弾性部 1 4 1 B) において、第一直線部 1 1 1 A (第二直線部 1 1 1 B) から第一弾性端部 1 4 3 A (第二弾性端部 1 4 3 B) までの距離 L は、開口部 1 1 1 の開口寸法 (第一直線部 1 1 1 A から第二直線部 1 1 1 B までの距離) L w の 1 0 % ~ 3 0 % 程度に形成されていることが形成されていることが好ましく、より好ましくは、2 0 % ~ 2 5 % である。

第一直線部 1 1 1 A (1 1 1 B) から第一弾性端部 1 4 3 A (第二弾性端部 1 4 3 B) までの距離 L が、開口寸法 L w の 1 0 % 未満である場合、弾性体 1 4 に剪断力や応力が作用して弾性変形した際に、第一弾性部 1 4 1 A (第二弾性部 1 4 1 B) からメンブレン 1 2 1 に弾性変形に応じた応力が十分に伝達されず、メンブレン 1 2 1 の撓み量が小さくなる。一方、第一直線部 1 1 1 A (第二直線部 1 1 1 B) から第一弾性端部 1 4 3 A (第二弾性端部 1 4 3 B) までの距離 L が、開口寸法 L w の 3 0 % より大きい場合、中空部 1 4 4 のサイズが小さくなる。この場合、中空部 1 4 4 が設けられる部分に対応したメンブレン 1 2 1 の撓みが第一弾性部 1 4 1 A、第二弾性部 1 4 1 B により阻害され、メンブレン 1 2 1 の撓み量が小さくなる。以上のように、メンブレン 1 2 1 の撓みが小さくなると、第一圧電素子 1 3 A や第二圧電素子 1 3 B から出力される信号値も小さくなり、検出精度が悪化する。

これに対して、第一直線部 1 1 1 A (第二直線部 1 1 1 B) から第一弾性端部 1 4 3 A (第二弾性端部 1 4 3 B) までの距離 L が、開口寸法 L w の 1 0 % ~ 3 0 %、より好まし

10

20

30

40

50

くは、20～25%の範囲内である場合、第一弾性端部143A、第二弾性端部143Bが、メンブレン121が撓みの最大となる部位の近傍に位置し、メンブレン121の撓み量が大きくなる。このため、第一圧電素子13Aや第二圧電素子13Bから出力される信号も大きくなり、検出精度を向上させることが可能となる。

また、同様の理由により、第三弾性部141C、第四弾性部141Dに対して、第三直線部111C（第四直線部111D）から第三弾性端部143C（第四弾性端部143D）までの距離Lは、開口部111の開口寸法（第三直線部111Cから第四直線部111Dまでの距離）Lwの10%～30%程度に形成されていることが形成されていることが好ましく、より好ましくは、20%～25%である。

なお、本実施形態では、開口部111の1辺の長さ寸法（第一直線部111Aから第二直線部111Bまでの距離、第三直線部から第四直線部までの距離）Lwが500μmであり、開口部の各直線部111A～111Dから、スリット141までの距離Lが100μmである。

【0036】

〔2. 応力検出素子の動作〕

次に上記のような応力検出素子100の動作について、図面に基づいて説明する。

応力検出素子100では、X方向に沿って剪断力が加えられた際には、第一圧電素子13A及び第二圧電素子13Bによりその剪断力が検出され、Y方向に沿って剪断力が加えられた際には、第三圧電素子13C及び第四圧電素子13Dによりその剪断力が検出される。また、センサー基板11に対して直交する押圧力が加えられた際には、第一圧電素子13A、第二圧電素子13B、第三圧電素子13C、第四圧電素子13Dによりその押圧力が検出される。

ここでは、一例として、メンブレン121のX方向に向う剪断力が加えられた場合、及び剪断力に加えて正圧力が加えられた場合における、剪断力の検出方向について説明する。なお、Y方向に向かって剪断力が加えられた場合については、同様の動作により剪断力が検出されるものであるから、その説明を省略する。

図3は、応力検出素子100に対象物Zが接触した状態を示す図であり、(A)は、メンブレン121の変形前の状態を示す図、(B)は、剪断力によりメンブレン121が変形した状態を示す図である。また、図4(A)は、図3(A)の状態から、正圧力が加えられた際のメンブレン121の変形状態を示す図であり、図4(B)は、図3(A)の状態から、+X方向への剪断力と正圧力との双方が加えられた際のメンブレン121の変形状態を示す図である。

【0037】

応力検出素子100は、図3(A)に示すように、弾性体14に対象物Zが接触し、矢印P1の方向に剪断力が加えられると、図3(B)に示すように、メンブレン121に撓みが発生する。

すなわち、弾性体14に剪断力が発生すると、第一弾性部141Aによりメンブレン121の-X側の面が開口部111側に押し込まれるため、矢印M1に示すように、開口部111内に入り込むモーメント力が発生する。一方、+X側の面では、第二弾性部141Bによりメンブレン121の+X側の面が開口部111から離れる方向に引き離され、矢印M2に示すように、開口部111から浮き上がろうとするモーメント力が発生する。

これにより、スリット141が設けられる位置、より具体的には、メンブレン121の中心点に変曲点が現れ、当該メンブレン121がsin波状に湾曲する。

【0038】

また、弾性体14に正圧力のみが加えられる場合では、図4(A)に示すように、第一弾性部141A及び第二弾性部141Bがメンブレン121を開口部側に押し込むため、メンブレン121は、開口部111側に沈み込むように撓む。

そして、弾性体14に剪断力と正圧力との双方が加えられる場合は、図3(B)に示すようなメンブレン121の変形状態と、図4(A)に示すようなメンブレン121の変形状態とが同時に起こり、結果として、図4(B)に示すように、メンブレン121全体が

開口部 1 1 1 内に沈み込み、かつ $\sin$ 波状の撓みが発生する。

【0039】

上記のようにメンブレン 1 2 1 が撓むと、各圧電素子 1 3 では、メンブレン 1 2 1 の撓み方向、及び撓み量に応じた電気信号を出力する。

図 5 は、圧電膜 1 3 2 で発生する電位差を模式的に示す図であり、(A) は、圧電膜 1 3 2 が変形していない状態、(B) は、圧電膜 1 3 2 が伸長された状態、(C) は、圧電膜 1 3 2 が圧縮された状態を示す図である。

上記のような応力検出素子 1 0 0 により押圧力および剪断力を検出するためには、予め上部電極 1 3 3 および下部電極 1 3 1 間に電圧を印加し、図 5 (A) に示すように、電圧を印加して分極させておく。この状態で、メンブレン 1 2 1 に撓みが発生すると、圧電膜 1 3 2 に電位差が発生する。

10

ここで、圧電素子 1 3 が開口部 1 1 1 側に撓む場合、圧電膜 1 3 2 には、図 5 (B) に示すように、圧電膜 1 3 2 の面内方向に引っ張り応力が発生し、膜厚も小さくなる。これにより、圧電膜 1 3 2 では、分極モーメント量が低下し、上部電極 1 3 3 との接触面に初期の分極値との差を相殺するだけの正電荷、下部電極 1 3 1 との接触面に負電荷が発生する。このため、下部電極 1 3 1 から上部電極 1 3 3 に向かう方向に電流が流れ、電気信号として出力される。

一方、圧電素子 1 3 が開口部 1 1 1 から離れる方向に撓む場合、図 5 (C) に示すように、圧電膜 1 3 2 に圧縮応力が発生し、圧電膜 1 3 2 の膜厚は大きくなる。これにより、圧電膜 1 3 2 では、分極モーメント量が増大し、上部電極 1 3 3 に負電荷、下部電極 1 3 1 に正電荷が発生する。このため、上部電極 1 3 3 から下部電極 1 3 1 に向かう方向に電流が流れ、電気信号として出力される。

20

【0040】

〔3. 応力検出素子における応力算出方法〕

次に、上述のように応力検出素子 1 0 0 が動作した際の正圧力及び剪断力の算出方法について説明する。

本実施形態の応力検出素子 1 0 0 では、例えば当該応力検出素子 1 0 0 の製造時において、弾性体 1 4 に対して押圧力のみを加え、加えた押圧力を変化させて、各押圧力に対する圧電素子 1 3 から出力される信号値（基準正圧信号値 ($V_{t.o.p}$)）を測定しておく。ここで、メンブレン 1 2 1 は均一膜に形成され、各圧電素子 1 3 は、メンブレン 1 2 1 の中心から等距離となる位置にそれぞれ設けられ、かつ、各圧電素子 1 3 が同形状に形成されているため、正圧力のみを加えた場合、各圧電素子 1 3 から出力される基準正圧信号値 $V_{t.o.p}$ は、同値となる。

30

また、弾性体 1 4 に対して X 方向の剪断力のみを加え、加えた剪断力を変化させて、各剪断力に対する各第一圧電素子 1 3 A 及び第二圧電素子 1 3 B から出力される信号値（基準 X 剪断信号値 ($V_{A.0}$, $V_{B.0}$)）を測定しておく。同様に、弾性体 1 4 に対して Y 方向の剪断力のみを加え、加えた剪断力を変化させて、各剪断力に対する各第三圧電素子 1 3 C 及び第四圧電素子 1 3 D から出力される信号値（基準 Y 剪断信号値 ($V_{C.0}$, $V_{D.0}$)）を測定しておく。さらに、この時、X 方向に沿う剪断力に対する信号差分値の絶対値である基準 X 差分絶対値 ($|V_{A.0} - V_{B.0}|$)、及び Y 方向に沿う剪断力に対する信号差分値の絶対値である基準 Y 差分絶対値 ($|V_{C.0} - V_{D.0}|$) を算出しておく。

40

【0041】

そして、対象物 Z が弾性体 1 4 に接触し、図 4 (B) や図 5 に示すようにメンブレン 1 2 1 が変形した際の各圧電素子 1 3 (1 3 A, 1 3 B, 1 3 C, 1 3 D) からの信号出力値 (V_A , V_B , V_C , V_D) を測定する。

ここで、第一圧電素子 1 3 A 及び第二圧電素子 1 3 B は、X 方向の剪断力と、正圧力との合計に基づいた信号値が出力され、第三圧電素子 1 3 C 及び第四圧電素子 1 3 D は、Y 方向の剪断力と、正圧力との合計に基づいた信号値が出力される。すなわち、各圧電素子 1 3 の信号出力値 (V_A , V_B , V_C , V_D) は、以下の式 (1) ~ (4) に示すように、基準正圧信号値 $V_{t.o.p}$ 及び基準 X 剪断信号値 ($V_{A.0}$, $V_{B.0}$) の合成、又は、基準

50

正圧信号値 V_{top} 及び基準 Y 剪断信号値 (V_{C0} , V_{D0}) との合成で表される。

【0042】

[数1]

$$V_A = V_{top} + V_{A0} \quad \cdots (1)$$

$$V_B = V_{top} + V_{B0} \quad \cdots (2)$$

$$V_C = V_{top} + V_{C0} \quad \cdots (3)$$

$$V_D = V_{top} + V_{D0} \quad \cdots (4)$$

【0043】

したがって、式(1)と式(2)の差により「 V_{top} 」を消去することで、X方向の剪断力の方向を判断でき、差分値の絶対値からX方向の剪断力の大きさを判断することが可能となる。また、「 V_{A0} 」及び「 V_{B0} 」は、正負の符号が逆で、絶対値がほぼ同じとなるため、式(1)または式(2)から、「 V_{top} 」を算出でき、正圧力の大きさを求めることが可能となる。

10

同様にして、式(3)と式(4)の差から、Y方向の剪断力の方向、及び大きさを求めることができ、求めた「 V_{C0} 」、「 V_{D0} 」を式(3)または式(4)に代入することで、正圧力の大きさに対応した「 V_{top} 」を求めることが可能となる。

【0044】

[4. 第一実施形態の作用効果]

上述したように、上記第一実施形態の応力検出素子100は、第一直線部111A及び第二直線部111Bを有する開口部111が設けられたセンサー基板11と、開口部111を閉塞するメンブレン121を備えた支持膜12と、第一直線部111Aに沿い、かつ当該第一直線部111Aを跨いでメンブレン121の内外に亘って設けられる圧電素子13と、第一直線部111Aを跨いでメンブレン121の内外に亘って設けられる第一弾性部141Aと、第二直線部111Bを跨いでメンブレン121の内外に亘って設けられる第二弾性部141Bと、を備えている。このような構成では、X方向に沿って、第一弾性部141A及び第二弾性部141Bに対象物Zが接触して剪断力が加えられると、例えば+X方向に向かう剪断力が加えられた場合、第一弾性部141Aがメンブレン121を開口部111側に押し込み、第二弾性部141Bがメンブレン121を開口部111から離れる方向に引き離す。また、-X方向に剪断力が加えられた場合では、第一弾性部141Aがメンブレン121を開口部111から引き離し、第二弾性部141Bがメンブレン121を開口部111に押し込む。以上のように、第一弾性部141A及び第二弾性部141Bがそれぞれ逆方向となる力をメンブレン121に及ぼすと、メンブレン121の中心位置(弾性間ギャップ G_x に対応する位置)が変曲点を形成して、メンブレン121全体がsin波状に撓む。

20

30

この時、第一弾性部141Aの第一弾性端部143A及び第二弾性部141Bの第二弾性端部143Bの間には、弾性間ギャップ G_x が設けられ、弾性間ギャップ G_x では、メンブレン121上に弾性体14が設けられないので、メンブレン121の変形が弾性体14により阻害されることなく、変形しやすい状態となり、メンブレン121の撓み量が大きくなる。このため、第一圧電素子13Aの撓みも大きくなり、第一圧電素子13Aから出力される信号値も大きくなり、検出精度をより向上させることができる。

40

また、応力検出素子100は、上述のように、センサー基板11上に支持膜12、圧電素子13、弾性体14を積層させることで容易に形成することができるため、製造効率が良いとあり、製造コストも少なくできる。

【0045】

また、本実施形態の応力検出素子100では、第一弾性部141Aの第一弾性端部143A、第二弾性部141Bの第二弾性端部143B、第一直線部111A、及び第二直線部111Bはそれぞれ平行である。さらに、第一直線部111Aから第一弾性端部143Aまでの距離Lと、第二直線部111Bから第二弾性端部143Bまでの距離Lとが同じである。

このため、弾性体14にX方向の剪断力を作用させた際に、Y座標によらず、メンブレ

50

ン 1 2 1 の撓み形状を一様にでき、精度の高い剪断力及び正圧力の検出を実施できる。

【0046】

更に、上述した距離 L は、開口部 1 1 1 の 1 辺の長さ寸法（第一直線部 1 1 1 A から第二直線部 1 1 1 B までの距離 L_w ）の 20 % に形成されている。すなわち、距離 L は、距離 L_w の 10 % ～ 30 % の範囲内に形成されている。

このため、メンブレン 1 2 1 を撓ませるために要する十分な応力を、第一弾性部 1 4 1 A 及び第二弾性部 1 4 1 B から当該メンブレン 1 2 1 に伝達させることができ、かつ、変曲点近傍であるメンブレン 1 2 1 の中心領域に弾性体 1 4 が形成されないため、メンブレン 1 2 1 の撓みを阻害することもない。したがって、第一弾性部 1 4 1 A および第二弾性部 1 4 1 B により、メンブレン 1 2 1 を好適に撓ませることができ、検出精度をより向上させることができる。

10

【0047】

また、第一弾性部 1 4 1 A、第二弾性部 1 4 1 B、第三弾性部 1 4 1 C、及び第四弾性部 1 4 1 D は、それぞれ、第一圧電素子 1 3 A、第二圧電素子 1 3 B、第三圧電素子 1 3 C、及び第四圧電素子 1 3 D を覆って形成されている。

このような構成では、第一弾性部 1 4 1 A、第二弾性部 1 4 1 B、第三弾性部 1 4 1 C、及び第四弾性部 1 4 1 D により、各圧電素子 1 3 を保護することができ、かつ各圧電素子 1 3 を安定して撓ませることができる。

【0048】

また、本実施形態では、開口部 1 1 1 の各直線部 1 1 1 A ～ 第四直線部 1 1 1 D に対応して、それぞれ、第一圧電素子 1 3 A、第二圧電素子 1 3 B、第三圧電素子 1 3 C、及び第四圧電素子 1 3 D が設けられている。

20

このため、第一圧電素子 1 3 A 及び第二圧電素子 1 3 B の双方から出力される信号により、より精度よく、X 方向の剪断力を検出することができ、第三圧電素子 1 3 C 及び第四圧電素子 1 3 D の双方から出力される信号により、より精度よく Y 方向の剪断力を検出することができる。

【0049】

さらに、応力検出素子 1 0 0 を用いることで、これらの各圧電素子 1 3 から出力される信号値 (V_A , V_B , V_C , V_D) から、 V_{A0} 及び V_{B0} の差分値、 V_{C0} 及び V_{D0} の差分値を算出することで、容易に剪断力の方向、及び大きさを算出することができるとともに、容易に正圧力をも算出することができる。

30

【0050】

さらに、第一弾性部 1 4 1 A、第二弾性部 1 4 1 B、第三弾性部 1 4 1 C、及び第四弾性部 1 4 1 D は、弾性体 1 4 のうち、センサー平面視でメンブレン 1 2 1 の中心領域に重なる位置に、正方形形状のスリット 1 4 1 を形成することで形成されており、一体的に形成されている。このような構成とすることで、弾性体 1 4 の成膜が容易にでき、応力検出素子 1 0 0 の製造効率を向上させ、製造コストを低減させることができる。

【0051】

[第二実施形態]

次に、上述したような応力検出素子 1 0 0 の応用例として、応力検出素子 1 0 0 を備えたセンサーモジュールである触覚センサーについて、図面に基づいて説明する。

40

【0052】

図 6 は、第二実施形態の触覚センサーの一部を拡大した平面図である。

図 7 は、触覚センサーの一部を断面した断面図である。

【0053】

図 6 に示すように、触覚センサー 2 0 0 は、上記第一実施形態の応力検出素子 1 0 0 を複数備えている。これらの応力検出素子 1 0 0 は、本発明の支持体を構成するセンサー基板 1 1 上に、マトリクス状に配置されたセンサーアレイ 2 1 0 を備えている。ここで、これらの応力検出素子 1 0 0 において、センサー基板 1 1、支持膜 1 2、および弾性体 1 4 は、共通の部材により構成されている。すなわち、1 つのセンサー基板 1 1 にマトリクス

50

状に配置される複数の開口部 1 1 1 が形成されており、このセンサー基板 1 1 の一面側の全面に、連続する支持膜 1 2 が形成されている。これにより、各開口部 1 1 1 を覆うメンブレン 1 2 1 が形成される。また、支持膜 1 2 上に設けられる弾性体 1 4 も、各応力検出素子 1 0 0 において共通であり、支持膜 1 2 の全面を覆って弾性体 1 4 が形成され、各応力検出素子 1 0 0 の開口部 1 1 1 の中心領域にスリット 1 4 1 が形成される。

【0054】

また、各応力検出素子 1 0 0 間には、図 7 に示すように、弾性体 1 4 に、規制溝 1 4 2 が形成されている。この規制溝 1 4 2 は、対象物が接触する弾性体 1 4 の表面から支持膜 1 2 に向かって、所定の深さ寸法で形成されている。このような触覚センサー 2 0 0 では、規制溝 1 4 2 により、各応力検出素子 1 0 0 の弾性体 1 4 が分離され、応力検出素子 1 0 0 の弾性体 1 4 の撓みが、隣り合う応力検出素子 1 0 0 の弾性体 1 4 に伝達されない。

【0055】

なお、図 7 では、弾性体 1 4 の規制溝 1 4 2 は、対象物に接触可能な接触面からの深さ寸法が、例えば弾性体 1 4 の膜厚の 3 / 4 程度となるように形成されている例を示すがこれに限定されず、規制溝 1 4 2 が支持膜 1 2 の表面まで形成される構成などとしてもよい。

さらには、図 6 に示すセンサー平面視において、規制溝 1 4 2 が各応力検出素子 1 0 0 を囲う矩形環状に形成される例を示したが、これに限定されず、例えば、センサー平面視において、各応力検出素子 1 0 0 を囲う略円環状に形成される構成などとしてもよい。

【0056】

(第二実施形態の作用効果)

上述したような第二実施形態の触覚センサー 2 0 0 は、複数の応力検出素子 1 0 0 を備え、これらの応力検出素子 1 0 0 がマトリクス状に配置される二次元アレイ構造に構成されている。

このため、この触覚センサー 2 0 0 を、対象物に接触する例えばセンサー面に設けることで、対象物がセンサー面に与える剪断力および押圧力を検出することができる。

【0057】

そして、隣り合う応力検出素子 1 0 0 間において、弾性体 1 4 に規制溝 1 4 2 が形成されている。このため、所定の応力検出素子 1 0 0 の弾性体 1 4 にのみ剪断力や押圧力などの応力が加えられて弾性体 1 4 が撓んだ場合でも、その弾性体 1 4 の撓みが隣り合う応力検出素子 1 0 0 の弾性体 1 4 に伝搬される不都合を抑制することができる。従って、触覚センサー 2 0 0 の任意の位置に作用する剪断力および応力を正確に検出することができる。

【0058】

[第三実施形態]

次に、上述した触覚センサー 2 0 0 を用いた電子機器の一例として、把持装置の構成を図面に基づいて説明する。

【0059】

図 8 は、本発明に係る第三実施形態の把持装置の概略構成を示す装置ブロック図である。

図 8 において、把持装置 3 0 0 は、少なくとも一对の把持アーム 3 1 0 を備え、この把持アーム 3 1 0 により、対象物 Z を把持する装置である。この把持装置 3 0 0 としては、例えば製品を製造する製造工場などにおいて、ベルトコンベアーなどにより搬送された対象物を把持して持ち上げる装置である。そして、この把持装置 3 0 0 は、前記把持アーム 3 1 0 と、把持アーム 3 1 0 を駆動するアーム駆動部 3 2 0 と、アーム駆動部 3 2 0 の駆動を制御する制御装置 3 3 0 (信号処理部) と、を備えて構成されている。

【0060】

一对の把持アーム 3 1 0 は、それぞれ先端部に接触面である把持面 3 1 1 を備え、この把持面 3 1 1 を対象物 Z に当接させて把持することで対象物 Z を把持し、持ち上げる。ここで、本実施形態において、把持アーム 3 1 0 が一对設けられる構成を例示するが、これ

に限定されず、例えば3本の把持アーム310により、対象物Zを3点支持により把持する構成などとしてもよい。

【0061】

把持アーム310に設けられる把持面311は、表面には、第二実施形態において説明した触覚センサー200が設けられており、触覚センサー200の表面部の弾性体14が露出されている。そして、把持アーム310は、この弾性体14を対象物Zに接触させ、対象物Zに所定の圧力（正圧力）を印加することで、対象物Zを把持する。このような把持アーム310では、把持面311に設けられる触覚センサー200により、対象物Zに印加する正圧力、および把持した際に対象物Zが把持面311から滑り落ちようとする剪断力を検出し、正圧力や剪断力に応じた電気信号を制御装置330に出力する。

10

【0062】

アーム駆動部320は、一对の把持アーム310を互いに近接離隔する方向に移動させる装置である。このアーム駆動部320としては、把持アーム310を移動可能に保持する保持部材321と、把持アーム310を移動させる駆動力を発生する駆動源322と、駆動源の駆動力を把持アーム310に伝達させる駆動伝達部323を備えている。

保持部材321は、例えば把持アーム310の移動方向に沿う案内溝を備え、この案内溝内で把持アーム310を保持することで、把持アーム310を移動可能に保持する。また、保持部材321は、鉛直方向に移動可能に設けられている。

駆動源322は、例えば駆動モーターであり、制御装置330から入力される駆動制御信号に応じて駆動力を発生させる。

20

駆動伝達部323は、例えば複数のギアにより構成され、駆動源322で発生した駆動力を把持アーム310および保持部材321に伝達させ、把持アーム310および保持部材321を移動させる。

なお、本実施形態では、一例として上記構成を示したが、これに限定されるものではない。すなわち、把持アーム310を保持部材321の案内溝に沿って移動させる構成に限らず、把持アームを回動可能に保持する構成などとしてもよい。駆動源322としても駆動モーターに限られず、例えば油圧ポンプなどにより駆動される構成としてもよく、駆動伝達部323としても、例えば駆動力を歯車により伝達する構成に限らず、ベルトやチェーンにより伝達する構成、油圧などにより駆動されるピストンを備えた構成などとしてもよい。

30

【0063】

制御装置330は、把持アーム310の把持面311に設けられる触覚センサー200、およびアーム駆動部320に接続され、把持装置300における対象物Zの把持動作の全体を制御する。

具体的には、制御装置330は、図8に示すように、アーム駆動部320および触覚センサー200に接続され、把持装置300の全体動作を制御する。この制御装置330は、触覚センサー200の各応力検出素子100における各圧電素子13から入力される検出信号を読み取る信号取得手段331、剪断力及び正圧力を算出する応力算出手段332、対象物Zの滑り状態を検出する把持検出手段333、およびアーム駆動部320に把持アーム310の駆動を制御するための駆動制御信号を出力する駆動制御手段334を備えている。また、制御装置330は、応力検出素子100の製造時において計測された、正圧力と基準正圧信号値（ $V_{t.p}$ ）とを関連付けた正圧関係データ、及び、剪断力と、基準X剪断信号値（ V_{A0} 、 V_{B0} ）、基準Y剪断信号値（ V_{C0} 、 V_{D0} ）、基準X差分絶対値（ $|V_{A0} - V_{B0}|$ ）、基準Y差分絶対値（ $|V_{C0} - V_{D0}|$ ）とを関連付けた剪断関係データが記憶された記憶手段（図示略）を備えている。

40

この制御装置330としては、例えばパーソナルコンピューターなどの汎用コンピューターを用いることもでき、例えばキーボードなどの入力装置や、対象物Zの把持状態を表示させる表示部などを備える構成としてもよい。

また、信号取得手段331、把持検出手段333、および駆動制御手段334は、プログラムとして例えばメモリーなどの記憶部に記憶され、CPUなどの演算回路により適宜

50

読み出されて実行されるものであってもよく、例えばICなどの集積回路により構成され、入力された電気信号に対して所定の処理を実施するものであってもよい。

【0064】

信号取得手段331は、触覚センサー200に接続され、触覚センサー200の各応力検出素子100における各圧電素子13から入力される検出信号を取得する。この信号取得手段331にて認識された検出信号は、記憶手段に出力されて記憶されるとともに、把持検出手段333に出力される。

【0065】

応力算出手段332は、信号取得手段331にて取得された各検出信号 V_A 、 V_B の差分値($V_A - V_B$)を算出し、その正の値であるか負の値であるかを判断する。ここで、例えば、差分値が正の値である場合は、弾性体14に+X方向に剪断力が作用していると判断し、負の値である場合は、-X方向に剪断力が作用していると判断する。

また、上述したように、式(1)及び式(2)から、 $|V_A - V_B| = |V_{A0} - V_{B0}|$ を導くことができる。したがって、応力算出手段332は、算出した信号差分値の絶対値($|V_A - V_B|$)と、剪断関係データとに基づいて、剪断力の大きさ、基準X剪断信号値 V_{A0} 、 V_{B0} を求めることができる。

さらに、応力算出手段332は、式(1)又は式(2)に基準X剪断信号値 V_{A0} 、 V_{B0} を代入することで、基準正圧信号値 $V_{t.p}$ を算出し、正圧関連データから、基準正圧信号値 $V_{t.p}$ に対応した正圧力を求める。

【0066】

把持検出手段333は、応力算出手段332により算出された正圧力及び剪断力に基づいて、把持アーム310により対象物Zを把持したか否かを判断する。

ここで、図9に、把持装置300の把持動作における触覚センサーに作用する正圧力および剪断力の関係を示す図を示す。

図9において、正圧力が所定値に達するまでは、正圧力の増加に応じて剪断力が増加する。この状態は、対象物Zと把持面311との間に動摩擦力が作用している状態であり、把持検出手段333は、対象物Zが把持面311から滑り落ちている滑り状態で、把持が未完了であると判断する。一方、正圧力が所定値以上となると、正圧力を増大させても剪断力が増加しない状態となる。この状態は、対象物Zと把持面311との間に静摩擦力が作用している状態であり、把持検出手段333は、対象物Zが把持面311により把持された把持状態であると判断する。

具体的には、剪断力の値が、静摩擦力に対応した所定の閾値を越える場合に、把持が完了したと判断する。

【0067】

駆動制御手段334は、把持検出手段333にて検出された電気信号に基づいてアーム駆動部320の動作を制御する。

【0068】

(第三実施形態の作用効果)

上述したような第六実施形態の把持装置300では、上記第五実施形態の触覚センサー200を備えている。このような触覚センサー200は、上述したように、剪断力および正圧力を容易に精度よく検出することができるものであるため、把持装置300においても精度の高い剪断力検出信号および正圧力検出信号に基づいて、正確な把持動作を実施することができる。

また、このような触覚センサー200では、X方向およびY方向の双方に対して剪断力を検出することができる。したがって、第三実施形態では、対象物Zを持ち上げる際の剪断力を測定したが、例えばベルトコンベア上で搬送される対象物に対して把持を実施する際に、搬送方向への剪断力をも測定することができる。

【0069】

[第四実施形態]

上記第三実施形態では、電子機器として、触覚センサー200が設けられた把持装置を

例示したが、これに限定されない。

第四実施形態では、触覚センサー 200 を用いた装置の他の応用例として、触覚センサー 200 を備えたアイロンについて、図面に基づいて説明する。

図 10 は、第四実施形態のアイロンの概略構成を示すブロック図である。

【0070】

アイロン 400 は、ヒーター 410 と、ベース部 420 と、ベース部 420 に設けられた温度センサー 430 と、ベース部 420 に設けられた触覚センサー 200 と、ヒーター駆動回路 440（信号処理部）と、を備えている。このアイロン 400 のヒーター駆動回路 440 は、温度センサー 430 および触覚センサー 200 からの信号に基づいてヒーター 410 に印加する電圧を制御し、ベース部 420 を対象布地に対して最適な温度に加熱する。

10

【0071】

ヒーター 410 は、ヒーター駆動回路 440 から印可された電圧により発熱し、ベース部 420 を加熱する。

ベース部 420 は、対象布地に接触して、対象布地の皺を伸ばす部分であり、ヒーター 410 により加熱される。そして、このベース部 420 の一部には、図 10 に示すように、触覚センサー 200 が設けられ、触覚センサー 200 の弾性体 14 が、対象布地に接触可能に露出されている。

また、ベース部 420 には、温度センサー 430 が設けられており、この温度センサー 430 は、ベース部 420 の温度を検出してヒーター駆動回路 440 に出力する。

20

【0072】

ヒーター駆動回路 440 は、触覚センサー 200、温度センサー 430、およびヒーター 410 に接続され、触覚センサー 200 および温度センサー 430 からの信号に基づいてヒーター 410 に印加する電圧を制御する。このヒーター駆動回路 440 は、図 10 に示すように、メモリー 441 と、信号検出部 442 と、布地判別部 443 と、温度制御部 444 と、を備えている。

このヒーター駆動回路 440 としては、例えば CPU 等の演算回路や、記憶回路を備えたコンピューターとして構成され、布地判別部 443 や温度制御部 444 が、演算回路による演算処理により実行されるソフトウェアとして機能される構成としてもよく、例えば IC などの集積回路により構成され、入力された電気信号に対して所定の処理を実施するものであってもよい。

30

【0073】

メモリー 441 は、上記第三実施形態の記憶手段と同様に、正圧関係データや剪断関係データを記憶している。また、メモリー 441 は、触覚センサー 200 により検出された応力に応じた、対象布地の粗さ値が記録されている応力ー粗さ値データが記憶されている。この応力ー粗さ値データとしては、例えば、剪断力に対応する粗さ値が、正圧力毎に記録されている。

また、メモリー 441 には、粗さ値に対応したベース部 420 の最適温度が記録された粗さー温度データが記憶されていてもよい。

【0074】

40

信号検出部 442 は、触覚センサー 200 に接続され、触覚センサー 200 から入力される検出信号 (V_A , V_B , V_C , V_D) を取得する。また、信号検出部 442 は、第三実施形態における応力算出手段 332 と同様の手法にて、取得した検出信号、及び正圧関係データ、剪断関係データ、及び式 (1) ~ (4) に基づいて、正圧力及び剪断力を算出する。

【0075】

布地判別部 443 は、信号検出部 442 により算出された剪断力および正圧力、およびメモリー 441 に記憶された応力ー粗さ値データに基づいて、対象布地の種別を判別する。

例えば、本実施形態では、応力ー粗さ値データとして、正圧力毎に、剪断力に対応する

50

粗さが記憶されている。この場合では、布地判別部 4 4 3 は、正圧力に対応した応力－粗さ値データをメモリー 4 4 1 から読み出し、この応力－粗さ値データから剪断力に対応した粗さ値を取得する。

そして、布地判別部 4 4 3 は、取得した粗さ値を温度制御部 4 4 4 に出力する。

【0076】

温度制御部 4 4 4 は、布地判別部 4 4 3 から入力された粗さ値、および温度センサー 4 3 0 により検出されるベース部 4 2 0 の温度に基づいて、ヒーター 4 1 0 への印加電圧を制御する。

具体的には、温度制御部 4 4 4 は、メモリー 4 4 1 から粗さ－温度データを読み出し、布地判別部 4 4 3 から入力された粗さ値に応じたベース部 4 2 0 の最適温度を取得する。そして、温度制御部 4 4 4 は、温度センサー 4 3 0 から入力された検出温度と最適温度との差分値から、ベース部 4 2 0 を最適温度に設定するために必要なヒーター 4 1 0 への印加電圧値を算出して、ヒーター 4 1 0 に印加する。

【0077】

(第四実施形態の作用効果)

上述したような第四実施形態のアイロン 4 0 0 では、上記第三実施形態の触覚センサー 2 0 0 を備えている。このような触覚センサー 2 0 0 は、上述したように、剪断力および正圧力を容易に精度よく検出することができるものであるため、アイロン 4 0 0 においても、ベース部 4 2 0 に対象布地が接触した際の正圧力および剪断力を高精度で検出することができる。

【0078】

そして、アイロン 4 0 0 のヒーター駆動回路 4 4 0 は、布地判別部 4 4 3 により、検出された正圧力および剪断力に対応した、対象布地の粗さを判別することができる。したがって、判断された対象布地の粗さから、対象布地の種別を判断することができ、温度制御部 4 4 4 は、布地の種別に対応してベース部 4 2 0 の温度を設定することができる。したがって、アイロン 4 0 0 において、布地に対応してベース部 4 2 0 の温度を自動で設定することができ、対象布地の種別に応じて、温度設定を変更する煩雑な作業を省略することができる。

【0079】

なお、上記第四実施形態では、メモリー 4 4 1 に、正圧力および剪断力に応じた粗さ値が記録された応力－粗さ値データを記憶する例を示したが、例えば、正圧力および剪断力に応じた対象布地の種類を記録した応力－布地種別データがメモリー 4 4 1 に記憶される構成などとしてもよい。この場合では、布地判別部 4 4 3 は、正圧力および剪断力に応じて、対象布地の種別を直接判別し、温度制御部 4 4 4 は、判別された布地の種別に対応した温度を取得する。

また、相関データとして、正圧力および剪断力に対応したベース部 4 2 0 の最適温度が記憶された応力－温度データが記憶されていてもよく、この場合では、粗さ－温度データを記憶する必要がなくなり、より少ないデータ量で、ベース部 4 2 0 の温度を自動で設定可能なアイロン 4 0 0 を提供することができる。

【0080】

さらに、上記アイロン 4 0 0 では、ヒーター駆動回路 4 4 0 により自動でベース部 4 2 0 の温度が設定される例を示したが、例えば、ベース部 4 2 0 の温度を自動設定する自動モードと、手動により温度を設定する手動モードと、を適宜切り替え可能な構成としてもよい。

【0081】

[第五実施形態]

次に、第五実施形態について、図面に基づいて説明する。

第五実施形態では、本発明の電子機器の他の例として、触覚センサー 2 0 0 が設けられたノート型パソコン 5 0 0 を例示する。

【0082】

図11は、第六実施形態のノート型パソコン500の構成を模式的に示す斜視図である。

図11において、ノート型パソコン500は、装置本体510と、表示部520と、第一の入力部530と、第二の入力部540とを備えている。

表示部520は、例えば液晶パネルや有機パネルなどにより構成され、装置本体510の内部に収容された図示略の演算制御部に接続され、この演算制御部により、種々の操作画像やその他の情報を表示するように構成されている。

【0083】

第一の入力部530は、キーボードやテンキー等で構成される。

第二の入力部540は、第一の入力部530よりも手前側の位置に設けられており、この第二の入力部540に、上述の触覚センサー200が用いられている。図11に示されるように第二の入力部540の表面には、触覚センサー200の弾性体14の表面を露出させておき、この弾性体14の表面上で、利用者が指を動かしたり、タッチペンなどを動かしたりすると、これらの動きにより剪断力や正圧力が発生する。この剪断力および正圧力を検出することで、利用者の指やタッチペンの接触位置座標、移動方向を検出して電気信号として出力することができる。そして、出力された電気信号に基づいて、利用者が所望する入力操作の内容を正確に認識することができ、ノート型パソコン500の操作性を向上させることができる。

【0084】

〔その他の実施形態〕

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

【0085】

例えば、上記第一実施形態において、X方向の剪断力及びY方向の剪断力の双方を検出可能な応力検出素子100を例示したが、例えば、図12に示すように、X方向の剪断力および正圧力を検出する応力検出素子であってもよい。

図12において、応力検出素子100Aは、X方向の剪断力と押圧力を検出する検出素子であり、互いに平行となる一对の直線部（第一直線部111A、第二直線部111B）を有する開口部111を備えたセンサー基板11と、支持膜12と、圧電素子13（第二圧電素子13B）と、弾性体14とを備えている。なお、図12には、開口部111が矩形状に形成される例を示すが、X方向に剪断力が加わった際に、メンブレン121にsin波形状の撓みを発生させる形状であればよい。したがって、例えば、第一直線部111A、第二直線部111B、およびこれらの第一直線部111A、第二直線部111Bの両端部間を結ぶ半円形状の曲線部を備えた開口部111が形成されるものであってもよい。

【0086】

また、応力検出素子100、100Aにおいて、第一圧電素子13A及び第二圧電素子13Bの双方によりX方向の剪断力及び正圧力を検出する構成を例示したが、第一直線部111Aに沿ってのみ第一圧電素子13Aが設けられ、他方の第二直線部111Bには圧電素子が設けられない構成としてもよい。

【0087】

さらに、上記応力検出装置100、100Aでは、スリット141により形成される中空部144が外部と連通してメンブレン121の一部が外部に露出する構成であり、各弾性部141A、141B、141C、141Dに対象物が接触することで、メンブレン121に対象物からの剪断力が伝達される構成としたが、これに限定されない。例えば、各弾性部141A、141B、141C、141Dの上部に、対象物と接触する接触膜を設け、当該接触膜によりスリット141が閉塞されるような構成としてもよい。このような接触膜としては、各弾性部141A、141B、141C、141Dと同一の素材により形成することができる。このような接触膜を設けることで、メンブレン141と対象物との接触を防止でき、メンブレン141を保護することができる。

【0088】

そして、第二実施形態において、図9および図10に示すように、隣り合う応力検出素子100間で弾性体14に規制溝142を形成する構成を示したが、これに限定されない。例えば規制溝142が形成されない構成としてもよく、この場合、応力検出素子100間の距離を確保することで、隣り合う応力検出素子100の弾性体14からの撓み伝搬を低減することが可能となる。また、隣り合う応力検出素子100間で、弾性体14よりも剛性が強い領域分離部材を設ける構成としてもよい。このような構成では、規制溝142が設けられる構成に比べて弾性体14の周囲に剛性の強い領域分割部材が形成されるため、弾性体14の撓み量が減少するが、隣り合う応力検出素子100からの弾性体14の撓み伝搬を低減することができる。

【0089】

10

さらに、第一実施形態において、上部電極133および下部電極131は、それぞれが接触しないように、センサー平面視において互いに重ならない位置に設ける構成としたが、これに限らない。例えば、上部電極133および下部電極131の間に絶縁膜を形成するなどすれば、センサー平面視において、これら上部電極133および下部電極131の一部が重なる位置に設けられる構成としてもよい。

【0090】

また、本発明の支持体として、一枚のセンサー基板11により構成される例を示したが、各応力検出素子100に対してそれぞれ1つの支持基板（支持体）が設けられ、センサー基板上にこれらの支持基板を固定することで、触覚センサー200を形成する構成としてもよい。

20

【0091】

以上、本発明を実施するための最良の構成について具体的に説明したが、本発明は、これに限定されるものではない。すなわち、本発明は、主に特定の実施形態に関して特に図示され、かつ、説明されているが、本発明の技術的思想および目的の範囲から逸脱することなく、以上述べた実施形態に対し、当業者が様々な変形および改良を加えることができるものである。

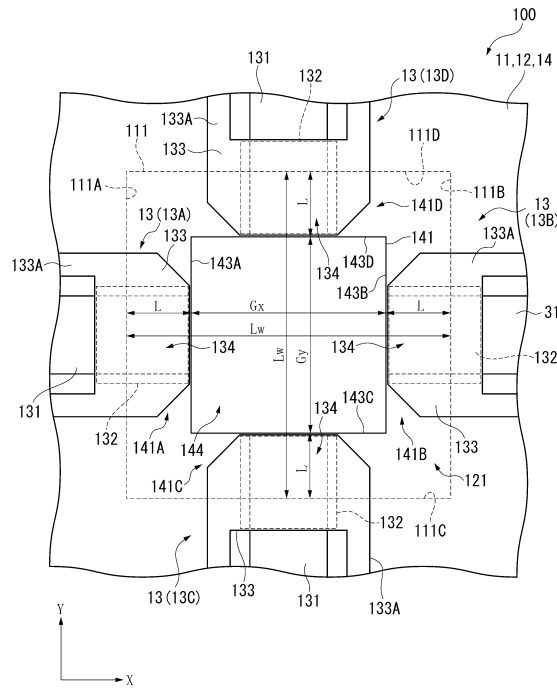
【符号の説明】

【0092】

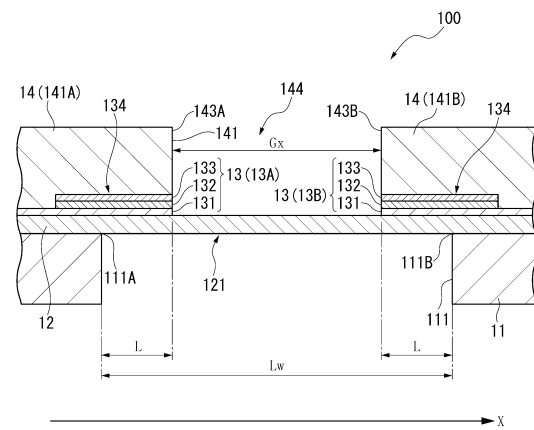
11…センサー基板（支持体）、12…支持膜、13A…第一圧電素子、13B…第二圧電素子、13C…第三圧電素子、13D…第四圧電素子、111…開口部、111A…第一直線部、111B…第二直線部、111C…第三直線部、111D…第四直線部、141A…第一弾性部、141B…第二弾性部、141C…第三弾性部、141D…第四弾性部、143A…第一弾性端部、143B…第二弾性端部、Gx…弾性間ギャップ、Gy…弾性間ギャップ（第二弾性間ギャップ）、200…触覚センサー（センサーモジュール）、210…センサーアレイ、300…把持装置（電子機器）、330…制御装置（信号処理部）、400…アイロン（電子機器）、440…ヒーター駆動回路（信号処理部）、500…ノート型パソコン（電子機器）。

30

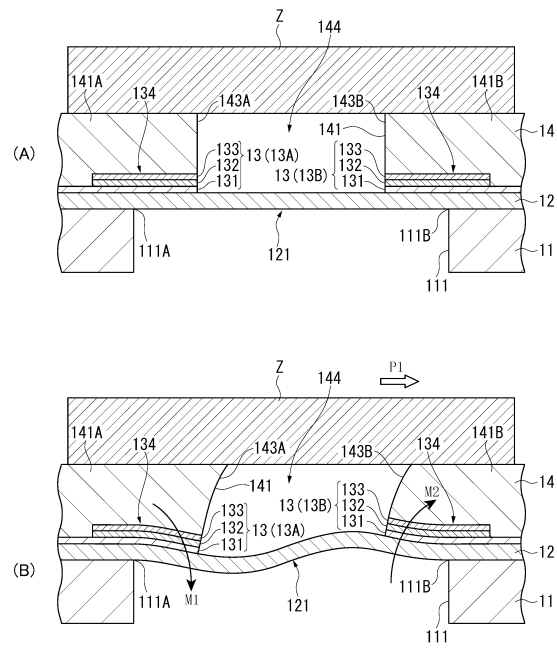
【図 1】



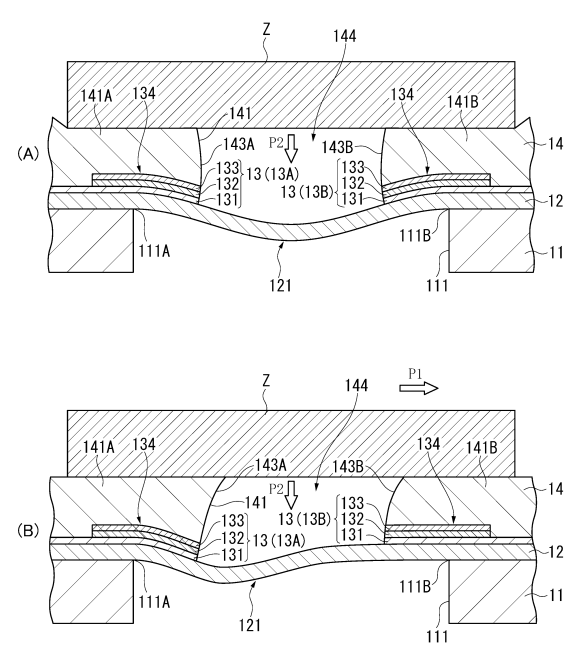
【図 2】



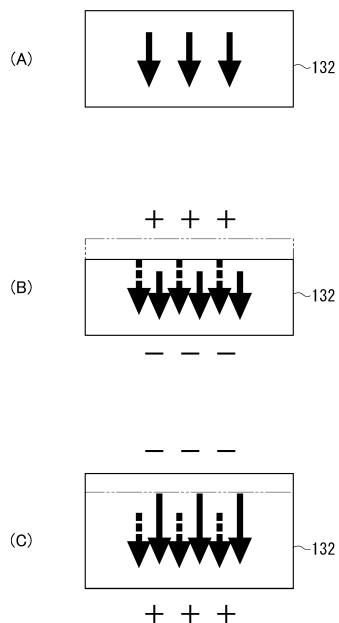
【図 3】



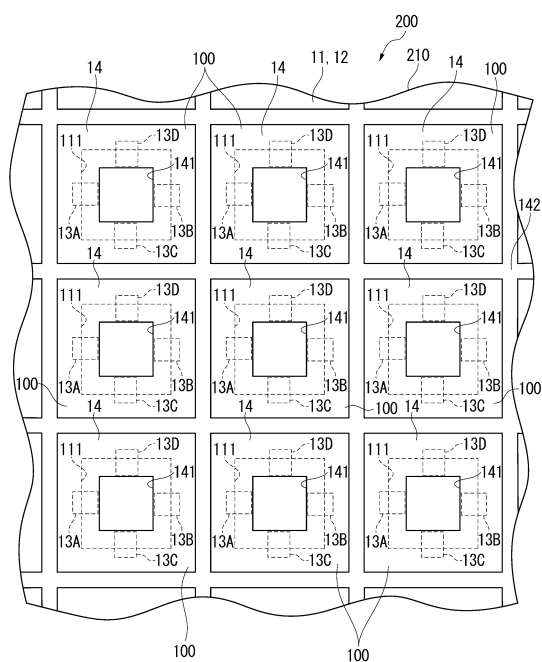
【図 4】



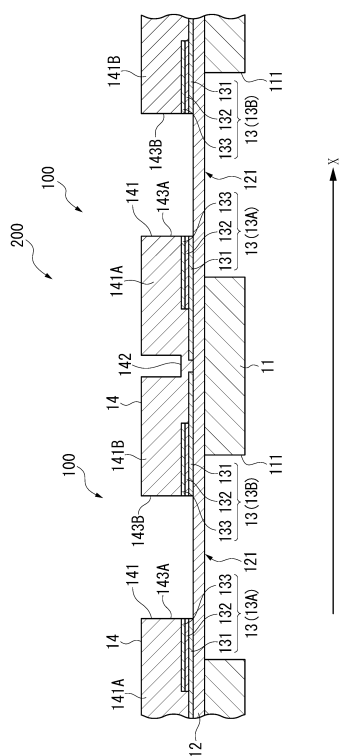
【図 5】



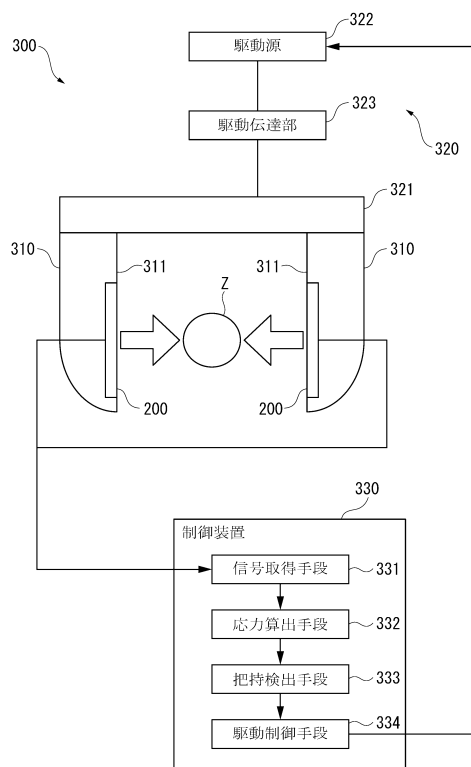
【図 6】



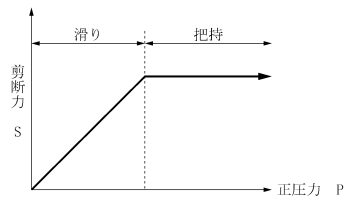
【图 7】



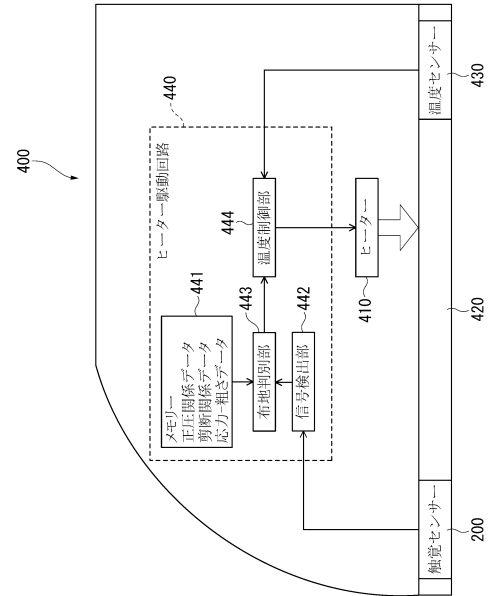
【図 8】



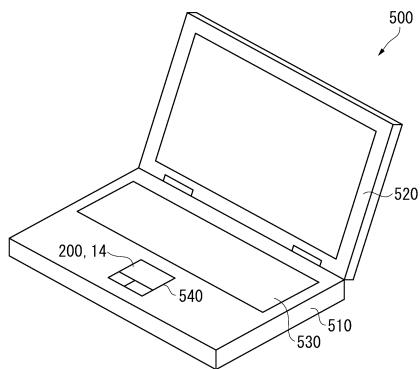
【図 9】



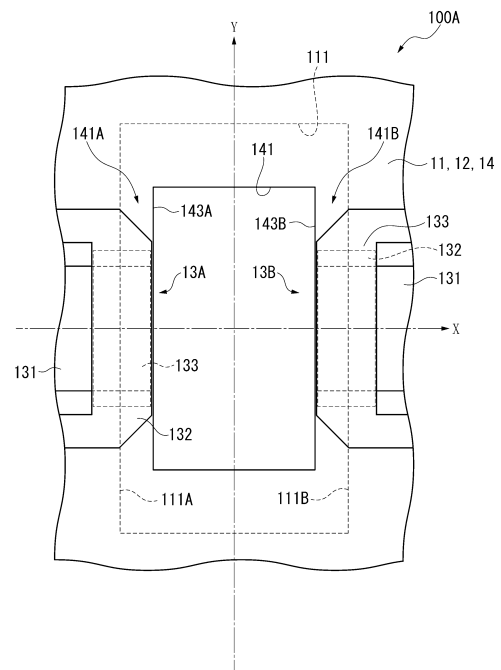
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 5 J 19/02

(56)参考文献 特許第4876240 (JP, B2)
特許第5504391 (JP, B2)
特許第5445196 (JP, B2)
特許第5655925 (JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 1 L