

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-57113

(P2016-57113A)

(43) 公開日 平成28年4月21日(2016.4.21)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO 1 L	1/22	(2006.01)	GO 1 L	1/22	F	2 F 0 4 9		
GO 1 L	5/00	(2006.01)	GO 1 L	5/00	1 O 1 Z	2 F 0 5 1		
GO 1 L	5/16	(2006.01)	GO 1 L	5/16				

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-182263 (P2014-182263)
 (22) 出願日 平成26年9月8日 (2014.9.8)

(71) 出願人 505127721
 公立大学法人大阪府立大学
 大阪府堺市中央区学園町1番1号
 (74) 代理人 100065248
 弁理士 野河 信太郎
 (74) 代理人 100159385
 弁理士 甲斐 伸二
 (74) 代理人 100163407
 弁理士 金子 裕輔
 (74) 代理人 100166936
 弁理士 稲本 潔
 (72) 発明者 竹井 邦晴
 大阪府堺市中央区学園町1番1号 公立大学
 法人大阪府立大学内

最終頁に続く

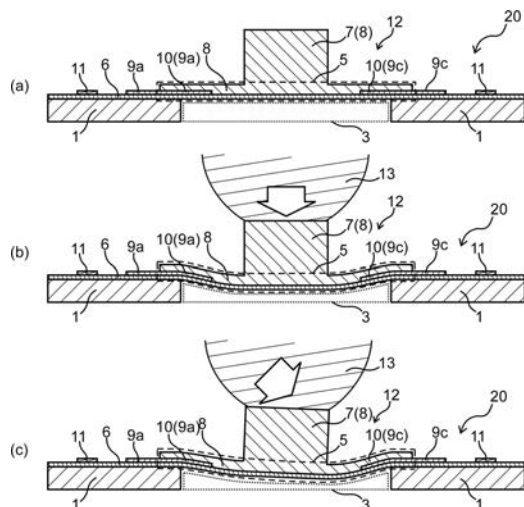
(54) 【発明の名称】 触覚センサ及び集積化センサ

(57) 【要約】

【課題】本発明は、感圧面に平行な力に対する感度が高い触覚センサを提供する。

【解決手段】本発明の触覚センサは、開口を有する中空部が設けられた基材と、前記開口の少なくとも一部を覆うように前記基材上に設けられた可撓部と、前記開口と重なるように前記可撓部上に設けられた突起部と、3つ以上の歪みセンサとを備え、前記可撓部は、対象物が前記突起部に直接的又は間接的に接触することにより前記中空部に向かって撓むように設けられ、3つ以上の歪みセンサは、前記突起部の周りに配置され、かつ、各歪みセンサの少なくとも一部が前記開口と重なるように前記可撓部上又は前記可撓部中に設けられ、前記可撓部が撓むことにより生じる歪みを3つ以上の歪みセンサが検知することを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

開口を有する中空部が設けられた基材と、前記開口の少なくとも一部を覆うように前記基材上に設けられた可撓部と、前記開口と重なるように前記可撓部上に設けられた突起部と、3つ以上の歪みセンサとを備え、

前記可撓部は、対象物が前記突起部に直接的又は間接的に接触することにより前記中空部に向かって撓むように設けられ、

3つ以上の歪みセンサは、前記突起部の周りに配置され、かつ、各歪みセンサの少なくとも一部が前記開口と重なるように前記可撓部上又は前記可撓部中に設けられ、

前記可撓部が撓むことにより生じる歪みを3つ以上の歪みセンサが検知することを特徴とする触覚センサ。

10

【請求項 2】

前記基材は、柔軟性を有する請求項 1 に記載の触覚センサ。

【請求項 3】

前記歪みセンサは、高分子材料中に導電性微粒子及びカーボンナノチューブが混練された感圧抵抗部を有し、前記感圧抵抗部の電気抵抗値から前記可撓部の歪みを検出する請求項 1 又は 2 に記載の触覚センサ。

【請求項 4】

前記中空部、前記可撓部、前記突起部及び3つ以上の歪みセンサは、センサ素子を構成し、

20

複数の前記センサ素子が二次元に並べられた請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の触覚センサ。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の触覚センサと、前記基材上に設けられた温度センサとを備える集積化センサ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、触覚センサ及び集積化センサに関する。

【背景技術】

30

【0002】

ロボットハンドが物を掴む場合、ロボットハンドには適切な把持力の調節が求められる。ロボットハンドの把持力が強すぎる場合、物が損傷するおそれがある。また、ロボットハンドの把持力が弱すぎる場合、ロボットハンドから物が滑り落ちてしまう場合がある。また、ロボットハンドにより脆弱な物を掴む場合、ロボットハンドには絶妙な把持力の調節が求められる。このため、ロボットハンドの把持力を調節するための触覚センサが開発されている。

【0003】

弾性変形可能なカンチレバーを備えた触覚センサや、可撓性の梁を備えた触覚センサが知られている。(例えば、特許文献 1、2 参照。)これらの触覚センサでは、外装材に加えられた力によりカンチレバーや梁を変形させ、センサの感圧面に垂直な方向の力や感圧面に平行な方向の力を検出している。また、これらのセンサでは、CVD 法などにより基板上に積層体を形成している。

40

また、Si 基板の開口部を支持膜で覆いこの支持膜上に2つの圧電体を設置した触覚センサが知られている。(例えば、特許文献 3 参照。)この検出素子では、圧電体上の弾性膜に加えられた力により支持膜を変形させ、圧電体の電位差を測定することにより加えられた剪断力を検出している。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

50

【特許文献1】特開2014-134543号公報

【特許文献2】特開2013-68503号公報

【特許文献3】特開2011-112459号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、従来の触覚センサは感圧面に平行な力に対する感度が十分に高くないという問題がある。また、従来の触覚センサは半導体基板を用いているため、曲面上に設けることが難しい。

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、感圧面に平行な力に対する感度が高い触覚センサを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、開口を有する中空部が設けられた基材と、前記開口の少なくとも一部を覆うように前記基材上に設けられた可撓部と、前記開口と重なるように前記可撓部上に設けられた突起部と、3つ以上の歪みセンサとを備え、前記可撓部は、対象物が前記突起部に直接的又は間接的に接触することにより前記中空部に向かって撓むように設けられ、3つ以上の歪みセンサは、前記突起部の周りに配置され、かつ、各歪みセンサの少なくとも一部が前記開口と重なるように前記可撓部上又は前記可撓部中に設けられ、前記可撓部が撓むことにより生じる歪みを3つ以上の歪みセンサが検知することを特徴とする触覚センサを提供する。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、開口を有する中空部が設けられた基材と、前記開口の少なくとも一部を覆うように基材上に設けられた可撓部と、前記開口と重なるように可撓部上に設けられた突起部とを備えるため、対象物を突起部に直接的又は間接的に接触させることにより可撓部を中空部に向かって撓ませることができる。また、対象物との接触により外部圧力が上方から突起部にかかった場合突起部を沈み込ませることができ、可撓部を撓ませることができる。また、対象物との接触により外部圧力が斜め上又は側方から突起部にかかった場合や突起部と対象物との間に摩擦力が生じた場合、その外部圧力や摩擦力により突起部を傾斜させることができ、可撓部を撓ませることができる。従って、突起部にかかる力の大きさや方向により異なる形状に可撓部を撓ませることができる。また、斜め上又は側方からの外部圧力又は摩擦力が突起部にかかった場合、突起部を傾斜させることができるため、外部圧力又は摩擦力の大きさや方向を感度よく可撓部の形状に反映させることができる。

本発明によれば、少なくとも一部が中空部の開口と重なるように可撓部上又は可撓部中に設けられた歪みセンサを備えるため、対象物が突起部に接触することにより撓んだ可撓部の歪みを歪みセンサにより検出することができる。

本発明によれば、3つ以上の歪みセンサが突起部の周りに配置されるため、撓んだ可撓部の形状に応じた歪みパターンを検出することができる。可撓部の形状は対象物との接触による突起部にかかった力の大きさや方向を反映しているため、検出された歪みパターンをパターン解析することにより、突起部にかかった力の大きさや方向を算出することができる。また、3つ以上の歪みセンサを備えることにより、突起部にかかった力の大きさや方向を三次元で検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態の触覚センサの概略上面図である。

【図2】(a)~(c)は、図1の一点鎖線A-Aにおける触覚センサの概略断面図である。

【図3】本発明の一実施形態の触覚センサの概略上面図である。

10

20

30

40

50

【図4】(a)～(d)は、本発明の一実施形態の触覚センサの概略断面図である。

【図5】(a)(b)は本発明の一実施形態の触覚センサに含まれる歪みセンサが有する感圧抵抗部の概略断面図である。

【図6】本発明の一実施形態の集積化センサの概略上面図である。

【図7】本発明の一実施形態の集積化センサに含まれる温度検知シートの概略上面図である。

【図8】(a)～(c)は、感圧抵抗測定実験の測定装置の概略断面図である。

【図9】感圧抵抗測定実験の測定結果を示すグラフである。

【図10】(a)は歪み検知実験の測定結果を示すグラフであり、(b)は突起部への荷重の向きを示す図である。

【図11】(a)は歪み検知実験の測定結果を示すグラフであり、(b)は突起部への荷重の向きを示す図である。

【図12】(a)はシミュレーションの計算結果を示す図であり、(b)は、中空部の開口の位置を示す図である。

【図13】シミュレーションの計算結果を示す図である。

【図14】(a)は温度検知実験の測定結果を示すグラフであり、(b)は温度検知実験の測定装置の概略断面図である。

【図15】温度検知実験の測定結果を示すグラフである。

【図16】(a)～(c)は歪み・温度検知実験の測定結果などを示す図である。

【図17】(a)～(c)は歪み・温度検知実験の測定結果などを示す図である。

【図18】(a)～(c)は歪み・温度検知実験の測定結果などを示す図である。

【図19】(a)～(c)は歪み・温度検知実験の測定結果などを示す図である。

【図20】(a)～(c)は歪み・温度検知実験の測定結果などを示す図である。

【図21】(a)～(c)は歪み・温度検知実験の測定結果などを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の触覚センサは、開口を有する中空部が設けられた基材と、前記開口の少なくとも一部を覆うように前記基材上に設けられた可撓部と、前記開口と重なるように前記可撓部上に設けられた突起部と、3つ以上の歪みセンサとを備え、前記可撓部は、対象物が前記突起部に直接的又は間接的に接触することにより前記中空部に向かって撓むように設けられ、3つ以上の歪みセンサは、前記突起部の周りに配置され、かつ、各歪みセンサの少なくとも一部が前記開口と重なるように前記可撓部上又は前記可撓部中に設けられ、前記可撓部が撓むことにより生じる歪みを3つ以上の歪みセンサが検知することを特徴とする。

【0010】

本発明の触覚センサにおいて、基材は柔軟性を有することが好ましい。

このような構成によれば、曲面上や柔軟構造上に触覚センサを配置することが可能になる。

本発明の触覚センサにおいて、歪みセンサは、高分子材料中に導電性微粒子及びカーボンナノチューブが混練された感圧抵抗部を有し、感圧抵抗部の電気抵抗値から可撓部の歪みを検出することが好ましい。

このような構成によれば、感圧抵抗部を印刷法により形成することができるため、柔軟性シート上または接触部材の裏面上に感圧抵抗部を容易に設けることができる。

【0011】

本発明の触覚センサにおいて、中空部、可撓部、突起部及び3つ以上の歪みセンサは、センサ素子を構成し、複数のセンサ素子が二次元に並べられたことが好ましい。

このような構成によれば、対象物を複数のセンサ素子の突起部に接触させることができ、触覚センサにより対象物の大きさを検出することができる。また、触覚センサと対象物との間の局所的な滑り状態や局所的な摩擦力を検出することができる。

また、本発明は、本発明の触覚センサと、前記基材上に設けられた温度センサとを備え

10

20

30

40

50

る集積化センサも提供する。

本発明の集積化センサによれば、対象物により突起部にかかる力と対象物の温度を同時に検出することができる。

【0012】

以下、図面を用いて本発明の一実施形態を説明する。図面や以下の記述中で示す構成は、例示であって、本発明の範囲は、図面や以下の記述中で示すものに限定されない。

【0013】

触覚センサ及び集積化センサ

図1は本実施形態の触覚センサの概略上面図である。図2(a)~(c)は、図1の一点鎖線A-Aにおける触覚センサの概略断面図であり、図2(b)(c)は突起部に対象物が接触した際の触覚センサの概略断面図である。図3は、複数のセンサ素子を有する本実施形態の触覚センサの概略上面図である。図4(a)~(d)は、それぞれ本実施形態の触覚センサの概略断面図である。

本実施形態の触覚センサ20は、開口を有する中空部3が設けられた基材1と、前記開口の少なくとも一部を覆うように基材1上に設けられた可撓部5と、前記開口と重なるように可撓部5上に設けられた突起部7と、3つ以上の歪みセンサ9とを備え、可撓部5は、対象物13が突起部7に直接的又は間接的に接触することにより中空部3に向かって撓むように設けられ、3つ以上の歪みセンサ9は、突起部7の周りに配置され、かつ、各歪みセンサ9の少なくとも一部が前記開口と重なるように可撓部5上又は可撓部5中に設けられ、可撓部5が撓むことにより生じる歪みを3つ以上の歪みセンサ9が検知することを特徴とする。

以下、本実施形態の触覚センサ20及び集積化センサについて説明する。

【0014】

1. 触覚センサ

触覚センサ20は、対象物13が突起部7に直接的又は間接的に接触した際、突起部7にかかった力の大きさや方向を検知するセンサである。また、触覚センサ20は、図1~3のように、中空部3、可撓部5、突起部7、3つ以上の歪みセンサ9を含むセンサ素子12を含んでもよく、触覚センサ20は、図3のように複数のセンサ素子12を含んでもよい。

触覚センサ20は、例えば、義手、ロボット、電子皮膚、入力装置、異常検出装置、安全装置などに利用することができる。

【0015】

2. 基材、中空部

基材1は、触覚センサ20の基材である。基材1は、剛性材料からなってもよく、柔軟性材料からなってもよいが、柔軟性材料からなることが好ましい。このことにより、曲面上や柔軟構造上に触覚センサ20を配置することが可能になる。また、ロボットハンドの把持部に触覚センサ20を設ける場合、基材1が柔軟性材料からなると、対象物13の形状に倣って触覚センサ20が変形することが可能になり、対象物13を安定して把持することが可能になる。基材1の材料は、例えば、シリコンゴムなどである。

【0016】

基材1は、中空部3を有する。このことにより、可撓部5を中空部3に向かって撓ませることができ、可撓部5の撓みを利用して突起部7にかかった力の大きさや方向を検知することができる。また、中空部3は開口を有し、この開口の少なくとも一部を可撓部5が覆う。

中空部3は、可撓部5を撓ませることができる空間であればよく、基材1に設けられた貫通穴であってもよく、有底穴であってもよい。中空部3の開口の形状は、円形であってもよく、方形であってもよく、多角形であってもよいが、円形であることが好ましい。中空部3の開口の形状を円形とすることにより、その中心部に突起部7を設けることができ、円周上に等間隔で3つ以上の歪みセンサ9を設けることが可能になる。このことにより、触覚センサ20が突起部7にかかった力の大きさや方向を感度よく検知することができ

10

20

30

40

50

る。中空部 3 の開口の直径又は幅は、例えば 0.01 mm 以上 10 mm 以下とすることができる。

中空部 3 の深さは、例えば中空部 3 の開口の直径（又は幅） $\frac{1}{6}$ より深く、 $\frac{4}{1}$ より浅くすることができる。このことにより、突起部 7 に大きな力がかかった場合に可撓部 5 を中空部 3 の底又は触覚センサ 20 の下の物体に接触させることができ、可撓部 5 及び歪みセンサ 9 が損傷することを抑制することができる。

【0017】

図 3 のように触覚センサ 20 が複数のセンサ素子 12 を有する場合、基材 1 に複数の中空部 3 を設け、それぞれの中空部 3 上に可撓部 5、歪みセンサ 9、突起部 7 を設けることにより、複数のセンサ素子 12 を設けることができる。また、触覚センサ 20 が複数のセンサ素子 12 を有する場合、それぞれの中空部 3 が基材 1 を有してもよい。

10

【0018】

3. 可撓部、突起部、歪みセンサ

可撓部 5 は、中空部 3 の開口を覆うように基材 1 上に設けられる。また、突起部 7 は、中空部 3 の開口と重なるように可撓部 5 上に設けられる。このことにより、図 2 (b) (c) のように、対象物 13 を突起部 7 に直接的又は間接的に接触させることにより可撓部 5 を中空部 3 に向かって撓ませることができる。

可撓部 5 は、中空部 3 の開口全体を覆うように基材 1 上に設けられてもよく、中空部 3 の開口の一部を覆うように基材 1 上に設けられてもよいが、中空部 3 の開口全体を覆うように設けられることが好ましい。可撓部 5 が中空部 3 の開口全体を覆うことにより、可撓部 5 の全周囲を基材 1 に固着することができ、突起部 7 に力がかかった際の可撓部 5 の形状変化を安定化することができる。また、可撓部 5 に柔軟性の高い材料を用いることが可能になる。

20

【0019】

可撓部 5 は、例えば、図 1、2 のように、基材 1 上に設けられた柔軟性シート 6 と、柔軟性シート 6 上に設けられた円柱状の突起部 7 が設けられた接触部材 8 の一部とを含んでもよい。この場合、柔軟性シート 6 の材料は、ポリエチレン、シリコンゴムなどの高分子材料とすることができる。また、接触部材 8 の材料は、シリコンゴムなどの高分子材料とすることができる。また、可撓部 5 は、図 4 (a) (b) (d) のように柔軟性シート 6 から構成されてもよく、図 4 (c) のように接触部材 8 の一部から構成されてもよい。

30

【0020】

突起部 7 は、対象物 13 と直接的又は間接的に接触する接触部材 8 の全部又は一部であってもよい。また、接触部材 8 は、図 2、図 4 (c) のように突起部 7 と可撓部 5 の両方を構成する部材であってもよい。この場合、接触部材 8 の材料は、シリコンゴムなどの柔軟性材料とすることができる。また、接触部材 8 は、図 4 (a)、(b)、(d) のように突起部 7 を構成する部材であってもよい。この場合、接触部材 8 の材料は、剛性材料であってもよく、柔軟性材料であってもよい。

なお、突起部 7 が対象物 13 と間接的に接触する場合には、触覚センサ 20 の上にカバーなどを設け、カバーなどの上から対象物 13 が突起部 7 に接触する場合を含む。

【0021】

突起部 7 の形状は、可撓部 5 から突起した形状であれば特に限定されないが、例えば、図 2、図 4 (a) ~ (c) のように円柱状であってもよく、図 4 (d) のようにドーム状であってもよい。このことにより、触覚センサ 20 が突起部 7 にかかった力の方向を感度よく検出することができる。突起部 7 の直径又は幅は、例えば、中空部 3 の開口の直径又は幅の $\frac{4}{1}$ 以上 $\frac{3}{4}$ 以下とすることができる。また、突起部 7 の高さは、例えば、中空部 3 の開口の直径又は幅の $\frac{8}{1}$ 以上 $\frac{7}{8}$ 以下とすることができる。

40

突起部 7 は、中空部 3 の中心部と重なるように可撓部 5 上に設けられてもよい。このことにより、触覚センサ 20 が突起部 7 にかかった力の大きさや方向を感度よく検知することができる。

【0022】

50

歪みセンサ 9 は、少なくとも一部が中空部 3 の開口と重なるように可撓部 5 上又は可撓部 5 中に設けられる。また、歪みセンサ 9 は、中空部 3 の開口の周りの基材 1 と中空部 3 の開口との両方に重なるように可撓部 5 上又は可撓部 5 中に設けることができる。このことにより、対象物 1 3 が突起部 7 に直接的又は間接的に接触することにより撓んだ可撓部 5 の歪みを歪みセンサ 9 により検出することができる。歪みセンサ 9 は、図 2 (a) のように、可撓部 5 を構成する柔軟性シート 6 と接触部材 8 との間に設けられてもよい。また、歪みセンサ 9 は、図 4 (a) (d) のように柔軟性シート 6 の上面上に設けられてもよく、図 4 (b) のように柔軟性シート 6 の裏面上に設けられてもよい。また、歪みセンサ 9 は、図 4 (c) のように接触部材 8 の裏面上に設けられてもよい。

【 0 0 2 3 】

歪みセンサ 9 は、可撓部 5 が撓むことにより生じる歪みを検知することができれば特に限定されない。歪みセンサ 9 は、高分子材料中に導電性微粒子が混練された感圧抵抗部 1 0 を有するものであってもよい。

図 5 (a) (b) は、本実施形態の触覚センサ 2 0 に含まれる歪みセンサ 9 が有する感圧抵抗部 1 0 の概略断面図である。歪みセンサ 9 は、高分子材料 1 5 中に導電性微粒子 1 6 及びカーボンナノチューブ 1 7 が混練された感圧抵抗部 1 0 を有し、感圧抵抗部 1 0 の電気抵抗値から可撓部 5 の歪みを検出するセンサであってもよい。このような感圧抵抗部 1 0 は、スクリーン印刷などの印刷法により形成することができるため、柔軟性シート 6 上または接触部材 8 の裏面上に容易に設けることができる。なお、感圧抵抗部 1 0 の電気抵抗値を測定するための配線 1 1 は、感圧抵抗部 1 0 と同一面上に印刷法により形成

【 0 0 2 4 】

図 5 (a) は、変形していない感圧抵抗部 1 0 の概略断面図であり、図 5 (b) は、一端が下向きに変形し伸張した感圧抵抗部 1 0 の概略断面図である。この感圧抵抗部 1 0 に電流を流したとき、電流は主に導電性微粒子 1 6 を流れる。図 5 (b) のように、この感圧抵抗部 1 0 が伸張すると、導電性微粒子 1 6 の接触面積が狭くなるため感圧抵抗部 1 0 の電気抵抗は大きくなる。逆に感圧抵抗部 1 0 が圧縮されると導電性微粒子 1 6 の接触面積が広くなるため、感圧抵抗部 1 0 の電気抵抗は小さくなる。従って、感圧抵抗部 1 0 を可撓部 5 の撓みと共に変形するように設け、感圧抵抗部 1 0 の電気抵抗値を測定することにより、可撓部 5 の歪みを測定することができる。

【 0 0 2 5 】

突起部 7 の周りには 3 つ以上の歪みセンサ 9 が配置される。また、3 つ以上の歪みセンサ 9 が中空部 3 の開口の縁に沿って等間隔に配置することができる。3 つ以上の歪みセンサ 9 により、それぞれ歪みを検知することにより、撓んだ可撓部 5 の形状に応じた歪みパターンを検出することができる。この歪みパターンをパターン解析することにより、突起部 7 にかかった力の大きさ及び向きを検出することができる。また、3 つ以上の歪みセンサ 9 で検知することにより、突起部 7 にかかった力の大きさや方向を三次元で検出することができる。

なお、突起部 7 の周りの歪みセンサ 9 の数は、3 つ以上 6 つ以下であってもよく、4 つ以上 7 つ以下であってもよく、5 つ以上 8 つ以下であってもよく、6 つ以上 1 0 つ以下

【 0 0 2 6 】

例えば、図 2 (b) のように、上方から対象物 1 3 を突起部 7 に接触させた場合、対象物 1 3 からの圧力により突起部 7 を沈み込ませることができ、可撓部 5 を撓ませることができる。この場合、突起部 7 の周囲の撓んだ可撓部 5 では実質的に均等に歪みが生じ、突起部 7 の周囲に設けた 3 つ以上の歪みセンサ 9 は、同等の歪みを検出する。従って、3 つ以上の歪みセンサ 9 により歪みを検出することにより、突起部 7 に対象物 1 3 が接触し上方から突起部 7 に圧力がかかったことを検出することができる。

【 0 0 2 7 】

例えば、図 2 (c) のように、対象物 1 3 を突起部 7 に接触させ斜め上又は側方から圧力が突起部 7 にかかった場合や突起部 7 と対象物 1 3 との間に摩擦力が生じた場合、その圧力や摩擦力により突起部 7 を傾斜させることができ、可撓部 5 を撓ませることができる。

この場合、突起部 7 の周囲の撓んだ可撓部 5 では、圧力又は摩擦力の向きにより不均一な歪みが生じる。従って、突起部 7 の周囲に設けた 3 つ以上の歪みセンサ 9 では、圧力又は摩擦力の向きに応じて異なる歪みを検出する。従って、3 つ以上の歪みセンサ 9 の歪みパターンから、突起部 7 にかかった力の大きさ及び向きを検出することができる。また、突起部 7 の周りの歪みセンサ 9 の数を増やすことにより、触覚センサ 2 0 が検出する力の向きの解像度を高くすることができる。

10

また、斜め上又は側方からの圧力又は摩擦力が突起部 7 にかかった場合、突起部 7 を傾斜させることができるため、圧力又は摩擦力の大きさや方向を感度よく撓んだ可撓部 5 の形状に反映させることができる。この可撓部 5 の撓みにより生じる歪みを 3 つ以上の歪みセンサ 9 により検出することができるため、突起部 7 にかかった力の向きを感度よく検出することができる。

【 0 0 2 8 】

また、予め、突起部 7 にかかった力の大きさ及び向きと 3 つ以上の歪みセンサ 9 の歪みパターンとの関係を調べデータベース化することができる。このことにより、測定された歪みパターンとデータベースの歪みパターンとを比較しパターン解析することにより、突起部 7 にかかった力の大きさや方向を算出することができる。

20

【 0 0 2 9 】

図 3 のように、触覚センサ 2 0 が中空部 3 、可撓部 5 、突起部 7 、 3 つ以上の歪みセンサ 9 を含むセンサ素子 1 2 を複数含み、複数のセンサ素子 1 2 が二次元に並べられている場合、複数のセンサ素子 1 2 による外部圧力などの検出は並列に実行することができる。この場合、対象物 1 3 を複数のセンサ素子 1 2 の突起部 7 に接触させることができ、触覚センサ 2 0 により対象物 1 3 の大きさを検出することができる。また、触覚センサ 2 0 と対象物 1 3 との間の局所的な滑り状態や局所的な摩擦力を検出することができる。このことにより、触覚センサ 2 0 をロボットハンドなどに設置すると、重量や摩擦係数が未知の対象物 1 3 を把持することが可能になる。

複数のセンサ素子 1 2 による突起部 7 にかかった力の検出は、同時に検出してもよく、スイッチを切り替えることにより順次検出してもよい。

30

【 0 0 3 0 】

4 . 集積化センサ、温度センサ

集積化センサ 3 0 は、本実施形態の触覚センサ 2 0 と基材 1 上に設けられた温度センサ 2 2 とを備える。このため、集積化センサ 3 0 により、対象物 1 3 により突起部 7 にかかる力と対象物 1 3 の温度を同時に検出することができる。

図 6 は、本実施形態の集積化センサ 3 0 の概略上面図であり、図 7 は、本実施形態の集積化センサ 3 0 に含まれる温度検知シート 2 8 の概略上面図である。図 6 に示した集積化センサ 3 0 は、図 3 に示した触覚センサ 2 0 に図 7 に示した温度検知シート 2 8 を重ね合わせた構造を有している。

40

【 0 0 3 1 】

集積化センサ 3 0 が備える温度センサ 2 2 は、対象物 1 3 の温度を測定することができるものであれば特に限定されないが、熱電対であってもよく、温度により電気抵抗値が変化する測温抵抗部を備えたセンサであってもよい。温度センサ 2 2 は、測温抵抗部を備えたセンサであることが好ましい。このことにより、温度センサ 2 2 を印刷法などにより形成することができる。

温度センサ 2 2 は、基材 1 上に直接設けられてもよく、柔軟性シート 6 上に設けられてもよく、接触部材 8 上に設けられてもよく、温度センサ用シート 2 4 上に設けてもよい。図 7 のように温度センサ 2 2 を温度センサ用シート 2 4 上に設け温度検知シート 2 8 を形成する場合、温度検知シート 2 8 を図 3 に示したような触覚センサ 2 0 に重ね合わせて接

50

着することにより集積化センサ30を形成することができる。この場合、温度センサ22及び温度センサ用配線を温度センサ用シート24上に形成することができるため、歪みセンサ9用の配線11と温度センサ用の配線とを積層することができ、集積化センサ30の小型化が可能になる。また、温度センサ用シート24に接触部材用開口26を設けることにより、温度センサ用シート24が突起部7と重なることを防止することができる。

【0032】

感圧抵抗測定実験

歪みセンサ9を作製し、シリコーンゴムシート32の歪みと感圧抵抗部10の電気抵抗値との関係を調べた。

まず、カーボンナノチューブ(CNT)インクに銀微粒子を混練して作成したペーストを、厚さ0.5mmのシリコーンゴム(PDMS)シート32上に塗布・乾燥することにより感圧抵抗部10を作成した。図8のように、PDMSシート32及び感圧抵抗部10が張り出すようにこのPDMSシート32を試料台33に固定した。そして、図8(b)(c)のようにPDMSシート32の端部の位置を変位させ感圧抵抗部10の電気抵抗値を測定した。なお、図8(b)のようにPDMSシート32の端部の位置を変位させた場合、引張り荷重により感圧抵抗部10が伸張した状態であり、図8(c)のようにPDMSシート32の端部の位置を変位させた場合圧縮荷重により感圧抵抗部10が圧縮された状態である。

【0033】

感圧抵抗測定実験の結果を図9に示す。なお、図9は、感圧抵抗部10の電気抵抗値Rを、図8(a)のように感圧抵抗部10に荷重がかかっていない状態の感圧抵抗部10の電気抵抗値 R_0 で割った値と、PDMSシート32の端部の変位との関係を示している。

図9から感圧抵抗部10が伸長すると感圧抵抗部10の電気抵抗値が大きくなり、感圧抵抗部10が圧縮されると感圧抵抗部10の電気抵抗値が小さくなることがわかった。また、 R/R_0 は、0.04~50で変化することがわかった。従って、感圧抵抗部10をPDMSシート32と共に形状が変化するように設け、感圧抵抗部10の電気抵抗値を測定することによりPDMSシート32に歪みを検知することができることがわかった。

【0034】

歪み検知実験

図1、2に示したような4つの歪みセンサ9a~9dが突起部7の周りに設けられた触覚センサ20を作製し、図2(b)、図10(b)のようにほぼ上方から突起部7に指で約0.3秒荷重をかけ可撓部5を撓ませて歪みセンサ9a~9dの感圧抵抗部10の電気抵抗値の変化を測定した。なお、基材1には、ポリエステル製のシートを用い、柔軟性シート6には、ポリエチレン(PE)製のシートを用い、接触部材8はシリコーンゴム(PDMS)で作製した。また、歪みセンサ9は、CNTインクに銀微粒子を混練して作成したペーストを柔軟性シート6上にスクリーン印刷することにより作製し、配線11は銀ペーストを柔軟性シート6上にスクリーン印刷することにより作製した。また、中空部3の開口は、直径5mmの円とし、突起部7は、直径2mm、高さ1mmの円柱とした。

測定結果を図10(a)に示す。図10(a)では、感圧抵抗部10の電気抵抗値を感圧抵抗部10にかかる圧力に換算している。

図10(a)に示したように、歪みセンサ9a、9dでは、約15mNの圧力が計測され、歪みセンサ9b、9cでは、約12mNの圧力が計測された。従って、ほぼ上方から突起部7に荷重をかけると、歪みセンサ9a~9dで測定される圧力はほぼ同じになることがわかった。

【0035】

次に、図2(c)、図11(b)のように、歪みセンサ9aから歪みセンサ9cに向かう斜め上方向からの荷重を約0.3秒指で突起部7にかけ可撓部5を撓ませて歪みセンサ9a~9dの感圧抵抗部10の電気抵抗値の変化を測定した。

測定結果を図11(a)に示す。図11(a)では、感圧抵抗部10の電気抵抗値を感圧抵抗部10にかかる圧力に換算している。

10

20

30

40

50

図 1 1 (a) に示したように、荷重方向に配置された歪みセンサ 9 c では約 1 3 m N の圧力が計測され、歪みセンサ 9 c と対向するように配置された歪みセンサ 9 a では約 8 . 5 m N の圧力が計測された。また、歪みセンサ 9 b、9 c では約 5 m N の圧力が計測された。従って、斜め上方向からの荷重を突起部 7 にかけると荷重方向に配置された歪みセンサで最も高い圧力が計測されることがわかった。

【 0 0 3 6 】

シミュレーション

図 1、2 に示したような触覚センサ 2 0 について、突起部 7 に z 方向に - 2 0 m N の荷重（上方からの荷重）をかけた際の可撓部 5 の歪みについてシミュレーションを行った。中空部 3 の開口は、図 1 2 (b) に示したように直径 5 m m の円として計算した。

シミュレーション結果を図 1 2 (a) に示す。図 1 2 に示したように、上方から突起部 7 に荷重がかかると、開口の縁に沿って円状に圧力がかかることがわかった。従って、4 つの歪みセンサ 9 a ~ 9 d では、同等の歪みが検出されると考えられる。この結果は、図 1 0 (a) に示した歪み検知実験の測定結果と一致している。

従って、4 つの歪みセンサ 9 a ~ 9 d から計測される歪みがほぼ同等である場合、対象物 1 3 が上方から突起部 7 に接触したことを触覚センサ 2 0 により検出することができる。

【 0 0 3 7 】

次に、図 1、2 に示したような触覚センサ 2 0 について、x 方向に 2 0 m N、z 方向に - 1 0 m N の荷重（斜め上方向からの荷重）を突起部 7 にかけた際の可撓部 5 の歪みについてシミュレーションを行った。中空部 3 の開口は、直径 5 m m として計算した。

シミュレーション結果を図 1 3 に示す。図 1 3 に示したように、斜め上方向から突起部 7 に荷重がかかると、荷重方向に配置された歪みセンサ 9 c 付近に大きな圧力がかかることがわかった。従って、4 つの歪みセンサ 9 a ~ 9 d のうち歪みセンサ 9 c で最も大きい歪みが検出されると考えられる。この結果は、図 1 1 (a) に示した歪み検知実験の測定結果と一致している。

従って、4 つの歪みセンサ 9 a ~ 9 d から測定される歪みのうち 1 つの歪みセンサ 9 c から計測される歪みが特に大きい場合、歪みセンサ 9 c に向かう斜め上方向からの荷重が突起部 7 にかかったことを触覚センサ 2 0 により検出することができる。

【 0 0 3 8 】

温度検知実験

測温抵抗部を備えた温度センサ 2 2 を作製し、温度センサ 2 2 の温度応答性を調べた。測温抵抗部は、CNT インクに高分子材料の PEDOT : PSS を混練して作製したペーストを温度センサ用シート 2 4 上に印刷することにより作製した。作製した温度センサ 2 2 を図 1 4 (b) のように配置し、温度センサ 2 2 の上方 1 m m の箇所には 6 0 の加熱物体 3 5 を約 5 7 秒間配置して測温抵抗部の電気抵抗値の変化を測定した。この測定結果を図 1 4 (a) に示す。なお、図 1 4 (a) では、測温抵抗部の電気抵抗値の変化量 R と時間の関係を示している。

図 1 4 (a) に示したように、加熱物体 3 5 を配置して約 2 0 秒で約 1 0 % 電気抵抗値が変化した。また、加熱物体 3 5 を除去して約 5 0 秒で R は約 2 % まで回復した。

【 0 0 3 9 】

次に、2 2 ~ 8 0 の加熱物体 3 5 を用いて、同様の方法で測温抵抗部の電気抵抗値の変化を測定し測温抵抗部の電気抵抗値の変化量 R を調べた。この測定結果を図 1 5 に示す。なお、図 1 5 に示した R は、加熱物体 3 5 を配置して電気抵抗値が安定した時点での R である。図 1 5 に示したように、2 2 ~ 8 0 にかけて測温抵抗部の電気抵抗値の変化量 R は温度が高くなると比例して大きくなることがわかった。また、感度は 0 . 2 5 % / であつた。従って、作製した温度センサ 2 2 により、1 m m 上方の加熱物体 3 5 の温度を測定することができることがわかった。

【 0 0 4 0 】

歪み・温度検知実験

10

20

30

40

50

図3に示したような9つのセンサ素子12a~12iを有する触覚センサ20を作製した。また、図7に示したような温度検知シート28を作製した。そして、温度検知シート28を触覚センサ20に重ね合わせて図6のような集積化センサ30を作製した。なお、触覚センサ20の作製方法は、上述の歪み検知実験と同様である。また、隣接する突起部7の間隔は、15mmとした。

温度検知シート28は、ポリエチレンテレフタレート製の温度センサ用シート24上にCNTインクに高分子材料のPEDOT:PSSを混練して作製したペーストを印刷し温度センサ22を形成することにより作製した。なお、温度センサ22は、センサ素子12a~12iにそれぞれ近接するように設けた。

【0041】

まず、図16(a)のように集積化センサ30に含まれるセンサ素子12fの突起部7の上方から指で突起部7に荷重を加え、各歪みセンサ9及び各温度センサ22で測定を行った。この結果を図16(b)(c)に示す。図16(b)に示したように、センサ素子12fの4つの歪みセンサ9で同等の圧力が検出された。このことからセンサ素子12fの突起部7の上方から突起部7に荷重が加えられたことを集積化センサ30により検出することができた。また、図16(c)に示したようにセンサ素子12fに近接して設置した温度センサ22で最も高い温度が測定された。このことから温度の高い対象物13がセンサ素子12fに接近したことを集積化センサ30により検出することができた。

従って、対象物13が集積化センサ30に接触した位置及びこの接触による圧力の大きさ、圧力の方向並びに温度を同時に検出することができた。

【0042】

次に、図17(a)のように集積化センサ30に含まれるセンサ素子12eの突起部7の上方から指で突起部7に荷重を加え、各歪みセンサ9及び各温度センサ22で測定を行った。この結果を図17(b)(c)に示す。図17(b)に示したように、センサ素子12eの4つの歪みセンサ9で同等の圧力が検出された。このことからセンサ素子12eの突起部7の上方から突起部7に荷重が加えられたことを集積化センサ30により検出することができた。また、図17(c)に示したようにセンサ素子12eに近接して設置した温度センサ22で最も高い温度が測定された。このことから温度の高い対象物13がセンサ素子12eに接近したことを集積化センサ30により検出することができた。

【0043】

次に、図18(a)のように集積化センサ30に含まれるセンサ素子12d、12gの突起部7の上方から指で突起部7に荷重を加え、各歪みセンサ9及び各温度センサ22で測定を行った。この結果を図18(b)(c)に示す。図18(b)に示したように、センサ素子12d、12gでそれぞれ4つの歪みセンサ9で同等の圧力が検出された。このことからセンサ素子12d、12gの突起部7の上方から突起部7に荷重が加えられたことを集積化センサ30により検出することができた。また、図18(c)に示したようにセンサ素子12d、12gに近接して設置した2つの温度センサ22で高い温度が測定された。このことから温度の高い対象物13がセンサ素子12d、12gに接近したことを集積化センサ30により検出することができた。

従って、集積化センサ30に含まれる複数のセンサ素子12で同時に圧力などを検出できた。

【0044】

次に、図19(a)のように集積化センサ30に含まれるセンサ素子12dの突起部7に指で斜め上方向から荷重を加え、各歪みセンサ9及び各温度センサ22で測定を行った。この結果を図19(b)(c)に示す。図19(b)に示したように、センサ素子12d4つの歪みセンサ9のうち1つの歪みセンサ9で高い圧力が検出された。このことからこの高い圧力が検出された歪みセンサ9に向かう斜め方向の荷重がセンサ素子12dの突起部7に加えられたことを集積化センサ30により検出することができた。また、図19(c)に示したようにセンサ素子12dに近接して設置した温度センサ22で高い温度が測定された。このことから温度の高い対象物13がセンサ素子12dに接近したことを集

10

20

30

40

50

積化センサ 30 により検出することができた。

【0045】

次に、図 20 (a) のように集積化センサ 30 に含まれるセンサ素子 12 b の突起部 7 に指で斜め上方向から荷重を加え、各歪みセンサ 9 及び各温度センサ 22 で測定を行った。この結果を図 20 (b) (c) に示す。図 20 (b) に示したように、センサ素子 12 b の 4 つの歪みセンサ 9 のうち 1 つの歪みセンサ 9 で高い圧力が検出された。このことからこの高い圧力が検出された歪みセンサ 9 に向かう斜め方向の荷重がセンサ素子 12 b の突起部 7 に加えられたことを集積化センサ 30 により検出することができた。また、図 20 (c) に示したようにセンサ素子 12 b に近接して設置した温度センサ 22 で高い温度が測定された。このことから温度の高い対象物 13 がセンサ素子 12 b に接近したことを集積化センサ 30 により検出することができた。

10

【0046】

次に、図 21 (a) のように集積化センサ 30 に含まれるセンサ素子 12 c、12 f の突起部 7 に指で斜め上方向から荷重を加え、各歪みセンサ 9 及び各温度センサ 22 で測定を行った。この結果を図 21 (b) (c) に示す。図 21 (b) に示したように、センサ素子 12 c の 4 つの歪みセンサ 9 のうち 1 つの歪みセンサ 9 で高い圧力が検出され、センサ素子 12 f の 4 つの歪みセンサ 9 のうち 2 つの歪みセンサ 9 で高い圧力が検出された。このことからセンサ素子 12 c ではこの高い圧力が検出された歪みセンサ 9 に向かう斜め方向の荷重がセンサ素子 12 c の突起部 7 に加えられたことを集積化センサ 30 により検出することができた。センサ素子 12 f では、荷重が加えられた方向を検出することはできなかつた。これは突起部 7 にかかる荷重が大きすぎたためと考えられる。また、図 21 (c) に示したようにセンサ素子 12 c、12 f に近接して設置した温度センサ 22 で高い温度が測定された。このことから温度の高い対象物 13 がセンサ素子 12 c、12 f に接近したことを集積化センサ 30 により検出することができた。

20

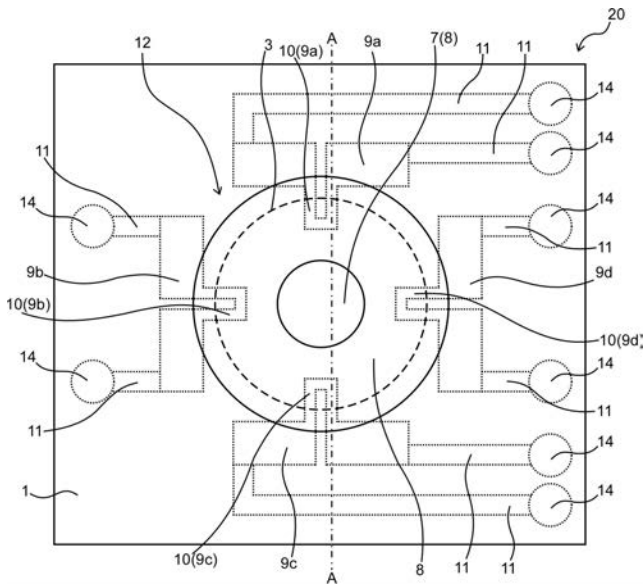
【符号の説明】

【0047】

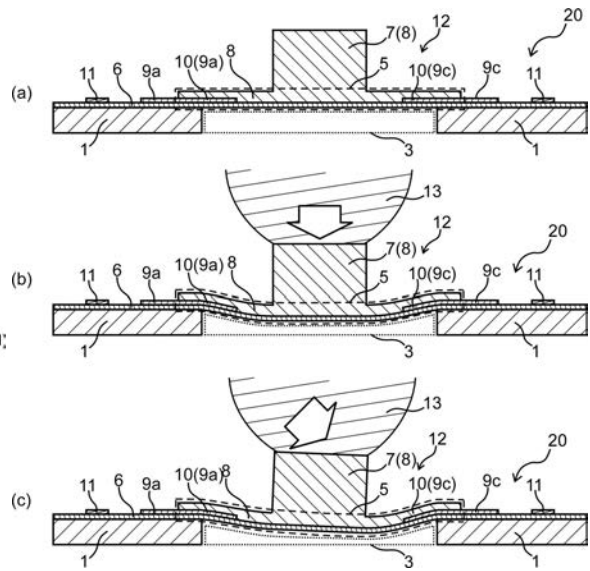
1 : 基材 3 : 中空部 5 : 可撓部 6 : 柔軟性シート 7 : 突起部 8 :
 接触部材 9、9 a、9 b、9 c、9 d : 歪みセンサ 10 : 感圧抵抗部 11 :
 配線 12 : センサ素子 13 : 対象物 14 : 接続端子 15 : 高分子材料
 16 : 導電性微粒子 17 : カーボンナノチューブ 20 : 触覚センサ 22 :
 温度センサ 24 : 温度センサ用シート 26 : 接触部材用開口 28 : 温度検知
 シート 30 : 集積化センサ 32 : シリコンゴムシート 33 : 試料台 3
 5 : 加熱物体

30

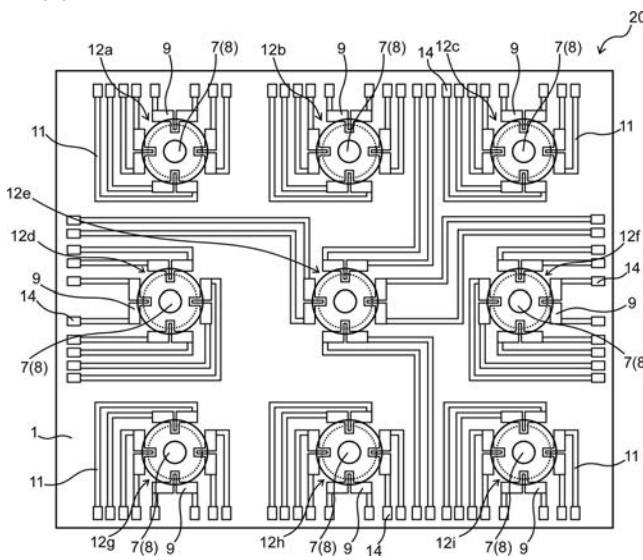
【 図 1 】



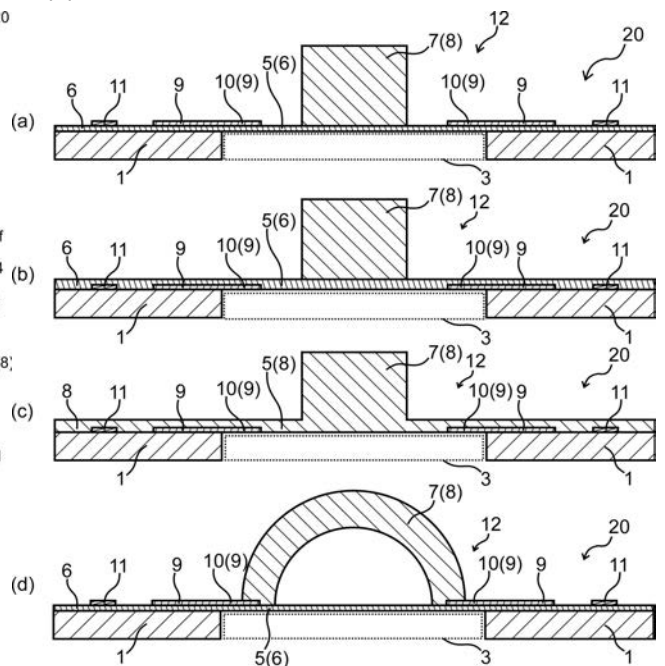
【 図 2 】



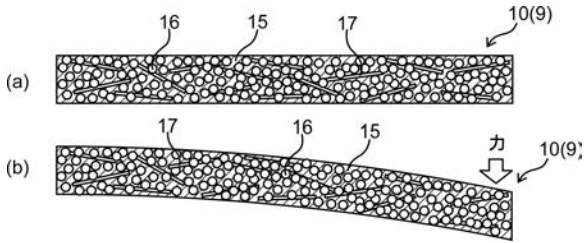
【 図 3 】



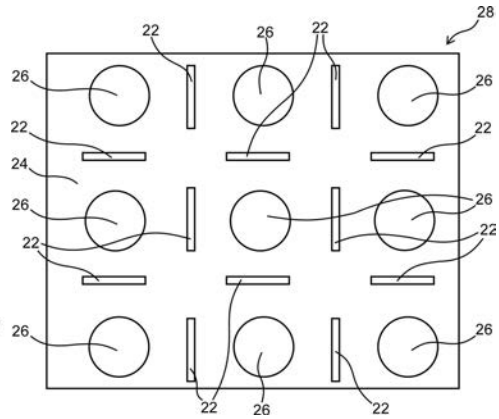
【 図 4 】



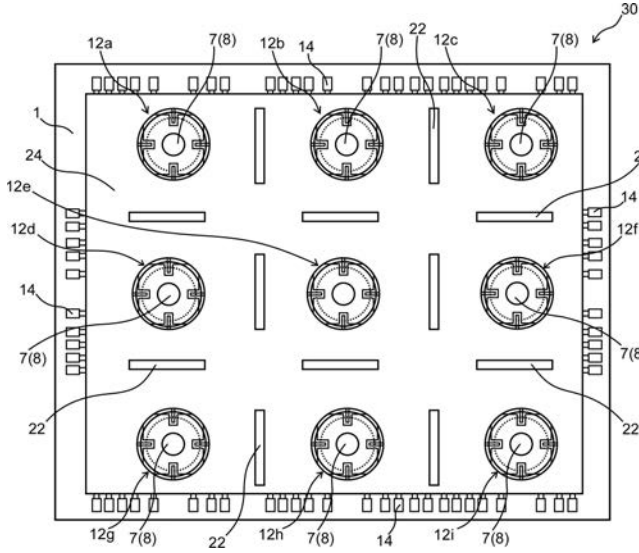
【図 5】



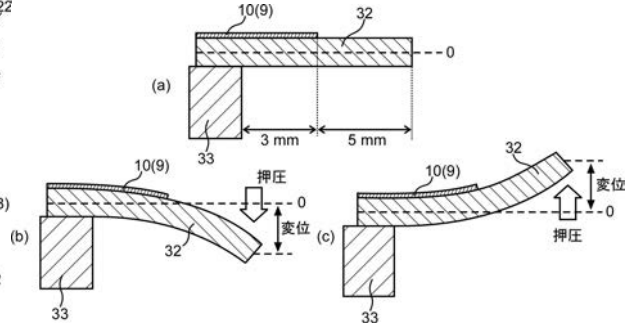
【図 7】



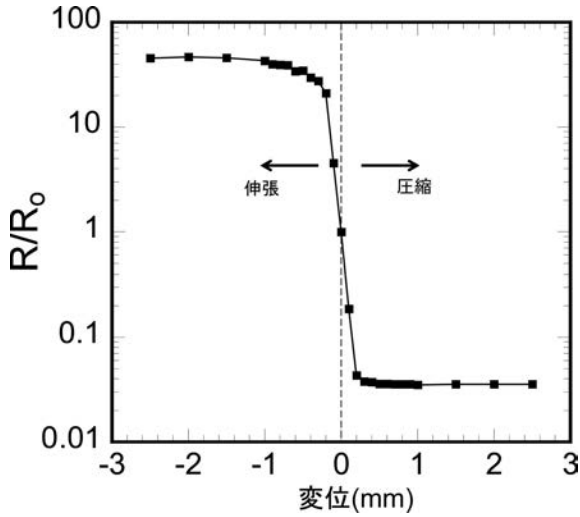
【図 6】



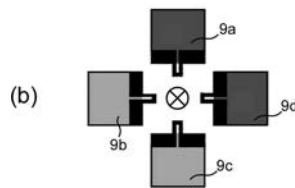
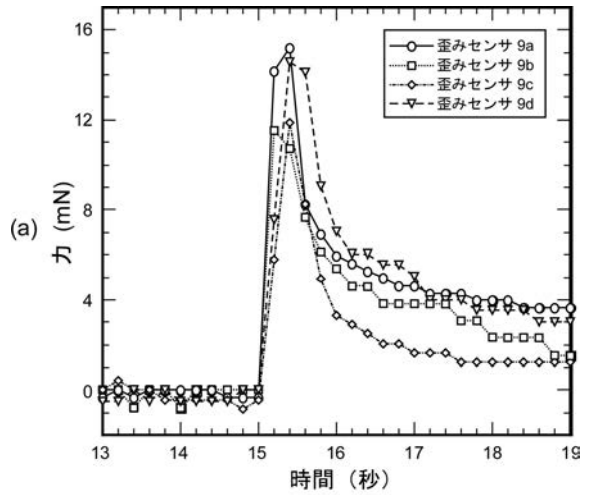
【図 8】



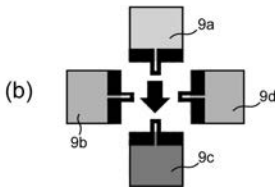
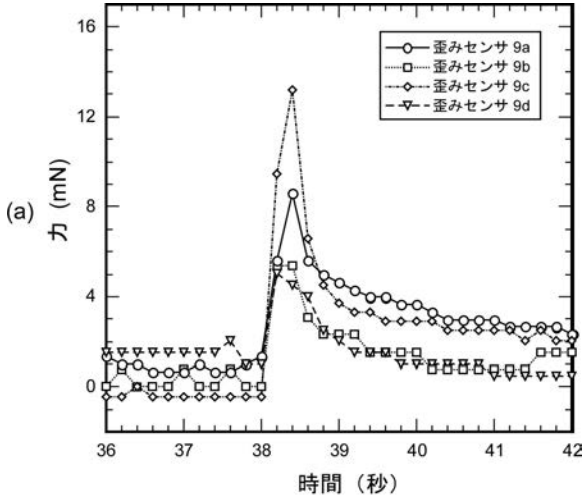
【図 9】



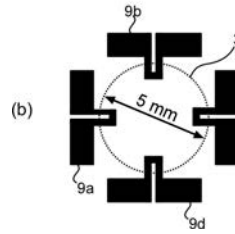
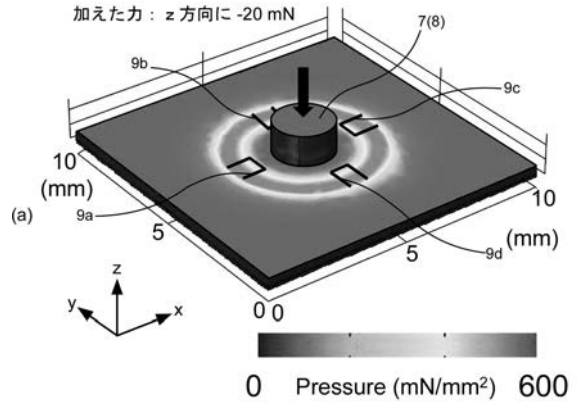
【図 10】



【 図 1 1 】

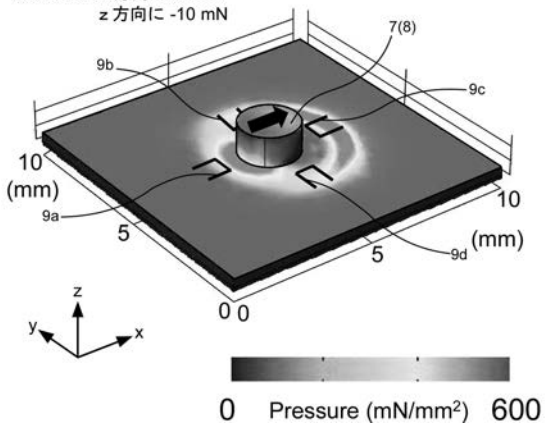


【 図 1 2 】

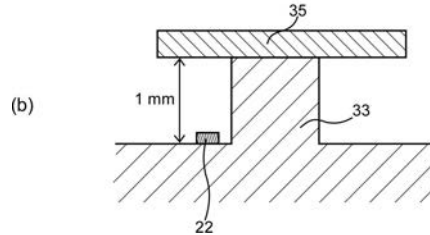
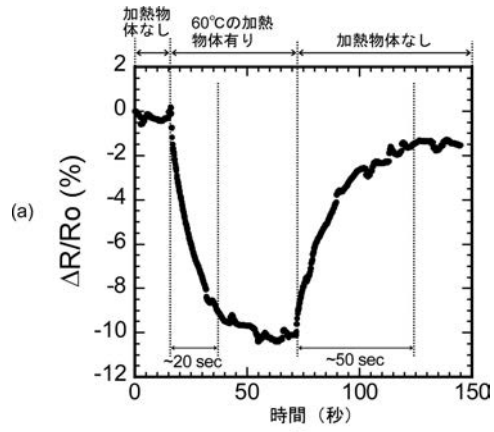


【 図 1 3 】

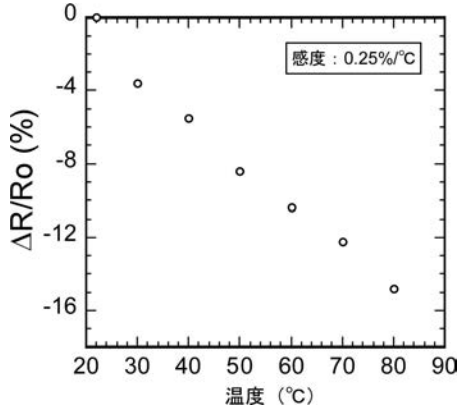
加えた力: x方向に 20 mN
z方向に -10 mN



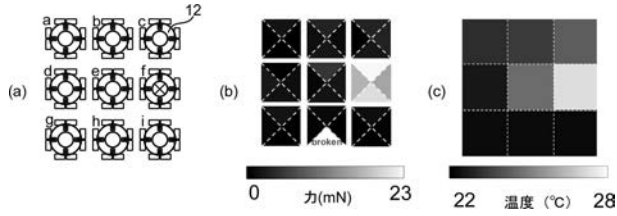
【 図 1 4 】



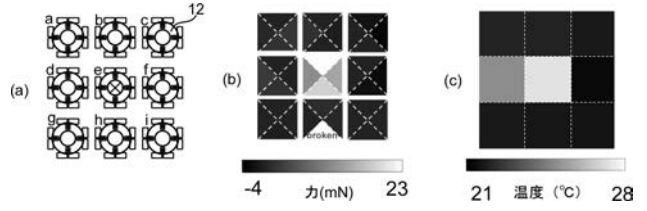
【 図 1 5 】



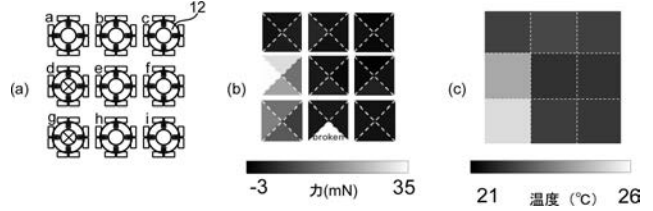
【 図 1 6 】



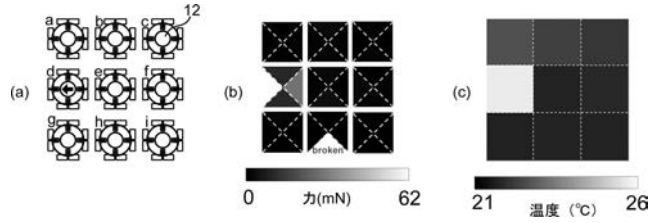
【 図 1 7 】



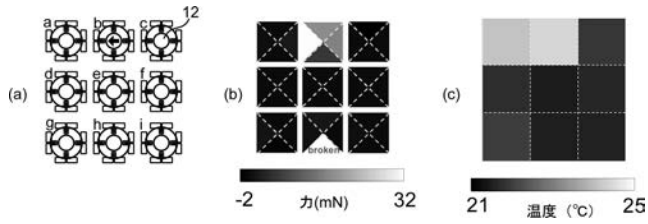
【 図 1 8 】



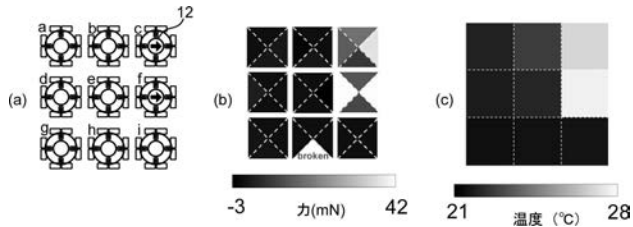
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 原田 真吾

大阪府堺市中央区学園町1番1号 公立大学法人大阪府立大学内

Fターム(参考) 2F049 BA13 CA01 CA05 DA04

2F051 AA10 AB09 DA00