

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4007128号
(P4007128)

(45) 発行日 平成19年11月14日(2007.11.14)

(24) 登録日 平成19年9月7日(2007.9.7)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 L	9/00	(2006.01)	GO 1 L	9/00	3 O 3 M
GO 1 L	1/18	(2006.01)	GO 1 L	1/18	A
HO 1 L	29/84	(2006.01)	HO 1 L	29/84	B

請求項の数 11 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2002-259221 (P2002-259221)	(73) 特許権者	000003609
(22) 出願日	平成14年9月4日(2002.9.4)		株式会社豊田中央研究所
(65) 公開番号	特開2004-3926 (P2004-3926A)		愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
(43) 公開日	平成16年1月8日(2004.1.8)		番地の1
審査請求日	平成17年3月25日(2005.3.25)	(74) 代理人	110000110
(31) 優先権主張番号	特願2002-81892 (P2002-81892)		特許業務法人快友国際特許事務所
(32) 優先日	平成14年3月22日(2002.3.22)	(72) 発明者	塚田 厚志
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
			番地の1 株式会社豊田中央研究所内
		(72) 発明者	坂田 二郎
			愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
			番地の1 株式会社豊田中央研究所内
		(72) 発明者	水野 健太郎
			愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
			番地の1 株式会社豊田中央研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧力センサ及びセンサユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハウジングと、センサ部と、受圧部と、第1端子と、第2端子を備え、
センサ部は、ハウジング内に配置されているとともに、ピエゾ抵抗素子を含む部位と、
ピエゾ抵抗素子を含む部位のうち受圧部側を向いた面に設けられている第1電極と、ピエ
ゾ抵抗素子を含む部位のうち受圧部側を向いた面の反対面に設けられている第2電極を有
し、

第1端子は、受圧部の変位によって変位可能であるとともに、受圧部とセンサ部に挟ま
れた位置で第1電極に接続されており、

第2端子は、ハウジングの軸方向に伸びる棒状であるとともに、受圧部側を向いた面が
第2電極に接続されており、

センサ部においては、センサ部外の端子に接続されている電極が第1電極と第2電極の
みであり、

第1端子と第2端子間の電圧又は電流からピエゾ抵抗素子の電気抵抗値の変化を検出可
能に構成されていることを特徴とする圧力センサ。

【請求項 2】

第1電極と第1端子、第2電極と第2端子の少なくとも一方がワイヤを介さずに電氣的
に接続されていることを特徴とする請求項 1 に記載の圧力センサ。

【請求項 3】

第1電極と第1端子、第2電極と第2端子の両方がワイヤを介さずに電氣的に接続され

10

20

ていることを特徴とする請求項2に記載の圧力センサ。

【請求項4】

第1端子はハウジングの径方向に伸びる薄板状であり、
その第1端子のうち受圧部側を向いた面の反対面が第1電極に接続されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の圧力センサ。

【請求項5】

第1端子に連結され、ハウジングに対して固定され、ハウジングの軸方向に伸びる筒状の第3端子をさらに備えたことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の圧力センサ。

【請求項6】

第2端子がハウジングに対し固定されていることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の圧力センサ。

10

【請求項7】

第2端子とハウジングの間が封止されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の圧力センサ。

【請求項8】

piezo抵抗素子を含む部位は、2つのブロックを有し、
一方のブロックの表面にはその主面から突出するpiezo抵抗素子が形成され、その一方のブロックの裏面には第1電極と第2電極のうち一方の電極が設けられ、
他方のブロックの表面は前記piezo抵抗素子と接触し、その他方のブロックの裏面には第1電極と第2電極のうち他方の電極が設けられていることを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の圧力センサ。

20

【請求項9】

一方のブロックの表面においてその主面から突出したpiezo抵抗素子はそのブロックの表面領域の4分の1以上を囲むように形成されていることを特徴とする請求項8に記載の圧力センサ。

【請求項10】

他方のブロックは処理回路を有することを特徴とする請求項8又は9に記載の圧力センサ。

【請求項11】

圧力センサを構成するためのセンサユニットであって、
センサ部と、第1端子と、第2端子と、筒状の第3端子を備え、
センサ部は、第3端子内であって第1端子と第2端子の間に配置されているとともに、
piezo抵抗素子を含む部位と、piezo抵抗素子を含む部位のうち第1端子側を向いた面に設けられている第1電極と、piezo抵抗素子を含む部位のうち第2端子側を向いた面に設けられている第2電極を有し、

30

第1端子は、筒状の第3端子の径方向に伸びる薄板状であるとともに、第3端子の端部に連結された状態で、センサ部側を向いた面が第1電極に接続されており、

第2端子は、筒状の第3端子の軸方向に伸びる棒状であるとともに、第3端子内に配置された状態で、センサ部側を向いた端面が第2電極に接続されていることを特徴とするセンサユニット。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧力センサ及びセンサユニットに関する。

【0002】

【従来の技術】

図20に従来の圧力センサ1の断面図を示す。この圧力センサ1は、アウターハウジング2と、インナーハウジング4と、力伝達部8と、センサ部20と、支持基台14と、細長状の端子12と、ワイヤ16等を備えている。なお、図20の上側を前端側、下側を後端

50

側と定義する。

アウターハウジング 2 には、インナーハウジング 4 が収容されている。インナーハウジング 4 の前端には、ダイアフラム部 10 が形成されている。力伝達部 8 はダイアフラム部 10 に取付けられている。センサ部 20 は、支持基台 14 上に載置され、かつ、固定されている。端子 12 は、支持基台 14 の空洞部を通して後端側へ伸びている。センサ部 20 の前端面は、力伝達部 8 の後端面と接触している。

【0003】

センサ部 20 は、力伝達ブロック 40 とセンサブロック 30 を有する。図 20 の C - C 線断面図である図 21 に示すように、センサブロック 30 のうち受圧部（この例ではダイアフラム部 10 と力伝達部 8）側を向いた面には、4 本の細長状でメサ段差状の piezo 抵抗素子 32a ~ 32d が形成されている。このうち、piezo 抵抗素子 32b、32d は応力が作用すると抵抗値が変化し、piezo 抵抗素子 32a、32c は応力が作用しても抵抗値がほとんど変化しないように構成されている。

4 本の piezo 抵抗素子 32a ~ 32d は 形に配置されており、フルブリッジ構成となっている。形の piezo 抵抗素子 32a ~ 32d の 4 つの角部から外方に伸びる位置には、電極 34a ~ 34d が形成されている。このように、4 つの電極 34a ~ 34d はセンサブロック 30 の受圧部 10、8 側を向いた面（前端面）に形成されている。支持基台 14 の受圧部 10、8 側を向いた面（前端面）からは 4 本の細長状の端子 12a ~ 12d の一部が突出している。4 つの電極 34a ~ 34d と 4 本の端子 12a ~ 12d は 1 対 1 に対応付けられてワイヤ 16a ~ 16d を介して接続されている。

圧力センサ 1 は図 22 に示すように、電極 34d に定電流源 64 を接続し、電極 34b を接地した状態で使用される。

【0004】

この圧力センサ 1 では、圧力がダイアフラム部 10 に作用すると、ダイアフラム部 10 がたわむことで力伝達部 8 が後端側に変位する。力伝達部 8 が後端側に変位すると、力伝達部 8 に接触するセンサ部 20 のセンサブロック 30 の piezo 抵抗素子 32a ~ 32d に圧縮応力が作用する。そのうちの piezo 抵抗素子 32b、32d に圧縮応力が作用すると、その抵抗値が変化する。その抵抗値の変化に応じた電圧値が図 22 に示すように電極 34c に V1 として、電極 34a に V2 として出力される。その電圧 V1 と V2 の差をとることで、ダイアフラム部 10 に作用する圧力の大きさを検出する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記圧力センサ 1 では、図 21 に示すように 4 つの電極 34a ~ 34d をそれぞれ 4 本の端子 12a ~ 12d に接続する必要があるため、接続作業が面倒であるという問題がある。また、接続後の構成も複雑化、大型化し易い。このことは、圧力センサの信頼性を低下させる等の要因になり得る。

また、上記圧力センサ 1 では、電極 34a ~ 34d と端子 12a ~ 12d はワイヤ 16a ~ 16d を介して接続されている。しかし、電極 34 と端子 12 をワイヤ 16 を介して接続することには、主に以下のような問題がある。

まず、電極 34 とワイヤ 16 の接続、及び端子 12 とワイヤ 16 の接続は点接続的であるため、経年劣化や衝撃や温度上昇等によって電極 34 とワイヤ 16 の接続箇所、あるいは端子 12 とワイヤ 16 の接続箇所が剥離する可能性が比較的高い。また、ワイヤ 16 は細長状であるため、断線する可能性が比較的高い。また、電極 34 とワイヤ 16 の接続にしても、端子 12 とワイヤ 16 の接続にしても、接続作業が比較的に難しい。さらに、電極 34 又は端子 12 を小型化するほど、電極 34 とワイヤ 16、又は端子 12 とワイヤ 16 の接続が急激に困難になる。

【0006】

本発明は、有用性の高い圧力センサ、センサユニットを実現することを目的とする。

より具体的には、本発明は、圧力センサのセンサ部の電極と端子の接続作業を容易化することを目的の 1 つとする。また、本発明は、圧力センサのセンサ部の電極と端子の接続

10

20

30

40

50

後の構成を簡単化あるいは小型化すること目的の1つとする。さらに、本発明は、圧力センサのセンサ部の電極と端子の接続後の構成の信頼性を向上させることを目的の1つとする。

本発明は、上記した目的の少なくとも一部を達成しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用と効果】

〔1〕 本発明を具現化した圧力センサは、ハウジングと、センサ部と、受圧部と、第1端子と、第2端子を備えている。センサ部は、ハウジング内に配置され、ピエゾ抵抗素子を含む部位と、第1電極と、第2電極を有する。第1電極は、ピエゾ抵抗素子を含む部位のうち受圧部側を向いた面に設けられている。第2電極は、ピエゾ抵抗素子を含む部位のうち受圧部側を向いた面の反対面に設けられている。第1端子は、受圧部の変位によって変位可能であるとともに、受圧部とセンサ部に挟まれた位置で第1電極に接続されている。第2端子は、ハウジングの軸方向に伸びる棒状であるとともに、受圧部側を向いた面が第2電極に接続されている。センサ部においては、センサ部外の端子に接続されている電極が第1電極と第2電極のみである。また、第1端子と第2端子間の電圧又は電流からピエゾ抵抗素子の電気抵抗値の変化を検出可能に構成されている。

10

ここで、第1電極は、ピエゾ抵抗素子を含む部位の面上に別体で設けてもよいし、その面自体を第1電極としてもよい。第2電極についても同様である。また第1端子と第1電極、あるいは第2端子と第2電極の「接続」には、直接に接触させる態様や、導電性の接着材等を介して接着する態様のみならず、第1端子と第1電極を他の部材（ワイヤ等）を介して電氣的に接続する態様も含まれる。

20

【0008】

本発明の圧力センサは、センサ部においてセンサ部外の端子に接続を必要とする電極が第1電極と第2電極のみであり、第1電極と第2電極にそれぞれ接続された第1端子と第2端子間の電圧又は電流からピエゾ抵抗素子の電気抵抗値の変化を検出可能に構成したものである。

本発明の圧力センサによると、従来の圧力センサのように4つの電極をそれぞれ端子に接続する必要がない。本発明の圧力センサでは、2つの電極をそれぞれ端子に接続すればよい。よって、接続作業を容易化できる。また、接続後の構成も簡単化あるいは小型化し得る。このため、接続後の構成の信頼性を向上し得る。

30

このように、本発明によると、有用性の高い圧力センサを実現し得る。

【0009】

特開平4-290937号公報には、圧電素子をセンサ素子として用いる圧力センサが開示されている。この公報に記載の圧力センサ（この公報の図3参照）は、圧電素子と、圧電素子を挟んで対向して設けられた2つの電荷収集電極と、圧電素子の上面と下面へ各電荷収集電極を引出す2つの電荷取出し電極を備えている。この公報に記載の圧力センサは、電極が2つ（電荷取出し電極が2つ）という点で、本発明の技術的思想と一見すると類似するようにみえる。しかし、この公報に記載の圧力センサでは圧電素子を用いているのに対し、本発明の圧力センサではピエゾ抵抗効果を利用したセンサ素子を用いている点で相違する。

40

【0010】

圧電素子を用いた圧力センサの場合は、圧電素子に応力が作用すると、分極によって圧電素子を挟んで対向した箇所に電荷が生じる。よって、その電荷を収集するための2つの電荷収集電極を圧電素子を挟んで対向した箇所に配置するのが自然の構成となっている。つまり、圧電素子を用いた圧力センサでは、これら2つの電荷収集電極を引出すための電荷取出し電極も2つになるのは自然な流れである。

【0011】

一方、ピエゾ抵抗素子を用いた圧力センサの場合は、本明細書における従来技術で説明したように、温度補償やノイズ除去の観点からピエゾ抵抗素子によりフルブリッジを形成するのが通常となっている。フルブリッジを形成すると、電極が4つ必要となり、これらの

50

電極はフルブリッジを形成した面に設ける必要があり、これらの電極をそれぞれセンサ部外の端子と接続する必要がある、というのが従来の共通的な認識であった。

【0012】

これに対し、本発明者は、従来の共通的な認識を打ち破り、 piezo 抵抗素子を用いた圧力センサにおいて、センサ部外の端子と接続する電極を2つとしたものである。この構造は、フルブリッジでない構成（例えばハーフブリッジ構成や単ゲージ構成）を採用した場合のみならず、フルブリッジ構成を採用した場合にも適用することができる。フルブリッジ構成を採用した場合は例えば、フルブリッジの4つの電極の接続をセンサ部の内部で行い、フルブリッジの4つの電極とは別の2つの電極をセンサ部外の端子と接続する構造とすればよい。

10

このように本発明は、piezo 抵抗素子を用いた圧力センサにおける従来の共通的な認識を打ち破ることによってなされたという点で、圧電素子を用いた圧力センサにはない技術的思想を有するものである。

【0013】

さらに、圧電素子を用いた圧力センサでは、作用する圧力に変化があまりない状態の圧力（静圧）を検知することが困難である。これに対し、piezo 抵抗素子を用いた圧力センサでは、そのような静圧を検知できるという点で、圧電素子を用いた圧力センサでは得られない非常に有用な効果が得られる。

【0014】

〔2〕 上記〔1〕に記したように、第1電極は、piezo 抵抗素子を含む部位のうち受圧部側を向いた面に設けられている。

20

〔3〕 上記〔1〕に記したように、第2電極は、piezo 抵抗素子を含む部位のうち受圧部側を向いた面の反対面に設けられている。

これらの構成によると、第1電極と第1端子、あるいは第2電極と第2端子をワイヤを介さずに接続する構造が実現し易い。

【0015】

〔4〕 上記〔1〕～〔3〕においては、第1電極と第1端子、第2電極と第2端子の少なくとも一方がワイヤを介さずに電気的に接続されていることが好ましい。

〔5〕 上記〔4〕においては、第1電極と第1端子、第2電極と第2端子の両方がワイヤを介さずに電気的に接続されていることが好ましい。

30

【0016】

電極と端子をワイヤを介さずに接続することで、電極と端子をワイヤを介して接続することに起因する問題を低減ないしは解消できる。具体的には、ワイヤを介して接続した場合に比べて、経年劣化や衝撃や温度上昇等によって電極と端子間が剥離する可能性を非常に低くできる。また、電極と端子の接続の際にはワイヤを用いずに電極と端子を接続するだけでよいので、接続作業が容易である。また、電極又は端子を小型化しても、接続作業が急激には困難にならない。

【0017】

〔6〕 上記〔1〕に記したように、第1端子は、受圧部の変位によって変位可能であるとともに、受圧部とセンサ部に挟まれた位置に配置されている。

40

〔7〕 上記〔1〕に記したように、第1端子はハウジングの径方向に伸びる薄板状であり、その第1端子のうち受圧部側を向いた面の反対面が第1電極に接続されている。

この構成によると、第1端子が受圧部とセンサ部に挟まれた位置に配置しても、その第1端子によって受圧部の変位が妨げられないようにすることができる。

【0018】

〔8〕 上記〔1〕～〔7〕においては、第1端子に連結され、ハウジングに対して固定され、ハウジングの軸方向に伸びる筒状の第3端子をさらに備えることが好ましい。

この構成によると、ハウジングに対して固定された第3端子に第1端子が連結されているため、第1端子が第3端子によって安定的に支持された状態となる。

【0019】

50

〔 9 〕 上記〔 8 〕においては、第 3 端子がハウジングに接触していることが好ましい。この構成によると、第 1 端子と第 3 端子の接地をハウジングを介して行うことができる。

【 0 0 2 0 】

〔 1 0 〕 上記〔 8 〕においては、第 3 端子がハウジングと電氣的に絶縁されていることが好ましい。

この構成によると、逆にハウジングを介さずに第 1 端子と第 3 端子の接地を行える。また、第 3 端子はハウジングと電氣的に絶縁されているので、第 1 端子と第 3 端子を接地せずに、電流流入端子又は電圧印加端子とすることもできる。

【 0 0 2 1 】

〔 1 1 〕 上記〔 1 〕に記したように、第 2 端子はハウジングの軸方向に伸びる棒状であり、その第 2 端子のうち受圧部側を向いた面が第 2 電極に接続されている。

この構成によると、第 2 電極よりも受圧部から離れた位置にある空間に第 2 端子が配置されるので、ハウジング内の空間を有効利用が図れる。従来の圧力センサのように、センサ部を囲うように端子を配置しなくてもよい。このため、圧力センサを小型化できる。

【 0 0 2 2 】

〔 1 2 〕 上記〔 1 〕～〔 1 1 〕においては、第 2 端子がハウジングに対し固定されていることが好ましい。

この構成によると、第 2 端子がセンサ部を載置するあるいは固定する役割を果たすので、従来の圧力センサのように支持基台を設ける必要がない。よって、圧力センサの部品点数を減少させることができる。

【 0 0 2 3 】

〔 1 3 〕 上記〔 1 〕～〔 1 2 〕においては、第 2 端子とハウジングの間が封止されていることが好ましい。

この構成によると、第 2 端子とハウジングの間からセンサ部側への気体や液体の侵入を阻止できる。よって、圧力センサの信頼性をより向上できる。また、第 2 端子をハウジングに対し固定することもできる。

【 0 0 2 4 】

〔 1 4 〕 上記〔 1 〕～〔 1 3 〕においては、 piezo 抵抗素子は 2 つのブロックを有し、一方のブロックの表面にはその主面から突出する piezo 抵抗素子が形成され、その一方のブロックの裏面には第 1 電極と第 2 電極のうち一方の電極が設けられ、他方のブロックの表面は前記 piezo 抵抗素子と接触し、その他方のブロックの裏面には第 1 電極と第 2 電極のうち他方の電極が設けられていることが好ましい。

この構成によると、受圧部が受けた圧力に起因する力が一方のブロックから突出した piezo 抵抗素子に集中して作用する。よって、piezo 抵抗素子には大きな応力が作用する。piezo 抵抗素子の抵抗値の変化量は、作用した応力の大きさに比例する。よって、piezo 抵抗素子の抵抗値の変化量を大きくできる。即ち、圧力センサを高感度化できる。また、一方のブロックのみならず、その一方のブロックの piezo 抵抗素子と接触する他方のブロックを有し、両ブロックの裏面に電極が設けられているので、これらの電極と端子をワイヤを介さずに行うことも容易である。

【 0 0 2 5 】

〔 1 5 〕 上記〔 1 4 〕においては、一方のブロックの表面においてその主面から突出した piezo 抵抗素子は、そのブロックの表面領域の 4 分の 1 以上を囲むように形成されていることが好ましい。

この構成によると、piezo 抵抗素子は一方のブロックの表面領域の 4 分の 1 以上を囲むように形成されているので、突出した形状であっても両ブロック間でがたつき等が生じにくい。

【 0 0 2 6 】

〔 1 6 〕 上記〔 1 4 〕又は〔 1 5 〕においては、他方のブロックは処理回路を有することが好ましい。

この構成によると、piezo 抵抗素子と各種の処理回路を組合せた構造によって、より有

10

20

30

40

50

用な圧力センサを実現できる。

【0027】

〔17〕 上記〔1〕～〔16〕においては、第1端子が第1電極に直接的に面接続され、及び/又は、第2端子が第2電極に直接的に面接続されていることが好ましい。この構成によると、経年劣化や衝撃や温度上昇等によって電極と端子間が剥離する可能性をよりさらに低くできる。また、接続作業がさらに容易となる。

【0028】

〔18〕 本発明は、圧力センサを構成するためのセンサユニットにも具現化される。このセンサユニットは、センサ部と、第1端子と、第2端子と、筒状の第3端子を備えている。センサ部は、第3端子内であって第1端子と第2端子の間に配置されているとともに、 10
ピエゾ抵抗素子を含む部位と、第1電極と、第2電極を有する。第1電極は、ピエゾ抵抗素子を含む部位のうち第1端子側を向いた面に設けられている。第2電極は、ピエゾ抵抗素子を含む部位のうち第2端子側を向いた面に設けられている。第1端子は、筒状の第3端子の径方向に伸びる薄板状であるとともに、第3端子の端部に連結された状態でセンサ部側を向いた面が第1電極に接続されている。第2端子は、筒状の第3端子の軸方向に伸びる棒状であるとともに、第3端子内に配置された状態でセンサ部側を向いた端面が第2電極に接続されている。

このように構成されたセンサユニットは、製造し易く、信頼性も高く、しかも、ハウジング内への組込みも容易に行える。また、このセンサユニットを用いることで、圧力センサの組立工程数を従来の圧力センサに比べて減らすことができる。このように、本発明は 20

【0029】

〔19〕 圧力センサのセンサ部は、力検知素子によって具現化される。この力検知素子は、ガラスからなる力伝達ブロックと、力伝達ブロックに隣接するとともにピエゾ抵抗素子を有するシリコンからなる力検知ブロックと、力伝達ブロックのうち力検知ブロックと対向する面と反対の面に形成されている第1電極と、力検知ブロックのうち力伝達ブロックと対向する面と反対の面に形成されている第2電極を備えている。

〔20〕 圧力センサのセンサ部は、他の力検知素子によっても具現化される。この力検知素子は、導電性材料からなり実質的に第1電極として機能する力伝達ブロックと、力伝達ブロックに隣接するとともにピエゾ抵抗素子を有するシリコンからなる力検知ブロック 30
と、力検知ブロックのうち力伝達ブロックと対向する面と反対の面に形成されている第2電極を備えている。

【0030】

これらの力検知素子は、上記した圧力センサのセンサ部としての使用に正に好適である。これらの力検知素子は、圧力センサへの組込み作業が容易である。また、組込み後の構成も簡単化あるいは小型化し得る。さらに、電極と端子の接続をワイヤを介さずに行うのも容易である。また、これらの力検知素子を用いた圧力センサ等の信頼性を向上し得る。さらに、〔19〕の力検知素子によると、力伝達ブロックがガラスからなり、力検知ブロックはシリコンからなるので、両ブロックの陽極接合が可能である。よって、信頼性の高い力検知素子がより実現し易い。また、〔20〕の力検知素子によると、力伝達ブロック 40

自身が導電性材料からなるので、別途電極を形成する手間等が省け、製造工程を簡素化し易い。

このように、本発明は、有用性の高い力検知素子をも実現し得る。

【0031】

上記した力検知素子は、さらに以下のように改良された態様で用いられることが好ましい。

〔21〕 ピエゾ抵抗素子を構成する第1導電型領域と、これに接する第2導電型領域によってpn接合分離構造が形成されていることが好ましい。
この構成によると、ピエゾ抵抗素子に流れる電流のリークが抑制されるので、作用した力（圧力を含む）を精度良く検知し得る。 50

【0032】

〔22〕〔21〕のpn接合分離構造が形成された力検知素子において、第1導電型領域と第2導電型領域に共通に接する電流バイパス用の電極が形成されていることが好ましい。

この構成によると、第1導電型領域と第2導電型領域によってpn接合分離構造が形成されていても、第1導電型領域と第2導電型領域に共通に接する電流バイパス用の電極が形成された箇所では、その電流バイパス用の電極を介して第1導電型領域と第2導電型領域の間で電流を流すことができる。従って、所定の箇所では第1導電型領域と第2導電型領域によるpn接合分離によって絶縁することができ、他の所定の箇所では第1導電型領域と第2導電型領域の間で電流を流すことで、第1導電型領域（ピエゾ抵抗素子）の抵抗値変化を検知できる。

10

【0033】

〔23〕ピエゾ抵抗素子は、第1電極又は第2電極と電氣的に接続されている部位を除いて、絶縁性材料を介して周囲から絶縁されていることが好ましい。

この構成によっても、ピエゾ抵抗素子に流れる電流のリークを抑制できるので、作用した力を精度良く検知し得る。

【0034】

〔24〕力検知ブロックは、その表面から突出する突出部を有し、その突出部にピエゾ抵抗素子が形成されており、その突出部に力伝達ブロックが接していることが好ましい。この構成によると、作用した力をピエゾ抵抗素子に集中的に作用することができるので、作用した力を感度良く検知し得る。

20

【0035】

〔25〕力検知ブロックに、ピエゾ抵抗素子が形成された突出部以外の力伝達ブロック支持用の突出部がさらに形成されていることが好ましい。

この構成によると、力伝達ブロックをより安定的に支持することができる。

【0036】

〔26〕ピエゾ抵抗素子は、単ゲージ構成であることが好ましい。

この構成によると、力検知素子の構造をシンプルにできるとともに、フルブリッジ構成に比べて感度を高くし得る。

【0037】

〔27〕力検知ブロックのうち、電極と接触する領域は、他の領域に比べて高不純物濃度であることが好ましい。

この構成によると、電極とその電極に接触する領域の間で安定的なオーミックコンタクトを得ることができる。

30

【0038】

〔28〕ピエゾ抵抗素子に電氣的に接続された電極載置部と、電極載置部に載置された電極をさらに備え、電極載置部に載置された電極が、第1電極に電氣的に接続されていることが好ましい。

この構成によると、ピエゾ抵抗素子と第1電極の間で、電極載置部に載置された電極を介して良好に電流を流すことができる。

40

【0039】

〔29〕〔19〕の力検知素子において、第1電極は膜状であり、その電極膜は力伝達ブロックのうち力検知ブロックと対向する面と反対の面（典型的には頂面）から、その反対面に隣接する面（典型的には側面）上まで伸びており、前記隣接面は、前記反対面に対し鈍角をなすように傾斜していることが好ましい。

この構成によると、前記隣接面が前記反対面に対し直角あるいは鋭角をなす場合に比べて、電極膜を前記反対面から前記隣接面に亘って膜を良好に形成（蒸着等）し易い。

【0040】

〔30〕〔29〕の電極膜は、〔28〕の電極載置部に載置された電極に接する位置まで達していることが好ましい。あるいは、〔29〕の電極膜は、電極載置部に載置された

50

電極と導電性材料（導電性接着剤等）を介して電氣的に接続されていることが好ましい。

【0041】

〔31〕 piezo抵抗素子が複数形成されており、各piezo抵抗素子の一端は第1電極に電氣的に接続されており、各piezo抵抗素子の他端は第2電極に電氣的に接続されていることが好ましい。

この構成によると、各piezo抵抗素子が並列的に接続される。この構成によると、これらのpiezo抵抗素子と同じ大きさ、形状のpiezo抵抗素子群を直列的に接続する場合に比べて、感度を変化させずに、総合的な抵抗値を減少させることが可能である。

【0042】

〔32〕 〔28〕の電極載置部に、〔31〕の各piezo抵抗素子の一端が共通に電氣的に接続されていることが好ましい。

この構成によると、よりシンプルな構造の力検知素子を実現し得る。

【0043】

【発明の実施の形態】

（第1実施例） 図1に第1実施例の圧力センサ100の断面図を示す。この圧力センサ100は、ハウジング102と、力伝達ロッド108と、ロッドガイド110と、センサユニット130等を備えている。なお、図1の上側を「前端側」、下側を「後端側」と定義する。また、各部材のうち、前端側を向いた面を「前端面」、後端側を向いた面を「後端面」と定義する。また、図1の上下方向がハウジング102の軸方向であり、左右方向がハウジング102の径方向である。

【0044】

ハウジング102は、ハウジング前端部104とハウジング筒状部106を有する。ハウジング前端部104とハウジング筒状部106は、溶接部位122で溶接されている。ハウジング前端部104は、ダイヤフラム部104aと、ダイヤフラム部104aの外縁を支持するダイヤフラム支持部104bを有する。ダイヤフラム部104aの前端面は受圧面となっている。

力伝達ロッド108は前端部が半球状になっている。力伝達ロッド108の前端部の頂部はダイヤフラム部104aの後端面と接触している。力伝達ロッド108の後端面は平坦状である。

ロッドガイド110は筒状である。ロッドガイド110は図示しない箇所ハウジング102に対して固定されている。ロッドガイド110の空洞部には力伝達ロッド108が収容されている。これにより、力伝達ロッド108はハウジング102の軸方向にのみ変位可能となっている。

上記した力伝達ロッド108とロッドガイド110の後端面はセンサユニット130の前端面（後述する接地端子112の薄板部112aの前端面）に接触している。

【0045】

センサユニット130は、センサ部920と、接地端子112と、電流流入端子120等によって構成されている。

センサ部920は、センサブロック930と、回路ブロック940と、センサブロック930の前端面に設けられた接地電極960と、回路ブロック940の後端面に設けられた電流流入電極962を有する。センサ部920の詳細については後述する。接地端子112は、ハウジング102の径方向に伸びる円板状の薄板部112aと、ハウジング102の軸方向に伸びる円筒状の筒部112bによって構成されている。薄板部112aの後端面の外縁は、筒部112bの前端面にスポット溶接されている。接地端子112の筒部112bはハウジング筒状部106に溶接部位124で溶接されている。電流流入端子120は、ハウジング102の軸方向に伸びる棒状に形成されている。電流流入端子120は、大径棒状部120aと小径棒状部120bを有する。

【0046】

センサブロック930の前端面に設けられた接地電極960は、接地端子112の薄板部112aの後端面に面接続されている。回路ブロック940の後端面に設けられた電流流

10

20

30

40

50

入電極 962 は、電流流入端子 120 の大径棒状部 120 a の前端面に面接続されている。接地端子 112 の筒部 112 b と電流流入端子 120 の間は、ガラスはんだ 116 によって封止されている。また、上記したように接地端子 112 の筒部 112 b はハウジング筒状部 106 に対して溶接によって固定されている。結果として、電流流入端子 120 はハウジング 102 に対して固定されている。

【0047】

センサ部 920 の詳細について説明する。図 2 の斜視図に示すように、センサ部 920 はブロック状に形成されている。このブロック状の部位は、センサブロック 930 と回路ブロック 940 からなる。センサブロック 930 の前端面に設けられた接地電極 960 と、回路ブロック 940 の後端面に設けられた電流流入電極 962 は、平板状である。

10

図 3 は、センサ部 920 のセンサブロック 930 を前端側から後端側にみたときの、センサブロック 930 の後端面の構成を示す。後端面は裏面側であるため、点線で示している。図 4 は、センサ部 920 の回路ブロック 940 を前端側から後端側にみたときの、回路ブロック 940 の前端面の構成を示す。図 5 は、図 3 のセンサブロック 930 の A - A 線断面図を上側に、図 4 の回路ブロック 940 の B - B 線断面図を下側に示したものである。

【0048】

図 5 に示すセンサブロック 930 はシリコン基板 938 と、シリコン酸化層 936 と、シリコン活性層からなる SOI 基板で形成されている。シリコン基板 938 は不純物を添加することで低抵抗化されている。シリコン活性層には、図 3 と図 5 に示すようなゲージ部としての 4 本の piezo 抵抗素子 932 a ~ 932 d と、4 本の連結部 937 a ~ 937 d と、4 つの接続部 933 a ~ 933 d が形成されている。これらの部位は、シリコン活性層に不純物を添加することで低抵抗化されている。

20

各接続部 933 a ~ 933 d の頂面には、電極 934 a ~ 934 d が形成されている。図 5 に示すように、シリコン酸化層 936 の一部は除去されており、その空間には、接地電極 960 とのコンタクト層 990 の一部が埋込まれており、他の部位は後端面から突出している。突出したコンタクト層 990 の頂面は、接続部 933 の頂面と同じ高さにある。コンタクト層 990 の頂面には、電極 992 が形成されている。

【0049】

図 3 に示すように、piezo 抵抗素子は 932 a ~ 932 d として 形に 4 本形成されている。センサブロック 930 の後端面の 2 分の 1 以上の領域がその piezo 抵抗素子 932 a ~ 932 d によって囲まれている。各 piezo 抵抗素子 932 a ~ 932 d は、図 5 の piezo 抵抗素子 932 b、932 d に例示するように、頂面が平坦なメサ段差状に形成されている。形の piezo 抵抗素子 932 a ~ 932 d の内側には、4 つの接続部 933 a ~ 933 d が設けられている。形の piezo 抵抗素子の 932 a ~ 932 d の 4 つの角部と、4 つの接続部 933 a ~ 933 d の間は、それぞれ連結部 937 a ~ 937 d によって連結されている。コンタクト層 990 は、センサ部ブロック 930 の後端面の中央に位置している。

30

【0050】

センサブロック 930 の後端面は (110) 面である。この (110) 面において piezo 抵抗素子 932 b、932 d は <110> 方向に配置されている。piezo 抵抗素子 932 a、932 c は <100> 方向に配置されている。各 piezo 抵抗素子 932 a ~ 932 d は、piezo 抵抗係数 γ_{13} に従うように配置されている。piezo 抵抗係数 γ_{13} は、(110) 面の <110> 方向に最大の感度を持ち、<100> 方向には感度ゼロである。よって、piezo 抵抗素子 932 b、932 d は、圧縮応力が作用すると piezo 抵抗効果によって抵抗値が変化するゲージ抵抗として機能する。一方、piezo 抵抗素子 932 a、932 c は圧縮応力が作用しても抵抗値がほとんど変化しない基準抵抗として機能する。

40

【0051】

図 5 に示す回路ブロック 940 も、シリコン基板 942 と、シリコン酸化層 944 と、シリコン活性層からなる SOI 基板で形成されている。シリコン基板 942 は不純物を添加

50

することで低抵抗化されている。シリコン活性層には、中央活性層 946a と、外側活性層 946b が形成されている。中央活性層 946a と外側活性層 946b の間は、シリコン酸化層 944 に達する空間が形成されている。よって、中央活性層 946a と外側活性層 946b は互いに絶縁されている。中央活性層 946a には、後述する各種の処理回路が形成されている。中央活性層 946a とシリコン基板 942 の間にあるシリコン酸化層 944 の一部は除去されており、その空間にコンタクト層 952 が埋込まれている。このため、電流流入電極 962 から流入した電流は、中央活性層 946a に流入可能で、外側活性層 946b に流入不能となっている。回路ブロック 940 の前端面は回路の集積化が容易な (100) 面としている。

【0052】

図5に示すセンサブロック 930 と回路ブロック 940 は陽極接合によって強固に接合されている。具体的には、センサブロック 930 のメサ段差状のピエゾ抵抗素子 932a ~ 932d の頂部と、回路ブロック 940 の外側活性層 946b の頂部が可動イオンを含むガラス (パイレックスガラス (登録商標) 等) 948 を介して陽極接合されている。このようにセンサブロック 930 と回路ブロック 940 が接合された状態では、図3と図5に示すセンサブロック 930 の接続部 933a ~ 933d は、電極 934a ~ 934d を介して回路ブロック 940 の中央活性層 946a の所定箇所に接続されている。但し、中央活性層 946a においては、接続部 933a、933b と、接続部 933c、933d の間は短絡しないように構成されている。

【0053】

図6は、センサ部 920 等の構成を回路図として示している。センサブロック 930 のピエゾ抵抗素子 932a ~ 932d によってフルブリッジが構成されている。回路ブロック 940 には、電流源 974、オペアンプ 980、トランジスタ 982、入力抵抗 976、978、帰還抵抗 984 等が形成されている。センサブロック 930 の入力電極 934b、934d は、電流源 974 に接続されている。センサブロック 930 の出力電極 934a、934c はそれぞれ、オペアンプ 980 の入力端子に接続されている。オペアンプ 980 の出力端子は、トランジスタ 982 のベース端子に接続されている。トランジスタ 982 のコレクタ端子は電流流入電極 962 に接続され、エミッタ端子は帰還抵抗 984 を介して接地電極 960 に接続されている。帰還抵抗 984 の一端は一方の入力抵抗 976 を介してセンサブロック 930 の一方の出力電極 934a に接続されている。帰還抵抗 984 の他端は他方の入力抵抗 978 を介してセンサブロック 930 の他方の出力電極 934c に接続されている。トランジスタ 982 は、オペアンプ 980 の出力電圧を電流 I_o に変換する役割を果たす。入力抵抗 976、978 と帰還抵抗 984 は、その抵抗値を変化させることで電流 I_o の値を調整する役割を果たす。接地電極 960 と電流流入電極 962 の間には、出力電圧 V_o を検出するための検出抵抗 986 と、電圧源 988 が接続されている。

【0054】

ピエゾ抵抗素子 (ゲージ抵抗) 932b、932d の抵抗値が R 変化すると、これに応じて電流 I_o も I_o だけ変化する。例えば、電圧源 988 の電圧値を 10V とし、抵抗値の変化 R がゼロの時には電流 I_o の値が 2mA、抵抗値の変化 R が最大の時には電流 I_o の値が 4mA となるように設定したとする。この場合、抵抗 986 の値を 500 とすると、抵抗 986 の両端に現れる電圧 V_o は、検出した圧力に応じて 1 ~ 2V の値が出力される。

このような構成によると、センサ部 920 のセンサブロック 930 に 4 つの電極 934a ~ 934d を有するフルブリッジが形成されていても、センサ部 920 が外部端子 (電流流入端子 120、接地端子 112) と接続する電極は、2 つ (電流流入端子 962、接地電極 960) にすることができる。

【0055】

第1実施例の圧力センサ 100 の動作を説明する。図1のダイヤフラム部 104a の前端面 (受圧面) に圧力が作用すると、ダイヤフラム部 104a は後端側にたわむ。ダイヤフ

10

20

30

40

50

ラム部 104a が後端側にたわむと、ダイアフラム部 104a の後端面に接触している力伝達ロッド 108 は、ロッドガイド 110 に導かれて後端側に変位する。力伝達ロッド 108 が後端側に変位すると、力伝達ロッド 108 の後端面に接触する接地端子 112 の薄板部 112a が後端側にたわむ。薄板部 112a が後端側にたわむと、センサ部 920 のセンサブロック 930 の piezo 抵抗素子 932 に圧縮応力が作用する。piezo 抵抗素子 932 に圧縮応力が作用すると、その圧縮応力に応じてゲージ抵抗として機能する piezo 抵抗素子 932b、932d (図 3、図 6 参照) の抵抗値が変化する。piezo 抵抗素子 932b、932d の抵抗値が変化すると、図 6 の抵抗 986 を流れる電流値 I_o が変化し、抵抗 986 の両端に現れる電圧 V_o が変化する。この電圧値 V_o の変化量を検出することで、piezo 抵抗素子 932b、932d の抵抗値の変化量がわかり、piezo 抵抗素子 932b、932d に作用した圧縮応力の大きさがわかる。この結果、ダイアフラム部 104a の前端面に作用した圧力の大きさがわかる。

10

【0056】

第 1 実施例の圧力センサ 100 の製造方法 (組立方法) を図 1 を参照して説明する。まず、ハウジング筒状部 106 を用意する。このハウジング筒状部 106 には、図示しない位置でハウジング筒状部 106 に対して固定されたロッドガイド 110 が予め形成されている。次に、ロッドガイド 110 内に力伝達ロッド 108 を前端側から圧入する。次に、ハウジング前端部 104 を用意し、そのハウジング前端部 104 をハウジング筒状部 106 に溶接部位 122 で溶接する。

次に、センサユニット 130 を製造するために、まず接地端子 112 の筒部 112b を用意する。この接地端子 112 の筒部 112b 内に棒状の電流流入端子 120 を挿入する。棒状の電流流入端子 120 は、その軸が接地端子 112 の筒部 112b の軸とほぼ一致する位置に配置した状態で、電流流入端子 120 と接地端子 112 の筒部 112b の間をガラスはんだ 116 で封止する。これにより、接地端子 112 の筒部 112b に対して電流流入端子 120 が固定される。次に、センサ部 920 の電流流入電極 940 と電流流入端子 120 の端面を接続する。この接続には、直接に接触させる場合と、導電性の接着剤を介して接着する場合等が含まれる。次に、接地端子 112 の薄板部 112a を用意し、その薄板部 112a の一方の面とセンサ部 920 の接地電極 960 を接続する。次に、接地端子 112 の薄板部 112a と筒部 112b を溶接する。この結果、センサユニット 130 が製造される。

20

30

【0057】

次に、ハウジング筒状部 106 内にセンサユニット 130 を圧入する。センサユニット 130 の前端 (接地端子 112 の薄板部 112a) がロッドガイド 110 の後端に当接する位置まで圧入する。圧入後、ハウジング筒状部 106 とセンサユニット 130 を溶接部位 124 で溶接する。この結果、センサユニット 130 は圧入と溶接によってハウジング筒状部 106 に強固に固定される。以上により、圧力センサ 100 が製造される (組立てられる)。

【0058】

なお、第 1 実施例の圧力センサ 100 とこれを構成するセンサユニット 130 の組立順序は上記の順序には限られない。センサユニット 130 については、例えば接地端子 112 の筒部 112b に薄板部 112a を溶接した後に、その薄板部 112a にセンサ部 920 の接地電極 960 を接続し、センサ部 920 の電流流入電極 940 を電流流入電極 962 に接続し、その電流流入電極 962 と接地端子 112 の筒部 112b の間をガラスはんだ 116 で封止するという順序で組立ててもよい。圧力センサ 100 については、例えばハウジング筒状部 106 内にセンサユニット 130 を圧入し、ハウジング筒状部 106 のロッドガイド 110 に力伝達ロッド 108 を圧入し、ハウジング筒状部 106 にハウジング前端部 104 を溶接するという順序で組立ててもよい。

40

【0059】

第 1 実施例によって得られる作用効果を以下に列挙する。

第 1 実施例の圧力センサ 100 によると、従来の圧力センサのように 4 つの電極ををそれ

50

ぞれ端子に接続する必要がない。第1実施例の圧力センサ100では、2つの電極960、962をそれぞれ端子112、120に接続すればよい。よって、接続作業を容易化できる。また、接続後の構成も簡単化あるいは小型化できる。このため、接続後の構成の信頼性も向上できる。

【0060】

第1実施例の圧力センサ100の構造によると、接地電極960と接地端子112の薄板部112a、及び電流流入電極962と電流流入端子120を無理なく面接続できる。よって、これらの電極960、962と端子112、120の接続をワイヤを介して行わないようにすることができる。このため、これらの電極960、962と端子112、120をワイヤを介して接続することに起因する問題を低減ないしは解消できる。具体的には、第1実施例の圧力センサ100では、電極960、962と端子112、120を無理なく面接続できるので、経年劣化や衝撃や温度上昇等によって電極960、962と端子112、120間が剥離する可能性を非常に低くできる。また、電極960、962と端子112、120の接続の際にはワイヤを用いずに電極960、962と端子112、120を面接続するだけでよいので、接続作業が容易である。また、電極960、962又は端子112、120を小型化しても、接続作業が急激には困難にならない。また、この圧力センサ100はピエゾ抵抗素子932を用いているので、圧電素子を用いた圧力センサでは検知が困難な静圧も検知できる。

10

【0061】

接地端子112の薄板部112aはダイヤフラム状の可撓性である。よって、力伝達ロッド108とセンサ部920に挟まれた位置に配置しても、力伝達ロッド108の後端側への変位を妨げない。力伝達ロッド108が後端側に変位したときには、薄板部112aも後端側にたわむからである。

20

接地端子112は薄板部112aの他に、ハウジング筒状部106に対して固定され、ハウジング102の軸方向に伸びる筒部112bを有する。薄板部112aの後端面の外縁は筒部112bの前端面に溶接されている。よって、薄板部112aは安定的に支持された状態となっている。

【0062】

電流流入端子120は、ハウジング102の軸方向に伸びる棒状である。その電流流入端子120の大径棒状部120aの前端面がセンサ部920の後端面の電流流入電極962に接続されている。よって、電流流入電極962よりも後端側の空間に電流流入端子120が配置されるので、ハウジング102内の空間を有効利用が図れる。図11に示す従来の圧力センサ1では、センサ部20の外側に、センサ部20を囲うように端子12a~12dを配置しているが、このように構成する必要がない。このため、圧力センサの特にハウジング径方向の大きさを小さくできる。

30

【0063】

電流流入電極962とハウジング102の間はガラスはんだ116によって封止されている。よって、電流流入端子120とハウジング筒状部106の間からセンサ部920側への気体や液体の侵入を阻止できる。このため、圧力センサ100の信頼性を向上できる。また、ガラスはんだ116で封止することで、電流流入端子120をハウジング102に対し固定することもできる。電流流入端子120がハウジング102に対して固定されると、電流流入端子120がセンサ部920を載置し、あるいは、固定する役割を果たすことになる、よって、図10に示す従来の圧力センサ1のような支持基台14が不要となる。このため、圧力センサの部品点数を減少させることができる。

40

【0064】

センサ部920は、上記のように構成されたセンサブロック930と回路ブロック940を有する。この構成によると、ダイヤフラム部104aが受けた圧力が力伝達ロッド108を通じて力に変換され、その力がセンサブロック930からメサ段差状に突出したピエゾ抵抗素子932に集中して作用する。よって、ピエゾ抵抗素子932には大きな応力が作用する。ピエゾ抵抗素子932の抵抗値の変化量は、作用した応力の大きさに比例する

50

。このため、センサ部 9 2 0 を上記のように構成すると、ピエゾ抵抗素子 9 3 2 の抵抗値の変化量を大きくできる。即ち、圧力センサ 1 0 0 を高感度化できる。

【 0 0 6 5 】

また、ピエゾ抵抗素子 9 3 2 a ~ 9 3 2 d はセンサブロック 9 3 0 の後端面領域の 2 分の 1 以上を囲むように 形に形成されている。よって、ピエゾ抵抗素子 9 3 2 a ~ 9 3 2 d が突出した形状であっても、両ブロック 9 3 0、9 4 0 間ではがたつき等が生じにくい。また、ピエゾ抵抗素子 9 3 2 a ~ 9 3 2 d で囲まれた後端面領域に接続部 9 3 3 a ~ 9 3 3 d が形成されている。このため、センサブロック 9 3 0 の後端面領域の有効利用を図ることができる。

さらに、回路ブロック 9 4 0 にオペアンプ 9 8 0 やトランジスタ 9 8 2 や定電流源 9 7 4、抵抗 9 7 6、9 7 8、9 8 4 等を形成することで、フルブリッジ構成を採用して内部的には 4 つの電極 9 3 4 a ~ 9 3 4 d を有していても、外部端子（電流流入端子 1 2 0、接地端子 1 1 2）と接続する電極を 2 つ（電流流入電極 9 6 0、接地電極 9 6 2）にすることが容易に行える。また、外部からみたときのインピーダンスを小さくできるので、外部からのノイズ成分の影響を低減できる。さらに、ピエゾ抵抗素子 9 3 2 の抵抗変化を所望の大きさの電流 I_o の変化に変換することも容易に行える。

【 0 0 6 6 】

センサユニット 1 3 0 は上記したように構成されているので、製造し易く、信頼性も高く、しかも、ハウジング 1 0 2 内への組込みも非常に容易に行える。また、このセンサユニット 1 3 0 を用いることで、圧力センサの組立工程数を従来の圧力センサに比べて減らすことができる。

【 0 0 6 7 】

（第 2 実施例） 図 7 に第 2 実施例の圧力センサ 2 0 0 の断面図を示す。この圧力センサ 2 0 0 では、ハウジング筒状部 2 0 6 の前端部 2 0 6 a が第 1 実施例のロッドガイド 1 1 0 に相当する機能を果たしている。第 1 実施例では、図 1 に示すように接地端子 1 1 2 の筒部 1 1 2 b が溶接部位 1 2 4 でハウジング筒状部 1 0 6 に溶接されていたが、第 2 実施例では、図 7 に示すように接地端子 2 1 2 の筒部 2 1 2 b はハウジング筒状部 2 0 6 に溶接されていない。接地端子 2 1 2 の筒部 2 1 2 b よりもひと回り大きい外側筒部 2 2 6 が溶接部位 2 2 4 でハウジング筒状部 2 0 6 に溶接されている。この外側筒部 2 2 6 と接地端子 2 1 2 の筒部 2 1 2 b の間はガラスはんだ 2 3 2 で封止されている。この結果、ハウジング 2 0 2 に対して外側筒部 2 2 6 が固定され、その外側筒部 2 2 6 に対して接地端子 2 1 2 の筒部 2 1 2 b が固定された状態となっている。即ち、ハウジング 2 0 2 に対して接地端子 2 1 2 の筒部 2 1 2 b は固定されている。また、ハウジング 2 0 2 と接地端子 2 1 2 の筒部 2 1 2 b は絶縁された状態となっている。また、センサ部 9 2 0 及び電流流入端子 2 2 0 の大径棒状部 2 2 0 a と、接地端子 2 1 2 の筒部 2 1 2 b の間には、絶縁パイプ 2 1 3 が設けられている。これらの点が第 1 実施例と主に異なる。

【 0 0 6 8 】

第 2 実施例の圧力センサ 2 0 0 の製造方法（組立方法）を図 7 を参照して説明する。ハウジング筒状部 2 0 6 の前端部 2 0 6 a に形成された空洞に力伝達ロッド 2 0 8 を圧入する。次に、ハウジング前端部 2 0 4 とハウジング筒状部 2 0 6 を溶接部位 2 2 2 で溶接する。次に、後端側からハウジング筒状部 2 0 6 内に外側筒部 2 2 6 を圧入し、溶接部位 2 2 4 で溶接する。次に、第 1 実施例の場合と同様にして組立てたセンサユニット 2 3 0 を外側筒部 2 2 6 に挿入する。次に、センサユニット 2 3 0 と外側筒部 2 2 6 の間をガラスはんだ 2 3 2 で封止する。この結果、圧力センサ 2 0 0 が製造される（組立てられる）。

【 0 0 6 9 】

第 2 実施例の圧力センサ 2 0 0 によると、第 1 実施例の圧力センサ 1 0 0 と基本的に同様の作用効果が得られる。また、ハウジング 2 0 2 を介さずに接地端子 2 1 2 の接地を行える。さらに、端子 2 1 2 はハウジング 2 0 2 と電氣的に絶縁されているので、端子 2 1 2 を接地端子として使用せずに、電流流入端子又は電圧印加端子として使用することもできる。

10

20

30

40

50

【0070】

(第3実施例) 第3実施例は、第1実施例の圧力センサ100において、センサ部920に代えて、図8と図9に示すセンサ部(力検知素子)300a(300)を用いたものである。

図8と、図8のA-A線断面図である図9に示すように、センサ部300aは、センサブロック302と、力伝達ブロック312を備えている。センサブロック302は、n型シリコン基板によって形成されている。センサブロック302は、ブロック部303と、そのブロック部303の表面から突出する突出部306a~306c、304(図8参照)を有する。

突出部306a、306cは、直方体状に形成されている。突出部306bは、平面視すると突出部306a、306cよりも細長い直方体状に形成されている。突出部304は円柱状に形成され、4つ形成されている。これらの突出部306a~306c、304の高さは等しい。これらの突出部306a~306c、304は、n型シリコン基板の表面部をパターニングすることで形成されている。

【0071】

突出部306a~306cは上記したようにn型シリコン基板の表面部をパターニングしたものであり、元々はn型である。しかし、図9に示すように、突出部306aの上部の一部と、突出部306b、306cの上部には、p型不純物が添加されて、それぞれp型領域320a、320b、320cが形成されている。このp型領域320(特にp型領域320b)は、応力が作用すると電気抵抗値が変化する圧電抵抗素子として機能する。

突出部306aの上部の他の一部には、n型不純物が添加されて、高濃度n型領域318が形成されている。突出部306a~306cのp型領域320a~320cと、これらに隣接するn型領域によって、pn接合分離構造が形成されている。

突出部306aの高濃度n型領域318とp型領域320a上に亘って、電流バイパス用の電極308が形成されている。突出部306cのp型領域320c上には、中継電極310が形成されている。

【0072】

なお、SOI基板のシリコン酸化層を利用すること等によって、p型領域320a~320cを周囲から絶縁してもよい。

n型シリコン基板からなるブロック部303の裏面部にも、n型不純物がさらに添加されて、高濃度のn型領域316が形成されている。この高濃度n型領域316に隣接して、ブロック部303の裏面側に電流流入電極314が形成されている。この電流流入電極314は、図2等のセンサ部920の電流流入電極962と同様の役割を果たすものである。この電流流入電極314は、圧電抵抗素子(p型領域)320bに電氣的に接続されている。なお、実際には、力検知ブロック302の表面(突出部306が形成された面)は図示しないシリコン酸化膜等の絶縁膜で覆われている。

【0073】

力伝達ブロック312は、可動イオンを含むガラス(パイレックスガラス(登録商標)等)によって形成されている。力伝達ブロック312は、図8に示すように、4つの円柱状の突出部304によって4隅付近が支持されるとともに、中間部が、細長状の突出部306bの全体と突出部306a、306cの一部によって支持されている。詳細には、力伝達ブロック312は、これらの突出部304、306a~306cに陽極接合されて、強固に固定されている。

【0074】

力伝達ブロック312は6面体である。この力伝達ブロック312の側面の1つ312aは、力伝達ブロック312の頂面と鈍角をなして傾斜している。力伝達ブロック312の頂面上から、その頂面に対して鈍角をなす傾斜面312a上を経由して、突出部306c上(その上の電極310上)に至るまで、金属電極膜322が蒸着されている。この金属電極膜322はアルミや銅等によって形成すればよい。このように金属電極膜322を蒸着すると、力伝達ブロック312の頂面上から、その頂面に対して直角あるいは鋭角をな

10

20

30

40

50

す側面上を經由して金属電極膜を蒸着する場合に比べて、金属電極膜を良好に蒸着できる。

この金属電極膜 3 2 2 は、図 2 等のセンサ部 9 2 0 の接地電極 9 6 0 と同様の役割を果たすものである。上記した構成によって、金属膜（接地電極）3 2 2 は、ピエゾ抵抗素子（p 型領域）3 2 0 b に電氣的に接続されている。なお、図 8 には、金属電極膜 3 2 2 が形成されていない状態のセンサ部 3 0 0 a（3 0 0）を示している。

【0075】

次に、第 3 実施例のセンサ部 3 0 0 a の動作について説明する。このセンサ部 3 0 0 a を図 1 の圧力センサ 1 0 0 に組込むとする。具体的には、センサ部 3 0 0 a の金属電極膜（接地電極）3 2 2 を接地端子 1 1 2 の薄板部 1 1 2 a に面接触させる。また、センサ部 3 0 0 a の電流流入電極 3 1 4 を電流流入端子 1 2 0 の前端面に面接触させる。

この状態で、電流流入端子 1 2 0 からの電流が、電流流入電極 3 1 4 を通じてセンサ部 3 0 0 a に流れ込むと、その電流は、図 9 の点線の矢印に示すように、ブロック部 3 0 3 の高濃度 n 型領域 3 1 6、ブロック部 3 0 3 の n 型領域、突出部 3 0 6 a の n 型領域、突出部 3 0 6 a の高濃度 n 型領域 3 1 8、電流バイパス用電極 3 0 8、p 型領域 3 2 0 a、3 2 0 b、3 2 0 c、中継電極 3 1 0 を經由して、金属電極膜（接地電極）3 2 2 に達し、接地端子 1 1 2（図 1 参照）に至る。

センサ部 3 0 0 a は、電氣的にみると、図 1 0 に示すような p 型領域 3 2 0 b によって構成されるピエゾ抵抗素子による単ゲージ構成となっている。

【0076】

（第 4 実施例） 第 4 実施例は、第 1 実施例の圧力センサ 1 0 0 において、センサ部 9 2 0 に代えて、図 8 と図 1 1 に示すセンサ部（力検知素子）3 0 0 b（3 0 0）を用いたものである。図 8 は、センサ部 3 0 0 b の平面図であり、第 3 実施例で説明したセンサ部 3 0 0 a 同様である。図 1 1 に、図 8 の A - A 線での断面図を示す。

図 9 に示す第 3 実施例のセンサ部 3 0 0 a では、金属電極膜 3 2 2 が中継電極 3 1 0 を覆う位置まで蒸着されており、中継電極 3 1 0 と金属電極膜 3 2 2 が直接に電氣的に接続されているのに対し、図 1 1 に示す第 4 実施例のセンサ部 3 0 0 は、中継電極 3 1 0 と金属電極膜（接地電極）3 2 2 が半田部 3 2 4 を介して電氣的に接続されている点で異なる。なお、半田部 3 2 4 に代えて、導電性接着剤等を用いてもよい。

【0077】

（第 5 実施例） 第 5 実施例は、第 1 実施例の圧力センサ 1 0 0 において、センサ部 9 2 0 に代えて、図 1 2 に示すセンサ部（力検知素子）3 3 0 を用いたものである。

図 9 に示す第 3 実施例のセンサ部 3 0 0 a 等では、力伝達ブロック 3 1 2 がガラスによって形成されていたのに対し、図 1 2 に示す第 5 実施例のセンサ部 3 3 0 は、力伝達ブロック 3 3 2 が導電性材料によって形成されている。導電性材料としては、例えば各種金属や、不純物が添加されたシリコン等が挙げられる。そして、この導電性材料からなる力伝達ブロック 3 3 2 と電極 3 1 0 が半田部 3 3 4 を介して電氣的に接続されている。これらの点で第 3 実施例のセンサ部 3 0 0 a 等と異なる。

【0078】

（第 6 実施例） 第 6 実施例は、第 1 実施例の圧力センサ 1 0 0 において、センサ部 9 2 0 に代えて、図 1 3 と図 1 4 に示すセンサ部（力検知素子）3 5 0 a（3 5 0）を用いたものである。

図 1 3 と、図 1 3 の A - A 線断面図である図 1 4 に示すように、第 6 実施例のセンサ部 3 5 0 a は、大局的にいうと、図 8 と図 9 に示す第 3 実施例のセンサ部 3 0 0 a の 2 つを一体化させたような構造となっている。以下では、第 6 実施例のセンサ部 3 5 0 a に固有な内容を中心に説明する。

【0079】

センサ部 3 5 0 a は、センサブロック 3 5 2 と、力伝達ブロック 3 6 2 を備えている。センサブロック 3 5 2 は、突出部 3 5 6 a ~ 3 5 6 e、3 5 4（図 1 3 参照）を有する。円柱状の突出部 3 5 6 c から図 1 3 と図 1 4 の左右方向に対称的に細長状の突出部 3 5 6 b

10

20

30

40

50

、356dと、直方体状の突出部356a、356eが伸びている。図13に示すように、円柱状の突出部304は6つ形成されている。

【0080】

図14に示すように、突出部356aの上部の一部と、突出部356b～356dの上部と、突出部356eの上部の一部には、p型不純物が添加されて、それぞれp型領域370a～370eが形成されている。このp型領域370（特にp型領域370b、370d）は、応力が作用すると電気抵抗値が変化するピエゾ抵抗素子として機能する。突出部356a、356eの上部の他の一部には、n型不純物が添加されて、それぞれ高濃度n型領域368、369が形成されている。突出部356aの高濃度n型領域368とp型領域370a上に亘って、電流バイパス用の電極358が形成されている。同様に、突出部356eの高濃度n型領域369とp型領域370e上に亘って、電流バイパス用の電極359が形成されている。突出部356cのp型領域370c上には、中継電極360が形成されている。

10

【0081】

図13に示すように、力伝達ブロック362は、6つの円柱状の突出部354によって側部が支持されるとともに、中間部（但し中心部を除く）が、細長状の突出部356b、356dの全体と、突出部356a、356eの一部によって支持されている。図13と図14に示すように、力伝達ブロック362には、中心部に逆円錐状の空洞部363が形成されている。この力伝達ブロック362のうち、空洞部363の側壁を形成する側面362a（図14参照）は、力伝達ブロック362の頂面と鈍角をなして傾斜している。力伝達ブロック362の頂面上から、その頂面に対して鈍角をなす傾斜面362a上を經由して、突出部356c上（その上の中継電極360上）に至るまで、金属電極膜（接地電極）372が蒸着されている。なお、図13には、金属電極膜322が形成されていない状態のセンサ部350が示されている。

20

【0082】

次に、第6実施例のセンサ部350aの動作について説明する。このセンサ部350aを図1の圧力センサ100に組込むとする。具体的には、センサ部350aの金属電極膜（接地電極）372を接地端子112の薄板部112aに面接触させる。また、センサ部350aの電流流入電極364を電流流入端子120の前端面に面接触させる。

この状態で、電流流入端子120からの電流が、電流流入電極364を通じてセンサ部350aに流れ込むと、その電流は分岐して、一方は、図14の点線の一方の矢印に示すように、ブロック部353の高濃度n型領域366、ブロック部353のn型領域、突出部356aのn型領域、突出部356aの高濃度n型領域368、電流バイパス用電極358、p型領域370a、370b、370c、中継電極360を經由して、接地電極（金属電極膜）372に達し、接地端子112（図1参照）に至る。

30

【0083】

分岐した電流の他方は、図14の点線の他方の矢印に示すように、ブロック部353の高濃度n型領域366、ブロック部353のn型領域、突出部356eのn型領域、突出部356eの高濃度n型領域369、電流バイパス用電極359、p型領域370e、370d、370c、中継電極360を經由して、接地電極（金属電極膜）372に達し、接地端子112（図1参照）に至る。

40

センサ部350aは、電氣的にみると、ピエゾ抵抗素子（p型領域）370bと、ピエゾ抵抗素子（p型領域）370dが並列接続された構成となっており、等価的に単ゲージ構成となっている。

【0084】

（第7実施例） 第7実施例は、第1実施例の圧力センサ100において、センサ部920に代えて、図13と図15に示すセンサ部（力検知素子）350b（300）を用いたものである。

図14に示す第6実施例のセンサ部350aでは、金属電極膜372が中継電極360を覆う位置まで蒸着されており、電極360と金属電極膜372が直接に電氣的に接続され

50

ているのに対し、図15に示す第7実施例のセンサ部350bは、中継電極360と金属電極膜（接地電極）372は半田部374を介して電氣的に接続されている点で異なる。

【0085】

（第8実施例） 図16に、第8実施例の圧力センサ400の断面図を示す。図17に、図16の圧力センサ400のセンサ部（力検知素子）380の拡大断面図を示す。

第8実施例の圧力センサ400は、ハウジング402と、力伝達ロッド408と、センサユニット430等を備えている。ハウジング402は、ハウジング前端部404とハウジング筒状部406を有する。ハウジング前端部404とハウジング筒状部406は、溶接部位422で溶接されている。センサユニット430は、センサ部（力検知素子）380と、支持基台412と、支持基台412中に充填された接地端子414及び電流流入端子416を備えている。センサユニット430は、その支持基台412がハウジング筒状部406に圧入されるとともに、段差部406aに係合することで、ハウジング402に対して強固に固定されている。

10

【0086】

図17に示す第8実施例のセンサ部380は、図9に示す第3実施例のセンサ部300a等を変形した構造である。具体的には、センサ部300aでは、力伝達ブロック382の頂面や側面等に金属電極膜が蒸着されているが、第8実施例のセンサ部380の力伝達ブロック382等には、金属電極膜が蒸着されていない。センサ部380では、図16と図17に示すように電極310にワイヤ410の一端が接続されており、ワイヤ410の他端は接地端子414に接続されている。即ち、本実施例では、電極310は第3実施例のセンサ部300a等という中継電極ではなく、接地電極として機能する。図16の電流流入端子416の上端部には円板部が形成されており、その円板部の頂面にセンサ部380の電流流入電極364（図17参照）が面接触している。このように、センサ部380では、接地電極310に達した電流は、その接地電極310に接続されたワイヤ410を経由して接地端子414に達するように構成されている。

20

【0087】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

（1）本実施例では、図1や図5に示すようにセンサ部920におけるピエゾ抵抗素子932を含む部位をセンサブロック930と回路ブロック940によって構成しているが、このように構成しなくてもよい。センサ部920は、要するに受圧部（本実施例ではダイヤフラム部104aと力伝達ロッド108）が受けた圧力に起因する力が作用すると抵抗値が変化するピエゾ抵抗素子を含んだ部位を有していればよい。例えばピエゾ抵抗素子はメサ段差状でなくてもよいし、ブロックの内部に形成されていてもよいし、ブロック全体がピエゾ抵抗素子であるようなものであってもよい。また、ピエゾ抵抗素子は、フルブリッジ構成のみならず、ハーフブリッジ構成や、単ゲージ構成であってもよい。

30

【0088】

（2）上記実施例では、図1に示すように接地端子112の薄板部112aの形状を円板状としたが、薄板部112aの形状はこれに限られない。例えば図18のような形状であってもよい。図18は、接地端子112の薄板部112aと筒部112bを前端側から後端側の向きにみたときの1つの構成例を示す。接地端子112の薄板部112aは、中央に矩形部と、その矩形の対角に位置する2つの角部から外方へ伸びる2本の細長部で構成されている。この2本の細長部の端が筒部112bに溶接部位113で溶接されている。また、図19に示すように十字状に形成し、その十字状の4ヶ所の端と筒部112bを溶接部位113で溶接してもよい。

40

【0089】

（3）図1の接地端子112の薄板部112aに相当する部位は、薄板状でなくてもよい。例えば直方体状であってもよい。

（4）上記実施例では、図1に示すように接地端子112は薄板部112aと筒部112

50

bによって構成されているが、筒部112bはなくてもよい。この場合、例えば薄板部112aの外周部をハウジング102や力伝達ロッド108等に接触させて接地させることができる。

(5) 図1の電流流入端子120と接地端子112の間はガラスはんだ116で封止しているが、他の絶縁性材料で封止あるいは固定をしてもよい。

(6) 上記実施例では、端子120、112と電極962、960の接続は面接続で行っているが、線的な接続等であってもよく、接続の態様に限定はない。

(7) 回路ブロック940に形成する回路は図6に示す回路に限られないのは勿論であり、様々な態様の回路を形成することで本発明又は本実施例の作用効果を得ることができる。

10

【0090】

また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1実施例の圧力センサの断面図を示す。

【図2】 センサ部の概略斜視図を示す。

【図3】 センサ部のセンサブロックを前端側から後端側にみたときの、センサブロックの後端面の構成を示す。

20

【図4】 センサ部の回路ブロックを前端側から後端側にみたときの、回路ブロックの前端面の構成を示す。

【図5】 図3のセンサブロックのA-A線断面図を上側に、図4の回路ブロックのB-B線断面図を下側に示す。

【図6】 第1実施例の圧力センサの使用時の電氣的構成を示す。

【図7】 第2実施例の圧力センサの断面図を示す。

【図8】 第3及び第4実施例のセンサ部の平面図を示す。

【図9】 第3実施例のセンサ部の図8のA-A線での断面図を示す。

【図10】 単ゲージ構成を示す。

【図11】 第4実施例のセンサ部の図8のA-A線での断面図を示す。

30

【図12】 第5実施例のセンサ部の断面図を示す

【図13】 第6及び第7実施例のセンサ部の平面図を示す。

【図14】 第6実施例のセンサ部の図13のA-A線での断面図を示す。

【図15】 第7実施例のセンサ部の図13のA-A線での断面図を示す。

【図16】 第8実施例の圧力センサの断面図を示す

【図17】 第8実施例の圧力センサのセンサ部の拡大断面図を示す。

【図18】 接地端子を前端側から後端側の向きへみた第1変形例を示す。

【図19】 接地端子を前端側から後端側の向きへみた第2変形例を示す。

【図20】 従来の圧力センサの断面図を示す。

【図21】 図20のC-C線の概略断面図を示す。

40

【図22】 従来の圧力センサの使用時の電氣的構成を示す。

【符号の説明】

102：ハウジング

104a：ダイアフラム部

108：力伝達ロッド

112：接地端子

120：電流流入端子

920：センサ部

930：センサブロック

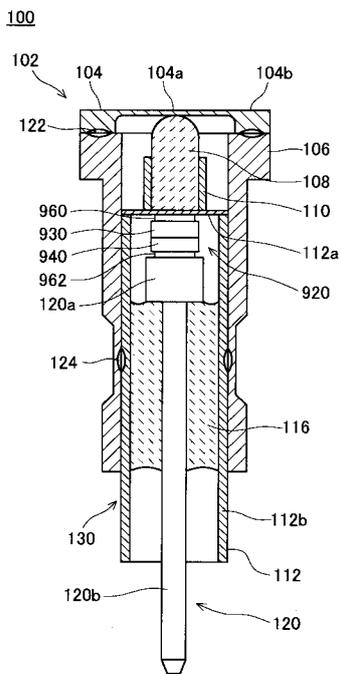
940：回路ブロック

50

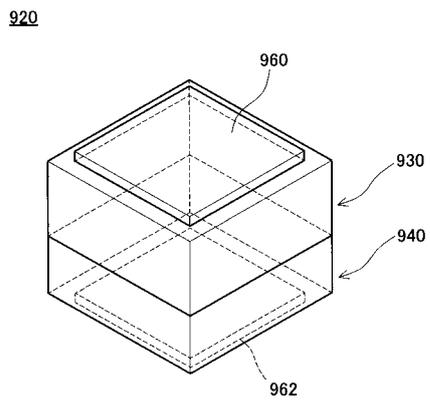
960 : 接地電極

962 : 電流流入電極

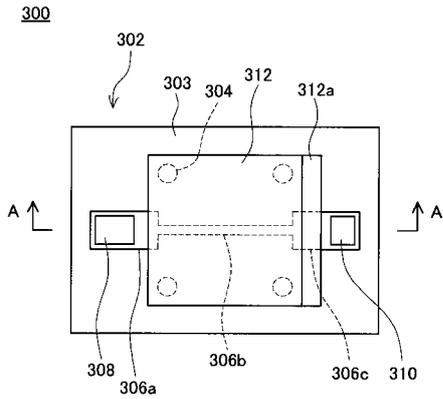
【 図 1 】



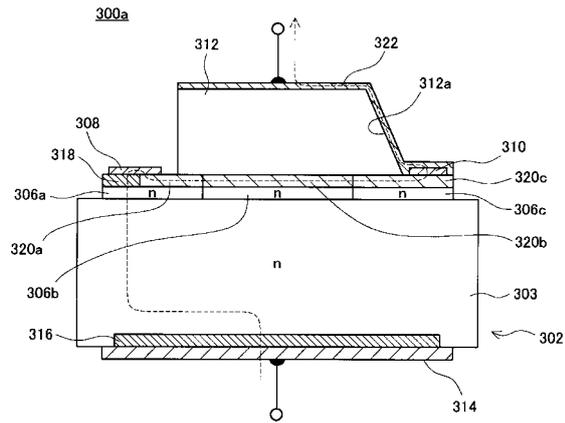
【 図 2 】



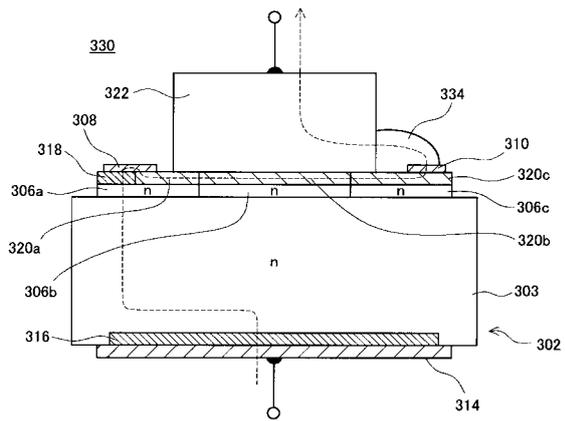
【 図 8 】



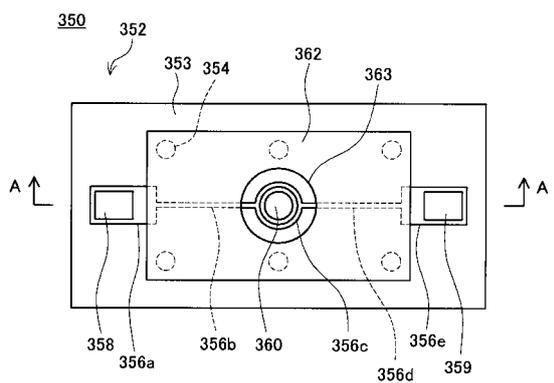
【 図 9 】



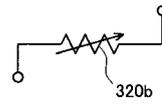
【 図 12 】



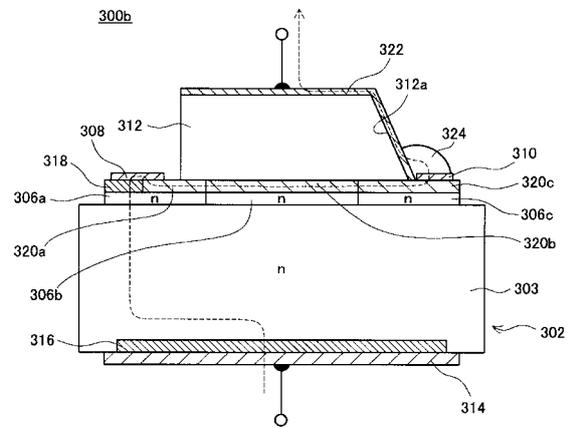
【 図 13 】



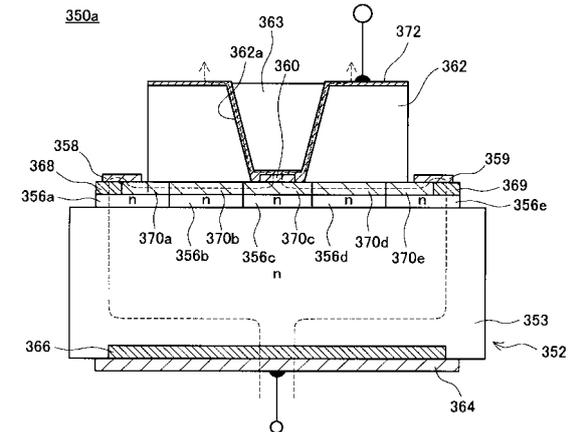
【 図 10 】



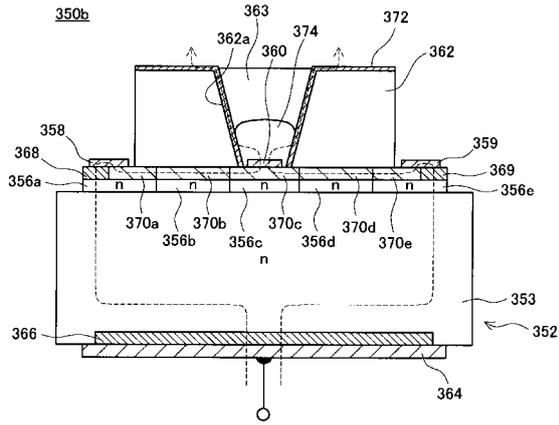
【 図 11 】



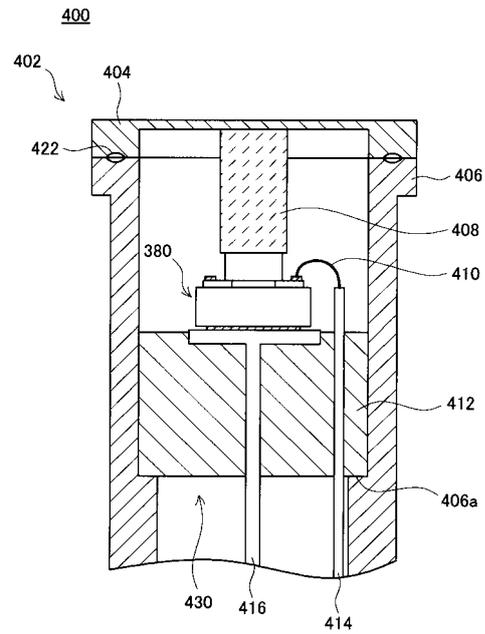
【 図 14 】



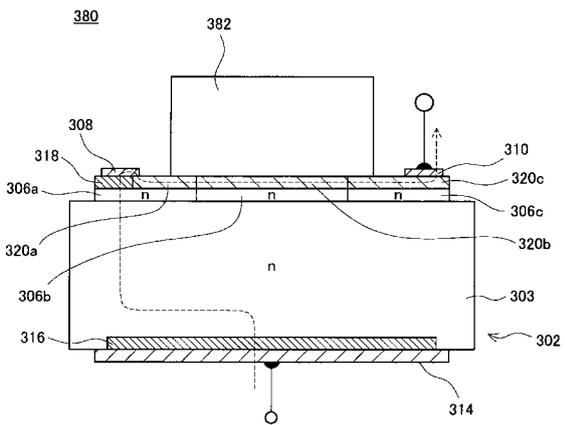
【 図 15 】



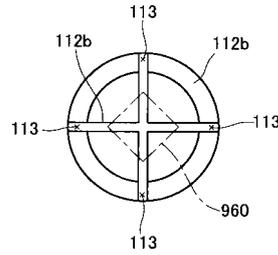
【 図 16 】



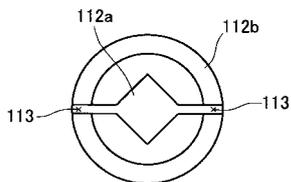
【 図 17 】



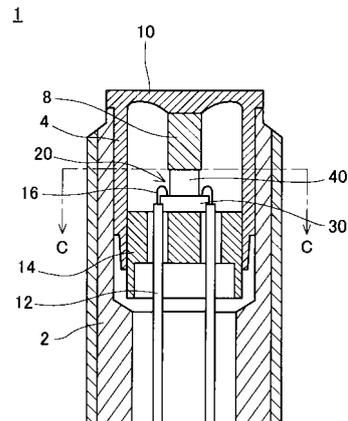
【 図 19 】



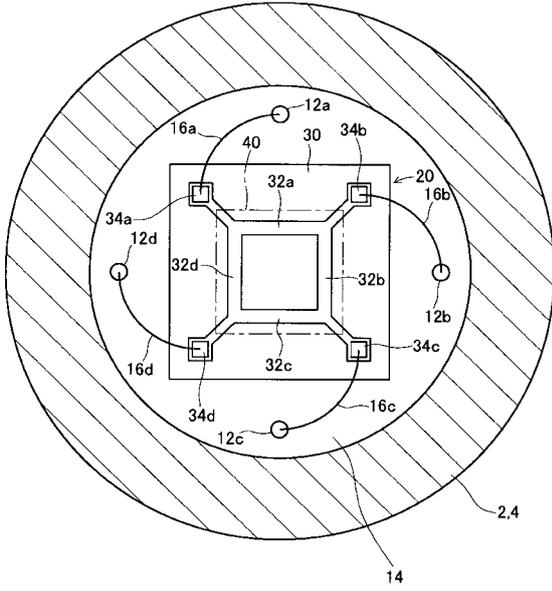
【 図 18 】



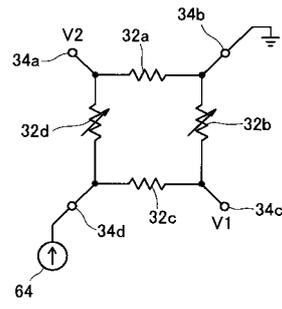
【 図 20 】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 大村 義輝
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 増岡 優美
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 橋本 昭二
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1番地の1 株式会社豊田中央研究所内

審査官 松川 直樹

- (56)参考文献 特開平06 - 034455 (JP, A)
実開平06 - 058337 (JP, U)
特開2002 - 050771 (JP, A)
特表平05 - 501307 (JP, A)
特開平03 - 148029 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G01L 9/00
G01L 1/18
H01L 29/84