

(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2010-85171

(P2010-85171A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int.Cl.

G 0 1 F 1/682 (2006.01)

F 1

G 0 1 F 1/68 1 0 4 A

テーマコード (参考)

2 F 0 3 5

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2008-252928 (P2008-252928)
 (22) 出願日 平成20年9月30日 (2008. 9. 30)

(71) 出願人 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
 (74) 代理人 100095795
 弁理士 田下 明人
 (72) 発明者 村田 雄一朗
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内
 Fターム(参考) 2F035 EA08

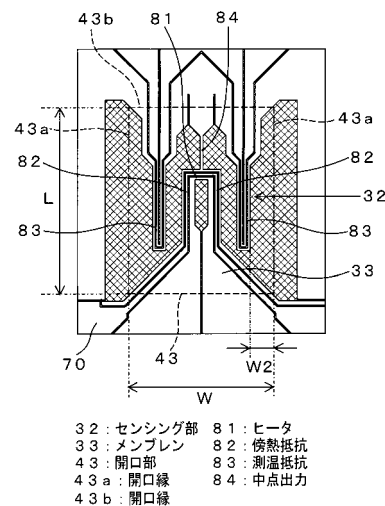
(54) 【発明の名称】 流量センサ

(57) 【要約】

【課題】 厚さが薄く破壊耐圧の高いメンブレンを有する流量センサを実現する。

【解決手段】 シリコン基板 4 0 の開口部 4 3 は、薄肉のメンブレン 3 3 により覆われている。メンブレン 3 3 には、ヒータ 8 1、傍熱抵抗 8 2 および測温抵抗 8 3 を有するセンシング部 3 2 が形成されている。センシング部 3 2 を構成する配線パターンのうち、開口部 4 3 の開口縁 4 3 a と平行な測温抵抗 8 3 を、開口縁 4 3 a から内側に 5 0 μ m を超えて配置する。これにより、厚さが薄く破壊耐圧の高いメンブレン 3 3 を有する流量センサ 3 0 を実現することができる。

【選択図】 図 1 6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板裏面に凹部が形成されており、基板表面に配線パターンが形成された半導体基板を備えており、

前記凹部の底部が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、

前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の縁と平行な部分が、前記縁から内側に $50\ \mu\text{m}$ を超えて配置されてなることを特徴とする流量センサ。

【請求項 2】

基板裏面に凹部が形成されており、基板表面に配線パターンが形成された半導体基板を備えており、

前記凹部の底部が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、

前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の縁と略垂直に交差する部分が、 $8\ \mu\text{m}$ を超える幅に形成されてなることを特徴とする流量センサ。

【請求項 3】

基板裏面に凹部が形成されており、基板表面に配線パターンが形成された半導体基板を備えており、

前記凹部の底部が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、

前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の角部以外の縁を通る部分は、その縁と略垂直に交差してなることを特徴とする流量センサ。

【請求項 4】

基板裏面に凹部が形成されており、基板表面に配線パターンが形成された半導体基板を備えており、

前記凹部の底部が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、

前記底部の前記表面側から見た平面形状が八角形に形成されており、

前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の角部以外の縁を通る部分が、その縁と略垂直に交差してなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

【請求項 5】

基板裏面に凹部が形成されており、基板表面に配線パターンが形成された半導体基板を備えており、

前記凹部の底部が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、

前記底部の前記表面側から見た平面形状が円形に形成されており、

前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の縁を通る部分が、その縁と略垂直に交差してなることを特徴とする流量センサ。

【請求項 6】

前記底部の前記表面側から見た平面形状が矩形に形成されており、

前記センシング部を構成する配線パターンの延びる方向と前記底部の縁との成す角度が略 45° であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

【請求項 7】

前記半導体基板は、シリコン製の支持基板と、前記支持基板の表面に形成されたシリコン酸化膜と、前記シリコン酸化膜の表面に形成されたシリコン層とからなる SOI 基板であり、

前記凹部は前記支持基板の裏面側に形成されており、

前記底部は前記シリコン酸化膜からなり、

10

20

30

40

50

前記配線パターンは前記シリコン層から形成されてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

【請求項 8】

前記支持基板の厚さ方向の結晶面方位が (1 0 0) 面であることを特徴とする請求項 7 に記載の流量センサ。

【請求項 9】

前記支持基板の厚さ方向の結晶面方位が (1 1 0) 面であることを特徴とする請求項 7 に記載の流量センサ。

【請求項 10】

前記シリコン層の厚さ方向の結晶面方位が (1 0 0) 面であることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 9 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

10

【請求項 11】

前記支持基板およびシリコン層の厚さ方向の結晶面方位が異なることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 10 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

【請求項 12】

前記シリコン層は単結晶シリコンにより形成されてなることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 11 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

【請求項 13】

前記シリコン層の厚さが 0 . 7 μ m 以上であることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 12 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

20

【請求項 14】

前記底部において、前記配線パターンの形成されている部分と形成されていない部分との間に段差が形成されてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 13 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

【請求項 15】

前記センシング部は、ヒータと、前記ヒータの温度を測定するための測温抵抗とを備え、気体の流量に対応した信号を出力するものであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 14 のいずれか 1 つに記載の流量センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

この発明は、半導体基板の薄肉部上にセンシング部が形成された流量センサに関し、たとえば、内燃機関のインテークマニホールドに配置される流量センサなど、固体粒子などの異物が衝突しやすい環境で用いられる流量センサに適用することができる。

【背景技術】

【0002】

従来、この種の流量センサとして、熱式の流量センサが知られている。この流量センサは、シリコン基板と、このシリコン基板の表裏面を貫通する空洞部と、この空洞部の基板表面側開口部を覆うメンブレン（ダイアフラムともいう）と、このメンブレン上に配置されたセンシング部とを備える。センシング部は、膜状のヒータと、このヒータの温度を測定する測温抵抗とを備える。そして、ヒータを一定温度に加熱し、ヒータを一定温度にするためにヒータに流す電流量に基づいて、センシング部を通過する気体の流量を測定する。

40

【0003】

ところで、上記の流量センサのように、半導体基板のメンブレン上にセンシング部を有するものは、メンブレンの厚さが薄いほど検出感度が良くなる。このため、メンブレンの厚さを薄く設定する必要があるが、厚さが薄くなるとメンブレンが割れやすくなる。そこで、メンブレンの厚さを厚くすることなく、いかにメンブレンの破壊耐圧を向上させるかが課題となっている。

【0004】

50

なお、従来、メンブレンの耐久性向上を目的として、たとえば、特許文献 1 に記載のものが提案されている。このものは、メンブレン（ダイアフラム）と半導体基板（シリコン基板）との境界部分に白金製の保護部を形成することにより、メンブレンに集中した熱応力を吸収しようとするものである。

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 1 4 0 7 0 号公報（第 4 2 段落、図 2）。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

そこでこの発明は、厚さが薄く、破壊耐圧の高いメンブレンを有する流量センサの実現を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

この発明は、上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の発明では、基板裏面に凹部（4 1）が形成されており、基板表面に配線パターン（8 0）が形成された半導体基板（3 1，4 0）を備えており、前記凹部の底部（3 3）が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部（3 2）が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の縁（4 3 a ~ 4 3 j）と平行な部分（8 3）が、前記縁から内側に 5 0 μ m を超えて配置されてなることを特徴とする流量センサ（3 0）という技術的手段を用いる。

【 0 0 0 8 】

この出願の発明者が行った実験によれば、底部（メンブレン）上の配線パターンのうち、凹部の底部の縁と平行な部分を縁から内側に 5 0 μ m を超えて配置することにより、厚さが薄く破壊耐圧の高い底部（メンブレン）を有する流量センサを実現できることが分かった。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 に記載の発明では、基板裏面に凹部（4 1）が形成されており、基板表面に配線パターン（8 0）が形成された半導体基板（3 1，4 0）を備えており、前記凹部の底部（3 3）が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部（3 2）が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の縁（4 3 a ~ 4 3 j）と略垂直に交差する部分（8 4）が、8 μ m を超える幅に形成されてなることを特徴とする流量センサ（3 0）という技術的手段を用いる。

【 0 0 1 0 】

この出願の発明者が行った実験によれば、底部（メンブレン）上の配線パターンのうち、凹部の底部の縁と略垂直に交差する部分を 8 μ m を超える幅に形成することにより、厚さが薄く破壊耐圧の高い底部（メンブレン）を有する流量センサを実現できることが分かった。

【 0 0 1 1 】

請求項 3 に記載の発明では、基板裏面に凹部（4 1）が形成されており、基板表面に配線パターン（8 0）が形成された半導体基板（3 1，4 0）を備えており、前記凹部の底部（3 3）が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部（3 2）が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の角部以外の縁（4 3 a ~ 4 3 j）を通る部分は、その縁と略垂直に交差してなることを特徴とする流量センサ（3 0）という技術的手段を用いる。

【 0 0 1 2 】

この出願の発明者が行った実験によれば、底部（メンブレン）上の配線パターンのうち、凹部の底部の角部以外の縁を通る部分が、その縁と略垂直に交差するように配線パターンを形成することにより、厚さが薄く割れにくい底部（メンブレン）を有する流量センサ

10

20

30

40

50

を実現できることが分かった。

【 0 0 1 3 】

請求項 4 に記載の発明では、基板裏面に凹部 (4 1) が形成されており、基板表面に配線パターン (8 0) が形成された半導体基板 (3 1 , 4 0) を備えており、前記凹部の底部 (3 3) が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部 (3 2) が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、前記底部の前記表面側から見た平面形状が 8 角形に形成されており、前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の角部以外の縁を通る部分が、その縁と略垂直に交差してなることを特徴とする流量センサ (3 0) という技術的手段を用いる。

【 0 0 1 4 】

この出願の発明者が行った実験によれば、表面側から見た平面形状が 8 角形となるように底部 (メンブレン) を形成し、底部の角部以外の縁とは略垂直に交差するように配線パターンを形成することにより、厚さが薄く破壊耐圧の高い底部 (メンブレン) を有する流量センサを実現できることが分かった。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 に記載の発明では、基板裏面に凹部 (4 1) が形成されており、基板表面に配線パターン (8 0) が形成された半導体基板 (3 1 , 4 0) を備えており、前記凹部の底部 (3 3) が薄肉に形成されており、前記配線パターンのうち、センシング部 (3 2) が前記底部の基板表面に形成されてなる流量センサにおいて、前記底部の前記表面側から見た平面形状が円形に形成されており、前記底部の基板表面に形成された配線パターンのうち、前記底部の縁を通る部分が、その縁と略垂直に交差してなることを特徴とする流量センサ (3 0) という技術的手段を用いる。

【 0 0 1 6 】

この出願の発明者が行った実験によれば、表面側から見た平面形状が円形となるように底部 (メンブレン) を形成し、その縁と略垂直に交差するように配線パターンを形成することにより、厚さが薄く破壊耐圧の高い底部 (メンブレン) を有する流量センサを実現できることが分かった。

【 0 0 1 7 】

請求項 6 に記載の発明では、請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 つに記載の流量センサ (3 0) において、前記底部 (3 3) の前記表面側から見た平面形状が矩形に形成されており、前記センシング部 (3 2) を構成する配線パターン (8 0) の延びる方向と前記底部の縁との成す角度が略 4 5 ° であるという技術的手段を用いる。

【 0 0 1 8 】

底部の表面側から見た平面形状が矩形に形成されており、センシング部を構成する配線パターンの延びる方向と底部の縁との成す角度が略 4 5 ° であるため、配線パターンと底部の辺とを非平行にすることができる。また、配線パターンを底部の縁から離すことができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 7 に記載の発明では、請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 つに記載の流量センサ (3 0) において、前記半導体基板 (3 1 , 4 0) は、シリコン製の支持基板 (4 0) と、前記支持基板の表面に形成されたシリコン酸化膜 (5 0) と、前記シリコン酸化膜の表面に形成されたシリコン層とからなる S O I 基板であり、前記凹部 (4 1) は前記支持基板の裏面側に形成されており、前記底部 (3 3) は前記シリコン酸化膜からなり、前記配線パターン (8 0) は前記シリコン層から形成されてなるという技術的手段を用いる。

【 0 0 2 0 】

S O I (Silicon on Insulator) 基板を用いれば、底部が薄肉の凹部と、配線パターンと、センシング部とを比較的容易に形成することができる。つまり、シリコン製の支持基板の裏面からエッチングを行い、支持基板の裏面から表面に貫通する空洞部を形成すれば、その空洞部のうち表面側の開口部に露出する絶縁膜を凹部の底部に設定することができる。また、シリコン層の表面に対してマスキングおよびフォトリソグラフィを行うことにより

10

20

30

40

50

、シリコンからなる配線パターンを形成することができる。

【0021】

請求項8に記載の発明では、請求項7に記載の流量センサ(30)において、前記支持基板(40)の厚さ方向の結晶面方位が(100)面であるという技術的手段を用いる。

【0022】

支持基板の厚さ方向の結晶面方位が(100)面であるため、支持基板を裏面から異方性エッチングすることにより、支持基板の表面に矩形の開口部を形成することができるため、その開口部を覆う底部(メンブレン)を矩形にすることができる。

【0023】

請求項9に記載の発明では、請求項7に記載の流量センサ(30)において、前記支持基板(40)の厚さ方向の結晶面方位が(110)面であるという技術的手段を用いる。

10

【0024】

支持基板の厚さ方向の結晶面方位が(110)面であるため、支持基板を裏面から異方性エッチングすることにより、支持基板の表面に8角形の開口部を形成することができるため、その開口部を覆う底部(メンブレン)を8角形にすることができる。

【0025】

請求項10に記載の発明では、請求項7ないし請求項9のいずれか1つに記載の流量センサ(30)において、前記シリコン層の厚さ方向の結晶面方位が(100)面であるという技術的手段を用いる。

【0026】

シリコン層の厚さ方向の結晶面方位が(100)面であるため、凹部の底部に応力が印加された際のピエゾ抵抗効果やホットキャリア現象に起因したセンシング部の抵抗変化を小さくすることができるので、検出精度を高めることができる。

20

【0027】

請求項11に記載の発明では、請求項7ないし請求項10のいずれか1つに記載の流量センサ(30)において、前記支持基板(40)およびシリコン層の厚さ方向の結晶面方位が異なるという技術的手段を用いる。

【0028】

支持基板およびシリコン層の厚さ方向の結晶面方位が異なるため、支持基板に形成する凹部の底部の配置方向と、底部の基板表面におけるシリコン層に形成する配線パターンの配置方向とを異ならせることができる。たとえば、請求項6に記載の配置関係にすることができる。

30

【0029】

請求項12に記載の発明では、請求項7ないし請求項11のいずれか1つに記載の流量センサ(30)において、前記シリコン層は単結晶シリコンにより形成されてなるという技術的手段を用いる。

【0030】

単結晶シリコンに不純物をドーピングすることで抵抗体、たとえば、請求項15に記載するヒータおよび測温抵抗を形成することができる。

【0031】

請求項14に記載の発明では、請求項1ないし請求項13のいずれか1つに記載の流量センサ(30)において、前記底部において、前記配線パターンの形成されている部分と形成されていない部分との間に段差が形成されてなるという技術的手段を用いる。

40

【0032】

底部において、前記配線パターンの形成されている部分と形成されていない部分との間に段差が形成されてなる流量センサでは、底部に作用した応力が、その段差の部分に集中し、段差の部分から割れるおそれがある。

【0033】

特に、請求項12に記載したように、シリコン層が単結晶シリコンにより形成されたSOI基板を用いて流量センサを製造する場合は、請求項13に記載するように、シリコン

50

層の厚さが $0.7\text{ }\mu\text{m}$ 以上になるため、シリコン層が存在する部分と存在しない部分、つまりセンシング部の形成されている部分と形成されていない部分との間に形成される段差が大きくなる。

【0034】

しかし、そのような段差を有する構造であっても、請求項 1 ないし請求項 13 のいずれか 1 つに記載の発明を用いることにより、上記の段差に集中する応力を分散することができるため、厚さが薄く破壊耐圧の高い底部（メンブレン）を有する流量センサを実現できる。

【0035】

請求項 15 に記載の発明では、請求項 1 ないし請求項 14 のいずれか 1 つに記載の流量センサにおいて、前記センシング部は、ヒータと、前記ヒータの温度を測定するための測温抵抗とを備え、気体の流量に対応した信号を出力するものであるという技術的手段を用いる。

10

【0036】

センシング部が、ヒータと、ヒータの温度を測定するための測温抵抗とを備え、気体の流量に対応した信号を出力する流量センサなどの場合は、気体中の固体粒子などの異物がセンシング部に衝突しやすい環境で用いられる。このため、凹部の底部が割れにくいことが要求される。その一方、検出精度および検出速度を向上させるためには、底部が薄肉であることが要求される。

つまり、薄肉でありながら破壊耐圧の高い底部を有することが要求されるが、請求項 1 ないし請求項 14 のいずれか 1 つに記載の発明を用いれば、その要求を満たすことができる。

20

【0037】

なお、上記各括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。また、「略垂直」とは、完全に垂直な状態の他に略垂直な状態を含む意味である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

< 第 1 実施形態 >

この発明の第 1 実施形態について説明する。

30

[従来技術の検証]

この出願の発明者は、特許文献 1 に記載の流量センサのように、メンブレンに保護部を設けた構造と保護部を設けていない構造とについて、耐久性を比較した。

【0039】

(メンブレンの構造)

メンブレンの一般的な構造について説明する。図 1 は流量センサの一部をメンブレンの部分で切断した場合の断面を示す斜視説明図である。図 2 は図 1 に示す流量センサのメンブレンの部分を拡大して示す断面説明図である。なお、図 2 では構造を分かりやすくするために符号 31 で示す部分を実際の寸法よりも大きく描いてある。

40

【0040】

この実施形態では、流量センサ 30 は、SOI 基板を用いて製造される。図 2 に示すように、流量センサ 30 は、シリコン基板 40 と、シリコン基板 40 の表面に形成されたシリコン酸化膜 50 と、シリコン酸化膜 50 の表面に形成された単結晶シリコン層から形成された配線パターン 80 と、配線パターン 80 を覆うシリコン酸化膜 60 と、シリコン酸化膜 60 の表面に形成されたシリコン窒化膜 70 とを備える。

【0041】

シリコン基板 40 の基板面には空洞部 41 が貫通形成されており、空洞部 41 の基板表面側の開口部 43 (図 1) は、シリコン酸化膜 50、60、配線パターン 80 およびシリコン窒化膜 70 からなるメンブレン 33 によって覆われている。つまり、空洞部 41 の底部 42 はメンブレン 33 により形成されている。

50

【0042】

この実施形態では、シリコン基板40は、厚さ方向の面方位が(100)である。また、シリコン基板40の厚さは500 μ mであり、配線パターン80(単結晶シリコン層)の厚さは1 μ mである。メンブレン33のうち、配線パターン80が形成されている部分の厚さは約3 μ mであり、形成されていない部分の厚さは約2 μ mである。つまり、メンブレン33には、配線パターン80が形成されている部分と形成されていない部分との間に約1 μ mの段差が形成されている。

【0043】

空洞部41は、シリコン窒化膜をマスクとしてシリコン基板40の裏面を露出部分から、たとえば、KOHなどのエッチング液を用いてシリコン酸化膜50が露出するまで異方性エッチングを行うことで形成する。このとき、シリコン基板40の厚さ方向の面方位が(100)であるため、図1に示すように、四方がテーパ面で囲まれ、基板表面側の開口面が矩形の空洞部41が形成される。

【0044】

(保護部を有さないセンシング部の構造)

次に、メンブレンに保護部を有さないセンシング部の構造について説明する。図3は、メンブレンに保護部を有さないセンシング部の平面図である。

【0045】

メンブレン33には、メンブレン33の表面を流れる気体の流量を検出するためのセンシング部32が形成されている。センシング部32は、ヒータ81と、このヒータ81の両側に形成された傍熱抵抗82、82と、各傍熱抵抗82の両側に形成された測温抵抗83、83と、各測温抵抗83の midpoint 出力部84とを備える。各傍熱抵抗82は、ヒータ81の温度制御に用いられる。ヒータ81から発生した熱によってヒータ81の周囲の温度が上昇し、その温度分布の変化を各測温抵抗83によって検出し、その検出結果に基づいて気体の流量を測定する。

【0046】

配線パターン80は、単結晶シリコン層からなり、薄膜状に形成されている。ヒータ81、傍熱抵抗82および測温抵抗83は、それぞれ配線パターン80の一部であり、単結晶シリコン層に不純物をドーピングすることにより形成されている。開口部43は、長方形に形成されており、相対向する開口縁43aおよび開口縁43bを有する。ヒータ81および傍熱抵抗82は、開口部43の略中心に配置されている。

【0047】

各測温抵抗83は、それぞれ二重のコ字状に形成されており、開口縁43aに平行に配置されている。また、各測温抵抗83は、それぞれ面積の大きい配線部83aに導通している。各配線部83aは、開口縁43aと交差しており、開口縁43aと平行な配線側部83bを開口縁43aの外側に有する。図中、ハッチングが施されていない領域は、配線パターン80が形成された領域(単結晶シリコン層、シリコン酸化膜50、60およびシリコン窒化膜70からなる領域)であり、ハッチングが施された領域は、配線パターン80が形成されていない領域(シリコン酸化膜50、60およびシリコン窒化膜70からなる領域)である。

【0048】

(保護部を有するセンシング部の構造)

次に、メンブレンに保護部を有するセンシング部の構造について説明する。図4は、メンブレンに保護部を有するセンシング部の平面図である。

【0049】

各測温抵抗83に導通する各配線部83aは、図3に示したものと比較して、その面積がそれぞれ拡大されている。各配線部83aの各配線側部83bは、それぞれ開口縁43aを跨ぎ、開口部43の内側まで形成されている。また、各配線側部83bは、それぞれ開口縁43aに平行に形成されている。つまり、図中で一点鎖線で囲む部分が、メンブレン33の破壊耐圧を高める目的で形成された補強部83cになっている。

【 0 0 5 0 】

(従来技術の検証)

次に、従来技術の検証について説明する。図 5 は、この検証に使用した装置の説明図であり、(a) はその平面図、(b) は (a) の A - A 矢視断面図である。

【 0 0 5 1 】

検証に使用した基板 9 0 には、複数の空洞部 4 1 が形成されており、各空洞部 4 1 の開口部 4 3 には、メンブレン 3 3 がそれぞれ形成されている。基板 9 0 の内部には、各空洞部 4 1 に連通する空間 9 1 が形成されている。基板 9 0 の側面には、油を空間 9 1 に充填するための充填口 9 2 が開口形成されている。

【 0 0 5 2 】

10

まず、保護部を有さない複数のメンブレン 3 3 が表面に形成された基板 9 0 を用意した。そして、充填口 9 2 から空間 9 1 に油を充填し、空間 9 1 内部の油圧を上昇させ、いずれかのメンブレン 3 3 が破壊されたときのメンブレン 1 つ当たりに掛かった圧力を破壊耐圧として評価した。その結果、破壊耐圧は 0 . 8 M P a であった。

【 0 0 5 3 】

次に、保護部を有する複数のメンブレン 3 3 が表面に形成された基板 9 0 を用意し、上記と同様の評価を行った。その結果、破壊耐圧は 0 . 8 M P a であった。

つまり、保護部を有するか否かに関係なく、メンブレン 3 3 の破壊耐圧は同じであった。したがって、配線パターン 8 0 のうち、測温抵抗 8 3 の配線部 8 3 a を開口部 4 3 の内側まで延出させて面積を拡大してもメンブレン 3 3 の破壊耐圧を高めることができないことが分かった。

20

【 0 0 5 4 】

[検証 1]

そこで、発明者は、メンブレン 3 3 の構造自体がメンブレン 3 3 の破壊耐圧に関係しているのではないかと推測し、新たな検証を行った。図 6 は、段差の形成されたメンブレンの複数の測定ポイントと、各測定ポイントにおける応力値との関係を示す説明図である。図 7 は、段差の形成されていないメンブレンの測定ポイントと、測定ポイントにおける応力値との関係を示す説明図である。

【 0 0 5 5 】

図 6 に示すように、メンブレン 3 3 の表面には、配線パターン 8 0 が形成されている形成部 3 3 a と、形成されていない非形成部 3 3 b との間に段差 3 3 c が存在する。段差 3 3 c は、シリコン基板 4 0 の開口縁 4 3 a に近い箇所に形成された段差 3 3 c から、開口縁 4 3 a から離れた箇所に形成された段差 3 3 c まで複数存在する。

30

【 0 0 5 6 】

そこで、各段差 3 3 c を測定ポイント A ~ G に設定し、メンブレン 3 3 の表面の中心を裏面方向へ押圧したときの各測定ポイントにおける応力値を 2 次元解析のシミュレーションによって求めた。

その結果、図 6 に示すように、測定ポイント A ~ G における各応力値は、順に 3 9 7 3 M P a、8 2 0 7 M P a、1 2 7 3 6 M P a、9 3 0 7 M P a、5 9 5 7 M P a、4 8 1 3 M P a、3 7 0 9 M P a であった。つまり、各段差 3 3 c に掛かる応力値は、開口縁 4 3 a に近いほど大きく、開口部 4 3 から遠いほど小さいことが分かった。

40

【 0 0 5 7 】

一方、図 7 に示すように、段差の形成されていないメンブレン 3 3 では、開口縁 4 3 a に対応する測定ポイントにおける応力値は、4 2 3 0 M P a であった。つまり、段差 3 3 c の形成されたメンブレン 3 3 の測定ポイント C における応力値 1 2 7 3 6 M P a よりも小さいことが分かった。

【 0 0 5 8 】

以上より、メンブレン 3 3 に掛かる応力は、シリコン基板 4 0 の開口縁 4 3 a に近い段差 3 3 c に集中することが分かった。

したがって、段差 3 3 c を開口縁 4 3 a から極力内側に離すことにより、メンブレン 3

50

3の破壊耐圧を高めることができる可能性のあることが分かった。

【0059】

[検証2]

次に、この出願の発明者は、メンブレン33に形成された配線パターン80および開口部43の配置関係と、メンブレン33の破壊耐圧との関係について検証した。図8および9は、応力が最大となった領域を示す説明図である。

【0060】

図8に示すメンブレン33は、幅Wが450 μ mで長さLが700 μ mの長方形に形成されている。メンブレン33の破壊耐圧は0.8Mpaである。メンブレン33の表面の中心を裏面方向に押圧した結果、メンブレン33のうち測温抵抗83が形成されている領域83dに掛かる応力の値が最大となった。つまり、メンブレン33のうち、開口部43の長い方の縁である開口縁43aの中央に最も近く、かつ、開口縁43aと平行な配線パターンが形成されている領域83dに掛かる応力の値が最大となった。

【0061】

図9に示すメンブレン33は、幅Wが450 μ mで長さLが500 μ mの略正方形に形成されている。メンブレン33の破壊耐圧は0.1Mpaである。メンブレン33の表面の中心を裏面方向に押圧した結果、メンブレン33のうち測温抵抗83の中点出力部84が形成されている領域83eに掛かる応力の値が最大となった。つまり、メンブレン33のうち、開口部43の短い方の縁である開口縁43bの中央に最も近く、かつ、開口縁43bと平行な配線パターンが形成されている領域83eに掛かる応力の値が最大となった。

【0062】

以上より、メンブレン33に掛かる応力は、シリコン基板40の開口部43の開口縁43a、43bの中央に平行な配線パターンが形成された領域83d、83eに集中することが分かった。

したがって、開口縁43a、43bの中央に平行な配線パターンを開口縁から極力内側に離すことにより、メンブレン33の破壊耐圧を高めることができるという結論を得た。

【0063】

[検証3]

次に、この出願の発明者は、メンブレン33に形成された段差33cの開口部43からの距離と、段差33cに作用する応力との関係について検証した。図10は、メンブレンの段差と開口縁との配置関係を示す説明図である。図11は、段差33cの開口部43からの距離と、段差33cに作用する応力との関係を示すグラフである。

【0064】

この検証で使用したメンブレン33は、幅Wが700 μ mで長さLが700 μ mの正方形である。また、開口部43の各開口縁に平行な段差33cが四方に形成されたメンブレン33を使用した。そして、メンブレン33の四方に形成された段差33cと開口部43との距離が0 μ mの場合、8 μ mの場合および50 μ mの場合のそれぞれについて検証を行った。また、メンブレン33の表面の中心を0.5MPaの力で裏面方向へ押圧したときのメンブレン上の各測定点における応力を測定した。測定ポイントは、相対向する段差間において開口部43と平行な区間に設定した。各測定ポイント間の距離は、0.1mmである。

【0065】

検証の結果、図11に示すように、各測定ポイントにおける応力は、メンブレン33の段差33cと開口部43との距離Dが0 μ mのときが最も大きく、距離Dが50 μ mのときが最も小さかった。

【0066】

以上より、メンブレン33の段差33cのうち、開口部43と平行な段差33cが開口部43に近づくほど段差33cに応力が集中することが分かった。

したがって、開口部43と平行な配線パターンを極力減らすことにより、メンブレン3

3の破壊耐圧を高めることができるという結論を得た。

【0067】

[検証4]

次に、発明者は、開口部43と略垂直に交差する配線パターンの幅と、その配線パターンの段差における応力との関係について検証した。また、その配線パターンが開口部43と略垂直に交差する位置と段差における応力との関係についても同時に検証した。図12は、配線パターンと開口縁との配置関係を示す説明図である。図13は、開口部43と略垂直に交差する配線パターンの幅および開口部43と略垂直に交差する位置と、段差33cに作用する応力との関係を示すグラフである。

【0068】

10

この検証で使用したメンブレン33は、幅Wが700 μ mで長さLが700 μ mの正方形である。また、開口部43の相対向する開口縁43c、43cとそれぞれ略垂直に交差する配線パターン85が形成されたメンブレン33を使用した。そして、配線パターン85の線幅 ΔW が8 μ mで、かつ、縁43cの中心Pからのオフセット量W1が0 μ mの場合と、線幅 ΔW が8 μ mで、かつ、オフセット量W1が46 μ mの場合と、線幅 ΔW が100 μ mで、かつ、オフセット量W1が0 μ mの場合とについて検証を行った。

【0069】

また、メンブレン33の表面の中心を0.5MPaの力で裏面方向へ押圧したときのメンブレン上の各測定点における応力を測定した。測定ポイントは、メンブレン33の中心を通り、開口縁43cと平行な区間に設定した。各測定ポイント間の距離は、0.1mmである。

20

【0070】

検証の結果、図13に示すように、配線パターン85の線幅 ΔW が太いほど、配線パターン85の段差に発生する応力が小さくなることが分かった。また、オフセット量W1が変化しても段差に発生する応力には大差のないことが分かった。

【0071】

以上より、開口部43と略垂直に交差する配線パターン85の線幅 ΔW は8 μ mを超える幅にすることにより、メンブレン33の破壊耐圧を高めることができるという結論を得た。

【0072】

30

[検証5]

次に、この出願の発明者は、開口部43と斜めに交差する配線パターンと、その配線パターンの段差における応力との関係について検証した。また、その配線パターンが開口部43と斜めに交差する位置と段差における応力との関係についても同時に検証した。図14は、配線パターンと開口部との配置関係を示す説明図である。図15は、検証の結果を示すグラフである。

【0073】

この検証で使用したメンブレン33は、幅Wが700 μ mで長さLが700 μ mの正方形である。また、開口部43の相対向する開口縁43c、43cとそれぞれ斜めに交差する配線パターン86が形成されたメンブレン33を使用した。そして、配線パターン86の線幅 ΔW が8 μ mで、かつ、開口縁43cの中心Pからのオフセット量が0 μ mの場合と、線幅 ΔW が8 μ mで、かつ、オフセット量が196 μ mの場合とについて検証を行った。

40

【0074】

また、メンブレン33の表面の中心を0.5MPaの力で裏面方向へ押圧したときのメンブレン上の各測定点における応力を測定した。測定ポイントは、メンブレン33の中心を通り、開口縁43cと平行な区間に設定した。各測定ポイント間の距離は、0.1mmである。

【0075】

検証の結果、図15に示すように、開口部43の開口縁43cと斜めに交差する配線パ

50

ターン 8 6 のうち、開口縁 4 3 c の中心 P からのオフセット量が $0\ \mu\text{m}$ 、つまり開口縁 4 3 c の中心 P と斜めに交差する配線パターン 8 6 の段差に発生する応力が最も大きかった。また、開口縁 4 3 c と斜めに交差し、オフセット量が $196\ \mu\text{m}$ の配線パターン 8 6 の段差に発生する応力が 2 番目に大きかった。

【 0 0 7 6 】

図 1 5 には、前述の検証 5 において得た、開口縁 4 3 c と略垂直に交差し、同じ線幅 $8\ \mu\text{m}$ でオフセット量が $0\ \mu\text{m}$ の配線パターンのグラフをも示してある。この開口縁 4 3 c と略垂直に交差する配線パターンと比較しても、開口縁 4 3 c と斜めに交差する配線パターン 8 6 の段差に発生する応力はかなり大きいことが分かる。

【 0 0 7 7 】

以上より、開口部 4 3 と斜めに交差する配線パターン 8 6 は、極力、開口部 4 3 の開口縁 4 3 c の中心に配置されないように構成することにより、メンブレン 3 3 の破壊耐圧を高めることができるという結論を得た。つまり、開口部 4 3 と交差する配線パターン 8 6 のうち、開口部 4 3 の角部以外の開口縁を通る配線パターンは、その開口縁と略垂直に交差し、開口部 4 3 の角部を通る配線パターンは、その角部と鋭角に交差するように構成することにより、メンブレン 3 3 の破壊耐圧を高めることができる。

【 0 0 7 8 】

[実験]

この出願の発明者は、前述した検証 2 の検証結果を参考にして製造した流量センサを用い、メンブレンの破壊耐圧について実験を行った。前述したように、図 8 に示した構造の流量センサの場合、測温抵抗 8 3 が形成された領域 8 3 d に応力が集中することが分かっている。

【 0 0 7 9 】

そこで、発明者は、図 1 6 に示すメンブレン構造を有する流量センサを製造した。図 1 6 は、メンブレンの平面図である。同図に示すメンブレン 3 3 は、幅 W が $550\ \mu\text{m}$ で長さ L が $700\ \mu\text{m}$ である。また、開口部 4 3 と平行な配線パターン 8 0 である測温抵抗 8 3 の端部から開口縁 4 3 a までの距離 W 2 が $97\ \mu\text{m}$ である。

【 0 0 8 0 】

また、従来の配線パターンを有するメンブレンとして図 3 に示したものを使用した。図 3 に示すメンブレン 3 3 は、幅 W が $450\ \mu\text{m}$ で長さ L が $700\ \mu\text{m}$ である。また、開口部 4 3 と平行な配線パターン 8 0 である測温抵抗 8 3 の端部から開口縁 4 3 a までの距離 W 2 が $50\ \mu\text{m}$ である。

【 0 0 8 1 】

また、図 1 6 および図 3 に示すメンブレンに対応する空洞部は、共に図 1 7 に示す構造である。図 1 7 は、空洞部の説明図であり、(a) は空洞部の裏面図、(b) は (a) の A - A 矢視断面図、(c) は (a) の B - B 矢視断面図である。空洞部 4 1 を形成するシリコン基板 4 0 は、その厚さ方向の結晶面方位が (1 0 0) 面に形成されたものである。また、空洞部 4 1 を形成する各内壁面 4 1 a の傾斜角度 $\theta 1$ は、それぞれ 54.7° である。

【 0 0 8 2 】

メンブレン 3 3 の表面の中心を裏面方向へ加圧し、メンブレン 3 3 が割れたときの加圧力を破壊耐圧として評価した。その結果、破壊耐圧は、図 3 に示す従来のメンブレンが $0.8\ \text{MPa}$ であり、図 1 6 に示すメンブレンが $2.0\ \text{MPa}$ であった。

【 0 0 8 3 】

つまり、測温抵抗 8 3 を開口部 4 3 から内側に $97\ \mu\text{m}$ 離すことにより、メンブレン 3 3 の破壊耐圧を 2.5 倍に高めることができることが実証された。

したがって、開口部 4 3 の開口縁と平行な配線パターンは、その開口縁から従来の $50\ \mu\text{m}$ を超えて内側に配置することにより、メンブレン 3 3 の破壊耐圧を従来よりも高めることができる。

【 0 0 8 4 】

また、シリコン基板 40 の厚さ方向の結晶面方位が (100) 面であるため、異方性エッチングを用いることにより、図 17 に示すように、空洞部 41 を基板表面側から見た開口部の平面形状を矩形にすることができる。さらに、配線パターン 80 を形成する単結晶シリコン層の厚さ方向の結晶面方位が (100) 面であるため、メンブレン 33 に応力が作用した場合であっても、その応力に起因するピエゾ抵抗効果やホットキャリア現象の発生を抑制できるので、気体の流量の検出精度を高めることもできる。

【0085】

< 第 2 実施形態 >

次に、この発明の第 2 実施形態について説明する。図 18 は、この実施形態の流量センサに備えられたメンブレンの平面図である。図 19 は、図 18 に示すメンブレンを構成する空洞部の説明図であり、(a) は空洞部の裏面図、(b) は (a) の A - A 矢視断面図、(c) は (a) の B - B 矢視断面図、(d) は (a) の C - C 矢視断面図である。

10

【0086】

図 18 に示すように、平面視 8 角形の開口部 43 により、8 角形のメンブレン 33 が形成されている。符号 Q1 で示すように、測温抵抗 83 と導通する配線部 83a は、開口部 43 の角部以外の開口縁 43e と略垂直に交差している。また、符号 Q2 で示すように、傍熱抵抗 82 と導通する配線部 82a は、開口部の角部以外の開口縁 43d と略垂直に交差している。さらに、ヒータ 81 と導通する配線部 81a は、開口部 43 の角部以外の開口縁 43f と略垂直に交差している。また、開口縁と略垂直に交差する各配線部は、それぞれ 8 μm を超える線幅に形成されている。

20

【0087】

メンブレン 33 の裏面の空洞部 41 を形成するシリコン基板 40 は、その厚さ方向の結晶面方位が (110) 面に形成されたものである。図 19 (a) に示すように、空洞部 41 は、テーパ面 41b, 41b, 41c, 41c と、その間の垂直面 41d とを内壁面として形成されている。

【0088】

< 100 > 結晶軸に沿って対向するテーパ面 41c, 41c は、結晶面方位 (111) 面であり、その傾斜角度 θ2 は 35.3° である。また、< 111 > 結晶軸に沿って対向するテーパ面 41b, 41b は、結晶面方位 (100) 面である。テーパ面 41b は、結晶面方位 (111) 面の垂直面 41e から連続形成されている。垂直面 41d は、結晶面方位 (111) 面である。

30

【0089】

メンブレン 33 は、シリコン基板 40 をマスキングし、異方性エッチングにより形成する。マスキングに用いるマスクの開口部は、< 100 > 結晶軸方向に長軸を持ち、かつ、< 111 > 結晶軸と直交する方向に 4 辺を持つ菱形において、各角部が切り取られた形の 8 角形をなす。そして、そのマスクによってシリコン基板 40 の裏面をマスキングし、KOH などのエッチング液によって裏面から異方性エッチングを行うと、平面視 8 角形の開口部 43 を有する空洞部 41 が形成される。

【0090】

以上のように、シリコン基板 40 の開口部 43 を平面視 8 角形に形成することにより、配線パターンが開口部 43 の角部以外の開口縁と略垂直に交差し、かつ、開口縁と略垂直に交差する配線パターンが 8 μm を超える線幅となるように構成することができるため、メンブレン 33 の破壊耐圧を高めることができる。

40

【0091】

< 第 3 実施形態 >

次に、この発明の第 3 実施形態について説明する。図 20 は、この実施形態の流量センサに備えられたメンブレンの平面図である。図 21 は、図 20 に示すメンブレンを構成する空洞部の説明図であり、(a) は空洞部の裏面図、(b) は (a) の A - A 矢視断面図、(c) は (a) の B - B 矢視断面図である。

【0092】

50

図 20 に示すように、平面視四角形の開口部 43 により、四角形のメンブレン 33 が形成されている。センシング部 32 および開口部 43 は、センシング部 32 を構成するヒータ 81、傍熱抵抗 82、測温抵抗 83 および中点出力部 84 の延びる方向と、開口縁 43h, 43i との成す角度が略 45° となるように配置されている。

【0093】

メンブレン 33 の裏面の空洞部 41 を形成するシリコン基板 40 は、その厚さ方向の結晶面方位が (100) 面に形成されたものである。図 21 (a) に示すように、空洞部 41 は、4 つのテーパ面 41f を内壁面として形成されている。〈110〉結晶軸に沿って対向する各テーパ面 41f は、結晶面方位 (111) 面であり、傾斜角度 θ_3 は 54.7° である。

10

【0094】

センシング部 32 および開口部 43 を上記のように配置することにより、センシング部 32 を構成する配線パターンのうち、開口縁に近い測温抵抗 83 を、開口縁と非平行に設定することができる。しかも、測温抵抗 83 を図 16 に示したもののより開口縁から離すことができる。

したがって、メンブレン 33 の破壊耐圧を高めることができる。

【0095】

また、符号 Q1 で示すように、測温抵抗 83 と導通する配線部 83a は、開口部 43 の開口縁 43h, 43i と略垂直に交差している。また、符号 Q2 で示すように、傍熱抵抗 82 と導通する配線部 82a は、開口部の開口縁 43h, 43i と略垂直に交差している。さらに、ヒータ 81 と導通する配線部 81a は、開口部の開口縁 43h, 43i と略垂直に交差している。また、開口縁と略垂直に交差する各配線部は、それぞれ 8 μ m を超える線幅に形成されている。

20

したがって、メンブレン 33 の破壊耐圧をより一層高めることができる。

【0096】

< 第 4 実施形態 >

次に、この発明の第 4 実施形態について説明する。図 22 は、この実施形態の流量センサに備えられたメンブレンの平面図である。同図に示すように、開口部 43 を平面視円形に形成し、メンブレン 33 を平面視円形に形成することもできる。この構造によれば、符号 Q1, Q2 で示すように、開口縁 43j と配線部 81a, 82a, 83a とを略垂直に交差させることができるため、メンブレン 33 の破壊耐圧を高めることができる。

30

【0097】

< まとめ >

前述の各検証および実験から、厚さが薄く破壊耐圧の高いメンブレンを備えた流量センサを実現するためには、メンブレンを次の構造に製造することが望ましい。

【0098】

(1) センシング部 32 を構成する配線パターンのうち、開口部 43 の開口縁と平行な配線パターンを極力開口縁から内側に離れた位置に配置する。できれば、開口縁から内側に 50 μ m を超えて配置する。

(2) センシング部 32 を構成する配線パターンのうち、開口部 43 の開口縁の中央に平行な配線パターンを開口縁から内側に極力離す。

40

【0099】

(3) センシング部 32 を構成する配線パターンのうち、開口部 43 の開口縁と平行な配線パターンを極力減らす。

(4) センシング部 32 を構成する配線パターンのうち、開口部 43 の開口縁と略垂直に交差する配線パターンの線幅は極力太くする。できれば、8 μ m を超える線幅にする。

【0100】

(5) 開口部 43 の開口縁と略垂直に交差する配線パターン 86 のうち、開口部 43 の角部以外の開口縁を通る配線パターンは、その開口縁と略垂直に交差し、開口部 43 の角部を通る配線パターンは、その角部と鋭角に交差するようにする。

50

【 0 1 0 1 】

< 他の実施形態 >

開口部 4 3 の平面形状（メンブレン 3 3 の平面形状）は、前述した形状に限定されるものではなく、この発明の要件を満たすものであれば変更可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 2 】

【図 1】流量センサの一部をメンブレンの部分で切断した場合の断面を示す斜視説明図である。

【図 2】図 1 に示す流量センサのメンブレンの部分拡大して示す断面説明図である。

【図 3】メンブレンに保護部を有さないセンシング部の平面図である。

10

【図 4】メンブレンに保護部を有するセンシング部の平面図である。

【図 5】従来技術の検証に使用した装置の説明図であり、（ a ）はその平面図、（ b ）は（ a ）の A - A 矢視断面図である。

【図 6】段差の形成されたメンブレンの複数の測定ポイントと、各測定ポイントにおける応力値との関係を示す説明図である。

【図 7】段差の形成されていないメンブレンの測定ポイントと、測定ポイントにおける応力値との関係を示す説明図である。

【図 8】応力が最大となった領域を示す説明図である。

【図 9】応力が最大となった領域を示す説明図である。

【図 10】メンブレンの段差と開口縁との配置関係を示す説明図である。

20

【図 11】段差 3 3 c の開口部 4 3 からの距離と、段差 3 3 c に作用する応力との関係を示すグラフである。

【図 12】配線パターンと開口縁との配置関係を示す説明図である。

【図 13】開口部 4 3 と略垂直に交差する配線パターンの幅および開口部 4 3 と略垂直に交差する位置と、段差 3 3 c に作用する応力との関係を示すグラフである。

【図 14】配線パターンと開口部との配置関係を示す説明図である。

【図 15】検証 5 の結果を示すグラフである。

【図 16】実験におけるメンブレンの平面図である。

【図 17】空洞部の説明図であり、（ a ）は空洞部の裏面図、（ b ）は（ a ）の A - A 矢視断面図、（ c ）は（ a ）の B - B 矢視断面図である。

30

【図 18】第 2 実施形態の流量センサに備えられたメンブレンの平面図である。

【図 19】図 18 に示すメンブレンを構成する空洞部の説明図であり、（ a ）は空洞部の裏面図、（ b ）は（ a ）の A - A 矢視断面図、（ c ）は（ a ）の B - B 矢視断面図、（ d ）は（ a ）の C - C 矢視断面図である。

【図 20】第 3 実施形態の流量センサに備えられたメンブレンの平面図である。

【図 21】図 20 に示すメンブレンを構成する空洞部の説明図であり、（ a ）は空洞部の裏面図、（ b ）は（ a ）の A - A 矢視断面図、（ c ）は（ a ）の B - B 矢視断面図である。

。

【図 22】第 4 実施形態の流量センサに備えられたメンブレンの平面図である。

【符号の説明】

40

【 0 1 0 3 】

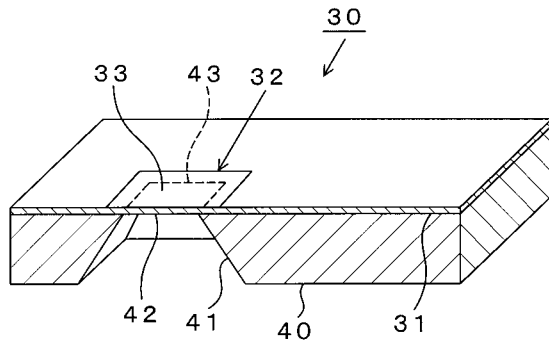
3 0・・・流量センサ、3 2・・・センシング部、3 3・・・メンブレン（底部）、

4 0・・・シリコン基板、4 1・・・空洞部（凹部）、4 3・・・開口部、

4 3 a ~ 4 3 j・・・開口縁（底部の縁）、8 0・・・配線パターン、8 1・・・ヒータ、

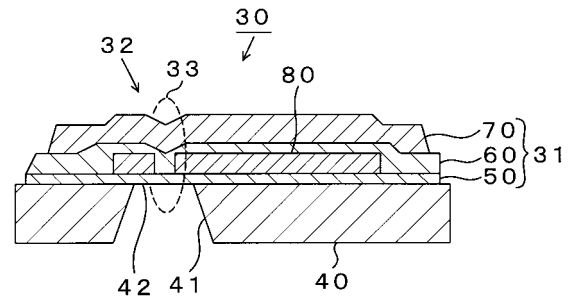
8 2・・・傍熱抵抗、8 3・・・測温抵抗、8 4・・・中点出力部。

【図 1】



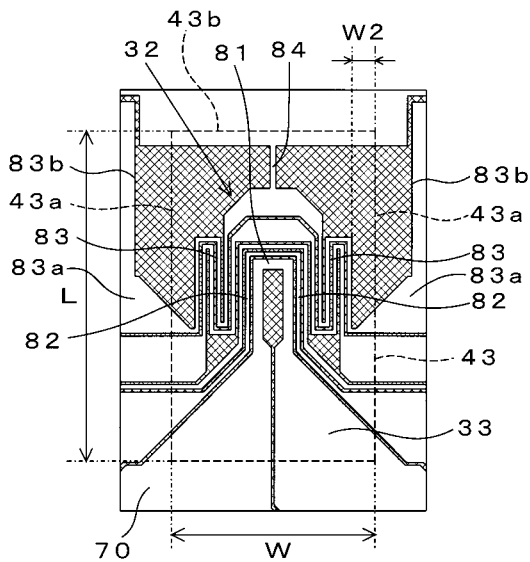
30 : 流量センサ
 32 : センシング部
 33 : メンブレン
 40 : シリコン基板
 41 : 空洞
 42 : 底部
 43 : 開口縁

【図 2】



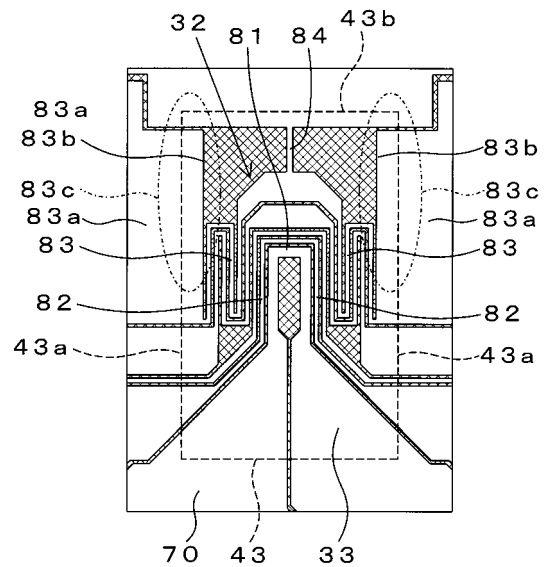
30 : 流量センサ
 32 : センシング部
 33 : メンブレン
 40 : シリコン基板
 41 : 空洞
 42 : 底部
 50 : シリコン酸化膜
 60 : シリコン酸化膜
 70 : シリコン窒化膜
 80 : 配線パターン

【図 3】



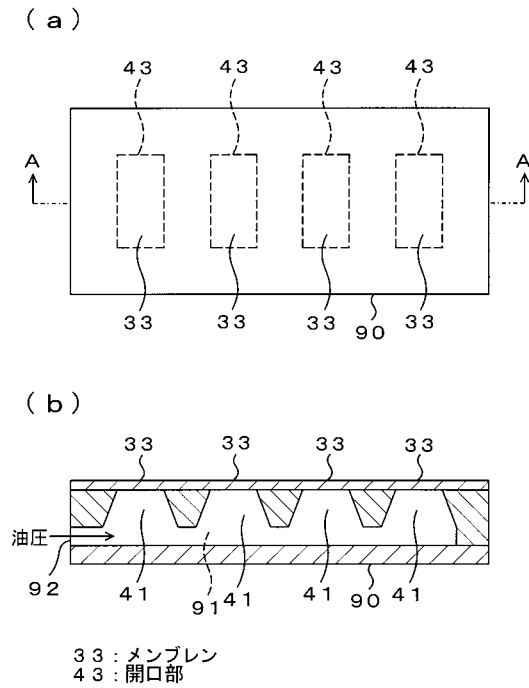
32 : センシング部
 33 : メンブレン
 43 : 開口部
 43 a : 開口縁
 43 b : 開口縁
 81 : ヒータ
 82 : 傍熱抵抗
 83 : 測温抵抗
 84 : 中点出力

【図 4】

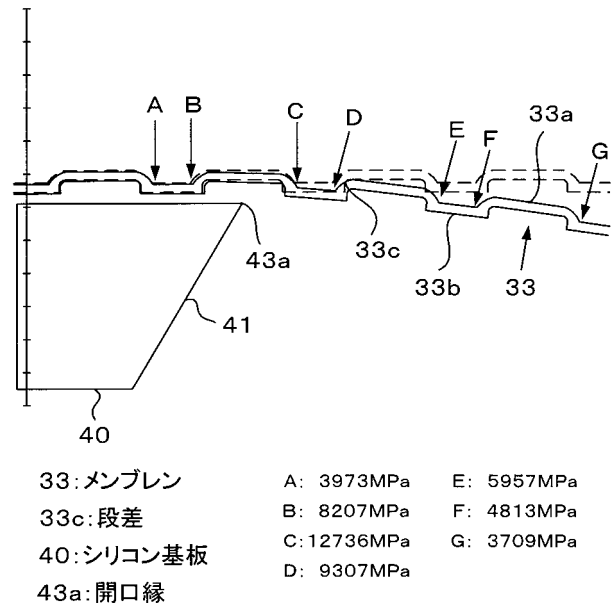


32 : センシング部
 33 : メンブレン
 43 : 開口部
 43 a : 開口縁
 43 b : 開口縁
 81 : ヒータ
 82 : 傍熱抵抗
 83 : 測温抵抗
 83 c : 補強領域
 84 : 中点出力

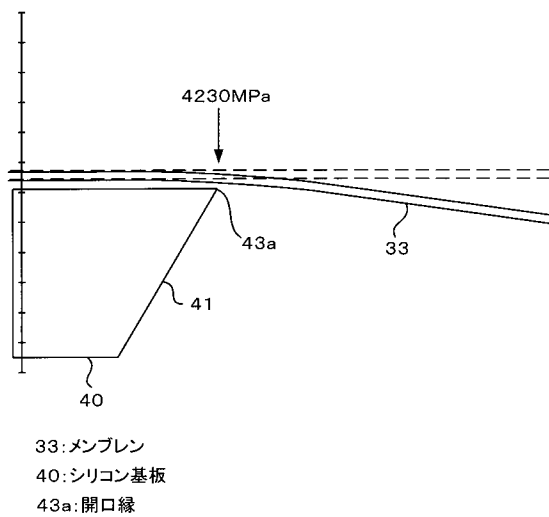
【図 5】



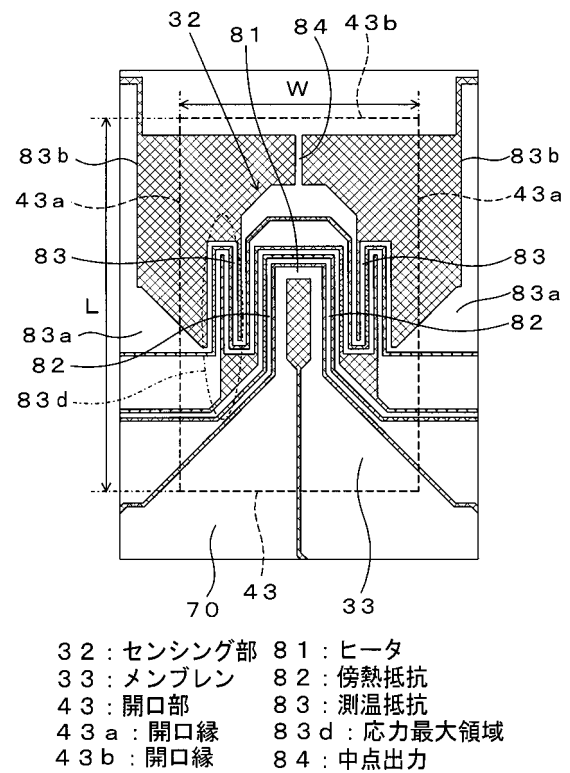
【図 6】



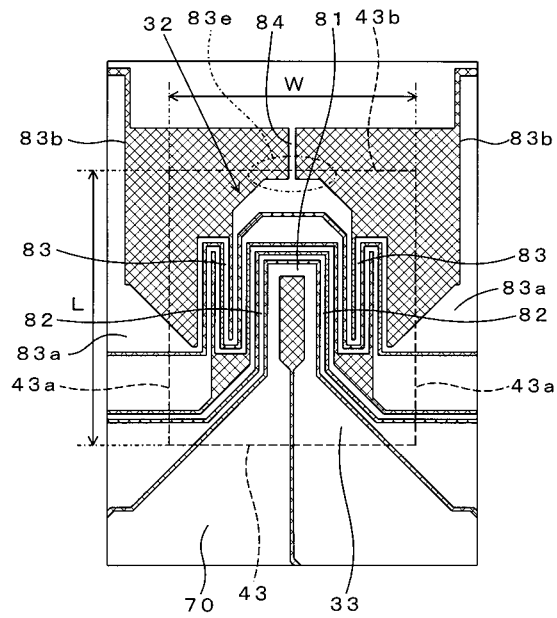
【図 7】



【図 8】

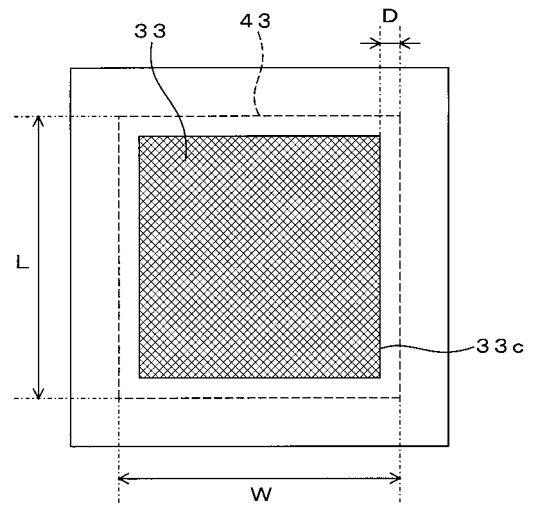


【図 9】



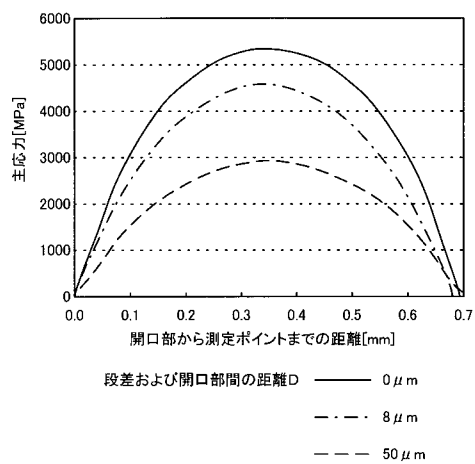
32 : センシング部 81 : ヒータ
 33 : メンブレン 82 : 傍熱抵抗
 43 : 開口部 83 : 測温抵抗
 43a : 開口縁 83e : 応力最大領域
 43b : 開口縁 84 : 中点出力

【図 10】

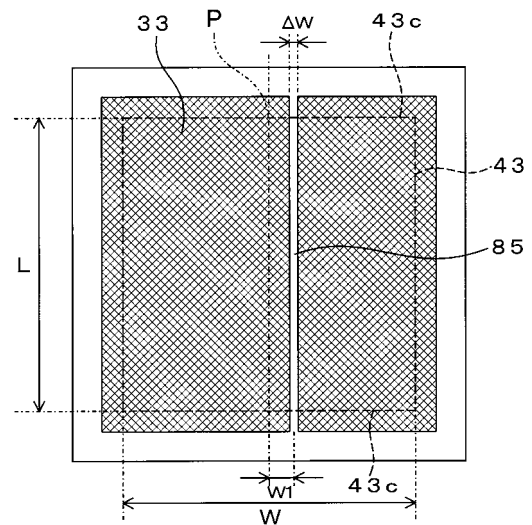


33 : メンブレン
 33c : 段差
 43 : 開口部

【図 11】

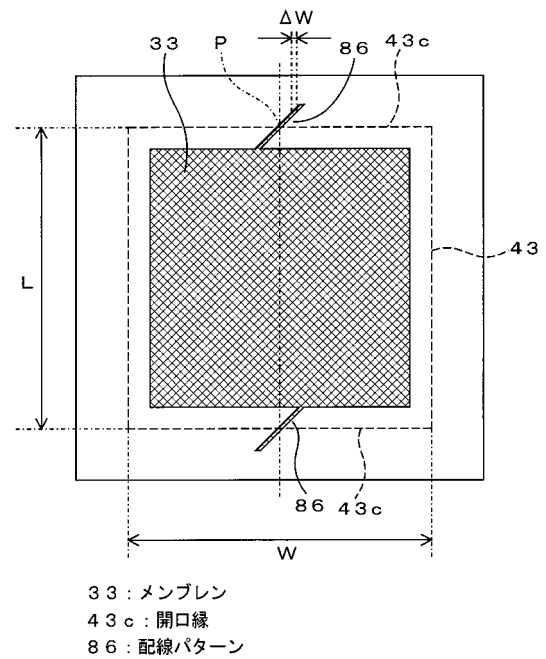


【図 12】

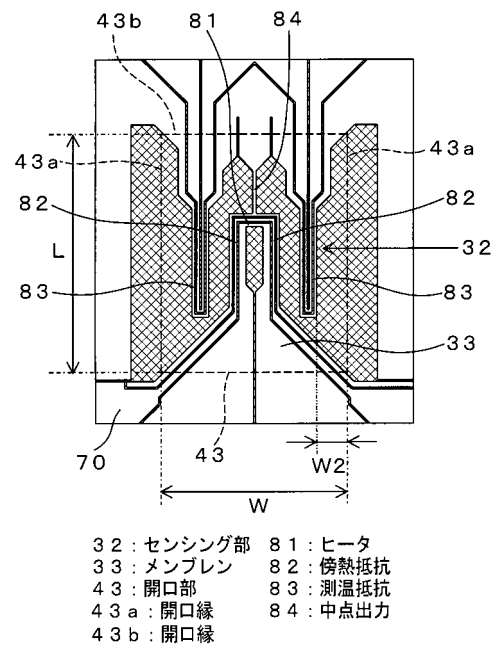


33 : メンブレン
 43c : 開口縁
 85 : 配線パターン

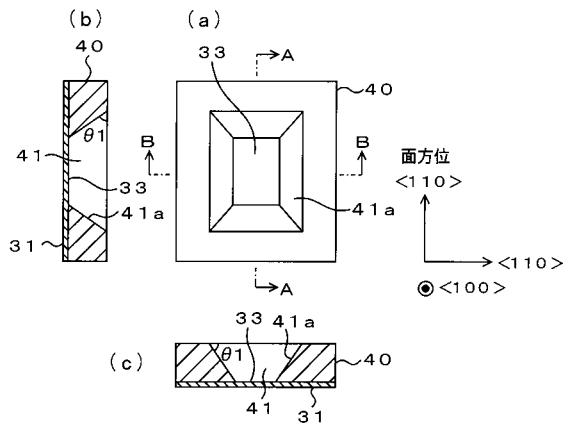
【 図 1 4 】



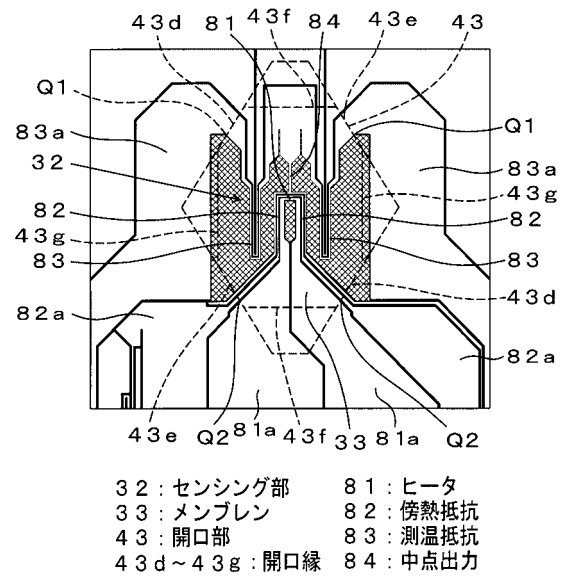
【 ㄨ 1 6 】



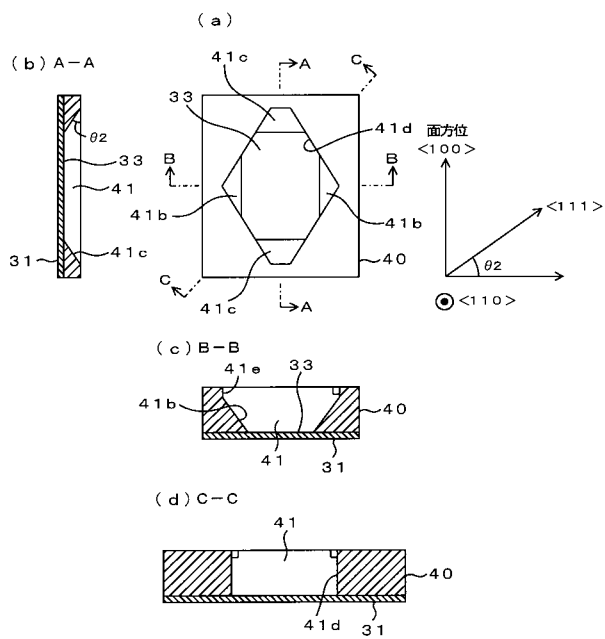
【図 17】



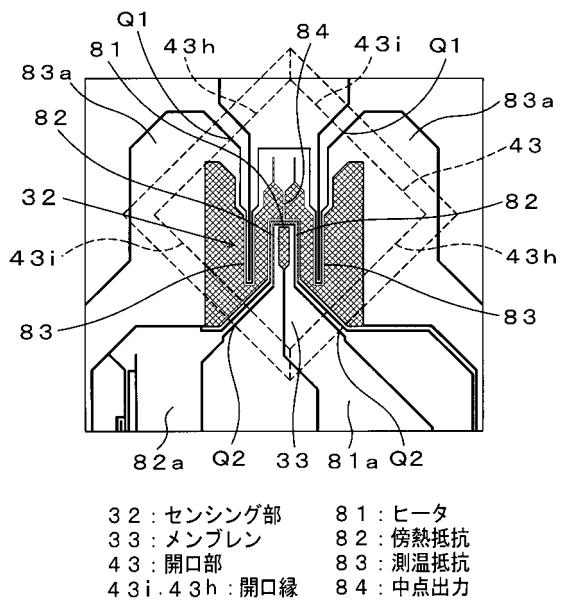
【図 18】



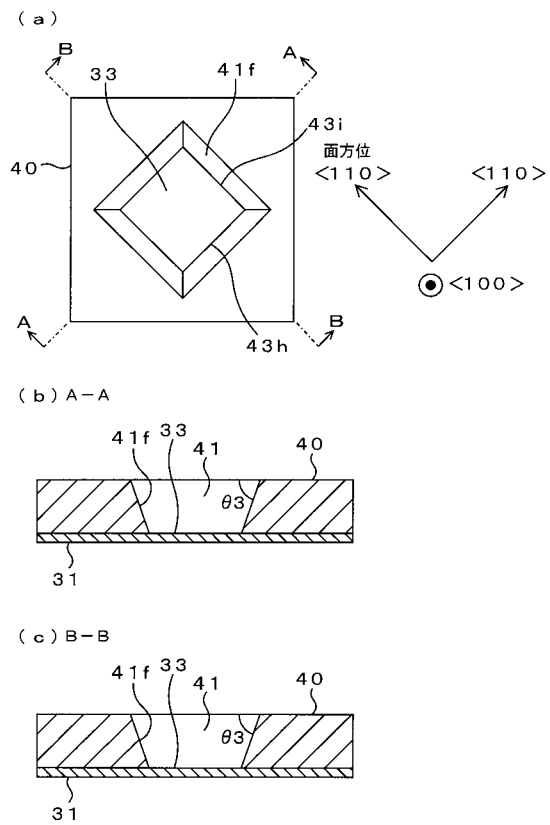
【図 19】



【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】

