

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6575212号  
(P6575212)

(45) 発行日 令和1年9月18日(2019.9.18)

(24) 登録日 令和1年8月30日(2019.8.30)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 P	15/08	(2006.01)	GO 1 P	15/08	1 O 2 A
HO 1 L	23/02	(2006.01)	HO 1 L	23/02	G
GO 1 P	15/125	(2006.01)	GO 1 P	15/125	Z
B 8 1 C	3/00	(2006.01)	B 8 1 C	3/00	
B 8 1 B	7/02	(2006.01)	B 8 1 B	7/02	

請求項の数 8 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-156780 (P2015-156780)  
 (22) 出願日 平成27年8月7日(2015.8.7)  
 (65) 公開番号 特開2017-36940 (P2017-36940A)  
 (43) 公開日 平成29年2月16日(2017.2.16)  
 審査請求日 平成30年7月27日(2018.7.27)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100116665  
 弁理士 渡辺 和昭  
 (74) 代理人 100194102  
 弁理士 磯部 光宏  
 (74) 代理人 100179475  
 弁理士 仲井 智至  
 (74) 代理人 100216253  
 弁理士 松岡 宏紀  
 (72) 発明者 成瀬 敦紀  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子デバイス、電子デバイスの製造方法、電子機器、および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1基板と、  
 前記第1基板との間にキャビティを設けて接合されている第2基板と、  
 前記キャビティ内に配置されている機能素子と、を備え、  
 前記第2基板は、前記キャビティ側の内面と、前記内面と反対側の外面とを貫通する孔部が設けられ、  
 前記孔部には、  
 前記外面から前記内面に向かうにしたがって、前記孔部の内壁面が前記孔部の内側に向かって傾斜している第1傾斜面、および前記第1傾斜面と接続されている第1底部を有している第1凹部と、  
 前記第1底部から前記内面に向かうにしたがって、前記孔部の内壁面が前記孔部の内側に向かって傾斜している第2傾斜面、および前記第2傾斜面と接続されている第2底部を有している第2凹部と、  
 前記第2底部と前記内面とを貫通している連通孔部と、が設けられていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項2】

前記第2基板は、(100)面に沿った前記外面を有するシリコン基板であり、  
 前記第1凹部および前記第2凹部は、平面視で、矩形状をなしていることを特徴とする請求項1に記載の電子デバイス。

## 【請求項 3】

少なくとも、前記第 1 傾斜面および前記第 1 底部と、前記第 2 傾斜面および前記第 2 底部とには、金属層が設けられていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電子デバイス。

## 【請求項 4】

前記連通孔部は、平面視で、円形をなしていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の電子デバイス。

## 【請求項 5】

少なくとも、前記第 1 凹部および前記第 2 凹部には、封止部材が設けられ、前記封止部材によって前記連通孔部が塞がれていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載の電子デバイス。

10

## 【請求項 6】

第 1 基板と、前記第 1 基板との間にキャビティーを設けて接合されている第 2 基板と、前記キャビティー内に配置されている機能素子と、を備え、

前記第 2 基板は、前記キャビティー側の内面と反対側の外面とを貫通している孔部が設けられ、前記孔部には第 1 底部を有している第 1 凹部と、前記第 1 底部に連通し、第 2 底部を有している第 2 凹部と、前記第 2 底部と前記内面とを貫通する連通孔部と、が設けられている、電子デバイスの製造方法であって、

前記第 2 基板として、(100)面を備えたシリコン基板を準備する工程と、

前記(100)面を前記外面として、前記シリコン基板を前記内面側からドライエッチングすることによって前記連通孔部を形成する工程と、

20

前記外面上に、前記外面と反対側に開口する有底の凹部と、前記凹部の底部に前記外面が露出するように開口する連通部とを備えたマスクを配設する工程と、

前記マスクを用い、前記シリコン基板を前記外面側からウェットエッチングすることによって前記第 1 凹部および前記第 2 凹部を形成し、前記第 2 凹部と前記貫通孔部とを連通させることによって前記孔部を形成する工程と、

を含むことを特徴とする電子デバイスの製造方法。

## 【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする電子機器。

30

## 【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする移動体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電子デバイス、電子デバイスの製造方法、電子機器、および移動体に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

40

近年、例えばシリコンMEMS(Micro Electro Mechanical System)技術を用いて、物理量を検出する慣性センサーなどの電子デバイスが開発されてきている。このような電子デバイスに用いられている、構造体を振動させて加速度などの物理量を検出する機能素子は、真空雰囲気にて封止されていることが望ましい。振動型の機能素子は、物理量の変化を検知するために常に振動しており、機能素子を収容するパッケージ内(キャビティー)に空気(あるいは、その他のガス等)が存在した場合、空気粘性によって、その振動現象が減衰してしまうからである。

## 【0003】

パッケージ内を真空に封止する技術としては、例えば特許文献 1 に開示されているようなレーザーを用いた技術が挙げられる。特許文献 1 に記載されている技術では、底面を備

50

えた凹部と、該底面の一部に設けられた連通孔とによってキャビティーに連通する貫通孔（封止孔）がパッケージを構成する蓋体に設けられている。そして、この貫通孔を構成する凹部内に球状の封止部材を配置し、レーザーによって封止部材を溶融、および凝固させることにより、貫通孔内部を埋めてパッケージ内を真空に封止している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-102036号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

しかしながら、上記のような技術において封止部材を溶融させる際に、凹部内（貫通孔内）に配置された球状の封止部材が、凹部の底部を移動してしまい、封止部材の位置が定まり難かった。その結果、封止部材が凹部内の一方に偏った位置で溶融および凝固してしまい、凹部から溢れ出してしまったり、貫通孔（封止孔）を完全に封止できなかつたりする虞を有していた。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

20

【0007】

[適用例1] 本適用例に係る電子デバイスは、第1基板と、前記第1基板との間にキャビティーを設けて接合されている第2基板と、前記キャビティー内に配置されている機能素子と、を備え、前記第2基板は、前記キャビティー側の内面と、前記内面と反対側の外面とを貫通する孔部を有し、前記孔部は、前記外面から所定の角度で内側に向かって傾斜する第1傾斜面、および前記第1傾斜面と接続されている第1底部を有している第1凹部と、前記第1底部から、所定の角度で内側に向かって傾斜する第2傾斜面、および前記第2傾斜面と接続されている第2底部を有している第2凹部と、前記第2底部と前記内面とを貫通する連通孔部と、を備えていることを特徴とする。

【0008】

30

本適用例によれば、第1凹部と該第1凹部より外形の小さな第2凹部を有している。これにより、第2凹部の第2底部および第2傾斜面により孔部に投入される封止部材の位置決めを行うことができる。換言すれば、第2凹部により、投入された封止部材の配置位置を定めることができるため、封止部材の溶融を位置バラツキのない状態で行うことができる。また、第2凹部よりも開口面積が大きく容積の大きな第1凹部により、ばらツキの無い位置で溶融し、第2凹部から溢れ出た封止部材を受け留めることができる。したがって、封止部材が孔部内の一方に偏った位置で溶融、および凝固してしまい、これにより、孔部から溢れ出してしまったり、連通孔部を完全に封止できなかつたりする不具合を減少させることができる。このように、キャビティー内を確実な気密状態となるように封止を行うことができる。

40

【0009】

また、本適用例によれば、第1凹部の第1底部は第1傾斜面と接続され、第2凹部の第2底部は第2傾斜面と接続されているため、第1傾斜面と第1底部との接続角度、および第2傾斜面と第2底部との接続角度が、鈍角となる。これにより、溶融した封止部材の接続部への浸潤が良好となり、凝固する際に包含する気泡を減少させることが可能となるため、包含された気泡の熱変化（体積変化）による第2基板への応力ストレスを減少させることができ、第2基板の破損（例えば、クラックの発生）の発生を抑制することが可能となる。

【0010】

[適用例2] 上記適用例に記載の電子デバイスにおいて、前記第2基板は、(100)

50

面に沿った前記外面を有するシリコン基板であり、前記第 1 凹部および前記第 2 凹部は、平面視で、矩形形状で設けられていることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

本適用例によれば、平面視で矩形形状の第 1 凹部および第 2 凹部を、容易に構成することができる。平面視で矩形形状の第 1 凹部および第 2 凹部とすることにより、孔部に投入される封止部材が、第 2 凹部の第 2 傾斜面（4 面）で保持されるため、封止部材を安定的に配置することができる。

【 0 0 1 2 】

[ 適用例 3 ] 上記適用例に記載の電子デバイスにおいて、少なくとも、前記第 1 傾斜部および前記第 1 底部と、前記第 2 傾斜部および前記第 2 底部とには、金属層が設けられていることが好ましい。

10

【 0 0 1 3 】

本適用例によれば、第 1 傾斜部および第 1 底部と、第 2 傾斜部および第 2 底部とに設けられた金属膜により、溶融、凝固した封止部材の接合強度を高めることができる。また、第 1 傾斜面および第 2 傾斜面により、第 1 凹部および第 2 凹部が外面側に広がるように開口しているため、金属膜を容易に形成することが可能となる。

【 0 0 1 4 】

[ 適用例 4 ] 上記適用例に記載の電子デバイスにおいて、前記連通孔部は、平面視で、円形をなしていることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

本適用例によれば、連通孔部を平面視で円形とすることにより、応力集中を抑制することができる。連通孔部は、このような応力集中による影響を受けやすい、第 2 基板のもっとも薄くなる部位である第 2 底部と内面との間に位置しているため、その効果が顕著となる。

20

【 0 0 1 6 】

[ 適用例 5 ] 上記適用例に記載の電子デバイスにおいて、少なくとも、前記第 1 凹部および前記第 2 凹部には、封止部材が設けられ、前記封止部材によって前記連通孔部が塞がれていることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

本適用例によれば、第 1 基板と第 2 基板とが接合された後、キャビティー内の排気を行うと共にキャビティー内を気密に封止することができる。

30

【 0 0 1 8 】

[ 適用例 6 ] 本適用例に係る電子デバイスの製造方法は、第 1 基板と、前記第 1 基板との間にキャビティーを設けて接合されている第 2 基板と、前記キャビティー内に配置されている機能素子と、を備え、前記第 2 基板は、前記キャビティー側の内面と反対側の外面に開口し、第 1 底部を有している第 1 凹部と、前記第 1 底部に開口し、第 2 底部を有している第 2 凹部と、前記第 2 底部と前記内面とを貫通する連通孔部と、を含み、前記内面と前記外面とを貫通する孔部、を有している電子デバイスの製造方法であって、前記第 1 基板として、（100）面を備えたシリコン基板を準備する工程と、前記（100）面を前記外面として、前記シリコン基板を前記内面側からドライエッチングすることによって前記連通孔部を形成する工程と、前記外面上に、前記外面と反対側に開口する有底の凹部と、前記凹部の底部に前記外面が露出するように開口する連通部とを備えたマスクを配設する工程と、前記マスクを用い、前記シリコン基板を前記外面側からウェットエッチングすることによって前記第 1 凹部および前記第 2 凹部を形成し、前記第 2 凹部と前記貫通孔部とを連通させることによって前記孔部を形成する工程と、を含むことを特徴とする。

40

【 0 0 1 9 】

本適用例によれば、内面側からのドライエッチングにより連通孔部を形成する。また、外面と反対側に開口する有底の凹部と、その底部に外面が露出するように開口する連通部とを備えたマスクを外面上に配置し、そのマスクを用いたウェットエッチングによって第 1 凹部および第 2 凹部を形成する。このような工程により、孔部を構成する、円形の貫通

50

孔部と矩形状の第1凹部および第2凹部を簡便な工程で、且つ容易に形成することができる。

【0020】

〔適用例7〕本適用例に係る電子機器は、上記適用例のいずれか一例に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

【0021】

本適用例によれば、確実な気密封止が行われ、高い気密信頼性を有する電子デバイスを用いているため、電子機器の信頼性を向上させることができる。

【0022】

〔適用例8〕本適用例に係る移動体は、上記適用例のいずれか一例に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

10

【0023】

本適用例によれば、確実な気密封止が行われ、高い気密信頼性を有する電子デバイスを用いているため、移動体の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】電子デバイスの一例としての加速度センサーの概略構成を模式的に示す斜視図。

【図2】加速度センサーの概略構成を模式的に示す平面図。

【図3】加速度センサーの概略構成を模式的に示し、図2のA-A線での断面図。

【図4】図3のD部の拡大図（断面図）。

20

【図5】図4をZ軸方向から見た平面図（図3のD部の平面拡大図）。

【図6】加速度センサーの主要な製造工程を示すフローチャート。

【図7A】加速度センサー（蓋体）の主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図7B】加速度センサー（蓋体）の主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図7C】加速度センサー（蓋体）の主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図7D】加速度センサー（蓋体）の主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図7E】加速度センサー（蓋体）の主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図7F】加速度センサー（蓋体）の主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図8A】加速度センサーの主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図8B】加速度センサーの主要な製造工程を説明する模式断面図。

30

【図8C】加速度センサーの主要な製造工程を説明する模式断面図。

【図9】電子デバイスを備えている電子機器としてのモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す模式斜視図。

【図10】電子デバイスを備えている電子機器としての携帯電話機（PHSも含む）の構成を模式的に示す斜視図。

【図11】電子デバイスを備えている電子機器としてのデジタルスチールカメラの構成を模式的に示す斜視図。

【図12】電子デバイスを備えている移動体の一例としての自動車を模式的に示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

40

【0025】

以下、本発明を具体化した実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下で説明する実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。また、各図では、説明の便宜上、一部の構成要素を省略することがある。また、各図において、分かり易くするために、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。また、以下では、説明の便宜上、各図において、互いに直交する3つの軸として、X軸、Y軸およびZ軸を図示しており、X軸に平行な方向を「X軸方向」、Y軸に平行な方向を「Y軸方向」、Z軸に平行な方向を「Z軸方向」という。また、Z軸の矢印の方向である+Z軸側を「上」もしくは「上方」、-Z軸側を「下」もしくは「下方」ともいう。また、X軸お

50

よび Y 軸についても矢印の方向を「+」方向とする。

【0026】

(加速度センサー)

先ず、図1、図2、図3、図4、および図5を参照しながら、電子デバイスの一例としての加速度センサーについて説明する。図1は、電子デバイスの一例としての加速度センサーの概略構成を模式的に示す斜視図である。図2は、加速度センサーの概略構成を模式的に示す平面図である。なお、便宜上、図2では、蓋体を透視して図示している。図3は、加速度センサーの概略構成を模式的に示し、図2のA-A線での断面図である。図4は、図3のD部の拡大図(断面図)である。図5は、図4をZ軸方向から見た平面図(図3のD部の平面拡大図)である。

10

【0027】

電子デバイスの一例としての加速度センサー1は、略矩形平板状の第1基板としての基板12と、基板12と向き合う側に凹部64aが設けられ基板12に接合されている第2基板としての蓋体64と、基板12と蓋体64との間に設けられている機能素子100とを備えている。

【0028】

機能素子100は、基板12上に配置、接合された図示しない半導体基板(シリコン基板)から、フォトリソグラフィおよびエッチングにより形成されている。機能素子100は、可動部68と、第1固定電極指78と、第2固定電極指80とを含んで構成され、加速度を検出するセンサー素子として機能する。

20

【0029】

第1基板としての基板12は、Z軸と直交する平面であって、複数の第1固定電極指78および第2固定電極指80などと接合される主面16を有している。主面16は、-(マイナス)X方向の端部に端子部20が設けられ、端子部20以外の領域は、主面16側に凹部64aを有する蓋体64により覆われている。主面16の略中央部には、可動部68と基板12との干渉を回避するために平面形状が略矩形状の凹部22が設けられている。これにより、可動部68の可動領域(変位領域)は、平面視で凹部22内に収まることになる。

【0030】

図2に示すように、主面16には、凹部22の外周に沿って第1溝部24が設けられ、第1溝部24の外周に沿って第2溝部26が設けられている。また、主面16の端子部20側には、第1溝部24を挟んで第2溝部26の反対側に第3溝部28が設けられている。第1溝部24、第2溝部26は、凹部22の-Y側から反時計回りに凹部22を取り囲むように延在し、凹部22の-X側の端子部20まで設けられている。第3溝部28は、凹部22の-X側から第1溝部24、第2溝部26に沿って端子部20まで設けられている。

30

【0031】

基板12の構成材料としては、ガラス、高抵抗シリコンなどの絶縁材料を用いるのが好ましい。特に、可動部68、第1固定電極指78、第2固定電極指80となる半導体基板が、シリコンなどの半導体材料を主材料として構成されている場合には、基板12の構成材料として、アルカリ金属イオン(可動イオン)を含むガラス(例えば、パイレックス(登録商標)のような硼珪酸ガラス)を用いるのが好ましい。これにより、加速度センサー1は、基板12と半導体基板とを陽極接合することができる。また、加速度センサー1は、基板12にアルカリ金属イオンを含むガラスを用いることにより、基板12と半導体基板とを容易に絶縁分離することができる。

40

【0032】

なお、基板12は、必ずしも絶縁性を有さなくてもよく、例えば低抵抗シリコンからなる導電性基板であってもよい。この場合は、基板12と半導体基板との間に絶縁膜を挟んで双方を絶縁分離することになる。また、基板12の構成材料は、半導体基板の構成材料との熱膨張係数差ができるだけ小さいことが好ましく、具体的には、基板12の構成材料

50

と半導体基板の構成材料との熱膨張係数差が  $3 \text{ ppm} /$  以下であることが好ましい。これにより、加速度センサー 1 は、基板 12 と半導体基板との間の残留応力を低減することができる。本形態では、基板 12 の主材料としてガラスを用いることを想定している。

#### 【0033】

第 1 溝部 24 の底面には、第 1 溝部 24 に沿って第 1 配線 30 が設けられ、第 2 溝部 26 の底面には、第 2 溝部 26 に沿って第 2 配線 36 が設けられ、第 3 溝部 28 の底面には、第 3 溝部 28 に沿って第 3 配線 42 が設けられている。第 1 配線 30 は、第 1 固定電極指 78 と電氣的に接続される配線であり、第 2 配線 36 は、第 2 固定電極指 80 と電氣的に接続される配線であり、第 3 配線 42 は、後述する固定部 76 と電氣的に接続される配線である。なお、第 1 配線 30、第 2 配線 36、第 3 配線 42 の各端部（端子部 20 に配置される端部）は、それぞれ第 1 端子電極 34、第 2 端子電極 40、第 3 端子電極 46 となる。

10

#### 【0034】

第 1 配線 30、第 2 配線 36、第 3 配線 42 の構成材料としては、それぞれ導電性を有するものであれば、特に限定されず、各種電極材料を用いることができるが、例えば、ITO (Indium Tin Oxide)、IZO (Indium Zinc Oxide)、 $\text{In}_3\text{O}_3$ 、 $\text{SnO}_2$ 、Sb 含有  $\text{SnO}_2$ 、Al 含有  $\text{ZnO}$  などの酸化物（透明電極材料）、Au、Pt、Ag、Cu、Al、またはこれらを含む合金などが挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

#### 【0035】

なお、加速度センサー 1 は、各配線の構成材料が透明電極材料（特に ITO）であれば、基板 12 が透明であった場合、第 1 固定電極指 78、第 2 固定電極指 80 の面上に存在する異物などを基板 12 の主面 16 側とは反対側の面から容易に視認することができ、検査を効率的に行うことができる。

20

#### 【0036】

可動部 68 は、アーム 70、可動電極指 72、可撓部 74、固定部 76 により構成されている。このうち、アーム 70、可動電極指 72、可撓部 74 は、基板 12 の凹部 22 に対向する位置、換言すれば Z 軸方向から見て凹部 22 内に収まる位置に配置されている。

#### 【0037】

図 2 に示すように、アーム 70 は、X 軸方向に沿って梁状（柱状）に延在し、変位方向である X 軸方向の両端部に可撓部 74 が配置されている。複数の可動電極指 72 は、アーム 70 の延在方向に沿って一定の間隔で、アーム 70 の延在方向と直交する方向（Y 軸方向）に櫛歯状に延設されている。

30

#### 【0038】

可撓部 74 は、アーム 70 の + Y 側と - Y 側とに対になって設けられ、それぞれ Y 軸方向へ折り返しながら X 軸方向へ延在し固定部 76 に接続されている。可撓部 74 は、X 軸方向から印加される外力により X 軸方向に撓む（変形する）ように形成されている。なお、可撓部 74 は、X 軸方向以外の方向、例えば、Y 軸方向および Z 軸方向から印加される外力に対しては変形しにくい構造となっている。

#### 【0039】

固定部 76 は、可撓部 74 の端部に接続されるとともに基板 12 に接合されている。また固定部 76 の一方（凹部 22 の - X 側に位置する方）は、基板 12 の第 3 溝部 28 を跨ぐ位置に配置されている。

40

#### 【0040】

上記の構成によりアーム 70 は、X 軸方向から加わる加速度に対しては変位し易く、Y 軸方向および Z 軸方向から加わる加速度に対しては変位し難い構成となっている。

#### 【0041】

第 1 固定電極指 78 は、基板 12 の第 1 溝部 24 および第 2 溝部 26 を跨ぐ位置に配置されている。また、第 1 固定電極指 78 は、Z 軸方向から見て（平面視で）凹部 22 と一部が重なるように配置されている。第 2 固定電極指 80 は、第 1 固定電極指 78 と平行に

50

配置され、基板 1 2 の第 1 溝部 2 4 および第 2 溝部 2 6 を跨ぐ位置に配置されている。

【 0 0 4 2 】

また、第 2 固定電極指 8 0 は、第 1 固定電極指 7 8 と同様に、Z 軸方向から見て凹部 2 2 と一部が重なるように配置されている。第 1 固定電極指 7 8 および第 2 固定電極指 8 0 は、櫛歯状に配置された各可動電極指 7 2 間に挟まれるように配置されている。

【 0 0 4 3 】

第 1 配線 3 0 の、平面視で第 1 固定電極指 7 8 と重なる位置には、導電性を有する突起部 5 4 が形成されている。加速度センサー 1 は、突起部 5 4 を介して第 1 配線 3 0 と第 1 固定電極指 7 8 とが電氣的に接続されている。これにより、第 1 端子電極 3 4 は、第 1 配線 3 0 を介して第 1 固定電極指 7 8 と電氣的に接続されていることになる。

10

【 0 0 4 4 】

同様に、第 2 配線 3 6 の、平面視で第 2 固定電極指 8 0 と重なる位置には、導電性を有する突起部 5 6 が形成されている。加速度センサー 1 は、突起部 5 6 を介して第 2 配線 3 6 と第 2 固定電極指 8 0 とが電氣的に接続されている。これにより、第 2 端子電極 4 0 は、第 2 配線 3 6 を介して第 2 固定電極指 8 0 と電氣的に接続されていることになる。

【 0 0 4 5 】

第 3 配線 4 2 の、平面視で凹部 2 2 の - X 側の固定部 7 6 と重なる位置には、導電性を有する突起部 5 8 が形成されている。加速度センサー 1 は、突起部 5 8 を介して第 3 配線 4 2 と固定部 7 6 とが電氣的に接続されている。これにより、第 3 端子電極 4 6 は、第 3 配線 4 2 を介して固定部 7 6 と電氣的に接続され、固定部 7 6 から可撓部 7 4、アーム 7 0 を介して可動電極指 7 2 と電氣的に接続されていることになる。

20

【 0 0 4 6 】

突起部 5 4 , 5 6 , 5 8 の構成材料は、導電性を有するものであれば、特に限定されず、各種電極材料を用いることができるが、例えば、Au、Pt、Ag、Cu、Al などの金属単体またはこれらを含む合金などの金属が好適に用いられる。なお、突起部 5 4 , 5 6 , 5 8 は、例えば、基板 1 2 の各溝部の底面から突出した突起が各配線に覆われている構成としてもよい。また、第 1 配線 3 0、第 2 配線 3 6、第 3 配線 4 2 の、第 1 端子電極 3 4、第 2 端子電極 4 0、第 3 端子電極 4 6 および突起部 5 4 , 5 6 , 5 8 を除く領域は、他の構成要素との短絡を回避するために、例えば、SiO<sub>2</sub>を含む絶縁膜（不図示）で覆われていることが好ましい。

30

【 0 0 4 7 】

第 2 基板としての蓋体 6 4 は、図 3、図 4、および図 5 に示すように、凹部 6 4 a（キャビティー S 側の内面である天井面 6 4 e）と外面 6 4 b との間を貫通する孔部 9 0 を有している。孔部 9 0 は、外面 6 4 b 側に設けられている第 1 凹部 9 1 と、第 1 凹部 9 1 の内に設けられている第 2 凹部 9 5 と、第 2 凹部 9 5 と連通し凹部 6 4 a 側に設けられている連通孔部 9 2 とを含んで構成されている。

【 0 0 4 8 】

第 1 凹部 9 1 は、第 1 底部 9 1 b と、外面 6 4 b から所定の角度で内側に向かって傾斜する、換言すれば外面 6 4 b 側の平面積が第 1 底部 9 1 b 側の平面積より大きくなるように 4 つの内壁面が、所定の角度で傾斜する第 1 傾斜面（第 1 傾斜部）9 1 a とを備えている。つまり、第 1 凹部 9 1 は、第 1 傾斜部としての第 1 傾斜面 9 1 a と、第 1 底部 9 1 b とを備えた、略四角錐状に設けられている。

40

【 0 0 4 9 】

第 2 凹部 9 5 は、第 2 底部 9 5 b と、第 1 凹部 9 1 の第 1 底部 9 1 b から所定の角度で内側に向かって傾斜する、換言すれば第 1 底部 9 1 b 側の平面積が第 2 底部 9 5 b 側の平面積より大きくなるように 4 つの内壁面が、所定の角度で傾斜する第 2 傾斜面（第 2 傾斜部）9 5 a とを備えている。つまり、第 2 凹部 9 5 は、第 1 底部 9 1 b の平面積より小さな平面積で第 1 底部 9 1 b に開口し、第 2 傾斜部としての第 2 傾斜面 9 5 a と、第 2 底部 9 5 b とを備えた、略四角錐状に設けられている。

【 0 0 5 0 】

50

第2凹部95の開口形状は、後述する球状の封止部材94の球状の外面と、第2凹部95の第2傾斜面95aと第1凹部91の第1底部91bとの接続する開口稜（開口部の四辺の外周辺）の四辺とが、若干の隙間を有する、もしくは第2凹部95の開口稜（開口部の四辺の外周辺）に封止部材94が支えられて載置される程度の大きさに設定されることが好ましい。このような、大きさに第2凹部95を設けることにより、四つの第2傾斜面95a、もしくは四辺となる開口稜（開口部の四辺の外周辺）に封止部材94が支えられて載置されるため、孔部90内に投入される封止部材94の位置決めを安定して行ことが可能となる。

【0051】

また、四つの第2傾斜面95a、もしくは四辺となる開口稜（開口部の四辺の外周辺）に封止部材94が支えられて載置されるため、球状の封止部材94と、第2凹部95の四つの角部に隙間を生じることになる。この隙間により、封止部材をセットした状態で、キャビティの雰囲気調整をする場合の排気などの空気の出し入れを容易に行うことができる。また、連通孔部92の開口部が円形であっても、連通孔部92の円形の開口部と球状の封止部材94との間にも隙間が生じることにより、連通孔部92の円形の開口部に封止部材94が嵌り、連通孔部92が塞がれることを防止することができる。

また、連通孔部92の円形の開口部に封止部材94が嵌り、連通孔部92が塞がれた状態で真空封止を行う際に封止部材94が圧力差で外に飛び出してしまうことを防止することができる。

【0052】

また、外面64b側の孔部90の構成を、第1凹部91および第2凹部95の2段構成とすることにより、連通孔部92の直径をより小さくすることができるため、溶融した封止部材94がキャビティS内に流入することを低減することができる。

【0053】

また、外面64b側の孔部90の構成を、第1凹部91および第2凹部95の2段構成とすることにより、連通孔部92から第2傾斜面（第2傾斜部）95aまでの距離（長さ）を短くすることができる。換言すれば、蓋体64の薄肉部となる連通孔部92から第2底部95b端までの長さ（距離）を短くすることができる。これにより、蓋体64の薄肉部である第2底部95bと第2傾斜部95aとの接続部（角部）で集中する応力を小さくことができ、応力によるクラックを抑制することができる。

【0054】

そして、図4および図5に示すように、第1凹部91および第2凹部95の第1傾斜部としての第1傾斜面91a、第1底部91b、第2傾斜部としての第2傾斜面95a、および第2底部95bには、金属層の一例としての金属膜93が設けられている。換言すれば、金属膜93によって、第1傾斜面91a、第1底部91b、第2傾斜面95a、および第2底部95bが被覆されている。なお、金属膜93は、図示されているように、外面64bまで延在していてもよい。また、金属膜93は、一部の図では省略してある。

【0055】

このように、第1傾斜面91a、第1底部91b、第2傾斜面95a、および第2底部95bに金属膜93が設けられていることにより、第1傾斜面91a、第1底部91b、第2傾斜面95a、および第2底部95bと、後述する封止部材94との接合強度を高めることができる。なお、第1凹部91および第2凹部95が、外面64b側の開口面積が広がるような四角錐状をなしているため、金属膜93を容易に形成することができる。

【0056】

連通孔部92は、平面形状が円形に形成されている。また、連通孔部92は、平面積が第2凹部95の第2底部95bの平面積より小さくなるように形成されている。また、連通孔部92は、内壁面92aの少なくとも一部（ここでは全部）が、第2凹部95の第2底部95bに対して略直角（±7度程度の傾斜は許容範囲内）となるように形成されている。つまり、連通孔部92は、内壁面92aが円筒状に形成されていることとなる。なお、連通孔部92は、第2底部95bの略中央部に設けられていることが、後述する封止の

10

20

30

40

50

信頼性の観点から好ましい。

【0057】

このように、連通孔部92を平面視で円形とすることにより、応力集中を抑制することができる。連通孔部92の設けられている蓋体64は、蓋体64の厚さが比較的薄い部分である第2底部95bと凹部64a側の天井面64eとの間に位置している。したがって、応力によるクラックの発生などの影響を受けやすく、応力集中を抑制することによる破損防止効果が顕著となる。

【0058】

孔部90は、封止部材94により封止されている。詳述すると、蓋体64が基板12の主面16に、例えば、接着剤を用いた接合法、陽極接合法、直接接合法などを用いて気密に接合（固定）された後、封止部材94の一部が、孔部90の第2凹部95内に収まるように連通孔部92上に載置される。その後、レーザービームや電子ビームなどが封止部材94に照射され、溶融した封止部材94が第2凹部95および第1凹部91内に濡れ広がり、連通孔部92が封止（閉塞）される。ここで用いられる封止部材94は、第2凹部95の開口部の幅よりも大きく、且つ第1凹部91の球体で構成されている。

【0059】

なお、蓋体64が基板12に接合され、基板12の凹部22と蓋体64の凹部64aとを含んで構成される空間をキャビティー（内部空間）Sとする。孔部90の封止により気密に封止された加速度センサー1のキャビティー（内部空間）Sは、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガスが充填されて大気圧に近い状態、または減圧状態（真空度の高い状態）となっている。

【0060】

図3に示すように、第2基板としての蓋体64の凹部64aの内壁面64cは、基板12との接合面64dに対して略直角（±7度程度の傾斜は許容範囲内）に形成されている。蓋体64の構成材料としては、特に限定されないが、例えば、シリコン、ガラスなどを好適に用いることができる。ここでは、蓋体64の主材料としてシリコンを用いることを想定している。また、蓋体64は、シリコンの（100）面が外面64bに沿っていることが、本実施形態の形状を確実に形成する上で好ましい。このような、シリコン基板を用いることにより、上述した、平面視で矩形形状（略四角錐状）の第1凹部91および第2凹部95を容易に構成することができる。

【0061】

なお、封止部材94の構成材料としては、特に限定されないが、Au-Ge合金、Au-Sn合金、Sn-Pb合金、Pb-Ag合金などを好適に用いることができる。また、金属膜93の構成としては、特に限定されないが、Ti-W合金の下地層にAuが積層された構成、Crの下地層にAuが積層された構成などを好適に用いることができる。

【0062】

また、上述では、孔部90の構成を、第1凹部91および第2凹部95の2段構成としたが、これに限らない。孔部90の構成としては、例えば第1凹部91をさらに分段した2段構成とし、第2凹部95と合わせて3段構成の凹部を形成するなど、3段以上の多段構成とすることも可能である。

【0063】

ここで、加速度センサー1の動作について説明する。

加速度センサー1は、第1固定電極指78と、第1固定電極指78に-X側から対向する可動電極指72との間で第1コンデンサーが形成され、第2固定電極指80と、第2固定電極指80に+X側から対向する可動電極指72との間で第2コンデンサーが形成される。この状態で、加速度センサー1に、例えば、-X方向に加速度が印加されると、アーム70および可動電極指72が慣性により+X方向に変位する。このとき、第1固定電極指78と可動電極指72との間隔は狭くなるので、第1コンデンサーの静電容量は増加する。また、第2固定電極指80と可動電極指72との間隔は広くなるので、第2コンデンサーの静電容量は減少する。逆に、+X方向に加速度が印加され、アーム70および可動

10

20

30

40

50

電極指72が-X方向に変位すると、第1コンデンサーの静電容量は減少し、第2コンデンサーの静電容量は増加する。

【0064】

したがって、加速度センサー1は、第1端子電極34と第3端子電極46との間で検出される第1コンデンサーの静電容量の変化と、第2端子電極40と第3端子電極46との間で検出される第2コンデンサーの静電容量の変化との差分を検出することにより、加速度センサー1に印加される加速度の大きさとその方向を検出することができる。そして、加速度センサー1は、2つのコンデンサーの静電容量の変化の差分を検出するので、高い感度で加速度を検出することができる。

【0065】

上述したように、加速度センサー1によれば、蓋体64の外表面64bと凹部64aの天井面64eとを貫通する孔部90に、第1凹部91と、第1凹部91より外形の小さな第2凹部95を有している。孔部90に投入される封止部材94の外径形状は、第2凹部95の第2傾斜面95aの一部に殆んど隙間なく収まる大きさに設定されるため、第2凹部95によって封止部材94の位置決めを行うことができる。換言すれば、第2凹部95により、投入された封止部材94の配置位置を定めることができるため、封止部材94の溶融を位置バラツキのない状態で行うことができる。また、第2凹部95よりも開口面積が大きく容積の大きな第1凹部91により、ばらつきの無い位置で溶融し、第2凹部95から溢れ出した封止部材94を受け留めることができる。したがって、封止部材94が孔部90内の一方に偏った位置で溶融、および凝固してしまうことによる、孔部90からの溢れ出しや、連通孔部92の不完全な封止を減少させることができる。このように、キャビティ(内部空間)5内を確実な気密状態となるように封止を行うことができる。

【0066】

また、加速度センサー1によれば、第1凹部91の第1底部91bは外側に向かって広がる第1傾斜面91aに接続され、第2凹部95の第2底部95bは外側に向かって広がる第2傾斜面95aと接続されているため、第1傾斜面91aと第1底部91bとの接続角度、および第2傾斜面95aと第2底部95bとの接続角度が、鈍角となる。これにより、溶融した封止部材94の接続部分への浸潤が良好となり、凝固する際に包含してしまう気泡を減少させることが可能となるため、包含された気泡の熱変化(体積変化)による蓋体64への応力ストレスを減少させることができ、蓋体64に生じる虞のある破損(例えば、クラックの発生)などの不具合の発生を抑制することが可能となる。

【0067】

上述したように、加速度センサー1は、孔部90に、外表面64b側に設けられている第1凹部91および第2凹部95と、凹部64a側に設けられている連通孔部92とを含み、連通孔部92平面形状が円形で、内壁面92aの少なくとも一部(ここでは全部)が、第2凹部95の第2底部95bに対して略直角である。このことから、加速度センサー1は、例えば、従来の空間部(キャビティ(内部空間)5に相当)側の先端が鋭利な形状となっているスルーホール(孔部90に相当)と比較して、連通孔部92の強度(機械的強度)が向上し、第2凹部95の第2底部95bとの接続部および凹部64aとの接続部とも、破損し難くなっている。

【0068】

加えて、加速度センサー1は、連通孔部92の平面形状が円形で、平面積が第2凹部95の第2底部95bの平面積より小さいことから、例えば、連通孔部92より大きく第2凹部95より小さい球状の封止部材94を、連通孔部92を覆うように載置し、溶融することにより連通孔部92を確実に封止することができる。この際、加速度センサー1は、連通孔部92の平面形状が円形であることから、球状の封止部材94を連通孔部92上に安定して載置することができる。これらの結果、加速度センサー1は、孔部90の封止の信頼性を向上させることができる。

【0069】

また、加速度センサー1は、基板12がガラスを主材料とし、蓋体64がシリコンを主

10

20

30

40

50

材料とすることから、基板 12 と蓋体 64 とを陽極接合することができる。これにより、加速度センサー 1 は、別途接合部材を用いることなく、基板 12 と蓋体 64 とを確実に接合することができる。

また、加速度センサー 1 は、蓋体 64 がシリコンを主材料とし、シリコンの(100)面が外面 64b に沿っていることから、第 1 傾斜面 91a を含む第 1 凹部 91、および第 2 傾斜面 95a を含む第 2 凹部 95 を、四角錐状に、容易に形成することができる。

【0070】

また、加速度センサー 1 は、孔部 90 の第 1 凹部 91 の外面 64b 側の平面積が第 1 底部 91b 側の平面積より大きくなるように内壁面が傾斜した第 1 傾斜面 91a となっていることから、例えば、スパッタリング法、蒸着法などにより、金属膜 93 を第 1 底部 91b および第 1 傾斜面 91a に成膜する際に、内壁面が垂直(第 1 底部 91b に対して直角)な場合と比較して、金属膜 93 を第 1 傾斜面 91a に、より確実に成膜することができる。また、同様に、孔部 90 の第 2 凹部 95 の第 1 底部 91b 側の平面積が連通孔部 92 側の平面積より大きくなるように内壁面が傾斜した第 2 傾斜面 95a となっていることから、例えば、スパッタリング法、蒸着法などにより、金属膜 93 を第 2 底部 95b および第 2 傾斜面 95a に成膜する際に、第 2 傾斜面 95a に、より確実に成膜することができる。これにより、加速度センサー 1 は、封止部材 94 が第 2 凹部 95 および第 1 凹部 91 内に確実に濡れ広がり、孔部 90(連通孔部 92)を確実に封止することができる。

【0071】

加えて、加速度センサー 1 は、孔部 90 の第 1 凹部 91 の第 1 傾斜面 91a や第 1 底部 91b、および第 2 凹部 95 の第 2 傾斜面 95a や第 2 底部 95b が金属膜 93 で被覆されている、換言すれば、連通孔部 92 の内壁面 92a が金属膜 93 で被覆されていないことから、封止部材 94 が連通孔部 92 の凹部 64a 側の先端までは濡れ広がり難くなる。これにより、加速度センサー 1 は、溶融した封止部材 94 が凹部 64a(キャビティー(内部空間)S)内に飛散することを抑制できる。加えて、封止部材 94 と金属膜 93 との接続強度を高めることができ、封止の信頼性を向上させることができる。

【0072】

(加速度センサーの製造方法)

図 6、図 7A ~ 図 7F、および図 8A ~ 図 8C を参照しながら、本発明の電子デバイスの一例としての加速度センサーの製造方法を説明する。図 6 は、加速度センサーの主要な製造工程を示すフローチャートである。図 7A ~ 図 7F、および図 8A ~ 図 8C は、加速度センサーの主要な製造工程を説明する模式断面図である。なお、各図の断面位置は、図 3 と同様である。

【0073】

図 6 に示すように、加速度センサーの製造方法は、蓋体準備工程 S101 と、蓋体ドライエッチング工程 S102 と、蓋体ウェットエッチング工程 S103 と、蓋体接合工程 S104 と、孔部封止工程 S105 と、分割工程 S106 と、を含んでいる。

【0074】

[蓋体準備工程 S101]

まず、図 7A に示すように、複数個取りされ、平板のウエハー状に形成されている加工前の蓋体 64(シリコン基板)を用意する。このシリコン基板は、(100)面の結晶方位性を持つことが好ましい。

【0075】

[蓋体ドライエッチング工程 S102]

次に、図 7B に示すように、蓋体 64 の外面 64b 側および接合面 64d 側となるシリコン基板の全面にエッチング保護膜 210b, 211b を成膜し、成膜したエッチング保護膜 210b, 211b を、孔部 90 を構成する連通孔部 92 の形状にパターンニングし、マスクを形成する。なお、このエッチング保護膜 210b, 211b は、シリコンの表面を熱酸化させて形成する SiO<sub>2</sub> などの酸化膜でもよい。

そして、SF<sub>6</sub>(六フッ化硫黄)ガスなどのエッチングガスを用いたドライエッチング

10

20

30

40

50

により、蓋体 6 4 に孔部 9 0 を構成する連通孔部 9 2 の形状を形成する。

【 0 0 7 6 】

次に、図 7 C に示すように、エッチング保護膜 2 1 0 c , 2 1 1 c を孔部 9 0 の連通孔部 9 2 の形状、凹部 6 4 a の形状などにパターンニングし、S F 6 (六フッ化硫黄) ガスなどのエッチングガスを用いたドライエッチングにより、蓋体 6 4 の孔部 9 0 を構成する連通孔部 9 2 の形状、凹部 6 4 a の形状などを形成する。この場合、連通孔部 9 2 の内壁面 9 2 a および凹部 6 4 a の内壁面 6 4 c は、ドライエッチング加工であることにより、シリコンの結晶面の向きなどに影響されず、接合面 6 4 d および凹部 6 4 a の天井面 6 4 e に対して略直角に形成される。加えて、連通孔部 9 2 の平面形状も、同様に、ドライエッチング加工であることにより、シリコンの結晶面の向きなどに影響されず、円形に形成される。なお、凹部 8 8 は、基板 1 2 の端子部 2 0 を一時的に覆う保護部となる。

10

【 0 0 7 7 】

ここで、仮に、連通孔部 9 2 および凹部 6 4 a をウェットエッチング加工した場合には、後述する蓋体ウェットエッチング工程 S 1 0 3 のように、シリコンの結晶面の向きなどに影響されて、連通孔部 9 2 の内壁面 9 2 a は、凹部 6 4 a 側が広がるように傾斜し、凹部 6 4 a の内壁面 6 4 c は、接合面 6 4 d 側が広がるように傾斜してしまう。加えて、連通孔部 9 2 の平面形状は、四角形となってしまう。

【 0 0 7 8 】

[ 蓋体ウェットエッチング工程 S 1 0 3 ]

次に、一旦、エッチング保護膜 2 1 0 c , 2 1 1 c を剥離した後、図 7 D に示すように、外面 6 4 b 側および凹部 6 4 a 側 (接合面 6 4 d 側) の全面に再度エッチング保護膜 2 1 0 d , 2 1 1 d を成膜し、外面 6 4 b 側のエッチング保護膜 2 1 0 d を蓋体 6 4 の端子部 2 0 側の外形形状および孔部 9 0 の形状にパターンニングし、マスクを形成する。このエッチング保護膜 2 1 0 d , 2 1 1 d は、シリコンの表面を熱酸化させて形成する S i O<sub>2</sub> などの酸化膜で構成することが好ましい。

20

【 0 0 7 9 】

ここで、孔部 9 0 の形状に対応するパターンニングでは、外面 6 4 b 側と反対側の上面に開口する有底の凹部 6 7 と、凹部 6 7 の底部に外面 6 4 b が露出するように開口する連通部 6 9 とを備えた、二段構成のマスク孔のパターンニングを行う。

【 0 0 8 0 】

そして、K O H (水酸化カリウム) 水溶液などのエッチング液を用いたウェットエッチングにより、蓋体 6 4 の端子部 2 0 側の外形形状の途中までの形状、および孔部 9 0 の第 2 凹部 9 5 に相当する形状を形成する。

30

【 0 0 8 1 】

このとき、エッチング保護膜 2 1 0 d , 2 1 1 d も僅かながらエッチングされ、図 7 E に示すように、孔部 9 0 に対応する二段構成のマスク孔の部分は、連通部 6 9 が消滅し凹部 6 7 に相当する部分が残存するエッチング保護膜 2 1 0 e , 2 1 1 e が形成される。

次に、さらに K O H (水酸化カリウム) 水溶液などのエッチング液を用いたウェットエッチングを進め、図 7 E に示すように、蓋体 6 4 の端子部 2 0 側の外形形状の続き、および孔部 9 0 の第 1 凹部 9 1 に相当する形状を形成する。

40

【 0 0 8 2 】

この際、蓋体 6 4 は、シリコンの ( 1 0 0 ) 面の結晶面が外面 6 4 b に沿っていること、およびウェットエッチング加工であることにより、孔部 9 0 の第 1 凹部 9 1 の外面 6 4 b 側の平面積が第 1 底部 9 1 b (図 7 F 参照) 側の平面積より大きくなるように (換言すれば、第 1 凹部 9 1 の外面 6 4 b 側が広がるように) 内壁面が傾斜した第 1 傾斜面 9 1 a (図 7 F 参照) が形成される。また、同様に、第 2 凹部 9 5 の第 1 底部 9 1 b 側の平面積が第 2 底部 9 5 b 側の平面積より大きくなるように (換言すれば、第 2 凹部 9 5 の第 1 凹部 9 1 側が広がるように) 内壁面が傾斜した第 2 傾斜面 9 5 a (図 7 F 参照) が形成される。なお、第 2 凹部 9 5 の開口形状は、封止部材 9 4 の球状の外面と、第 2 凹部 9 5 の第 2 傾斜面 9 5 a と第 1 凹部 9 1 の第 1 底部 9 1 b との接続する開口稜 (開口部の四辺の外

50

周辺)の四辺とが若干の隙間を有する、もしくは第2凹部95の開口稜(開口部の四辺の外周辺)に封止部材94が支えられて載置される程度の大きさに形成する。このようにして、平面視で矩形形状であって、2段構造の第1凹部91および第2凹部95が形成される。

#### 【0083】

次に、図7Fに示すように、エッチング保護膜210e, 211eを剥離する。これにより、孔部90の第2凹部95と連通孔部92とが連通することになる。なお、連通孔部92の内壁面92aは、第2凹部95の第2底部95bに対して、略直角に形成されている。

#### 【0084】

ここで、仮に、連通孔部92を凹部64a側からウェットエッチングにより形成した場合には、上述したように、連通孔部92の内壁面92aが、凹部64a側が広がるように傾斜し、第2凹部95の第2底部95bとの接続部が鋭利となることから、孔部90が破損し易くなる虞がある。

#### 【0085】

##### [蓋体接合工程S104]

次に、図8Aに示すように、凹部22や第1配線30、第2配線36、図示しない第3配線42などが設けられ、機能素子100が配置された複数個取りのウエハー状の基板12を用意する。そして、この複数個取りのウエハー状の基板12に、予め孔部90、第1凹部91の第1傾斜面91a、および第1底部91bと、第2凹部95の第2傾斜面95aおよび第2底部95bと、外面64bの一部と、を金属膜93で被覆しておいた蓋体64を、凹部64aで機能素子100を覆うようにして接合(固定)する。

なお、金属膜93は、蓋体64を基板12に接合した後に形成してもよい。この場合は、例えば、開口マスクを用いて選択的に金属膜93をスパッタリングさせる方法を用いることができる。

蓋体64の接合方法としては、例えば、接着剤を用いた接合法、陽極接合法、直接接合法などを好適に用いることができる。ここでは、陽極接合法を想定している。

#### 【0086】

次に、図8Aの左側の蓋体64の外形形状の部分において、蓋体64の接合面64dと、基板12の図示しない各配線が設けられている各溝部とが交差する隙間部分(図1、図2参照)に、例えば、SiO<sub>2</sub>、SiNなどの充填部材をスパッタリング法、CVD法などを用いて成膜し、気密に封止する。

#### 【0087】

##### [孔部封止工程S105]

次に、図8Bに示すように、キャビティー(内部空間)Sが、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガスが充填されて大気圧に近い状態、または減圧状態(真空度の高い状態)において、球状の封止部材94を、蓋体64の孔部90の第2凹部95に、連通孔部92を覆うように載置する。この際、第2凹部95の開口形状により、四つの第2傾斜面95a、もしくは四辺となる開口稜(開口部の四辺の外周辺)に封止部材94が支えられて載置されるため、孔部90内に投入される封止部材94の位置決めを安定して行することができる。

#### 【0088】

次に、図8Cに示すように、レーザービームや電子ビームなどを球状の封止部材94に照射(図中矢印で示す)して封止部材94を溶融し、溶融した封止部材94を第2凹部95および第1凹部91内に濡れ広がらせ、孔部90(連通孔部92)を封止(閉塞)する。この際、四つの第2傾斜面95a、もしくは四辺となる開口稜(開口部の四辺の外周辺)に封止部材94が支えられて載置されるため、球状の封止部材94と、第2凹部95の四つの角部に隙間を生じることになる。この隙間により、封止部材をセットした状態で、キャビティーの雰囲気調整をする場合の排気などの空気の出し入れを容易に行うことができる。また、連通孔部92の開口部が円形であっても、連通孔部92の円形の開口部と球

10

20

30

40

50

状の封止部材 9 4 との間にも隙間が生じることにより、連通孔部 9 2 の円形の開口部に封止部材 9 4 が嵌り、連通孔部 9 2 が塞がれることを防止することができる。また、連通孔部 9 2 の円形の開口部に封止部材 9 4 が嵌り、連通孔部 9 2 が塞がれた状態で真空封止を行う際に封止部材 9 4 が圧力差で外に飛び出してしまうことを防止することができる。

また、第 2 凹部 9 5 から溢れ出た封止部材 9 4 を、容積の大きな第 1 凹部 9 1 内で受け留めることができる。これにより、キャビティー（内部空間）S は、気密に封止されたことになる。

#### 【 0 0 8 9 】

この際、連通孔部 9 2 の内壁面 9 2 a（図 4 参照）には、金属膜 9 3 が成膜されていないことから、溶融した封止部材 9 4 が連通孔部 9 2 内に濡れ広がり難くなる。これにより、溶融した封止部材 9 4 が連通孔部 9 2 を経由してキャビティー（内部空間）S に飛散し、機能素子 1 0 0 などに付着する不具合が抑制される。

#### 【 0 0 9 0 】

##### [ 分割工程 S 1 0 6 ]

次に、図示しないが、蓋体 6 4 における不要部分を除去した後、図示しないダイシングソーなどの切断装置により、個別に分割する。

上記の各工程などを経ることにより、図 1 ~ 図 5 に示すような加速度センサー 1 を得ることができる。

#### 【 0 0 9 1 】

上述したように、加速度センサー 1 の製造方法は、蓋体 6 4 の孔部 9 0 の第 1 凹部 9 1 および第 2 凹部 9 5 を、ウェットエッチングで形成する工程（蓋体ウェットエッチング工程 S 1 0 3）を含んでいる。この工程では、孔部 9 0 の形状に対応するパターンニング（エッチングマスク形成）において、外面 6 4 b 側と反対側の上面に開口する有底の凹部 6 7 と、凹部 6 7 の底部に外面 6 4 b が露出するように開口する連通部 6 9 とを備えた、二段構成のマスク孔のパターンニング（エッチングマスク形成）によるエッチングマスクを用いてウェットエッチングを行う。これにより、第 1 凹部 9 1 を、外面 6 4 b 側の平面積が第 1 底部 9 1 b 側の平面積より大きくなるように内壁面が傾斜した第 1 傾斜面 9 1 a を形成することができる。さらに、第 2 凹部 9 5 を、外面 6 4 b 側（第 1 底部 9 1 b 側）の平面積が第 2 底部 9 5 b 側の平面積より大きくなるように内壁面が傾斜した第 2 傾斜面 9 5 a を形成することができる。このように、第 1 凹部 9 1 および第 2 凹部 9 5 の二段構成の孔部 9 0 の一部（封止部材 9 4 の投入側）を容易に形成することができる。

#### 【 0 0 9 2 】

また、加速度センサー 1 の製造方法によれば、孔部封止工程 S 1 0 5 において、孔部 9 0 に投入される封止部材 9 4 の位置決めを、第 1 凹部 9 1 より外形の小さな第 2 凹部 9 5 によって行うことができ、封止部材 9 4 の溶融を位置バラツキのない状態で行うことができる。また、第 2 凹部 9 5 よりも開口面積が大きく容積の大きな第 1 凹部 9 1 により、第 2 凹部 9 5 から溢れ出した封止部材 9 4 を受け留めることができる。したがって、封止部材 9 4 が孔部 9 0 内の一方に偏った位置で溶融、および凝固してしまうことによる、孔部 9 0 からの溢れ出しや、連通孔部 9 2 の不完全な封止を減少させることができる。

#### 【 0 0 9 3 】

また、加速度センサー 1 によれば、第 1 凹部 9 1 の第 1 底部 9 1 b は外側に向かって広がる第 1 傾斜面 9 1 a に接続され、第 2 凹部 9 5 の第 2 底部 9 5 b は外側に向かって広がる第 2 傾斜面 9 5 a と接続されているため、第 1 傾斜面 9 1 a と第 1 底部 9 1 b との接続角度、および第 2 傾斜面 9 5 a と第 2 底部 9 5 b との接続角度が、鈍角となる。これにより、溶融した封止部材 9 4 の接続部分への浸潤が良好となり、凝固する際に包含してしまう気泡を減少させることが可能となるため、包含された気泡の熱変化（体積変化）による蓋体 6 4 への応力ストレスを減少させることができ、蓋体 6 4 に生じる虞のある破損（例えば、クラックの発生）などの不具合の発生を抑制することが可能となる。

#### 【 0 0 9 4 】

加えて、加速度センサー 1 の製造方法は、蓋体 6 4 の孔部 9 0 の連通孔部 9 2 を、ドラ

10

20

30

40

50

イエッチングで形成する工程（蓋体ドライエッチング工程 S 1 0 2）を含むことから、連通孔部 9 2 を、平面形状が円形で、内壁面 9 2 a の少なくとも一部（ここでは全部）が、第 2 凹部 9 5 の第 2 底部 9 5 b に対して略直角となる形状に形成することができる。これにより、更なる小型化を図ることが可能な加速度センサー 1 を製造し提供することができる。

【 0 0 9 5 】

これらにより、加速度センサー 1 の製造方法は、孔部 9 0 の封止状態を安定させ、且つ蓋体 6 4 に生じる不具合を減少させるなど、信頼性を向上させた加速度センサー 1 を製造し提供することができる。

【 0 0 9 6 】

なお、加速度センサー 1 の製造方法は、上述したような複数個取りの方法ではなく、最初から個別に製造してもよい。この場合には、分割工程は不要となる。

【 0 0 9 7 】

また、加速度センサー 1 の蓋体 6 4 の凹部 6 4 a の内壁面 6 4 c の角度は、基板 1 2 との接合面 6 4 d に対して略直角に限定されるものではなく、接合面 6 4 d に近づくに従い凹部 6 4 a が広がるように傾斜していてもよい。

【 0 0 9 8 】

（電子機器）

次に、上述した電子デバイスを備えている電子機器について説明する。図 9 は、電子デバイスを備えている電子機器としてのモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を模式的に示す斜視図である。

図 9 に示すように、パーソナルコンピュータ 1 1 0 0 は、キーボード 1 1 0 2 を備えた本体部 1 1 0 4 と、表示部 1 1 0 1 を有する表示ユニット 1 1 0 6 とにより構成され、表示ユニット 1 1 0 6 は、本体部 1 1 0 4 に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピュータ 1 1 0 0 には、電子デバイスとしての加速度センサー 1 が内蔵されている。

【 0 0 9 9 】

図 1 0 は、電子デバイスを備えている電子機器としての携帯電話機（PHS も含む）の構成を模式的に示す斜視図である。図 1 0 に示すように、携帯電話機 1 2 0 0 は、複数の操作ボタン 1 2 0 2、受話口 1 2 0 4 および送話口 1 2 0 6 を備え、操作ボタン 1 2 0 2 と受話口 1 2 0 4 との間には、表示部 1 2 0 1 が配置されている。このような携帯電話機 1 2 0 0 には、電子デバイスとしての加速度センサー 1 が内蔵されている。

【 0 1 0 0 】

図 1 1 は、電子デバイスを備えている電子機器としてのデジタルスチールカメラの構成を模式的に示す斜視図である。なお、この図 1 1 には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチールカメラ 1 3 0 0 は、被写体の光像を CCD (Charge Coupled Device) などの撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

【 0 1 0 1 】

デジタルスチールカメラ 1 3 0 0 におけるケース（ボディー） 1 3 0 2 の背面（図中手前側）には、表示部 1 3 1 0 が設けられ、CCD による撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部 1 3 1 0 は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース 1 3 0 2 の正面側（図中奥側）には、光学レンズ（撮像光学系）や CCD などを含む受光ユニット 1 3 0 4 が設けられている。撮影者が表示部 1 3 1 0 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1 3 0 6 を押下すると、その時点における CCD の撮像信号が、メモリー 1 3 0 8 に転送・格納される。

【 0 1 0 2 】

また、このデジタルスチールカメラ 1 3 0 0 においては、ケース 1 3 0 2 の側面に、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 と、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 とが設けられている。

10

20

30

40

50

そして、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 には、テレビモニター 1 4 3 0 が、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 には、パーソナルコンピューター 1 4 4 0 が、それぞれ必要に応じて接続される。更に、所定の操作により、メモリー 1 3 0 8 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1 4 3 0 や、パーソナルコンピューター 1 4 4 0 に出力される構成になっている。このようなデジタルスチールカメラ 1 3 0 0 には、電子デバイスとしての加速度センサー 1 が内蔵されている。

#### 【 0 1 0 3 】

このような電子機器は、上述した電子デバイスを備えていることから、上記実施形態で説明した効果が反映され、小型化が図られ信頼性に優れている。なお、上述した電子デバイスを備えている電子機器としては、これら以外に、例えば、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、各種ナビゲーション装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS 端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類、フライトシミュレーターなどが挙げられる。いずれの場合にも、これらの電子機器は、上述した電子デバイスを備えていることから、上記実施形態で説明した効果が反映され、小型化が図られ信頼性に優れている。

#### 【 0 1 0 4 】

（移動体）

次に、上述した電子デバイスを備えている移動体について説明する。図 1 2 は移動体の一例としての自動車を模式的に示す斜視図である。自動車 1 5 0 0 には、電子デバイスとしての加速度センサー 1 が搭載されている。例えば、同図に示すように、移動体としての自動車 1 5 0 0 には、加速度センサー 1 を内蔵してタイヤ 1 5 0 3 などを制御する電子制御ユニット 1 5 1 0 が車体 1 5 0 1 に搭載されている。これによれば、自動車 1 5 0 0 は、上述した電子デバイスを備えていることから、上記実施形態で説明した効果が反映され、信頼性に優れている。なお、加速度センサー 1 は、他にもキーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS）、エアバック、タイヤ・プレッシャー・モニタリング・システム（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター、車体姿勢制御システム、等の電子制御ユニット（ECU：Electronic Control Unit）に広く適用できる。

#### 【 0 1 0 5 】

上述した電子デバイスは、上記自動車 1 5 0 0 に限らず、自走式ロボット、自走式搬送機器、列車、船舶、飛行機、人工衛星などを含む移動体の姿勢検出センサーなどとして好適に用いることができ、いずれの場合にも、上記実施形態で説明した効果が反映され、信頼性に優れた移動体を提供することができる。

#### 【 0 1 0 6 】

なお、上述した電子デバイスは、加速度センサーに限定されるものではなく、機能素子が角速度検出機能を備えている角速度センサー、機能素子が圧力検出機能を備えている圧力センサー、機能素子が重量検出機能を備えている重量センサーや、これらのセンサー（加速度センサーを含む）が複合した複合センサーなどであってもよい。

また、電子デバイスは、機能素子が振動片である振動子、発振器、周波数フィルターなどであってもよい。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 1 0 7 】

1 ... 電子デバイスとしての加速度センサー、1 2 ... 基板、1 6 ... 主面、2 0 ... 端子部、2 2 ... 凹部、2 4 ... 第 1 溝部、2 6 ... 第 2 溝部、2 8 ... 第 3 溝部、3 0 ... 第 1 配線、3 4 ... 第 1 端子電極、3 6 ... 第 2 配線、4 0 ... 第 2 端子電極、4 2 ... 第 3 配線、4 6 ... 第 3 端

10

20

30

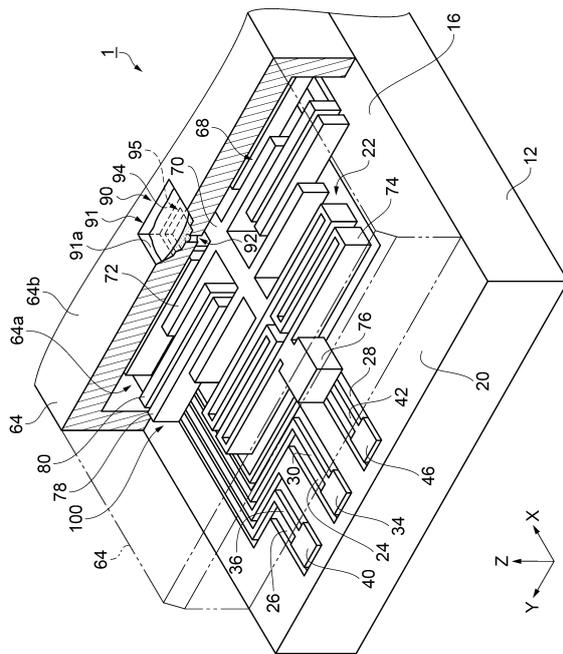
40

50

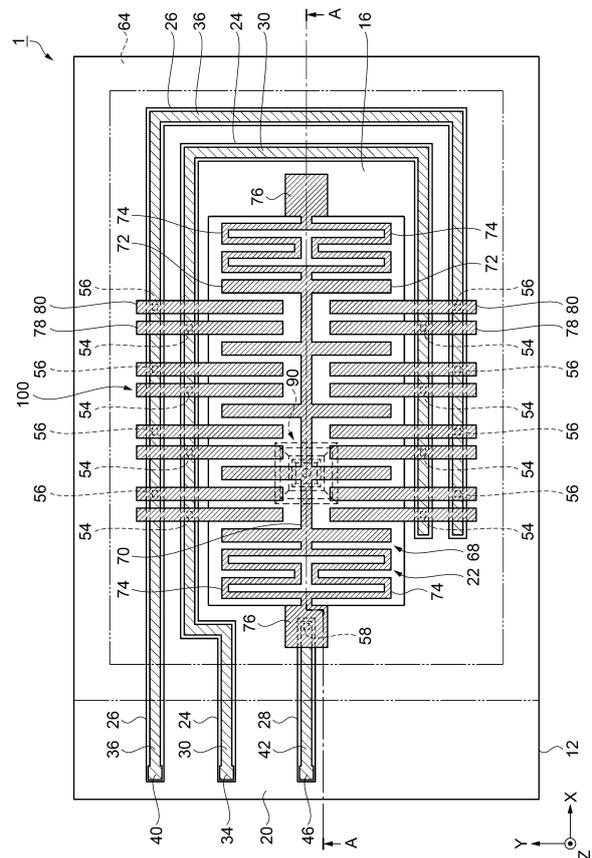
子電極、54、56、58...突起部、64...蓋体、64a...凹部、64b...外面、64c...内壁面、64d...接合面、64e...天井面、67...凹部、68...可動部、69...連通部、70...アーム、72...可動電極指、74...可撓部、76...固定部、78...第1固定電極指、80...第2固定電極指、90...孔部、91...第1凹部、91a...第1傾斜面、91b...第1底部、92...連通孔部、92a...内壁面、93...金属膜、94...封止部材、95...第2凹部、95a...第2傾斜面、95b...第2底部、100...機能素子、210b~210e、211b~211e...エッチング保護膜、1100...電子機器としてのパーソナルコンピューター、1101...表示部、1102...キーボード、1104...本体部、1106...表示ユニット、1200...電子機器としての携帯電話機、1201...表示部、1202...操作ボタン、1204...受話口、1206...送話口、1300...電子機器としてのデジタルスチールカメラ、1302...ケース、1304...受光ユニット、1306...シャッターボタン、1308...メモリー、1310...表示部、1312...ビデオ信号出力端子、1314...入出力端子、1430...テレビモニター、1440...パーソナルコンピューター、1500...移動体としての自動車、S...内部空間。

10

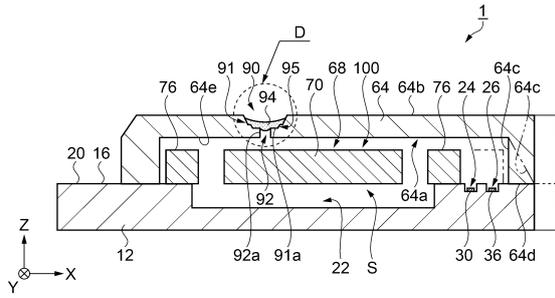
【図1】



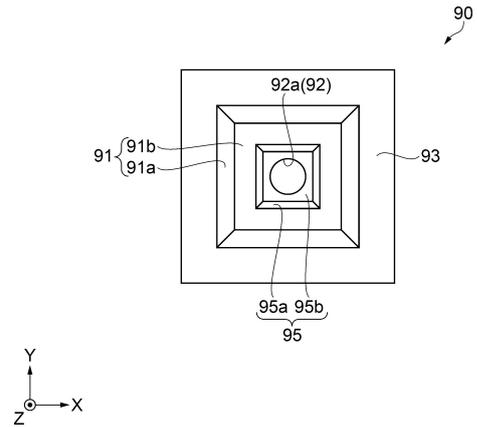
【図2】



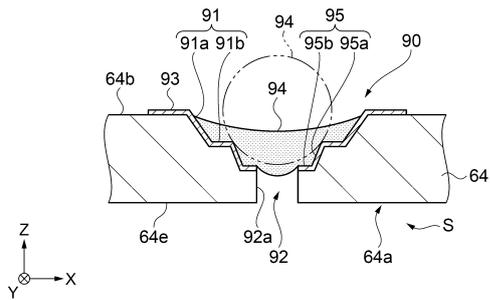
【図3】



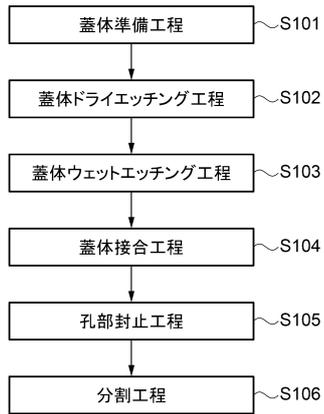
【図5】



【図4】



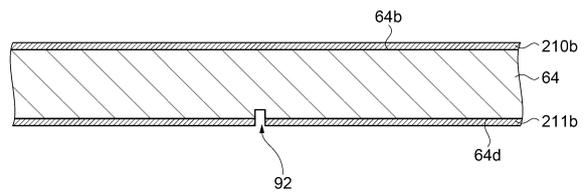
【図6】



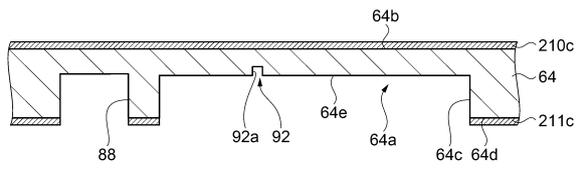
【図7A】



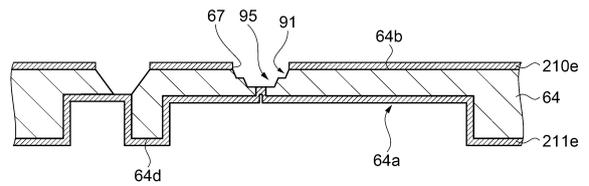
【図7B】



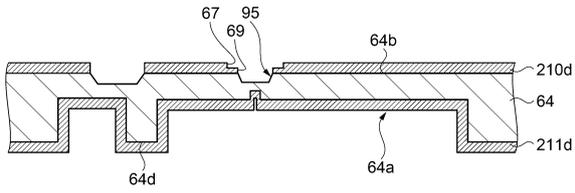
【図7C】



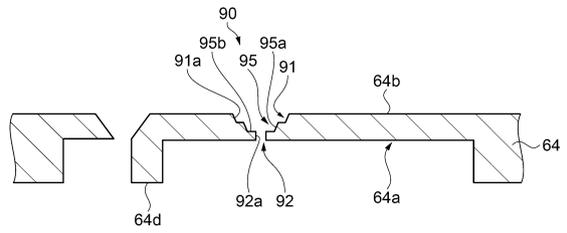
【図7E】



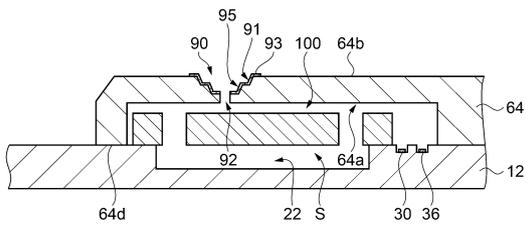
【図7D】



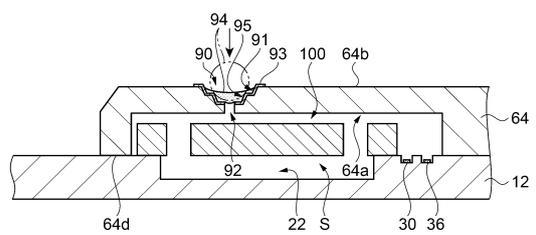
【図7F】



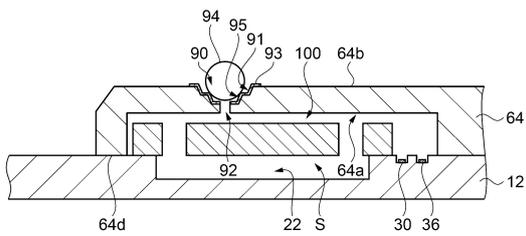
【図8A】



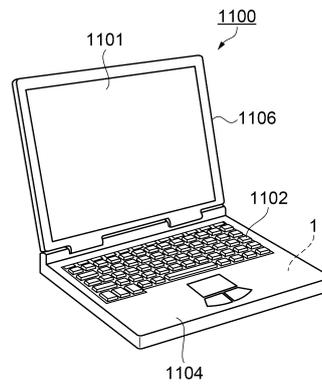
【図8C】



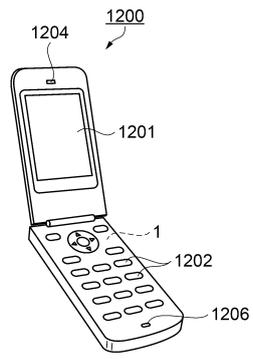
【図8B】



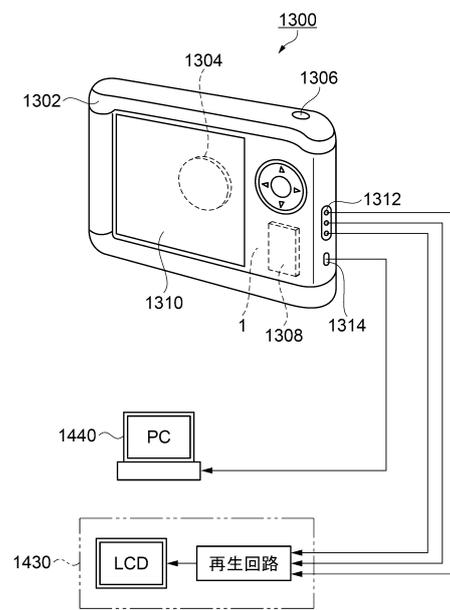
【図9】



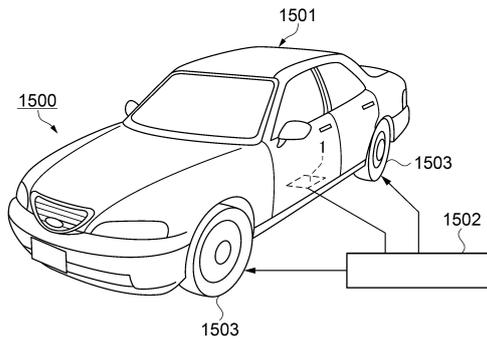
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		
<i>H 0 1 L 29/84</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 1 L	29/84	Z
		H 0 1 L	23/02	B
		G 0 1 P	15/08	1 0 1 A

審査官 北川 創

(56) 参考文献 特開 2 0 1 5 - 0 5 2 4 5 6 ( J P , A )  
 特開昭 5 3 - 0 4 3 4 7 7 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 3 - 1 5 3 0 3 8 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 4 - 0 1 7 3 4 6 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 9 - 1 8 2 9 2 4 ( J P , A )  
 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 0 5 9 4 7 5 ( U S , A 1 )  
 米国特許第 0 6 2 5 1 6 9 8 ( U S , B 1 )

(58) 調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 1 P 1 5 / 0 8 - 1 5 / 1 2 5  
 G 0 1 C 1 9 / 5 6 - 1 9 / 5 7 8 3  
 H 0 1 L 2 9 / 8 4  
 H 0 1 L 2 3 / 0 2  
 B 8 1 B 7 / 0 2  
 B 8 1 C 3 / 0 0