



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

微細構造デバイスにおいて、  
デバイス本体であって、

少なくとも 1 つの応力感応構成要素を含む応力隔離領域と、  
前記デバイス本体を格納するパッケージに取り付けられるように構成され、かつ、適合される、載置ベースであって、前記載置ベースが、前記載置ベースに与えられるパッケージング応力から前記応力感応構成要素を隔離するために、前記デバイス本体に沿って、前記応力隔離領域から横方向にオフセットされる、載置ベースと、  
を含む、デバイス本体を備える、  
微細構造デバイス。

10

**【請求項 2】**

前記デバイス本体が、前記応力感応構成要素および載置ベースを画定する、平面ウエハ構成要素である、請求項 1 に記載の微細構造デバイス。

**【請求項 3】**

前記応力隔離領域および前記載置ベースは、前記デバイス本体の中に画定される台座によって分離され、前記台座が、前記応力隔離領域の幅および前記載置ベースの幅よりも狭い幅を有する、請求項 2 に記載の微細構造デバイス。

**【請求項 4】**

前記載置ベースの縁部に載置されるパッケージをさらに備え、前記載置ベースの前記縁部が、前記デバイス本体の前記応力隔離領域に背いている、請求項 1 に記載の微細構造デバイス。

20

**【請求項 5】**

前記応力感応構成要素が、湿度センサ、フローセンサ、化学センサ、ガス分析器、粒子検出器、および圧力センサから成る群から選択される、媒体センサを含み、前記媒体センサが、前記デバイス本体と、前記デバイス本体に接着されたウエハ構成要素である第 2 の本体との間に画定される流路を通して、環境条件と流体連通している、請求項 1 に記載の微細構造デバイス。

**【請求項 6】**

前記流路が、その最小線寸法が前記媒体センサに隣接して該流路と流体連通しているセンサ空洞の最小線寸法よりも小さい、断面積を有する、請求項 5 に記載の微細構造デバイス。

30

**【請求項 7】**

前記応力隔離領域、応力感応構成要素、および載置ベースが、全て、単結晶シリコンウエハ構成要素の中に画定される、請求項 1 に記載の微細構造デバイス。

**【請求項 8】**

ダイアフラムバックリング部分および台座部分を含む、バックリング基板と、  
台座部分、および前記バックリング基板の前記ダイアフラムバックリング部分に載置されて MEMS ダイを形成するダイアフラムを含む、ダイアフラム基板であって、前記バックリング基板および前記ダイアフラム基板の前記台座部分が、前記台座全体にわたって前記ダイアフラムに向かい合う前記 MEMS ダイの載置ベースに与えられるパッケージング応力から前記ダイアフラムを隔離するように構成される、前記 MEMS ダイの前記台座を形成する、  
ダイアフラム基板と、  
を備える、MEMS 圧力センサ。

40

**【請求項 9】**

前記 MEMS ダイを格納するように構成され、適合される、パッケージをさらに備え、前記 MEMS ダイの前記載置ベースが、パッケージング応力を緩和するために前記パッケージから前記ダイアフラムを隔離するように、前記パッケージに載置される、請求項 8 に記載の MEMS 圧力センサ。

**【請求項 10】**

50

前記バックリング基板の前記台座部分が、前記ダイアフラムバックリング部分の面内にあり、かつ、それよりも細く、前記ダイアフラム基板の前記台座部分が、前記ダイアフラムの面内にあり、かつ、それよりも細い、請求項 8 に記載の MEMS 圧力センサ。

【請求項 1 1】

前記ダイアフラムが、前記ダイアフラムの少なくとも一部分を囲繞するダイアフラム縁よりも薄く、前記ダイアフラム縁が、前記ダイアフラムと前記バックリング基板の前記ダイアフラムバックリング部分との間に空隙が画定されるように、前記バックリング基板の前記ダイアフラムバックリング部分に接着される、請求項 8 に記載の MEMS 圧力センサ。

【請求項 1 2】

前記空隙とその外部の環境との間の流体連通のために、前記バックリング基板を通して圧力ポートが画定される、請求項 1 1 に記載の MEMS 圧力センサ。

10

【請求項 1 3】

ダイアフラム縁に囲繞されるダイアフラムを含む、ダイアフラム基板と、前記ダイアフラムと前記バックリング部分との間に画定されるダイアフラム空隙を伴う MEMS ダイを形成するように、前記ダイアフラム縁に載置されるダイアフラムバックリング部分を有する、バックリング基板であって、前記ダイアフラム基板および前記バックリング基板を通してチャンネルが画定され、前記チャンネルの一部分が前記ダイアフラム縁を囲繞し、前記チャンネルの 2 つの端部が、前記ダイアフラムの面内にある前記ダイアフラム基板および前記バックリング基板の中で該端部の間に台座を画定し、よって、前記台座全体にわたって前記ダイアフラムに向かい合う前記 MEMS ダイの載置ベースに与えられる前記ダイアフラム上のパッケージング応力を緩和するために、前記台座から前記ダイアフラムおよびダイアフラムバックリング部分が吊設される、バックリング基板と、を備える、MEMS 圧力センサ。

20

【請求項 1 4】

前記ダイアフラム基板およびバックリング基板が、前記ダイアフラム縁を囲繞する前記チャンネルの前記一部分の外側に外縁を含み、前記外側縁が、前記チャンネル全体にわたって前記ダイアフラムおよび前記ダイアフラムバックリング部分から離間される、請求項 1 3 に記載の MEMS 圧力センサ。

【請求項 1 5】

トップリングウエハと前記ダイアフラムとの間に画定されるトップリング空隙を伴って、前記外縁および載置ベース上で前記ダイアフラム基板に載置される、トップリングウエハと、ベースウエハと前記バックリング基板の前記ダイアフラムバックリング部分との間に画定されるベース空隙を伴って、前記外縁および載置ベース上で前記バックリング基板に載置される、ベースウエハであって、前記トップリングウエハ、ベースウエハ、外縁、および載置ベースが、ダイアフラムエンクロージャからの前記ダイアフラムに対するパッケージング応力を緩和するために、前記ダイアフラムおよびダイアフラムバックリング部分の周囲に前記ダイアフラムエンクロージャを形成する、ベースウエハと、をさらに備える、請求項 1 3 に記載の MEMS 圧力センサ。

30

【請求項 1 6】

前記トップリングウエハおよび前記ベースウエハのうちの 1 つに載置される、一体化電子構成要素をさらに備える、請求項 1 5 に記載の MEMS 圧力センサ。

40

【請求項 1 7】

前記ダイアフラム空隙が、圧力下で前記ダイアフラムを第 1 の方向に撓ませるように構成される、第 1 の圧力空間を形成し、前記トップリング空隙および前記ベース空隙は、前記ダイアフラム基板および前記バックリング基板の中の前記チャンネルを通して流体連通して、圧力下で前記ダイアフラムを前記第 1 の方向と反対の第 2 の方向に撓ませるように構成される、第 2 の圧力空間を形成する、請求項 1 5 に記載の MEMS 圧力センサ。

【請求項 1 8】

前記ダイアフラムエンクロージャが、前記第 1 の圧力空間と流体連通している、第 1 の圧力ポートを含み、前記第 2 の圧力空間が、前記第 1 の圧力空間と流体連通している外部

50

圧力源の絶対圧力を感知するために密閉される、請求項 17 に記載の MEMS 圧力センサ。

【請求項 19】

前記ダイアフラムエンクロージャが、前記第 1 および前記第 2 の圧力空間とそれぞれ流体連通している、第 1 の圧力ポートおよび第 2 の圧力ポートを含み、前記第 1 および前記第 2 の圧力空間は、前記ダイアフラム全体にわたって第 1 および第 2 の外部圧力源それぞれの間の差圧を感知するために、前記ダイアフラムエンクロージャ内で互いに密閉される、請求項 17 に記載の MEMS 圧力センサ。

【請求項 20】

前記ダイアフラムエンクロージャを取り囲むセンサパッケージを備え、前記ダイアフラムエンクロージャの前記第 1 および前記第 2 の圧力ポートのそれぞれは、それぞれの圧力源に接続するために、前記センサパッケージを通してそれぞれの圧力開口部と流体連通しており、環境条件から前記ダイアフラムエンクロージャを保護するために、前記センサパッケージと前記ダイアフラムエンクロージャとの間に密閉空間が画定される、請求項 19 に記載の MEMS 圧力センサ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ダイに関するパッケージング応力緩和に関し、より具体的には、MEMS 圧力センサ等における MEMS に関するパッケージング応力緩和に関する。

20

【背景技術】

【0002】

当技術分野では、半導体ダイをパッケージング応力等から隔離するための種々のデバイスが知られている。パッケージング応力は、半導体ダイが載置されるパッケージによって、半導体ダイに与えられる応力である。この応力は、半導体ダイが載置されるパッケージと異なる、および/またはダイをパッケージに載置する接着剤と異なる熱膨張係数を有する半導体ダイに起因して起こり得る。そのような場合、温度の変化は、半導体ダイに対する応力/歪みを引き起こす可能性があり、また、ダイの機能に応じて、この応力/歪みが、性能を損なう可能性がある。パッケージング応力は、また、ダイがパッケージの中でどのように載置されるか、およびパッケージ自体がその環境の中でどのように載置されるのかに由来する、機械的載置応力によっても引き起こされ得る。

30

【0003】

パッケージング応力の一例において、従来の圧電抵抗 MEMS 圧力センサは、印加圧力に起因する、ダイアフラムに対する応力を感知することを目的としている。したがって、圧電レジスタが受ける応力だけが、印加圧力に起因し、パッケージング応力には起因しないことが重要である。例えば半導体 MEMS ダイが金属パッケージに直接載置される、そのようなセンサパッケージでは、機械的載置応力および熱膨張応力に起因するかなりのパッケージング応力があり得る。そのような従来のセンサパッケージは、比較的 low コストで作製することができるが、ダイアフラムに対するパッケージング応力は、精度の観点から、圧力測定に問題を生じさせる。

40

【0004】

パッケージング応力と関連するこれらの問題に対して、いくつかの手段が講じられてきた。例えば、いくつかの従来の MEMS 圧力センサパッケージにおいて、パッケージング応力緩和は、ダイアフラムを取り囲むトップングウエハおよびバックングウエハを厚くし、パッケージと MEMS ダイとの間に Pyrex (登録商標) (Corning Inc (Corning, New York) から入手可能) で作製された台座を加え、そして、大きい特別なパッケージを使用してそれを全て格納することによって達成された。これらの手段は、そのように構成されたセンサパッケージで行った圧力測定において、10 倍の精度の向上を提供することが分かっている。しかしながら、応力緩和は、センサパッケージのコストおよびサイズを増大させるという特徴がある。

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

そのような従来の方法およびシステムは、全体として、それらが意図する目的を満たしているものとみなされてきた。しかしながら、依然として、当技術分野では、パッケージング応力を緩和するシステムおよび方法に対する必要性がある。また、当技術分野では、作製および使用が容易であるそのようなシステムおよび方法に対する必要性が残っている。本発明は、これらの問題に対する解決策を提供する。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

当該の発明は、新しく有用な微細構造デバイスを対象とする。微細構造デバイスは、少なくとも1つの応力感応構成要素を含む応力隔離領域を有する、デバイス本体を含む。微細構造デバイスはまた、デバイス本体を格納するパッケージに取り付けられるように構成され、適合される、載置ベースも含み、載置ベースは、載置ベースに与えられるパッケージング応力から応力感応構成要素を隔離するために、デバイス本体に沿って、応力隔離領域から横方向にオフセットされる。

## 【0007】

特定の実施形態において、デバイス本体は、応力感応構成要素および載置ベースを画定する、平面ウエハ構成要素である。応力隔離領域および載置ベースは、例えば、その製造中に、デバイス本体の中に画定され、形成される台座によって分離することができ、該台座は、応力隔離領域の幅および載置ベースの幅よりも狭い幅を有する。微細構造デバイスは、載置ベースの縁部に載置されるパッケージをさらに含み、載置ベースの縁部は、デバイス本体の応力隔離領域に背いている。

## 【0008】

また、応力感応構成要素が、湿度センサ、フローセンサ、化学センサ、ガス分析器、粒子検出器、圧力センサ、および/または任意の他の好適な種類の媒体センサ等の、媒体センサも含むことができることも考えられる。媒体センサは、デバイス本体と、デバイス本体に接着されたウエハ構成要素である第2の本体との間に画定される流路を通して、環境条件と流体連通することができる。流路は、その最小線寸法が、媒体センサに隣接して該流路と流体連通しているセンサ空洞の最小線寸法よりも小さい、断面積を有することができる。応力隔離領域、応力感応構成要素、および載置ベースは全て、例えば製造中に形成される、単結晶シリコンウエハ構成要素の中に画定することができる。

## 【0009】

本発明は、また、MEMS圧力センサも含む。MEMS圧力センサは、ダイアフラムパッキング部分および台座部分を有する、パッキング基板を含む。台座部分およびダイアフラムを含むダイアフラム基板は、パッキング基板のダイアフラムパッキング部分に載置されてMEMSダイを形成する。パッキング基板およびダイアフラム基板の台座部分は、MEMSダイの台座を形成する。台座は、台座全体にわたってダイアフラムに向かい合うMEMSダイの載置ベースに与えられるパッケージング応力からダイアフラムを隔離するように構成される。

## 【0010】

特定の実施形態において、MEMS圧力センサは、MEMSダイを格納するように構成され、適合される、一体的なパッケージを含み、MEMSダイの載置ベースは、パッケージング応力を緩和するためにパッケージからダイアフラムを隔離するように、パッケージに載置される。パッキング基板およびダイアフラム基板は、シリコン層とすることができる。パッキング基板の台座部分は、実質的にダイアフラムパッキング部分の面内にあり、かつそれよりも細くすることができ、ダイアフラム基板の台座部分も同様に、実質的にダイアフラムの面内にあり、かつそれよりも細くすることができる。

## 【0011】

ダイアフラム基板およびパッキング基板の台座部分を、互いに隣接させることができ、

10

20

30

40

50

各台座部分が、それぞれの基板を通して延在する一対のチャンネルの間に画定され、台座部分のそれぞれのチャンネルが結合されることが考えられる。また、ダイアフラムを、ダイアフラムの少なくとも一部分を囲繞するダイアフラム縁よりも薄くできることも考えられる。ダイアフラム縁は、ダイアフラムとバックグ基板のダイアフラムバックグ部分との間に空隙が画定されるように、バックグ基板のダイアフラムバックグ部分に接着することができる。空隙とその外部の環境との間の流体連通のために、バックグ基板を通して圧力ポートを画定することができる。

#### 【0012】

特定の実施形態において、トップグウエハは、トップグ基板とバックグ基板との間でダイアフラムを取り囲むように、バックグ基板に向かい合う側でダイアフラム基板に載置される。ベースウエハは、MEMSダイの載置ベースに載置される。トップグウエハおよびベースウエハは、ダイアフラムおよびバックグ基板のダイアフラムバックグ部分の周囲にエンクロージャを形成する。ダイアフラムおよびバックグ基板のダイアフラムバックグ部分は、トップグウエハおよびベースウエハからのパッケージング応力から、ならびにアセンブリをパッケージ、ヘッダ、もしくは回路カードに載置すること、または一体化電子部品をアセンブリに載置すること等による応力から、ダイアフラムを隔離するために、台座によってエンクロージャ内に吊設される。

10

#### 【0013】

特定の実施形態では、ダイアフラム基板およびバックグ基板を通してチャンネルが画定される。チャンネルの一部分は、実質的にダイアフラム縁を囲繞する。チャンネルの2つの端部は、ダイアフラム基板およびバックグ基板の中でそれらの間に台座を画定する。ダイアフラム基板およびバックグ基板は、実質的にダイアフラム縁を囲繞するチャンネルの一部分の外側に外縁を含む。外縁は、チャンネル全体にわたってダイアフラムおよびダイアフラムバックグ部分から離間される。外縁は、載置ベースと連続させることができる。

20

#### 【0014】

ある実施形態において、外縁、トップグウエハ、およびベースウエハは全て、上で説明したように含まれる。トップグウエハは、トップグウエハとダイアフラムとの間に画定されるトップグ空隙を伴って、外縁および載置ベース上でダイアフラム基板に載置される。ベースウエハは、ベース上はとバックグ基板のダイアフラムバックグ部分との間に画定されるベース空隙を伴って、外縁および載置ベース上でダイアフラム基板に載置される。トップグウエハ、ベースウエハ、外縁、および載置ベースは全て、MEMSデバイスに一体的であり、これらは、それぞれ、エンクロージャからの、および外部応力からのダイアフラムに対する載置応力およびパッケージング応力を緩和するために、ダイアフラムおよびダイアフラムバックグ部分の周囲でダイアフラムエンクロージャとして機能するように特に製造される。

30

#### 【0015】

一体化電子構成要素は、トップグウエハおよびベースウエハのうちの1つに載置することができる。一体化電子構成要素、トップグウエハ、およびベースウエハは全て、実質的にシリコンで形成することができる。また、一体化電子構成要素が、トップグウエハもしくはバックグウエハのいずれか、または両方と同じ機能を提供するように形成され得ることも考えられる。

40

#### 【0016】

ダイアフラム空隙は、圧力下でダイアフラムを第1の方向に撓ませるように構成される、第1の圧力空間を形成することができ、トップグ空隙およびベース空隙は、ダイアフラム基板およびバックグ基板の中のチャンネルを通して流体連通して、圧力下でダイアフラムを第1の方向と反対の第2の方向に撓ませるように構成される、第2の圧力空間を形成する。ダイアフラムエンクロージャは、第1の圧力空間と流体連通している第1の圧力ポートを含むことができる。第2の圧力空間は、第1の圧力空間と流体連通している外部圧力源の絶対圧力を感知するために密閉することができる。

#### 【0017】

50

また、ダイアフラムエンクロージャが、第1および第2の圧力空間とそれぞれ流体連通している、第1の圧力ポートおよび第2の圧力ポートを含むことができることも考えられる。第1および第2の圧力空間は、ダイアフラム全体にわたって第1および第2の外部圧力源それぞれの間の差圧を感知するために、ダイアフラムエンクロージャ内で互いに密閉することができる。センサパッケージは、ダイアフラムエンクロージャを取り囲むことができ、ダイアフラムエンクロージャの第1および第2の圧力ポートのそれぞれは、それぞれの圧力源に接続するために、センサパッケージを通してそれぞれの圧力開口部と流体連通している。環境条件からダイアフラムエンクロージャを保護するために、センサパッケージとダイアフラムエンクロージャとの間に密閉空間を画定することができる。

【0018】

本発明のシステムおよび方法のこれらならびに他の特徴は、図面と併せて、以下の発明を実施するための最良の形態から、当業者により容易に明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0019】

本発明が属する技術分野に精通する者が、過度の実験を行うことなく、どのように対象の発明のデバイスおよび方法を作製し、使用するかを容易に理解できるように、その好ましい実施形態が、以下の特定の図を参照して、本明細書において以下により詳細に説明される。

【図1】本発明に従って構成されるMEMS圧力センサの例示的な実施形態の一部分の斜視図であり、バッキング基板およびダイアフラム基板の中に画定される台座を示す。

【図2】図1のバッキング基板およびダイアフラム基板の断面斜視図であり、ダイアフラムおよびダイアフラム空隙を示す。

【図3】図1のMEMS圧力センサの斜視図であり、圧力を感知するためのパッケージに載置されたMEMSダイを示す。

【図4】ウエハ/基板を伴う面の外で台座に載置される、従来技術の圧力感知ダイの斜視図であり、台座からの応力がどのようにダイアフラム上に与えられるのかを概略的に示す。

【図5】本発明に従って構成されるMEMS圧力センサの別の例示的な実施形態の断面斜視図であり、ダイアフラム基板およびバッキング基板のダイアフラムおよびダイアフラムバッキング部分の周囲の応力隔離空洞を示す。

【図6】図5のMEMS圧力センサの断面斜視図であり、トッピングウエハを取り除いた状態の、ダイアフラム基板のチャンネルおよび外縁を示す。

【図7】従来技術の例示的な絶対圧力センサの概略断面立面図であり、ダイアフラムと流体連通している1つの圧力ポートを示す。

【図8】従来技術の例示的な差圧センサの概略断面立面図であり、ダイアフラムと流体連通している2つの圧力ポートを示す。

【図9】従来技術の例示的な差圧センサの概略断面立面図であり、それぞれがワイヤボンドから封鎖された、2つの圧力ポートを示し、この2つの圧力ポートにおける圧力は、ワイヤボンド空間の中の圧力にほぼ等しい。

【図10】図9の差圧センサの概略断面立面図であり、2つの圧力ポートにおける圧力は、ワイヤボンド空間の中の圧力よりもかなり大きい。

【図11】図5のMEMS圧力センサの断面立面図であり、ワイヤボンド空間からそれぞれ閉鎖された2つの圧力ポートを伴うパッケージの中に載置されたMEMS圧力センサを示す。

【図12】図11のMEMS圧力センサの断面立面図であり、トッピングウエハに載置された一体化電子構成要素を示す。

【図13】本発明に従うMEMSセンサを載置するための例示的なパッケージ筐体の断面立面図であり、同心円状のろう付け管構成を示す。

【図14】本発明に従うMEMSセンサを載置するための別の例示的なパッケージ筐体の断面立面図であり、一体的構成を示す。

10

20

30

40

50

【図 1 5】本発明に従って構成される MEMS 圧力センサの別の例示的な実施形態の断面立面図であり、パッケージ筐体を通して空隙から横方向に通じている 2 つの圧力ポートを示す。

【図 1 6】図 5 の MEMS 圧力センサの断面立面図であり、ベースウエハ、トップングウエハ、およびバッキング基板に塗布されるゲッター膜を示す。

【図 1 7】図 1 6 の MEMS 圧力センサの断面立面図であり、真空を高めるためのワイヤボンドパッドを伴うゲッター膜を示す。

【図 1 8】本発明に従って MEMS 圧力センサを製造するための副工程を示す、フローチャートである。

【図 1 9】図 1 8 のフローチャートで示されるようにベースウエハを製造するための、5 段階の副工程の概略図である。

【図 2 0】図 1 8 のフローチャートに示されるようにトップングウエハを製造するための、6 段階の副工程の概略図である。

【図 2 1】図 1 8 のフローチャートに示されるようにバッキングウエハを製造するための、5 段階の副工程の概略図である。

【図 2 2 A】図 1 8 のフローチャートに示されるようにデバイスウエハを製造するための、1 2 段階の副工程の概略図である。

【図 2 2 B】図 1 8 のフローチャートに示されるようにデバイスウエハを製造するための、1 2 段階の副工程の概略図である。

【図 2 3】図 1 8 のフローチャートに示されるように構成要素ウエハ積層体を製造するための、3 段階の副工程の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、図面を参照するが、同様の参照番号は、対象の発明の同様の構造的特徴または態様を特定する。説明および例証するためであって、限定するためではなく、本発明に従う MEMS 圧力センサの例示的な実施形態の部分図を図 1 に示し、全体として参照符号 100 で指定される。本発明に従う MEMS 圧力センサおよび MEMS 圧力センサを製造する方法の他の実施形態、またはその態様は、下で説明するように、図 2 ~ 図 2 3 で提供される。本発明のシステムおよび方法は、パッケージング応力および載置応力を緩和することによって、圧力センサの性能を向上させるために使用することができる。

【0021】

図 1 を参照すると、MEMS 圧力センサ 100 は、ダイアフラムバッキング部分 106 と、図 2 で示される台座部分 108 とを有する、バッキング基板 104 を含む。台座部分 110 およびダイアフラム 112 を含むダイアフラム基板 102 は、バッキング基板 104 のダイアフラムバッキング部分 106 に載置されて、MEMS ダイ 101 を形成する。ダイアフラム基板 102 およびバッキング基板 104 の台座部分 108 および 110 は、MEMS ダイの台座 116 を形成する。台座 116 は、台座 116 全体にわたってダイアフラム 112 に向かい合う MEMS ダイの載置ベース 114 に与えられるパッケージング応力から、ダイアフラム 112 を隔離する。バッキング基板 104 の台座部分 108 は、ダイアフラムバッキング部分 106 の面内にあり、かつそれよりも細い。ダイアフラム基板 102 の台座部分 110 も同様に、ダイアフラム 112 の面内にあり、かつそれよりも細い。

【0022】

引き続き図 1 から図 2 を参照すると、ダイアフラム基板 102 およびバッキング基板 104 の台座部分 108 および 110 は、互いに隣接する。各台座部分 108 および 110 は、それぞれの基板 102 および 104 を通って延在する一対のチャンネル 118 の間に画定される。台座部分 108 および 110 のそれぞれのチャンネル 118 は結合されるので、実際には、台座 116 をほぼ囲繞する 1 つの連続するチャンネル 118 がある。台座 116 は、向かい合ったチャンネル 118 の間に幅 W を有する。幅 W は、用途によって変動させることができる。一般的に、W とダイアフラム 112 の幅との間の縦横比が高くなるにつ

10

20

30

40

50

れて、より多くのパッケージング応力隔離を達成することができる。幅Wは、所与の用途の動作上の振動周波数のための、すなわち、MEMSダイ101における環境周波数との共振を低減するための、ならびに、衝撃残存性、衝撃抵抗性、および加速抵抗性のための許容可能な剛性に対して調整することができる。チャンネル118を、台座116の長さに沿って、曲線状ではなく直線状に形成した場合、幅WをMEMSダイ101の全幅とすることが可能である。この場合もやはり、応力隔離は、ダイアフラム112を載置ベース114から横方向にオフセットさせることによって達成される。

#### 【0023】

チャンネル118の隅部は、鋭利な隅部および他の応力増大または集中を回避するといった一般的な目的で、丸みが付けられる。丸みを付けた隅部は、応力集中を低減するだけでなく、深堀反応性イオンエッチング(DRIE)のエッチング工程等での異方性エッチングの均一性により適している。さらに、MEMSダイ101において、台座116は、基板102および104と同じ均一な材料のものであり、かつそれらと一体的であり、これは、別の場合であれば2つの別々の構成要素または材料の間の結合部を伴い得る、台座116と基板102および104との間の応力集中を除去する。

10

#### 【0024】

ここで、図2を参照すると、ダイアフラム112は、ダイアフラム112を圧力の変化に敏感にするように、ダイアフラム112を囲繞するダイアフラム縁120よりも薄い。ダイアフラム縁120は、バッキング基板104のダイアフラムバッキング部分106に接着され、ダイアフラム空隙122は、ダイアフラム112とダイアフラムバッキング部分106との間に画定される。圧力ポート124は、空隙と、経路156を通してその外部にある環境との間で流体連通するように、バッキング基板を通して画定される。

20

#### 【0025】

ここで、図3を参照すると、MEMS圧力センサ100は、MEMSダイ101を格納するように構成され、適合される、パッケージ筐体ヘッダ126を含む。パッケージ筐体ヘッダ126へのMEMSダイ101の着設は、載置ベース114(図3では示されないが、図1~図2を参照されたい)をパッケージ筐体ヘッダ126に載置することによって成され、バッキング基板104のバッキング部分106(図2で特定される)は、パッケージ筐体ヘッダ126に直接載置または接着されていない。このようにしてパッケージ筐体ヘッダ126にMEMSダイ101を載置することで、パッケージング応力を緩和するために、パッケージ筐体ヘッダ126からダイアフラム112を隔離する。図2では、パッケージのカバーが示されていないが、例えば、図11において外側キャップ340で示されていることに留意されたい。

30

#### 【0026】

ここで、図4を参照すると、当技術分野で知られている、パッケージング応力を隔離する1つの方法は、パッケージ筐体とMEMSダイとの間に台座を伴って、パッケージ筐体からMEMSダイを分離することである。MEMSダイ201は、ダイアフラム212と、ダイアフラム空隙222と、圧力ポート224とを含む。上で説明したMEMSダイ101と異なり、MEMSダイ201では、台座216は、実質的にダイの基板の面内にない。代わりに、台座216が、スタンドオフとして、MEMSダイ201の面とパッケージハウジング(図4には示されないが、例えば図3を参照されたい)との間に間置される。これは、いくらかのパッケージング応力を緩和するが、図4で概略的に示されるように、台座216からの少なくともいくらかのパッケージング応力がダイアフラム212にかかり、これは、上で説明したように、圧力測定誤差を助長し得る。図4においてクロスハッチングによって示されるように、台座216に3応力単位が存在するときに、1.5もの応力単位がダイアフラム212の大部分に与えられる。MEMSダイ201の台座構成は、パッケージング応力の隔離に起因して、従来のMEMS圧力センサと比較して約10倍向上した精度を提供するが、同時に、MEMSダイ101の面内台座構成は、MEMSダイ201と比較して約3倍向上した精度を提供する。

40

#### 【0027】

50

ここで、図5及び図6を参照すると、好都合に成形されたウエハがダイアフラムおよびダイアフラムパッキング部分の周囲でエンクロージャを形成する、MEMSダイ301の別の例示的な実施形態が示されている。ほぼ上で説明したものと同一ように、ダイアフラム基板302およびパッキング基板304に加えて、MEMSダイ301は、パッキング基板304に向かい合う側でダイアフラム基板302に載置される、トッピングウエハ328を含む。これは、トッピングウエハ328とパッキング基板304との間で、ダイアフラム312を取り囲む。ベースウエハ330は、ダイアフラム基板302に向かい合うパッキング基板304の側に載置される。トッピングウエハ328およびベースウエハ330は、ダイアフラム312およびダイアフラムパッキング部分306の周囲にエンクロージャを形成する。ダイアフラム312およびパッキング基板304のダイアフラムパッキング部分306は、トッピングウエハ328およびベースウエハ330に働く載置応力およびパッケージング応力等の外部応力源からダイアフラム312を隔離するために、台座316によってエンクロージャ内に吊設される。

10

#### 【0028】

図6を参照すると、チャンネル318は、ダイアフラム基板302およびパッキング基板304を通して画定される。チャンネル318の一部は、実質的にダイアフラム縁320を囲繞する。図1を参照して上で説明したものとほぼ同一ように、チャンネル318の2つの端部319は、ダイアフラム基板302およびパッキング基板304において該端部の間に台座316を画定する。ダイアフラム基板302およびパッキング基板304は、実質的にダイアフラム320を囲繞するチャンネル318の一部の外側に外縁332を含む。外縁332は、チャンネル318全体にわたってダイアフラム312およびダイアフラムパッキング部分306から離間される。外縁332は、載置ベース314と連続している。

20

#### 【0029】

再度図5を参照すると、トッピングウエハ328は、トッピングウエハ328とダイアフラム312との間に画定されるトッピング空隙334を伴って、外縁332および載置ベース314上でダイアフラム基板302に載置される。ベースウエハ330は、ベースウエハ330とパッキング基板304のダイアフラムパッキング部分306との間に画定される空隙336を伴って、外縁332および載置ベース314上でパッキング基板304に載置される。トッピングウエハ328、ベースウエハ330、外縁332、および載置ベース314は、エンクロージャに連結される、パッケージング応力および載置応力等の内部応力からの、ダイアフラム312に対するパッケージング応力を緩和するために、ダイアフラム312およびダイアフラムパッキング部分306の周囲にダイアフラムエンクロージャまたは応力隔離空洞を形成する。チャンネル318は、エンクロージャ内に含まれる。

30

#### 【0030】

ダイアフラム空隙322は、圧力下でダイアフラム312を第1の方向に撓ませるように構成される、圧力P1の第1の圧力空間を形成する。トッピング空隙334およびベース空隙336は、チャンネル318を通して流体連通して、圧力下でダイアフラム312を第1の方向と反対の第2の方向に撓ませるように構成される、圧力P2下で第2の圧力空間を形成する。ダイアフラムエンクロージャは、第1の圧力空間と流体連通している第1の圧力ポート324を含む。ダイアフラムエンクロージャはまた、第2の圧力空間と流体連通している第2の圧力ポート338も含む。第1および第2の圧力空間は、ダイアフラム312全体にわたって第1および第2の外部圧力源P1およびP2それぞれの間の差圧を感知するために、ダイアフラムエンクロージャ内で互いに密閉される。

40

#### 【0031】

ここで、図7を参照すると、図4で示され、すでに説明したMEMSダイ201を含む、従来技術の例示的な絶対圧力センサ200が概略的に示されている。センサ200は、パッケージ筐体226、台座216、およびパッキング基板204を貫通してダイアフラム空隙222に入る、単一の圧力ポート224を有する。ダイアフラム空隙222からダ

50

ダイヤフラム 212 の反対側には、トッピング空隙 234 があり、これは、例えばダイヤフラム 212 とトッピングウエハ 228 との間で、真空またはほぼ真空等の低圧 P2 に維持することができる。真空の代わりに窒素等の不活性媒体も、トッピング空隙 234 内で使用することができる。外側キャップ 240 は、MEMS ダイ 201 の外部周辺にパッケージ筐体 226 を伴うエンクロージャを形成し、空間 244 の中のワイヤボンダ 242 の保護を提供する。ワイヤボンダ 242 は、MEMS ダイ 201 とピン 246 との間の電気通信を提供し、該ピンは、密閉様式でパッケージ筐体 226 を貫通して、ピン 246 の外部部分とワイヤボンダ 242 との間の電気通信を可能にする。空間 244 は、一定の圧力 P3 に維持することができる。この構成は、圧力ポート 224 を通した絶対圧力 P1 の測定を可能にする。

10

#### 【0032】

ここで、図 8 を参照すると、差圧の測定が所望される場合は、それに応じてセンサ 200 を修正することができる。具体的には、第 2 の圧力ポート 238 を外側キャップ 240 の中に形成することができ、トッピングウエハ 228 を省略することができる。これは、第 1 の圧力 P1 が、第 1 の方向でダイヤフラム 212 に作用することを可能にし、また、第 2 の圧力 P2 が、第 1 の方向と反対の第 2 の方向でダイヤフラム 212 に作用することを可能にする。したがって、P1 と P2 との間の差圧は、ダイヤフラム 212 を観察することによって決定することができる。

#### 【0033】

図 8 で示される MEMS センサ 200 の差圧構成は、密閉空間 244 を提供しないので、ワイヤボンダ 242 および他の感応構成要素が、圧力ポート 238 を通して出入りする有害な要素（例えば、腐食性要素）に晒され得る。図 9 および図 10 は、この問題に対する解決策を示す。MEMS センサ 400 は、MEMS センサ 200 に関して上で説明したものとほぼ同じように、パッケージ筐体と、外側キャップと、ワイヤボンダと、ピンとを含む。しかしながら、パッケージ筐体 426 および台座 416 はそれぞれ、2 つの圧力ポート 424 および 438 を含み、これらは、それぞれ、圧力 P1 および P2 について、ダイヤフラム 412 の反対側との流体連通を提供する。第 3 の圧力 P3 は、空間 444 の中で維持され、この空間は、外部条件から封鎖されて、有害な要素および条件から内部の構成要素を保護する。図 9 は、P1 P2 P3 という条件でのセンサ 400 を示す。図 10 で示されるように、条件が P1 P2 > P3 に近づいた場合、例えば、P2 と P3 との間の差圧によって引き起こされる力のため、トッピングウエハ 428 が、空間 444 の中へ撓む可能性がある。この結果は、線圧力効果と称される。この条件では、図 10 に示されるように、トッピングウエハ 428 の撓みが、ダイヤフラム 412 に対する応力 / 撓みを誘発する可能性があり、その結果、圧力センサの誤りを助長する。よって、台座 416 がパッケージング応力を緩和するにもかかわらず、動作圧力 P1 および P2 に応じて、線圧力効果が誤りを助長する可能性がある。図 10 では、明確にするために、撓みが誇張されている。

20

30

#### 【0034】

ここで、図 11 を参照すると、MEMS センサ 300 は、MEMS ダイ 301 を採用することによって、上で説明した線圧力効果、ならびにトッピングウエハおよびベースウエハに伝達される載置応力およびパッケージング応力を緩和することができる。上では既に、トッピングウエハ 328、ベースウエハ 330、外縁 332、および載置ベース 314 が、ダイヤフラム 312 に対する載置応力およびパッケージング応力を緩和するために、どのようにダイヤフラム 312 およびダイヤフラムバックリング部分 306 の周囲にダイヤフラムエンクロージャを形成するのかを説明した。センサパッケージは、ダイヤフラムエンクロージャを取り囲むセンサ筐体 326 および外側キャップ 340 を含む。センサパッケージとダイヤフラムエンクロージャとの間に画定される密閉空間 344 は、環境条件からダイヤフラムエンクロージャを保護する。ダイヤフラムエンクロージャの第 1 の圧力ポート 324 および第 2 の圧力ポート 338 のそれぞれは、圧力 P1 および P2 でそれぞれの圧力源に接続するために、パッケージ筐体 326 を通してそれぞれの圧力開口部と流体

40

50

連通している。絶対圧力感知が所望される場合、塞がれていない圧力ポート324または338と流体連通している外部圧力源の絶対圧力を感知するために、例えば、圧力ポート324または338を塞ぐことによって、または製造中に第1および第2の圧力ポートのうちのいずれか1つを形成しないことによって、第1または第2の圧力空間のうちの1つを密閉することができる。

#### 【0035】

引き続き図11を参照すると、トッピング空隙334およびベース空隙336を含む隔離空洞は、事実上、センサパッケージ内により小さいパッケージを作り出す。トッピングウエハ328は、ダイアフラム312には直接接続しないが、P2圧力空間の外側に接続する一方で、載置ベース314上に余地を残すので、依然として、ワイヤボンドを密閉環境の中を含めることができる。隔離空洞設計の別の利点は、ベースウエハ330におけるP2圧力ポートの配置が柔軟であり、かつ1つのマスク層だけによって画定されることである。ポートの配置およびセンサの種類における柔軟性は、ウエハ330の底部を通すことに加えて、下で説明される図15の実施例で示されるように、ベースウエハ330の側部にポートを通させることを含む、ベースウエハ330を製作するための簡単なマスク交換によって容易に達成することができる。

10

#### 【0036】

従来の受動圧力センサにおいて、感応性高インピーダンス信号は、デバイス（例えば、MEMSダイ）から、ワイヤボンドを通して、他のワイヤにはんだ付けされた、および/または信号が計装用増幅器に到達する回路基板に接続されたピンまで進行する。この信号は、湿度、異なる材料間の熱電対効果、または他の電気信号によって損なわれる可能性がある。この信号劣化は、パッケージ内部の密閉環境の中へ信号調節電子部品を一体化することによって克服または回避することができる。

20

#### 【0037】

ここで、図12を参照すると、MEMSダイ301のトッピングウエハ328およびベースウエハ330は、一体化電子部品構成要素346を容易に収容することができる。トッピングウエハ328およびベースウエハ330は、応力を受ける可能性があるが、該ウエハは、ダイアフラム312またはその周囲の絶縁領域に直接接触していないので、応力は、ダイアフラム312に伝わらない。これは、パッケージングおよび一体化の機会を作り出す。MEMSダイ301は、シリコンで作製することができ、したがって、例えば特定用途向け集積回路（ASIC）であり得る、一体化電子部品とのいかなる顕著な熱膨張不整合も有しないので、トッピングウエハ328およびベースウエハ330は、一体化電子部品構成要素346のための理想的な場所である。シリコンは、良好な熱伝導体であるので、一体化電子部品構成要素346の温度は、MEMSダイ301の温度に密に整合する。薄膜金属配線は、信号をルーティングするために、トッピングウエハ328自体の中へ組み込むことができ、付加的な基板の必要性を取り除く。既にその中に製作された電子部品を伴うCMOSの外にトッピングウエハ328および/またはバックウエハ330を形成することによって、さらなる一体化も達成することができる。

30

#### 【0038】

トッピングウエハ328に載置される一体化電子部品構成要素346に加えて、またはその代わりに、一体化電子部品を、ベースウエハ330、外縁332および/もしくは載置ベース314、またはMEMSダイ301のダイアフラムエンクロージャ上の任意の他の好適な場所に載置するか、またはその中に一体化することができる。一体化電子部品346、トッピングウエハ328、およびベースウエハ330は全て、実質的にシリコンで形成することができる。バック基板304およびダイアフラム基板302は、シリコン層とすることができる。シリコンが例示的な材料として提供されているが、当業者は、本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、あらゆる好適な材料を本明細書で説明される構成要素に使用できることを容易に認識するであろう。

40

#### 【0039】

トッピングウエハ328は、例えば、空気で満たされる場合に比較的大きい空隙である

50

トップング空隙 3 2 2 によって、ダイアフラム 3 1 2 から分離されるので、トップングウエハ 3 2 8 は、寄生容量を追加することなく高インピーダンス信号に対する遮蔽体として作用する。これは、薄い誘電体膜に起因するかなりの寄生容量を作り出す、薄膜を介した遮蔽を超える改良点である。他の可能な遮蔽手段としては、遠くのワイヤボンドにルーティングするためのトップングウエハ 3 2 8 の薄膜層、トップングウエハ 3 2 8 に着設される配線基板、および MEMS ダイ 3 0 1 全体を覆うエポキシオーバーフィルが挙げられる。また、適切にバイアスまたは接地される、ゲッター膜または別の導電層は、接地面遮蔽体として機能し得る。

#### 【 0 0 4 0 】

また、粒子汚染に対する受動フィルタをダイ 3 0 1 の中へ組み込むことができることも考えられる。圧力ポート 3 2 4 および 3 3 8 からダイアフラム 3 1 2 までの経路 3 5 6 および 3 5 8 を、ダイアフラムエッチング深さよりも浅くすることによって、ダイアフラムの動きを制限する可能性がある大きい粒子がダイアフラム 3 1 2 に到達することが防止される。経路 3 5 6 および 3 5 8 の流路はそれぞれ、その最小線寸法（例えば、厚さ）が媒体センサ（例えば、ダイアフラム 3 1 2）に隣接して該流路と流体連通しているそれぞれのセンサ空洞（例えば、ダイアフラム空隙 3 2 2）の最小線寸法よりも小さい、断面積を有する。

#### 【 0 0 4 1 】

ここで、図 1 3 および図 1 4 を参照すると、MEMS ダイ 3 0 1 のダイアフラムエンクロージャは、実際には、ダイレベルで形成されたパッケージ自体であるので、パッケージ筐体に関する要件は、他のダイと比較して軽減される。これは、使用されるパッケージ筐体のより低いコストを可能にする。図 1 3 は、低コストの筐体パッケージ 3 2 6 の一実施例を示し、図中、同心管 3 4 8 および 3 5 0 は、それぞれ、圧力ポート 3 3 8 および 3 2 4 との流体連通のために、プラットフォーム 3 5 2 にろう付けされる。図 1 4 は、より高コストの筐体パッケージ 5 2 6 の一実施例を示し、図中、内側圧力管 5 4 8 および外側圧力管 5 5 0 は、プラットフォーム 5 5 2 と一体的に形成される。2つの圧力ポートを伴う、上で説明したような MEMS ダイは、それぞれの圧力ポートを整列させた状態で、プラットフォーム 3 5 2 または 5 5 2 に載置することができる。リング 3 5 4 および 5 5 4 は、それぞれのパッケージ筐体 3 2 6 または 5 2 6 が、異なる圧力測定のための圧力式取り付け具に載置されたときに、密閉を提供する。本明細書で説明されるパッケージ筐体は、金属製であり、ろう付けを伴い得るが、当業者は、本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、任意の他の好適な材料および結合技術を使用することができることを容易に認識するであろう。

#### 【 0 0 4 2 】

ここで、図 1 5 を参照すると、例えば、MEMS ダイ 3 0 1 にあるような隔離空洞を、種々の方法で載置することができる。1つの例示的な構成は、センサ 6 0 0 の MEMS ダイ 6 0 1 であり、上の MEMS ダイ 3 0 1 にあるようにベースウエハ 6 3 0 の外向きの表面をパッケージ筐体に載置する代わりに、ダイの側部、すなわち、ダイアフラム基板 6 0 2、ベース基板 6 0 4、およびベースウエハ 6 3 0 の外側縁部を、パッケージ筐体 6 2 6 に載置する。これは、圧力ポート 6 2 4 および 6 3 8 をベースウエハ 6 3 0 までルーティングするように空間を配分する必要がないので、より小さいダイサイズを可能にする。別の利点は、圧力ルーティングのためのより直接的な経路であり、例えば、ウエハが使用を通じて MEMS ダイ 6 0 1 の中へ導入された場合に、より良好なダイのドレインを可能にする。

#### 【 0 0 4 3 】

長所は、接着前にトップングウエハ、例えばトップングウエハ 3 2 8 および 6 2 8 を予めエッチングすることによって、上で説明した隔離空洞構成、例えば MEMS ダイ 3 0 1 および 6 0 1 によって実現することができることである。通常は、ソー作業によって切り欠きがダイシングされるが、ダイシング工程は、スラリーがボンドパッド薄膜に叩きつけられるので、基板に対する短絡を引き起こす。ソー作業の失敗を取り除くことに加えて、

10

20

30

40

50

ダイシング工程をバルクエッチング工程と置き換えることによって、高価なダイシングマシンを必要とする単一のウエハ工程が、エッチングタンクだけしか必要としないバッチウエハ工程と置き換えられる。

#### 【0044】

ワイヤボンダッドシェルフ、例えば、図11の載置ベース314および図15の載置ベース614の上向き部分は、ワイヤボンダ機械のヘッドを収容するのに十分大きくなければならない。例えば、シリコンの中の結晶面に沿って選好的にエッチングする水酸化カリウム(KOH)等のエッチング剤を使用することによって、トップングウエハの開口部の縁部を先細りにして、シェルフの長さを増加させずに、ワイヤボンダヘッドを収容することができる。この特徴は、最初に、頂部マスクを開口して頂部側にエッチングし、次いで、トップングウエハの中にビアが形成されるまで底部のマスクを開口してエッチングを終了することによって、2つのマスクだけで達成することができる。

10

#### 【0045】

隔離空洞構成は、製造が容易ではない。バッキング基板およびダイアフラム基板、例えば、基板302および304は、MEMSデバイスの感知要素部分、例えば台座、ダイアフラム等に伝達されてはならない、ダイおよびボンディングの他の力からダイアフラムを隔離するので、4つ全ての基板/ウエハを同時に接合することはできない。したがって、2ステップの接合シーケンスを使用することができる。最初に、バッキング基板およびダイアフラム基板を、溶融接合、共晶接合、または高温で高失透温度フリットおよびそのボンディング工程等の高温ボンディング方法を使用して、ともに接合する。応力隔離ダイアフラムは、ボンディング力を伝達できるように、接合チャックによって支持される。次いで、低温フリットボンディング等の低温ボンディング方法を使用して、トップングウエハおよびベースウエハを接合して積層体にする。これは、フリットボンディングを最初の接合に使用したときに、次のフリット接合中に最初のフリットガラスが失透するのを防止する。

20

#### 【0046】

ここで、図16を参照すると、MEMSダイ301のためのゲッターの一体化が記述されている。ゲッターは、ガス分子を吸収することによって、密閉空洞の真空を維持するために使用される。例えば、チタン、バナジウム、またはジルコニウムの薄膜は、ガスを吸収することが知られている。薄膜ゲッターは、標準的な微小製作技術で容易に実装することができるが、それらが蒸着される表面領域のサイズによって有効性が限定される。上で説明したMEMSダイ301および601は、図16においてゲッター356を表す太線で示されるように、トップングウエハ、バッキング基板、およびベースウエハ上にゲッター膜のための表面領域を提供するので、薄膜ゲッターに十分適している。1つだけではなく3つの表面をゲッターに利用できるため、同様な寸法のキャッピングされたMEMSデバイスにおける従来のゲッター構成と比較して、約3倍のゲッター領域を使用することができる。これは、空洞内の真空レベルを、より長い期間にわたって維持すること、より低い真空レベルを達成すること、または双方を可能にする。したがって、図16では、絶対圧力センサ構成が示され、図12に示されるポート338に類似したポートは含まれない。

30

40

#### 【0047】

ここで、図17を参照すると、ゲッターは、低温よりも高温でより多くのガスを吸収する。ゲッターは、ダイ全体を加熱することによって活性化することができるが、これは、ガラスフリットまたは金属共晶物等のボンディング膜の融解温度によって制限され得る。MEMSダイ301では、例えば、ベース空隙336がベースウエハ330の頂面を含むので、ベースウエハ330の拡張部分358がボンダッド360のための場所を提供し、よって、配線をベースウエハ330上のゲッター356に接続することができる。このゲッター356は、次いで、ジュール加熱を通して、ボンディング膜が許容するよりも高い温度まで、電流を介して局所的に加熱することができる。ジュール加熱によるゲッターの活性化は、MEMSダイ301の寿命全体を通して、ゲッターの*in-situ*活性化

50

および再活性化を可能にする

【0048】

ゲッター材料は、典型的に、導電性材料であるので、ゲッターへの電氣的接続を有することは、自己試験を行うための能力も提供する。例えば、静電力をバックングウエハ330に印加することができ、それは、ウエハがピアに接触しておらず、電氣的短絡を引き起こさなかったことを検証することができる。これは、MEMSの自己試験をMEMSダイ301の機能に組み込むことを可能にする。同様に、ゲッター材料はまた、MEMSデバイスの電気トレース、容量プレート、および他の電氣的構成要素として機能するようにもパターン化され得る。

【0049】

本明細書で説明されるデバイスは、共通して3つの全般的な特徴を有する。すなわち、(1)物理的パラメータを感知するための、一体化MEMSデバイス、(2)アセンブリ、載置、パッケージング等からの内部応力および外部応力のMEMSセンサへの伝播を防止する、原位置の応力隔離構造/方法、および(3)外部応力および内部応力の双方から、ならびに粒子、水分、凝縮物、氷、漂遊圧力、および温度変動等の他の有害な環境影響からMEMS感知デバイスを保護する、応力隔離ならびにカプセル化の一部としても機能するMEMSデバイスの完全に一部である、一体化パッケージングスキーム、である。

【0050】

応力隔離MEMSデバイスは、少なくとも4つの構成要素、すなわち、トッピングウエハ、デバイスウエハ、バックングウエハ、およびベースウエハから製造され得る。図1及び図2は、既に形成され、結合されたデバイスおよびバックングウエハを示す。すでに説明したように応力隔離MEMSデバイスを製造する例示的な方法は、図18のフローチャートによって概略的に示されるように、最初に、4つの構成要素のそれぞれを独立に形成することと、次いで、その後、それらを応力隔離MEMSデバイスに組み立てることとを含む。上で説明したような応力隔離MEMSデバイスを製造するための例示的な工程を、図19から図23を参照して下で説明する。

【0051】

最初に、図19を参照すると、ベースウエハを形成するための副工程が記述されている。基板ウエハは、図19の段階1で概略的に示されるように、その頂面および底面上にマスクング材料を有するように形成される。基板は、シリコンとすることができ、マスクング材料は、窒化ケイ素とすることができ、次いで、図19の段階2によって表されるように、例えばフォトリソグラフィ技術を使用することによって、マスクング材料の底面の部分を、当業界で知られているようにパターン化して、マスクング材料の中に領域を開口させる。次いで、同様に、図19の段階3によって示されるように、例えばフォトリソグラフィ技術を使用することによって、マスクング材料の頂面の部分を、当業界で知られているようにパターン化して、マスクング材料の中に領域を開口させる。次いで、図19の段階4によって表されるように、エッチングまたは1組のエッチングを行って、頂面および/または底面の陥凹ならびに貫通穴を作成する。好ましくは、単一のエッチングが、頂面および底面を同時にエッチングし、かつ陥凹および貫通穴の双方を同時に形成する。陥凹および貫通穴は、空洞、空隙、流路、縁、チャネル等を形成するために好都合に使用することができ、これは、流体連通、応力隔離、望ましくない環境要素からの保護、電氣的隔離等の、最終的なMEMSデバイスの層内および層の間で、種々の特徴を接続し、種々の機能を可能にし得、同様に、最終的なMEMSデバイスの中の膜および台座等の、MEMSデバイスの特徴を形成または描写するために好都合に使用することができることに留意されたい。最後に、図19の段階5で示されるように、最終的なデバイス、例えば第1のガラスフリット材料に過度の応力を与えないボンディング材料を、当技術分野で知られているように、バックングウエハの頂面の選択部分に塗布する。次いで、しばしばTi、Zr、およびV等の1つ以上の材料のパターン層が、1つ以上のシャドーマスクウインドウを通して、基板の選択された領域上へスパッタリングされ得る。金属層領域は、単独で、または他の構造と連動して、電氣的相互接続および/または不純物ゲッター、原位置

10

20

30

40

50

のヒーター、ヒューズ、自己試験構造等として機能し得る。これらの金属層領域は、図 19 では具体的に示されていないが、例えば、上で説明した図 17 を参照されたい。この段階で、ベースウエハ構成要素が完成する。

#### 【0052】

ここで、図 20 を参照すると、トッピングウエハを製造するための副工程が記述されている。基板ウエハは、図 20 の段階 1 で示されるように、その頂面および底面上にマスクング材料を有するように形成される。基板は、シリコンとすることができ、マスクング材料は、窒化ケイ素とすることができる。次いで、図 20 の段階 2 によって示されるように、マスクング材料の頂面の第 1 の部分を、例えばフォトリソグラフィ技術を使用することによって、当産業界で知られているようにパターン化して、マスクング材料の中に領域を開口させる。次いで、図 20 の段階 3 によって示されるように、基板のエッチングを当産業界で知られているように行って、基板の開口領域の中で基板の中に陥凹を形成する。次いで、図 20 の段階 4 で示されるように、基板の底面上のマスクング材料の部分を同様にパターン化し、エッチングする。次いで、図 20 の段階 5 で示されるように、基板の頂面上のパターン化およびエッチングした領域の場所に対応する基板の少なくとも 1 つの第 1 の領域の中で、少なくとも 1 つの貫通穴が基板の中に形成され、かつ少なくとも 1 つの陥凹が基板の底面の別の領域の中に形成されるように、Si 基板をエッチングする。陥凹および貫通穴は、空洞、空隙、流路、縁、チャンネル等を形成するために好都合に使用することができ、これは、流体連通、応力隔離、望ましくない環境要素からの保護等の、最終的な MEMS デバイスの層内および層の間で、種々の特徴を接続し、種々の機能を可能にし得、同様に、膜および台座等の MEMS デバイスの特徴を形成または描写するために、および最終的な MEMS デバイスの中の基板の別の部分から基板の部分を電氣的に隔離するために好都合に使用することができる。最後に、図 20 の段階 6 で示されるように、ガラスフリット材料等の最終的なデバイスに過度の応力を与えないボンディング材料、および好都合にベースウエハに塗布されたものと同じ材料を、当技術分野で知られているように、トッピングウエハの頂面の選択部分に塗布する。次いで、しばしば Ti、Zr、および V 等の 1 つ以上の材料のパターン層が、1 つ以上のシャドーマスクウインドウを通して、基板の選択された領域上へスパッタリングされ得る。金属層領域は、単独で、または他の構造と連動して、電氣的相互接続および/または不純物ゲッター、原位置のヒーター、ヒューズ、自己試験構造等として機能し得る。これらの金属層領域は、図 20 では具体的に示されていないが、例えば、上で説明した図 17 を参照されたい。この段階で、トッピングウエハ構成要素が完成する。

#### 【0053】

ここで、図 21 を参照すると、バックングウエハを製造するための副工程が記述されている。基板ウエハを、図 21 の段階 1 で示されるように、その頂面および底面上にマスクング材料を有するように形成する。基板は、シリコンとすることができ、マスクング材料は、窒化ケイ素とすることができる。次いで、図 21 の段階 2 で示されるように、例えば、フォトリソグラフィ技術を使用することによって、マスクング材料の頂面の第 1 の部分を、当産業界で知られているようにパターン化して、マスクング材料の中に領域を開口させる。次いで、図 21 の段階 3 で示されるように、基板のエッチングを当産業界で知られているように行って、基板の開口領域の中で基板の中に陥凹を形成する。図 21 の段階 4 で示されるように、フォトリソグラフィパターンを基板の頂面に塗布し、そして、マスクング材料の少なくとも一部分を通ること、ならびに、既にエッチングされた少なくとも 1 つの領域の中、およびまだエッチングされていない少なくとも 1 つの領域の中を含む、基板を完全に貫通する貫通穴を形成する、エッチングを行う。このエッチングは、当技術分野で知られているように、好ましくは異方性エッチングであり得、深堀反応性イオンエッチング (DRIE) 技術を使用して行われ得る。陥凹および貫通穴は、空洞、空隙、流路、縁、チャンネル等を形成するために好都合に使用することができ、これは、流体連通、応力隔離、望ましくない環境要素からの保護等の、最終的な MEMS デバイスの層内および層の間で、種々の特徴を接続し、種々の機能を可能にし得、同様に、最終的な MEMS デ

パイスの中の膜および台座等のMEMSデバイスの特徴を形成または描写するために、および基板の別の部分から基板の部分を電氣的に隔離するために好都合に使用することができる。最後に、図21の段階5によって示されるように、第1のガラスフリット材料よりも高いボンディング（すなわち、遷移および/または失透）温度等の、最終的なデバイスに過度の応力を与えない第2のボンディング材料を、当技術分野で知られているように、バックグウエハの頂面の選択部分に塗布する。次いで、しばしばTi、Zr、およびV等の1つ以上の材料のパターン層が、1つ以上のシャドーマスクウインドウを通して、基板の選択された領域上へスパッタリングされ得る。金属層領域は、単独で、または他の構造と連動して、電氣的相互接続および/または不純物ゲッター、原位置のヒーター、ヒューズ、自己試験構造等として機能し得る。これらの金属層領域は、図21では具体的に示されていないが、例えば、上で説明した図17を参照されたい。この段階で、トップングウエハ構成要素が完成する。

10

#### 【0054】

ここで、図22Aおよび22Bを参照すると、デバイスウエハを製造するための副工程が記述されている。基板ウエハは、その頂面および底面上にマスキング材料を有するように形成される。基板は、シリコンとすることができ、マスキング材料は、窒化ケイ素とすることができる。第2の材料を、基板の頂部に塗布する。第2の材料は、蒸着二酸化シリコン膜であってもよい。次いで、ポリシリコン層を、ウエハ上に蒸着させると、図22Aの段階1で表される構造になる。次いで、図22Aの段階2で示されるように、シリコン基板の部分が露出するように、ウエハの頂部を当業界で知られているようにマスキングし、エッチングする。次いで、酸化膜を、シリコン基板の露出部分上に、およびポリシリコン上に成長させる。酸化物は、図22Aでは明確に示されていない。次いで、図22Aの段階3で示されるように、基板を、リン等のn型ドーパントで、シリコン基板を露出させるためにエッチングしたマスキング材料を有していた領域の中のポリシリコンの中に、およびシリコン基板の中に酸化膜を通して埋め込む。次いで、図22Aの段階4で示されるように、ポリシリコン膜をマスキングし、ポリシリコンの部分をエッチングする。エッチングし、ドーピングしたポリシリコンは、当業界で知られているように、MEMSデバイスの精密抵抗器、圧電抵抗体、電気導管、コンデンサのプレート、ゲート、ならびに他の電氣的および構造用構成要素を形成するために使用され得る。次いで、図22Aの段階5で示されるように、典型的に蒸着二酸化シリコン膜等の電気絶縁膜である、第3の材料を塗布する。次いで、図22Aの段階6で示されるように、表面をマスキングし、エッチングして、ポリシリコンおよびシリコン基板の部分まで絶縁層を通して電気接点を開口する。次いで、図22Aの段階7で示されるように、金属膜を塗布し、パターン化して、接触領域の中の電気接点、ならびに基板の表面上の相互接続部、ヒューズ、抵抗器、および入力/出力パッド、自己試験構造、コンデンサプレート等を形成する。次いで、図22Bの段階8で示すように、典型的に窒化ケイ素である不動態化膜を、基板の頂面に塗布する。次いで、図22Bの段階9で示されるように、フォトリソグラフィマスクを基板の底部側に塗布し、マスキング材料膜をエッチングして、シリコンの部分を露出させる。フォトリソグラフィマスクを取り除く。次いで、図22Bの段階10で示されるように、シリコンを好都合な深さまでエッチングし、シリコンの中に陥凹を形成する。陥凹は、空洞、空隙、流路、縁、およびチャネルを形成するために好都合に使用することができ、これは、流体連通、応力隔離、望ましくない環境要素からの保護等の、最終的なMEMSデバイスの層内および層の間で、種々の特徴を接続し、種々の機能を可能にし得、同様に、最終的なMEMSデバイスの中の膜、縁、または他の感知要素等の、MEMSデバイスの特徴を形成または描写するために好都合に使用することができる。好ましくは、陥凹深さは、例えば圧力感知デバイス感知で要素として使用され得る、有利な厚さの膜を形成するために、慎重に制御される。ケイ素エッチングをウェットエッチング剤で行う場合は、ウェットエッチング剤から頂面を保護するために、Brewer Science, Inc. (Rolla, Missouri)製のProTEK（登録商標）B3ウェットエッチング保護コーティング等の犠牲ブランケットマスキング材料を、ウェットエッチング前に、基

20

30

40

50

板の頂面に塗布することができる。エッチングが完了した時点で、犠牲ブランケットマスク材料を取り除くが、この当産業界で知られているステップは、図 2 2 B では示されていない。図 2 2 B の段階 1 1 で示されるように、フォトリソグラフィマスクを頂面の部分に塗布し、不動態化膜のエッチングを行って、不動態化膜を通して金属に電気接点を形成すること、および表面の部分を開口してシリコンを露出させることの双方を可能にする。その後、図 2 2 B の段階 1 2 で示されるように、フォトリソグラフィマスクを頂面の部分に塗布し、エッチングを行って、シリコン基板の中に貫通穴を形成する。貫通孔エッチングは、当技術分野で知られているように、好都合に異方性エッチングであり得、深堀反応性イオンエッチング ( D R I E ) 技術を使用して行われ得る。貫通穴は、空隙、流路、チャンネル等を形成するために好都合に使用することができ、これは、流体連通、応力隔離、望ましくない環境要素からの保護等の、最終的な M E M S デバイスの層内および層の間で、種々の特徴を接続し、種々の機能を可能にし得、同様に、台座等の M E M S デバイスの特徴を形成または描写するために、および最終的な M E M S デバイスの中の基板の別の部分から基板の部分を電氣的に隔離するために好都合に使用することができる。次いで、しばしば T i 、 Z r 、 および V 等の 1 つ以上の材料のパターン層が、1 つ以上のシャドーマスクウインドウを通して、基板の選択された領域上へスパッタリングされ得る。金属層領域は、単独で、または他の構造と連動して、電氣的相互接続および / または不純物ゲッター、原位置のヒーター、ヒューズ、自己試験構造等として機能し得る。これらの金属層領域は、図 2 2 A および 2 2 B では具体的に示されていないが、例えば、すでに説明した図 1 7 を参照されたい。この段階で、デバイスウエハ構成要素が完成する。

10

20

#### 【 0 0 5 5 】

ここで、図 2 3 を参照すると、構成要素ウエハ積層体を製造するための副工程が記述されている。最終的な応力隔離感知 M E M S デバイスを完成させるためには、デバイスウエハ、ベースウエハ、トップングウエハ、およびバッキングウエハとともに結合しなければならない。最初に、当産業界で知られているように、デバイスウエハの底面およびバッキングウエハの頂面を適切に整列させ、次いで、バッキングウエハの頂面に塗布された第 1 のガラスフリット材料とともに接合する。次いで、図 2 3 の段階 1 で示されるように、デバイスウエハ構成要素の頂面である接合対の頂面の上に金属層をパターン化させて、電氣的相互接続部、ヒューズ、コンデンサプレート、抵抗器、および金属入力 / 出力パッド等の特徴を形成する。金属は、蒸着されるときにシャドーマスクを通してパターン化することができる。次いで、図 2 3 の段階 2 で示されるように、トップングウエハの底面およびバッキングウエハの頂面をそれぞれ、接合対の頂面および接合対の底面に整列させ、次いで、ともに接合する。この接合は、デバイスウエハをバッキングウエハと結合した接合よりも低い温度で好都合に行われる。これは、第 1 のフリット材料を、第 2 の接合工程中に失透させないようにすることができ、したがって、層方法のフリット材料によって成される接合の完全性を確実にする。そのようにすることが有利である場合は、次いで、Z r 、 N i 、 および A u 等の少なくとも 1 つの金属材料の層をウエハ積層体の底面に塗布してもよい。金属層は、図 2 3 の段階 3 で示されるように、電氣的相互接続部として機能し得るか、または完成したデバイスをヘッダ、パッケージ、電気回路カード等に取り付けることを容易にし得る。

30

40

#### 【 0 0 5 6 】

デバイスウエハ、ベースウエハ、およびバッキングウエハ（および、したがって、最終的に組み立てられる応力隔離 M E M S 感知デバイス）は、それぞれ、同時に、それらの上に形成されたウエハ毎に少なくとも 1 つの M E M S デバイスを有し得る。ウエハがそれらの上に形成された 2 つ以上のデバイスを有する場合は、ウエハ積層体を M E M S デバイ스에 個片化してもよい。これで、応力隔離 M E M S デバイスの例示的な実施形態のための製造工程が完了する。

#### 【 0 0 5 7 】

M E M S 圧力センサを例示的な状況で示し、説明したが、当業者は、上で説明したパッケージング応力隔離システムおよび方法を、任意の好適なデバイスに容易に適用できるこ

50

とを容易に認識するであろう。例えば、上で説明したシステムおよび方法は、性能に影響を及ぼす可能性があるパッケージ応力が問題である場合には、MEMSジャイロ、電子部品チップ、または任意の他の好適なデバイスに適用することができる。また、応力感応または応力隔離構成要素が、速度センサまたは加速度センサ等の物理パラメータセンサに加えて、湿度センサ、フローセンサ、化学センサ、ガス分析器、粒子検出器、圧力センサ、および/または任意の他の好適な種類の媒体センサ等の、任意の好適な種類の媒体センサを含むことができることも考えられる。

【0058】

当業者は、本発明が、少なくとも1つの応力感応構成要素を含む応力隔離領域を有するデバイス本体を伴う、任意の好適な微細構造デバイスの形態で実践できることを容易に認識するであろう。微細構造デバイスは、デバイス本体を格納するパッケージに取り付けられるように構成され、適合される載置ベースを含むことができ、該載置ベースは、載置ベースに与えられるパッケージ応力から応力感応構成要素を隔離するために、デバイス本体に沿って、応力隔離領域から横方向にオフセットされる。

10

【0059】

当業者は、また、デバイス本体を、例えば応力感応構成要素、応力隔離領域、および載置ベースを画定する、単結晶シリコンウエハ構成要素等の平面ウエハ構成要素とすることができることも容易に認識するであろう。さらに、当業者は、応力隔離領域から載置ベースを分離する細い台座の有無に関わらず、本発明に従って応力隔離を達成することができるので、応力隔離領域の幅および載置ベースの幅よりも狭い幅を有する、上で説明した例示的な台座が随意選択であることを容易に認識するであろう。

20

【0060】

上で説明され、図で示される本発明の方法およびシステムは、パッケージ応力および載置応力の緩和、より小さいサイズ、ならびに向上した精度を含む、優れた特性を伴うMEMS圧力センサを提供する。本発明の装置および方法を、好適な実施形態を参照して図示および説明してきたが、当業者は、対象の発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、変更および/または修正が行われ得ることを容易に認識するであろう。

【 図 1 】

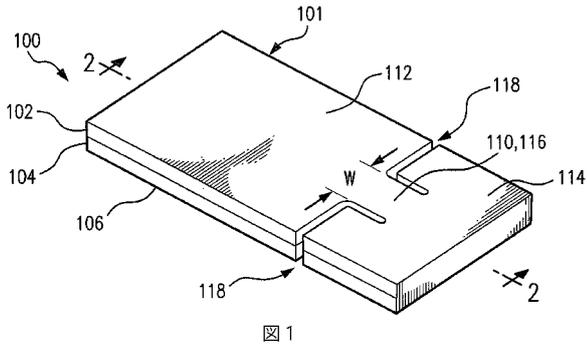


図 1

【 図 3 】

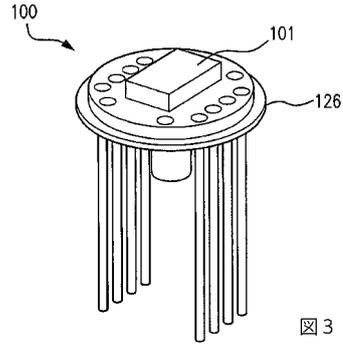


図 3

【 図 2 】

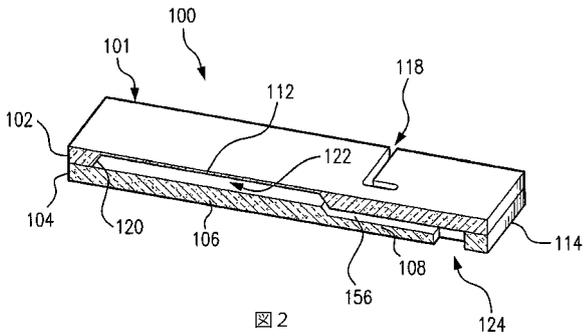


図 2

【 図 4 】

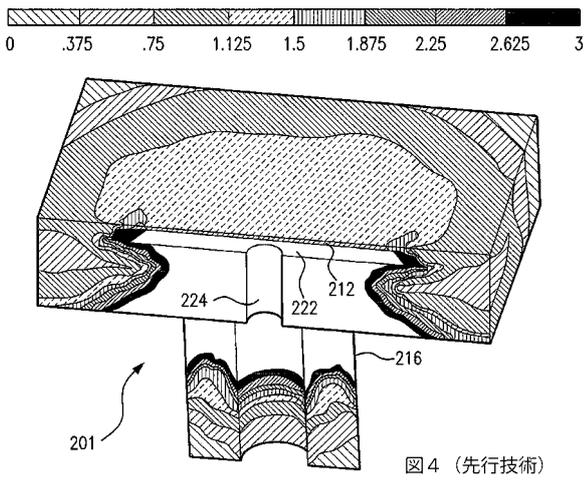


図 4 (先行技術)

【 図 5 】

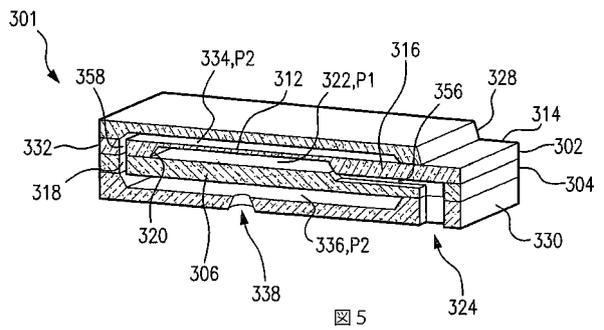


図 5

【 図 6 】

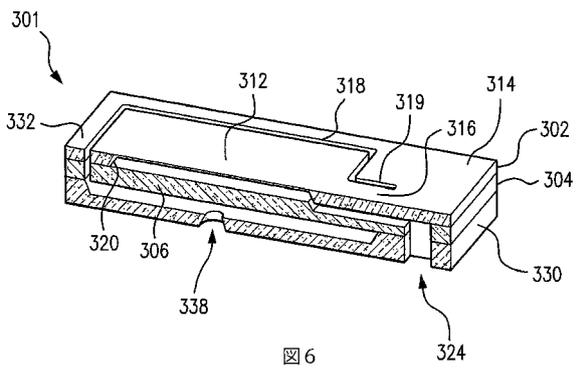


図 6

【 図 7 】

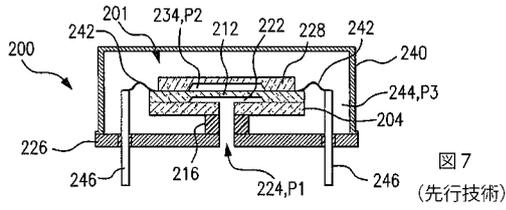


図 7  
(先行技術)

【 図 8 】

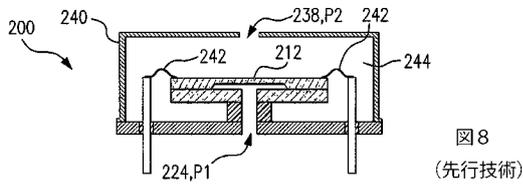


図 8  
(先行技術)

【 図 9 】

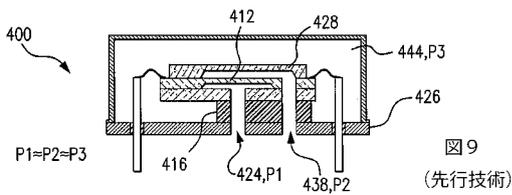


図 9  
(先行技術)

【 図 1 0 】

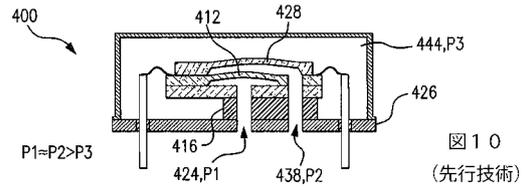


図 1 0  
(先行技術)

【 図 1 1 】

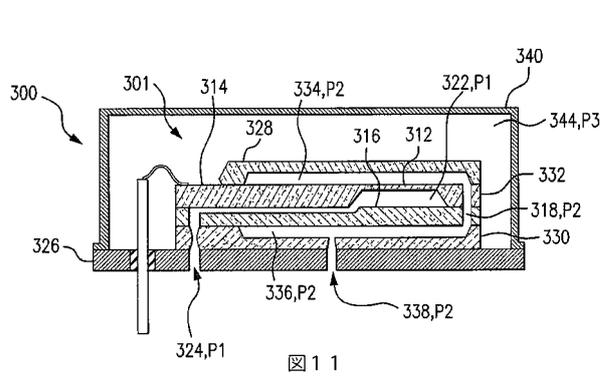


図 1 1

【 図 1 2 】

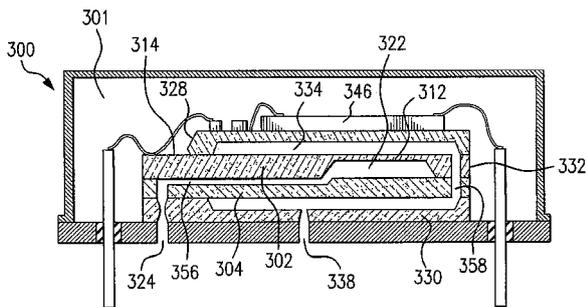


図 1 2

【 図 1 4 】

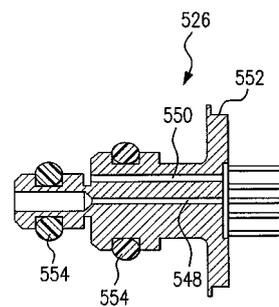


図 1 4

【 図 1 3 】

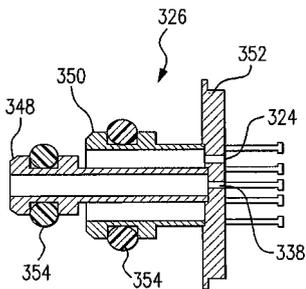


図 1 3

【 図 1 5 】

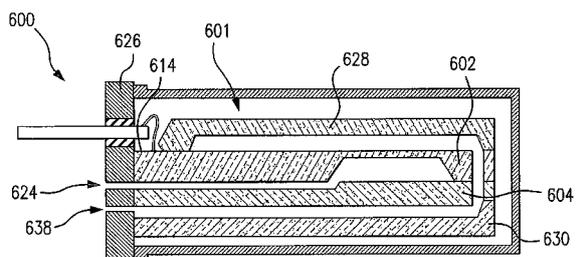


図 1 5

【 図 1 6 】

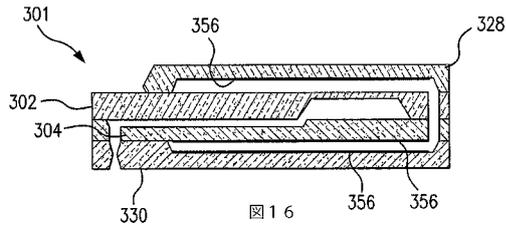


図 1 6

【 図 1 7 】

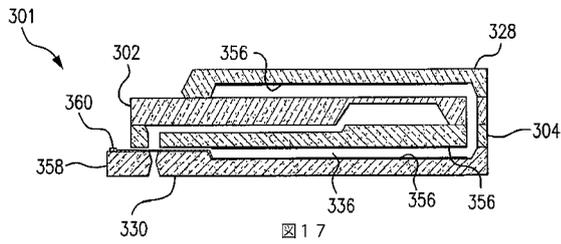


図 1 7

【 図 1 8 】

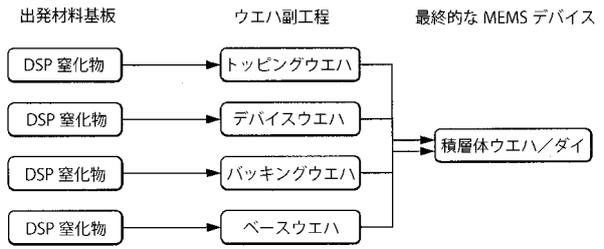
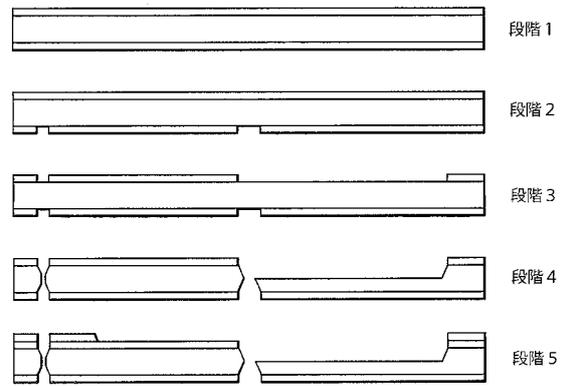


図 1 8

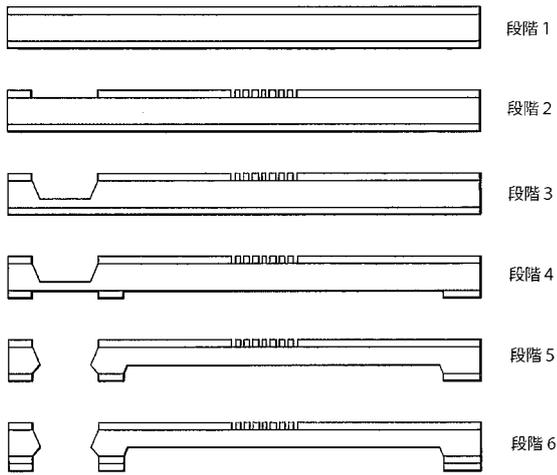
【 図 1 9 】



ベースウエハ製造業者の副工程

図 1 9

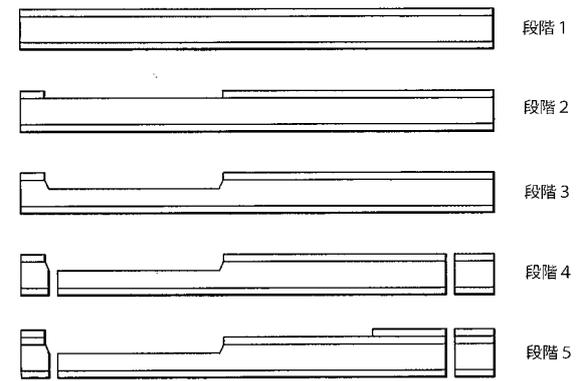
【 図 2 0 】



トッピングウエハ製造業者の副工程

図 2 0

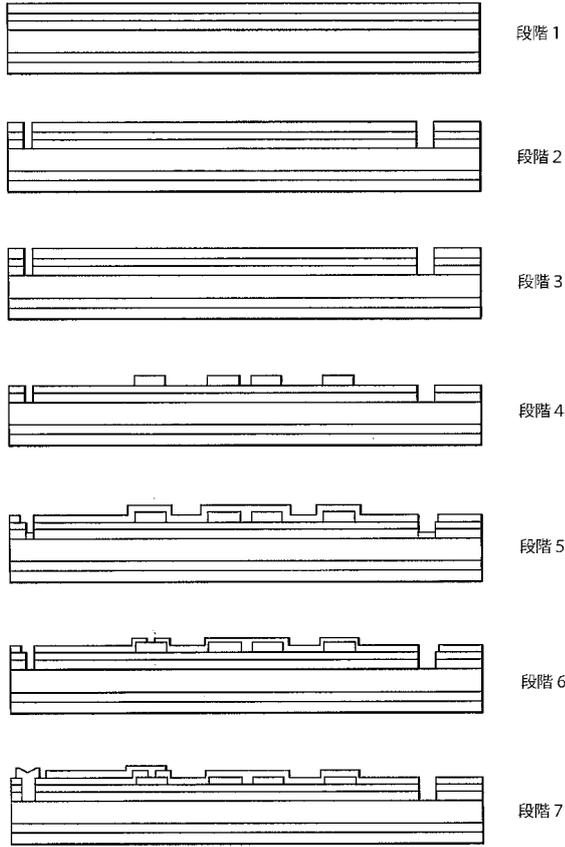
【 図 2 1 】



バックングウエハ製造業者の副工程

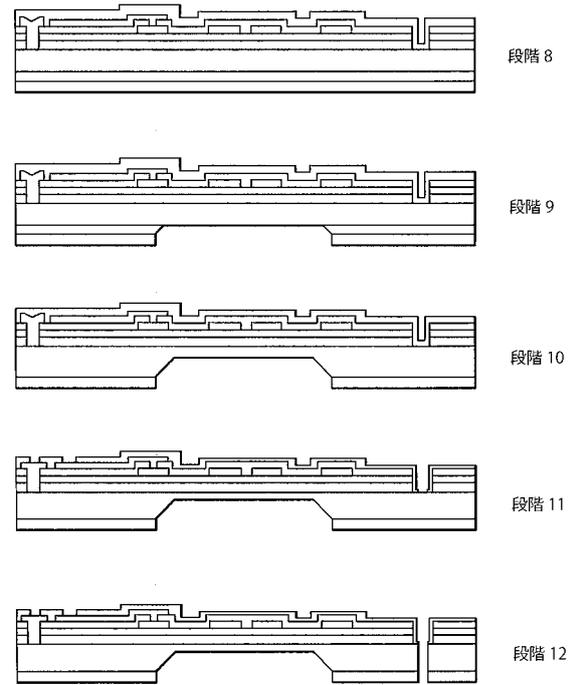
図 2 1

【図 2 2 A】



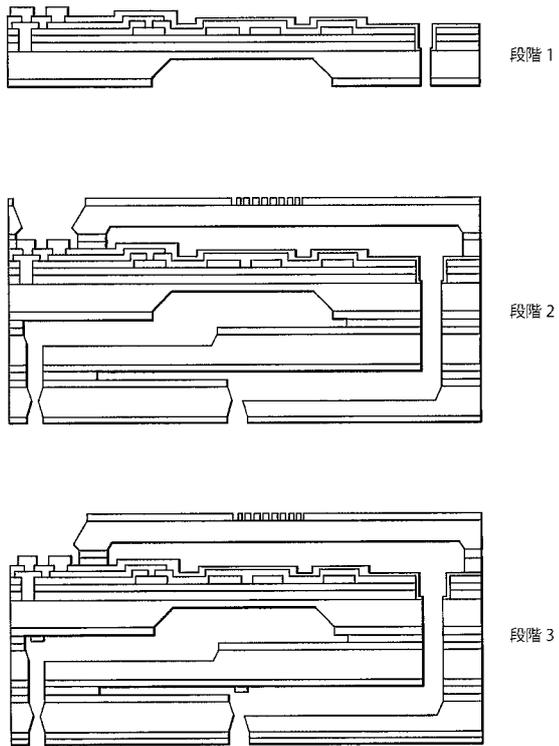
デバイスウエハ製造業者の副工程 図 2 2 A

【図 2 2 B】



デバイスウエハ製造業者の副工程 図 2 2 B

【図 2 3】



構成要素ウエハ積層体製造業者の副工程 図 2 3

---

フロントページの続き

- (72)発明者 クリステンソン, ジョン・シー .  
アメリカ合衆国 ミネソタ州、プライオア・レーク, 154番ストリート・ウェスト 8860
- (72)発明者 サターランド, ブルース・エイチ .  
アメリカ合衆国 ミネソタ州、イーガン, ティファニー・ドライブ 1091
- (72)発明者 フィリップス, ランディー  
アメリカ合衆国 ミネソタ州、ファーミントン, フィールドクレスト・アベニュー 17255
- (72)発明者 ホームクィスト, デイブ  
アメリカ合衆国 ミネソタ州、アップル・バレー, ユークリッド・アベニュー 12867
- Fターム(参考) 2F055 AA40 BB01 BB05 CC02 DD05 EE40 FF23 GG12

【外国語明細書】

2013224937000001.pdf