

(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2007-215177

(P2007-215177A)

(43) 公開日 平成19年8月23日(2007.8.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H04R 31/00 (2006.01)</b>	H04R 31/00 330	4C601
<b>H04R 19/00 (2006.01)</b>	H04R 19/00 330	5D019
<b>B81C 3/00 (2006.01)</b>	B81C 3/00	5J083
<b>B81B 3/00 (2006.01)</b>	B81B 3/00	
<b>G01S 7/521 (2006.01)</b>	G01S 7/52 A	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 28 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2007-20250 (P2007-20250)  
 (22) 出願日 平成19年1月31日 (2007.1.31)  
 (31) 優先権主張番号 11/350,424  
 (32) 優先日 平成18年2月9日 (2006.2.9)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1 番  
 (74) 代理人 100093908  
 弁理士 松本 研一  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ並びにその製作方法

## (57) 【要約】

【課題】設計の柔軟性及び製作コスト低減が得られる c  
 MUT セルの製作方法を提供する。

【解決手段】容量性マイクロマシン加工超音波トランス  
 ジューサ・セルを製作する方法を提供する。本方法は、  
 ガラスを含む担体サブストレート (10) を提供する工  
 程を含む。ガラス・サブストレート内にパイア穴 (171) を  
 形成する工程を含むことがある。本方法はさらに、隔壁  
 (14) を提供する工程であって、この担体サブストレ  
 ート (10) または隔壁 (14) のうちの少なくとも 1  
 つがキャビティ深度を規定するように構成させた支持支  
 柱 (12) を備えるような隔壁提供工程を含む。

【選択図】図 1

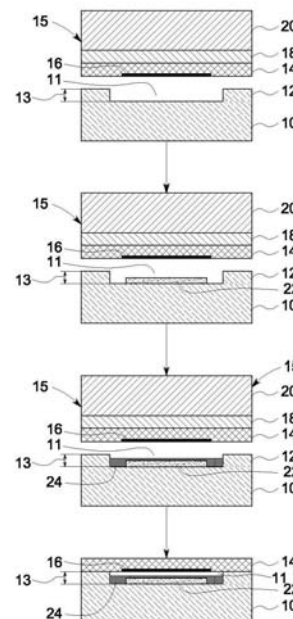


FIG. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルを製作する方法であって、  
ガラスを含む担体サブストレート（１０）を提供する工程と、  
隔壁（１４）を提供する工程であって、前記担体サブストレート（１０）または該隔壁（１４）のうちの少なくとも一方がキャビティ深度を規定するように構成された支持支柱（１２）を備えるような提供工程と、  
前記支持支柱（１２）を用いて前記隔壁（１４）を前記担体サブストレート（１０）に結合させる工程であって、該担体サブストレート（１０）、該隔壁（１４）及び該支持支柱（１２）によって１つの音響キャビティが規定される結合工程と、  
を含む方法。

10

**【請求項 2】**

前記ガラスはナトリウム豊富なガラスを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記ガラスはホウケイ酸ガラスを含む、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

担体サブストレート（１０）を提供する前記工程は、前記担体サブストレート（１０）上に底側電極（２２）を提供する工程であって該底側電極（２２）と前記隔壁（１４）によって前記音響キャビティが境界される提供工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記結合工程は、陽極性結合、はんだ結合、化学結合、あるいはこれらを組み合わせたもののうちの１つを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

**【請求項 6】**

担体サブストレート（１０）を提供する前記工程は、サブストレート（１０）内にバイア穴（１７１）を形成する工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 7】**

容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルを製作する方法であって、  
第 1 の表面及び第 2 の表面を有するガラスを含んだ担体サブストレート（１０８）を提供する工程と、

前記担体サブストレート（１０８）内に該担体サブストレート（１０８）の第 1 の表面から第 2 の表面までに及ぶバイア穴（１１２）を形成する工程と、

１つの音響キャビティを規定するように前記担体サブストレート（１０８）に隔壁（１８４）を結合させる工程であって、該音響キャビティの深度は支持支柱（１７６）によって規定されており、かつ該担体サブストレート（１０８）と該隔壁（１８４）のうちの一方が該支持支柱（１７６）を備えている結合工程と、  
を含む方法。

30

**【請求項 8】**

容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・アレイを製作する方法であって、  
第 1 の表面及び第 2 の表面を有するガラス・サブストレーートを提供する工程であって、  
該第 1 の表面は複数の部分に仕切られている提供工程と、

40

前記ガラス・サブストレート内に該ガラス・サブストレーートの第 1 の表面からガラス・サブストレーートの第 2 の表面までに及ぶバイア穴（１９２）を形成する工程と、

前記ガラス・サブストレーートの第 1 の表面の各部分のそれぞれの上に底側電極（１９８）を付着する工程と、

その各々が前記ガラス・サブストレーートの１つの部分と結合して１つの音響キャビティを規定するように複数の隔壁（２０２）をガラス・サブストレートに結合させる工程であって、該音響キャビティの深度は該ガラス・サブストレートまたは隔壁（２０２）のうちの一方の内部に配置させた支持支柱（１９０）によって規定されている結合工程と、

前記ガラス・サブストレーートのうちの前記音響キャビティを利用しない部分上に形成させた接触パッド（２８）を該ガラス・サブストレーートの第 1 の表面上に付着する工程であ

50

って、該接触パッド（２８）のそれぞれは対応する１つのバイア穴と電氣的に連絡している付着工程と、を含む方法。

【請求項９】

前記結合は、陽極性結合、はんだ結合、化学結合、あるいはこれらを組み合わせたものを含む、請求項８に記載の方法。

【請求項１０】

第１の表面及び第２の表面を有するガラス・サブストレートと、

前記ガラス・サブストレートの第１の表面に結合させた隔壁であって、該ガラス・サブストレートの第１の表面または該隔壁のうちの一方によって１つのキャビティが規定されている隔壁と、  
を備える容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は全般的には、診断用イメージングの分野に関し、またより具体的には、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ（ｃＭＵＴ）並びにその製作方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

トランスジューサは、ある形態をした入力信号を別の形態をした出力信号に変換するデバイスである。よく用いられるトランスジューサには、光センサ、熱センサ及び音響センサが含まれる。音響センサの一例は、医用イメージング、非破壊的評価、及びその他の用途で実現できる超音波トランスジューサである。

【０００３】

目下のところ、超音波トランスジューサの一形態に、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ（capacitive micromachined ultrasound transducer：ｃＭＵＴ）がある。ｃＭＵＴセルは一般に、サブストレートと、このサブストレートに結合し得る底側電極と、このサブストレートの上に支持支柱によって吊着させた隔壁と、上側電極の役割をする金属化層と、を含んでいる。底側電極、隔壁及び上側電極によってキャビティの垂直方向の範囲が規定されており、一方支持支柱によってキャビティの横方向の範囲が規定されている。典型的には、ｃＭＵＴセルで利用されるサブストレートは、多量ドーパのシリコンなど極めて伝導性が高い材料を含んでいる。このため、ｃＭＵＴセル内の寄生キャパシタンス及び漏れ電流の値が高くなる。さらに、シリコンなどの目下のサブストレートは高温処理を必要とし、このためより多くの処理工程が必要となる。例えば、ｃＭＵＴセルにシリコンのサブストレートを利用する一方で、隔壁と支持支柱（典型的には、サブストレート上に成長させた酸化物）を９００を超える温度で実施される融合結合（fusion bonding）を利用して互いに結合させている。ｃＭＵＴセルの様々な層の熱膨張率（ＣＴＥ）に不整合が存在すると、こうした高温での処理によって、デバイスの歩留まりを低下させることがあるサブストレートのラッピングや薄膜剥離を生じさせがちな。デバイス歩留まりが低いだけでなく、各層の界面で発生した熱応力によって隔壁の境界条件が変化してこれにより隔壁設計（例えば、共鳴周波数や崩壊（collapsed）電圧）が予測不可能となる。上で言及した高温により生じる影響を緩和するためには、高温アニーリングなどの幾つかの方法を使用しなければならないが、こうした処理のために追加的な工程が必要となる。したがって、処理の統合をさせるような設計の柔軟性を得るために、またさらには製作処理のコスト低減のためには、より低い温度でより少ない工程数で製作できるｃＭＵＴセルがあることが望ましい。

【特許文献１】米国特許第５９８２７０９号

【特許文献２】米国特許第５８９４４５２号

【特許文献３】米国特許第５８７０３５１号

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

さらに、送信器及び受信器としての動作時の寄生キャパシタンスを低下させかつ漏れ電流を低くすることによってCMUTの感度及び動作性能を向上させることが望ましい。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本技法の一態様では、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルを製作する方法を提供する。本方法は、ガラスを含む担体サブストレートを提供する工程を含む。本方法はさらに、隔壁を提供する工程であって担体サブストレートと該隔壁の少なくとも一方がキャビティ深度を規定するように構成させた支持支柱を備えるような隔壁提供工程を含む。本方法はさらに、担体サブストレート、隔壁及び支持支柱によって1つの音響キャビティが規定されるように支持支柱を用いて隔壁を担体サブストレートに結合させる工程を含む。

10

## 【0006】

本技法の別の態様では、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルを製作する方法は第1の表面及び第2の表面を有するガラスを含む担体サブストレートを提供する工程を含む。本方法はさらに、担体サブストレート内に担体サブストレートの第1の表面から第2の表面までに及ぶパイア穴を形成する工程を含む。本方法はさらに、1つの音響キャビティを規定するように担体サブストレートに隔壁を結合させる工程であって、該音響キャビティの深度は支持支柱によって規定されており、かつ該担体サブストレートと該隔壁のうちの一方が該支持支柱を備えている結合工程を含む。

20

## 【0007】

本技法のさらに別の態様では、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・アレイを製作する方法は、第1の表面及び第2の表面を有するガラス・サブストレートを提供する工程であって、該第1の表面は複数の部分に仕切られている提供工程を含む。本方法はさらに、ガラス・サブストレート内に該ガラス・サブストレートの第1の表面からガラス・サブストレートの第2の表面までに及ぶパイア穴を形成する工程を含む。本方法はさらに、ガラス・サブストレートの第1の表面の各部分のそれぞれの上に底側電極(198)を付着する工程と、その各々がガラス・サブストレートの1つの部分と結合して1つの音響キャビティを規定するように複数の隔壁をガラス・サブストレートに結合させる工程であって該音響キャビティの深度は該ガラス・サブストレートまたは隔壁のうちの一方の内部に配置された支持支柱によって規定されている結合工程と、を含む。本方法はさらに、該ガラス・サブストレートのうちの該音響キャビティを利用しない部分上に形成させた接触パッドを該ガラス・サブストレートの第1の表面上に付着する工程であって該接触パッドのそれぞれは対応する1つのパイア穴と電氣的に連絡している付着工程を含む。

30

## 【0008】

本発明の別の態様では、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルは、第1の表面及び第2の表面を有するガラス・サブストレートと、該ガラス・サブストレートの第1の表面に結合させた隔壁であって該ガラス・サブストレートの第1の表面または該隔壁のうちの一方によって1つのキャビティが規定されている隔壁と、を含む。

40

## 【0009】

本発明の別の態様は、複数の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルを有するトランスジューサ・アレイを含んだシステムであって、そのセルの各々は、第1の表面及び第2の表面を有するガラス・サブストレートと、該ガラス・サブストレートの第1の表面に結合させた隔壁であって該ガラス・サブストレートの第1の表面または該隔壁のうちの一方は支持支柱を含んでおりかつ該ガラス・サブストレート、該隔壁及び該支持支柱によって1つのキャビティが規定される隔壁と、該キャビティ内に配置されかつガラス・サブストレートの第1の表面に結合された電気絶縁層と、該キャビティ内に配置された底側電極と、を含む。

50

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0010】

本発明に関するこれらの特徴、態様及び利点、並びにその他の特徴、態様及び利点については、同じ参照符号が図面全体を通じて同じ部分を表している添付の図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことによってより理解が深まるであろう。

## 【0011】

医用イメージングや非破壊的評価などの多くの分野では、高品質の診断画像の作成を可能とさせる超音波トランスジューサを利用することが望ましい。高品質の診断画像は、送信器及び受信器としての動作時における寄生キャパシタンスを低下させかつ漏れ電流を減少させることにより容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ(cMUT)の感度及び動作性能を向上させることによって達成することができる。

## 【0012】

ここで図1を見ると、cMUTセルを製作する方法に関する各工程を表した概要流れ図を示している。図面は例示を目的としており縮尺通りでないことは当業者であれば理解されよう。図示した実施形態では、本方法は担体サブストレート10を提供することによって開始される。詳細については以下で記載することにするが、ある種の実施形態では、そのサブストレート10はサブストレート10の2つの側の間の電氣的連絡を提供するためのバイア穴(図示せず)を含むことがある。担体サブストレート10はガラスを含むことがある。幾つかの実施形態では、そのガラスはナトリウム豊富なガラス(sodium rich glass)を含むことがある。例示的な一実施形態では、そのナトリウム豊富な材料はホウケイ酸ガラスを含むことがある。このナトリウム豊富なガラスは別のサブストレート(これは、ナトリウム豊富とすることもナトリウム豊富としないこともある)の上に付着させることがある。ナトリウム豊富なガラスは、ガラス・サブストレート、セラミック・サブストレート、プラスチック・サブストレート、ポリマー・サブストレート、あるいはシリコン・サブストレートなどの半導体サブストレートといったサブストレート上へのナトリウム豊富なガラスのスパッタリングまたはスピニング(spinning)によって形成させることがある。ガラス・サブストレートは、ナトリウム豊富とすることもナトリウム豊富としないこともある。半導体サブストレートは、固有の抵抗率と高い抵抗率のいずれとすることもできる。

## 【0013】

ガラス・サブストレートは、cMUTセル内の担体サブストレートとして通常利用されているシリコンなどの半導体サブストレートと比べてより低い導電率を示すことが理解されよう。したがって、ガラス・サブストレートはこれと同等の半導体式のものと比較して有する寄生キャパシタンスが比較的低くなる。半導体サブストレートをを用いた従来のcMUTでは、cMUT動作のための静電エネルギーまたは音響エネルギーの一部が寄生キャパシタンスにおいて無駄になりcMUTに効率よく使用されないことがある。一方、ガラス・サブストレートを使用する場合、低い値の寄生キャパシタンスが得られると共に、起こりうる漏れ経路がこの低い値によってすべて排除されてデバイス動作性能及び堅牢性を向上させることができる。

## 【0014】

担体サブストレート10は支持支柱12を含むことがある。さらに、この支持支柱12上にこれに結合させて隔壁すなわちダイアフラム14を配置させることがある。別法として、この隔壁14は図5の実施形態に図示したように支持支柱12を含むことがある。支持支柱12はキャビティ深度13を有するキャビティ11を規定するように構成させることがある。さらに、支持支柱12はキャビティ11の横方向範囲を規定する。一般に、支持支柱12の高さは概ね10分の数マイクロメートルから数10マイクロメートルの程度である。支持支柱12は、例えば担体サブストレート10の一部をエッチング除去することによって製作されることがある。別法として、その支持支柱12は隔壁14上に薄膜(図示せず)を付着する及び/またはパターン形成することによって製作されることがある。詳細については以下で記載することにするが、支持支柱12は隔壁14と担体サブ

10

20

30

40

50

トレート 10 の間の結合を容易にし得る材料を含むことがある。幾つかの実施形態では、その支持支柱 12 は担体サブストレート 10 または隔壁 14 の材料を含むことがある。別の実施形態では、その支持支柱 12 は、金属、金属合金、ガラス、プラスチック、ポリマー及び半導体材料（ただし、これらに限らない）などの材料から製作されることがある。半導体材料は、窒化ケイ素、酸化ケイ素、単結晶シリコン、エピタクシー・シリコン、または多結晶シリコンを含むことがある。

#### 【0015】

さらに、支持支柱 12 が担体サブストレート 10 内に製作される実施形態では、支持支柱 12 の最上面上に酸化物層を付着させ、隔壁をこの酸化物と結合させて担体サブストレート 10 と直接接触しないようにすることがある。一方、図 5 に関連して詳細に記載することにする隔壁 14 が支持支柱 12 を含むような実施形態では、隔壁を直接担体サブストレート 10 に結合させることがある。いずれの実施形態の場合も、担体サブストレート 10、支持支柱 12 及び隔壁 14 によって 1 つの音響キャビティ 11 が規定される。さらに、c M U T セルを製作するのに利用されるマイクロマシン加工方法に応じて、窒化ケイ素、酸化ケイ素、単結晶シリコン、エピタクシー・シリコン、多結晶シリコン及び別の半導体材料（ただし、これらに限らない）などの材料を利用して隔壁 14 が製作されることがある。隔壁 14 の厚さは例えば、概ね 0.1 から 10 マイクロメートルの範囲とすることがある。隔壁 14 はシリコンなどの半導体材料を含むことがある。幾つかの実施形態では、その隔壁 14 は多量ドーピングした単結晶シリコン、多結晶シリコン、またはエピシリコンを含むことがある。これらの実施形態では、その隔壁 14 はシリコンウェハ上に付着させることがある。

#### 【0016】

さらに、隔壁 14 を提供する工程はさらに、電気絶縁層 16 を隔壁 14 まで成長させる、あるいは隔壁 14 に付着させる工程を含むことがある。図示のように、隔壁 14 を担体サブストレート 10 に結合させる際に音響キャビティ 11 の内部に電気絶縁層 16 を配置させる。これらの実施形態では、電気絶縁層 16 の表面とキャビティ 11 内部に配置させた底側電極 22 の表面の間で音響キャビティ 11 の深度が規定される。電気絶縁層は、底側電極 22 と隔壁 14 の間を電気絶縁するように隔壁 14 上に成長及び/またはパターン形成させることがある。これらの実施形態では、その電気絶縁層 16 は、窒化ケイ素、あるいは高温酸化物、低圧力で化学蒸着した酸化物、プラズマ増強化学蒸着した酸化物または熱成長の酸化物などの酸化物といった非電気伝導性の材料を含むことがある。誘電層は隔壁 14 上に付着させ、続いて研磨 (polishing) 及び/またはリソグラフィを実施することがある。

#### 【0017】

c M U T セルの製作の際に、隔壁 14 はシリコン・サブストレート (隔壁 14)、埋め込み酸化物 (ボックス) 層 18 及びシリコン・ハンドルウェハ 20 を含む事前製作の S O I (Silicon on Insulator) ウェハ 15 と一体化させることがあることは当業者であれば理解されよう。図示した実施形態では、その隔壁 14 はガラス・サブストレート 10 に結合させる前に埋め込み酸化物 (ボックス) 層 18 と結合させることがある。一方、埋め込み酸化物 (ボックス) 層 18 はハンドルウェハ 20 と結合して S O I ウェハ 15 を形成させることがある。S O I ウェハ 15 ではなく、多量ドーピングのシリコンウェハ (図示せず) を隔壁 14 と一体化させることがあることを理解されたい。同様に図 1、5、6、7、8 及び 9 に図示した実施形態では、S O I ウェハと多量ドーピングのシリコンウェハを交換可能に利用することができる。

#### 【0018】

図示したようにさらに、担体サブストレート 10 上に底側電極 22 をキャビティ 11 の内部に配置されるようにして配置させることがある。この実施形態では、底側電極 22 及び隔壁 14 が音響キャビティ 11 を境界している。底側電極 22 はアルミニウムや電気伝導性ポリマーなどの電気伝導性の材料を含むことがある。さらに、底側電極 22 の厚さは、例えば概ね 10 分の数マイクロメートルから数マイクロメートルの範囲とすることがあ

10

20

30

40

50

る。

#### 【0019】

さらに、誘電層24によって底側電極22を囲繞し、これによって底側電極22が周囲の支持支柱12や電気絶縁層16と接触しないようにさせることがある。図示していないが代替的な一実施形態では、誘電層24などの誘電層を、隔壁に対面している底側電極22の最上部だけに配置させ、底側電極22の側面部分を覆わせないことがある。誘電層24は、例えば酸化ケイ素または窒化ケイ素を含むことがある。幾つかの実施形態では、底側電極22を付着させるための金属化は、誘電層24を付着させる前に実施されることがある。図1、5、6、7及び8に図示した実施形態は絶縁層16、42、58、70、84などの絶縁層と誘電層24、50、64、76、92などの誘電層との両方を利用するcMUTセルを表しているが、ある種の実施形態では、これらの層のうちの一方のみを使用して底側電極と隔壁の間に電気絶縁を提供することがあることに留意すべきである。

10

#### 【0020】

引き続き、隔壁14、埋め込み酸化物層18及びハンドルウェハ20を含むSOIウェハ15を担体サブストレート10に結合させる。隔壁14は、陽極性結合、はんだ結合、VSEエッチング(very slight etch: VSE)などの化学結合、あるいはこれらを組み合わせたものなどの低温度結合技法を利用することによって担体サブストレート10または支持支柱12と結合させることがある。こうした低温度結合技法に関する結合温度は約25 から約600 までの範囲とすることがある。高い温度の場合に隔壁14、担体サブストレート10または支持支柱12などの系内の様々な構成要素の熱膨張率の不整合のために生じる可能性があるような系内の残留応力が、こうした低い温度では低下することを理解されたい。ガラスの熱膨張率は約 $3.9 \text{ ppm/}$ であり、また隔壁14に通常利用される材料であるシリコンの熱膨張率は約 $3.3 \text{ ppm/}$ である。したがって、これら2つの構成要素の熱膨張率の値は約600 未満の温度など低い温度において親和性である。さらに、低温度処理のために、cMUTセルを有するセンサと、その他の相補型金属酸化膜半導体(CMOS)性の電子回路との一体化が可能となる。

20

#### 【0021】

さらに、低い温度ではその結合が金属化工程に関してなんら制限を生じさせることがない。すなわち、cMUTセルに関して例えば電極を付着する金属化工程を、担体サブストレート10とSOIウェハ15を融合結合させる前に実施できない融合結合ではこのようにならない。一方低温度結合では、2つの工程は互いに独立とすることができる。したがって、担体サブストレート10とSOIウェハ15を結合することによる音響キャピティ11の形成の前または後にいずれにおいても電極を形成させることができる。

30

#### 【0022】

上で指摘したように、担体サブストレート10はナトリウム豊富なガラスを含むことがある。陽極性結合などの低温度結合技法では、典型的にはガラス・サブストレート-SOIウェハ複合体の両端に電位を加えてガラス内のナトリウムイオンをガラス・サブストレート-SOIウェハ複合体の界面から遠ざけさせる電界を発生させ、これによりガラス・サブストレート10とSOIウェハ15の界面位置にナトリウム欠乏ゾーンを形成している。ナトリウムイオンがガラス・サブストレート10の方向に移動するため、この欠乏ゾーンはナトリウムイオンの移動によって残された酸素分子が豊富となる。ガラスからのこれらの酸素分子はSOIウェハ15のシリコン内に拡散し、非晶質のシリカの層を形成することによりSOIウェハ15のシリコンとで永続的な共有結合が形成される。この共有結合は極めて堅牢であることを理解されたい。陽極性結合では、担体サブストレート10またはSOIウェハ15のいずれかが正極性に維持され、またガラス・サブストレート-SOIウェハ15複合体のもう一方の構成要素が負極性に維持されることがある。ガラス・サブストレート10に負極性が与えられる例示的な一実施形態では、約500ボルトから約1500ボルトの範囲の電圧を大気圧で印加し、約300 ~ 約450 の結合温度による陽極性結合を実現させることがある。別の実施形態では、その陽極性結合は約1000ボルトの電圧の印加によって400 で実施されることがある。結合強度は、結合構

40

50

成要素の極性、結合圧力、結合温度、結合時間、その他などの結合パラメータに応じて異なることがある。

#### 【0023】

上で指摘した陽極性結合その他の低温度結合では、表面平坦性の寛容度が融合結合の寛容度より大きくなる。したがって、これらの低温度結合は結合前の表面の平滑化や研磨を必要とせず、このため製造プロセスの工程数及びコストを低減させることができる。低温度結合に関する表面平坦性の寛容度は概ね数10ナノメートルから数100ナノメートルとすることができる。

#### 【0024】

ある種の実施形態では、陽極性結合の形成を結合領域の色の変化によって確認することができる。例えば、結合領域に黒色が出現することによって陽極性結合の形成が指示されることがある。 10

#### 【0025】

担体サブストレート10をSOIウェハ15に結合するためには、はんだ結合、化学結合、共融(eutectic)結合、熱圧縮結合、ガラスフリット結合、ポリマー結合のうちの1つまたは幾つかなどの別の低温度結合技法が利用されることもある。別法として、金属層、合金層、ポリマー層などの介在層を用いて担体サブストレート10とSOIウェハ15を結合させることがある。こうした介在層は、約25～約600の範囲の温度で担体サブストレート10及びSOIウェハ15の両者との結合を形成することがある。一実施形態では、その介在層は、約550未満の温度で担体サブストレート10及びSOIウェハ15との結合を形成することがある。詳細については以下で記載することにするが例示的な一実施形態では、その介在層材料が支持支柱12に利用されることがある。この実施形態では、支持支柱12は担体サブストレート10または隔壁14のうちの一方の上に付着され、さらに結合後に別の構成要素との結合を形成し、これによりこの2つの構成要素を結合して1つの音響キャビティ11を規定することがある。 20

#### 【0026】

熱圧縮結合は各表面上の金属層の溶接によって2つの表面を接合させることを含むことを理解されたい。熱圧縮結合はその金属として金を利用されることがある。さらに、この金属の層と共に適当な接着層が利用されることもある。熱圧縮結合では、約300～約400の範囲の温度で表面上に圧力を加えることが必要である。温度が低く(300)かつ圧力が適度( $10^6$  Pa)であるため、その処理過程は金属化などの別の処理工程と容易に整合することができる。熱圧縮結合によれば排気したキャビティ11の封止に関して比較的低いガス放出を提供できるので有利である。 30

#### 【0027】

別の実施形態では、約400～約650の範囲の温度並びに約 $10^5$  Paの圧力によるガラスフリット結合が利用されることがある。典型的には、結合させようとする構成要素同士の間にはガラス層が付着される。例えばこのガラス層は、支持支柱と隔壁14及び担体サブストレート10のうちの一方との間で利用されることがある。このガラス層はプレフォーム、スピノン(spin-on)、スクリーンプリント、スパッタ薄膜、その他として付着されることがある。さらにこのガラス層はパターン形成されてその結合エリアを規定することがある。ガラスフリット結合は、例えば排気され封止されたキャビティを作成するために真空内で実施されることがある。詳細については以下で記載することにするが、真空内でこの結合処理過程を実施することによって、担体サブストレート10と隔壁14を結合した後にキャビティを排気するという追加の工程が回避され、これによって当該処理過程に関する工程数を減少させることができる。 40

#### 【0028】

別法として、キャビティ11の形成のためにはんだ結合が利用されることがある。はんだ結合処理は、低融点金属のリフロー(reflowing)によって封止を形成することによって機能する。はんだ結合では、金、スズ、銅、鉛、インジウムなどの1つまたは複数の金属が利用されることがある。この金属または金属合金は、様々な薄膜付着技法 50



によって付着させることがある。この付着技法は、金属介在層がはんだ結合のために溶解を要する点で熱圧縮結合と異なっている。はんだ結合は粒子及び表面が粗いことに対して寛容であるので有利である。

#### 【0029】

別の実施形態では、そのキャビティ11は、化学結合または接着結合を利用することによってそれぞれの表面を結合させることによって形成されることがある。接着結合の形成には、エポキシ、シリコン、フォトレジスト、ポリイミドなどの様々な接着剤を使用できることを理解されたい。この結合技法では現場位置合わせを使用することが可能である。接着剤は、スピニングや吹付けなどのコーティング技法によって塗布されることがある。さらにこの接着結合は、利用する接着剤及び加える圧力に応じて室温から約400 までの温度間で実施されることがある。この接着結合は粒子及び表面が粗いことに対して寛容である。

10

#### 【0030】

さらに、支持支柱12を担体サブストレート10または隔壁14と結合させることによってキャビティ11を形成するために共融結合が適用されることがある。2材料系の共融温度はその2つの材料のうちの最低融点の組成に対応することを理解されたい。共融結合では、共融系の2つの材料が2つの部分で別々にコーティングされ、これらを結合して音響キャビティ11を形成させる。コーティングに続いて、これらの部分を加熱して接触状態にさせ、その界面の位置に拡散を生じさせ、さらに合金を形成させて結合が作成される。界面の位置の共融組成合金はそのいずれの側の材料と比べても有する融点がより低く、これにより融解して薄い層になるのが制限されることを理解されたい。幾つかの実施形態では、その共融材料は融点が約363 の金 - スズ共融組成、あるいは融点が約183 の鉛 - スズ共融組成を含むことがある。

20

#### 【0031】

さらに、ハーメチックまたは真空封止結合のために力を加えることがある。幾つかの実施形態ではその力は、隔壁14、担体サブストレート10または支持支柱12の表面が粗いことや平坦でないことを補償するために加えられることがある。真空封止されたキャビティ（これについては、図2に関連して以下で記載する）は、真空中で誘電層または金属層の化学蒸着の間にキャビティを現場封止することによって形成されることがある。ある種の実施形態では、真空中で低温度結合を利用する際に現場真空封止が実施されることがあるため、その真空孔封止工程は任意選択とすることがある。

30

#### 【0032】

さらに、結合強度を高めるために、担体サブストレート10、支持支柱12または隔壁14のうちの1つまたは幾つかに対して、これらの構成要素間の結合を強化するために表面から不純物を除去する目的で、結合工程の前に表面処理を施すことがある。一実施形態ではその表面処理はスパッタリングまたはエッチングを含むことがある。例えば、支持支柱12の表面は結合前にプラスマエッチングによって処理されることがある。

#### 【0033】

図示していないが、SOIウェハ15を担体サブストレート10に結合させる低温度結合の形成に続いて、ハンドルウェハ20及びボックス層18を除去することがある。ハンドルウェハ20は、機械研磨または研削（grinding）などの処理に続いて、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド（TMAH）、カリウムヒドロキシド（KOH）、エチレンジアミンピロカテコール（EDP）（ただし、これらに限らない）などの化合物を用いたウェットエッチングを行うことによって除去されることがある。ハンドルウェハ20の除去に続いて、緩衝ふっ化水素酸（BHF）によって酸化物ボックス層18を除去することがある。この後に真空中でのキャビティの封止、並びに上側電極の付着が続くことがある。

40

#### 【0034】

図1に示したcMUTセルなどのアレイ状のcMUTセルでは、ハンドルウェハ20及びボックス層18の除去に続いて、隔壁14をパターン形成してcMUTセルを互いから

50

電氣的に絶縁させると共に真空封止孔 30 が規定される。図 3 は、図 2 の CMUT アレイを複数の c M U T セルを連ねた線 3 - 3 に沿って切った断面図を表している。図示した実施形態では、c M U T セルに関する底側電極 22 及び真空孔 30 の位置を示している。底側電極 22 は一般に、図 13 に示すようにパターン形成されている。図示していないが、底側電極 22 は図 13 に関連してより詳細に説明するような構成をしている。

#### 【0035】

引き続いて図 4 に示すように、真空孔 30 内に誘電層 32 を付着させこの孔を封止することがある。誘電層 32 は真空孔 30 を覆うようにパターン形成し得る 1 つの層の形態で付着させることがある。一実施形態では、誘電層 32 をパターン形成するためにフォトリソグラフィが利用されることがある。引き続いて、上側電極 34 を付着させるために金属化が実施される。上側電極 34 は、金属の層を付着させた後に金属が図示した位置に保持されるようにこの層をパターン形成することによって形成させることがある。別法として一実施形態では、その真空孔 30 は、上側電極層 34 の材料と同じ材料を利用して封止されることがある。この実施形態では、真空孔 30 の封止、並びに上側電極層 34 の付着及びパターン形成は、処理をさらに簡略化するために同時に実施されることがある。

10

#### 【0036】

図 5 は、図 1 に示すような c M U T を製作する方法の代替的な一実施形態を表している。図示した実施形態では、担体サブストレート 36 及び隔壁 38 が提供される。この実施形態では、その支持支柱 40 が初めに、担体サブストレート 36 に結合されておらず隔壁 38 内に組み込みとなっている。さらに、隔壁 38 に対して電気絶縁層 42 が結合される。さらに、S O I ウェハの隔壁 38 に対してボックス層 44 及びハンドルウェハ 46 を結合させることがある。担体サブストレート 36 上には金属化及びパターン形成を用いて底側電極 48 を付着させることがある。引き続いて、底側電極 48 上に絶縁層 50 を付着させることがある。この絶縁層は電氣的に非伝導性の層とすることがあり、また誘電材料や酸化物を含むことがある。

20

#### 【0037】

図 6 は、支持支柱 54 を有する担体サブストレート 52 を提供するさらに別の実施形態を表している。図示した実施形態では、隔壁 56 がその一方の側で電気絶縁層 58 と結合され、またもう一方の側でハンドルウェハ 60 と結合されている。S O I ウェハは一般に高価であるため、本実施形態は図 1 及び 5 に示した実施形態と比較してかなり費用対効果が高い。さらに図示した実施形態では、担体サブストレート 52 上に底側電極 62 を付着させている。

30

#### 【0038】

図 7 は、図 6 に示した方法の代替的な一実施形態を表している。図示した実施形態では、担体サブストレート 66 が提供される。さらにこの実施形態では、隔壁 68 は支持支柱 71 を含むと共に、電気絶縁層 70 が提供される。図示した実施形態では、図 6 の場合と同様に、その隔壁 68 は、その間にボックス層を配置させずに直接ハンドルウェハ 72 と結合させている。さらに、担体サブストレート 66 上には底側電極 74 と誘電層 76 などの絶縁層とを配置させている。

#### 【0039】

図 8 及び 9 は、その支持支柱を結合材料から形成できる実施形態を表している。これらの実施形態では、この支持支柱を担体サブストレートと隔壁の間の結合を形成するために使用されることがある。例えば、c M U T セルの 2 つの構成要素を結合させるために、圧縮結合、はんだ結合あるいは V S E エッチング ( V S E ) が利用されることがある。これらの実施形態では、図 1 ~ 7 の実施形態の場合と同様に、そのキャビティ深度が支持支柱の高さによって規定されることがある。さらに、担体サブストレートと隔壁を結合する前に例えばプラスマエッチングを用いてこれらの支持支柱を表面処理することがある。

40

#### 【0040】

幾つかの実施形態では、例えばウェハ結合装置によって結合界面が誘導されるように 2 つの表面、支持支柱と隔壁を一緒にさせている。これらの実施形態では、典型的には結合

50

界面の幾つかの箇所において自発的結合が発生し、これが界面全体に伝播することがある。ある種の実施形態では、初期結合が伝播し始めるに連れて、支持支柱の材料と隔壁及び担体サブストレートの材料との間で、ポリマー化などの化学結合を生じさせる化学変化が発生することがある。

#### 【0041】

図8に示した実施形態では、担体サブストレート78が支持支柱80を含む。この支持支柱80は、金属、金属合金、ガラスフリットのうちの1つまたは幾つかを含むことがある。さらに、隔壁82、ボックス層86及びハンドルウェハ88を有するSOIウェハ81が設けられることがある。隔壁82は電気絶縁層84と結合させることがある。さらに、担体サブストレート78には、その上に誘電層92が配置された底側電極90を結合さ

10

#### 【0042】

図9は、図8に示した方法の代替的な一実施形態を表している。図示した実施形態では、担体サブストレート94が支持支柱96を含んでいる。この支持支柱96は支持支柱80(図8)と同様とすることがある。さらに支持支柱には、隔壁98、ボックス層102及びハンドルウェハ104を有するSOIウェハ97を結合させることがある。隔壁98はさらに電気絶縁層100を含む。cMUTセルはさらに担体サブストレート94上に配置させて底側電極106を含む。

#### 【0043】

上で指摘したようにある種の実施形態では、その担体サブストレートは担体サブストレートの相対する側に配置させた構成要素同士を電氣的に接続するための1つまたは複数のビア穴を含むことがある。このビア穴はガラス・サブストレートの厚みを貫通して延びることがある。このビア穴は、1つまたは複数の絶縁層によって分離された異なる導電層や金属化層を相互接続する電気伝導性の構造であることは当業者であれば理解されよう。この方式により、多層構造内の異なる層や導体間で電気信号を伝達することができる。幾つかの実施形態では、そのビア穴は、隔壁と、音響キャビティを形成する表面の反対側にあるサブストレートの表面上でこれに結合させた電気回路との間に電氣的な連絡を提供するように構成させることがある。すなわち、ビア穴はcMUTセルを担体サブストレートの反対側と電氣的に接続するために使用されることがある。一方、担体サブストレートの反対側は、はんだパンプなどのパッケージ形成技法を用いて電子回路に結合さ

20

30

#### 【0044】

図10~12は、担体サブストレート10、36、52、66、78または94などの担体サブストレート内にビア穴を製作するための方法の代替的实施形態を表している。これらのビア穴は異なる断面を有することがある(例えば、そのビア穴は円形の断面、楕円形の断面、あるいは別の任意の幾何学形状を有することがある)。さらにそのビア穴が異なる形状を有することがある。例えば、そのビア穴は円筒形であることや、円錐形であることがある。さらに、担体サブストレート表面に対するビア穴の向きも様々とすることがある。例えば、そのビア穴を担体サブストレートの表面に対して垂直とすることがある。別法として、そのビア穴は担体サブストレートの表面に対してスキュー位置とすることがある。例えば、そのビア穴は一方の表面では集束性としまたもう一方の面では発散性とすることがある。すなわち、ビア穴はデバイスのファンアウト(fan-out)配列を容易にするような向きとすることがある。

40

#### 【0045】

図10に示した実施形態では、担体サブストレート108がビア穴を形成するように

50

して提供される。担体サブストレート 108 は固有抵抗または低抵抗のシリコンウェハとすることがある。エッチングマスク 110 を形成させバイア穴直径を規定させるためにはリソグラフィが実施される。エッチングマスク 110 は酸化物や窒化物などの誘電材料、フォトレジストなどの弾性材料、あるいは金属のうちの 1 つまたは幾つかを含むことがある。引き続いて、バイア穴 112 はサンドブラスト、超音波きりもみ加工、レーザーきりもみ加工、あるいは別のマイクロマシン加工などの処理を利用することによるマイクロマシン加工を受けることがある。幾つかの実施形態では、ウェットエッチング、電気化学的エッチング、あるいはドライエッチングを用いてマイクロマシン加工が実施されることがある。ある種の実施形態では、ウェットエッチングは KOH、EDP または TMAH のうちの 1 つまたは幾つかを利用することがある。

10

#### 【0046】

バイア穴 112 を形成させた後、エッチングマスク 110 が除去される。次に、バイア穴 112 上で酸化物層 109 を形成するための熱酸化を実施することによって電気絶縁が設けられることがある。次に、担体サブストレート 108 に対してハンドルウェハ 114 が結合される。ハンドルウェハ 114 はその上に多層構造 115 を配置して含むことがある。多層構造 115 はフォトレジスト 116 の 2 つの層間に配置させる金属層 118 を含むことがある。構造 118 はバイア穴 112 内の金属を電気めっきするためのシード層の役割をすることがある。次に、パターン形成した担体サブストレート 108 をフォトマスクとして用いて多層構造 115 に紫外光 (UV) を露光する。この露光に続いて、構造 115 からこのフォトレジストの露光層を洗い流す。引き続いて、バイア穴 112 内に導電性の金属層 120 を付着するために金属電気めっきが実施される。この導電性金属層 120 は、銅、ニッケル、または電気めっき処置を受けることが可能な別の金属を含むことがある。別法として、バイア穴 108 内の相互接続としてアンチモンなど別の任意の導体材料からなる溶融はんだが用いられることがある。

20

#### 【0047】

溶剤や現像剤を用いてハンドルウェハが除去され、また、担体サブストレート 108 の両側に対してエッチング剤または溶剤を用いた化学機械的研磨 (CMP) が実施される。引き続いて、バイア穴 108 の両側にある電子回路に関する相互接続 122 及び 124 を規定するためにウェット金属エッチング / リソグラフィが実施される。引き続いて、担体サブストレート 108 の一方の側に上述した方法を用いて cMUT を製作することができ

30

#### 【0048】

図 11 は、担体サブストレート 126 内にバイア穴 132 を製作する方法の代替的な一実施形態を表している。担体サブストレート 126 はガラスウェハとすることがある。本方法は、担体サブストレート 126 及びエッチングマスク 128 を提供する工程を含む。エッチングマスク 128 はフォトリソグラフィを用いてパターン形成される。引き続いて、図 10 に関連して記載した処理過程を利用することによって担体サブストレート 126 内にバイア穴 132 が規定される。マスク 128 はサブストレート 126 の両側のそれぞれに配置されることがあること、あるいは図示したようにサブストレート 126 の一方の側だけに配置させることがあることに留意すべきである。引き続いて、パターン形成したフォトマスク 128 が除去される。次に、バイア穴 132 の内側壁上及び担体サブストレート 126 の表面上にシード層 130 が付着される。シード層 130 は、クロム、金、ニッケル、銅、または別の導体材料を含むことがある。シード層 130 はスパッタリングを用いて付着させることがある。

40

#### 【0049】

シード層 130 の付着に続いて、担体サブストレート 126 をサブストレート・ハンドルウェハ 142 上に配置させる。ハンドルウェハ 142 は多層構造 143 を含むことがある。多層構造 143 は 2 つのフォトレジスト層 144 の間に配置させたシード金属層 146 を含む。次に、フォトレジスト層 144 のうちの一方を、上で検討したようにフォトリ

50

ソグラフィによってエッチング除去する。次に、バイア穴 1 3 2 を満たすように導電性金属層 1 3 4 が電気めっきされる。

【 0 0 5 0 】

バイア穴 1 3 2 を導電性金属層 1 3 4 で満たした後、ハンドルウェハ 1 4 2 が除去され、担体サブストレート 1 2 6 の両表面が表面粗さに関する C M P による処理を受ける。引き続き、この 2 つの側の相互接続を規定するようにリソグラフィ及びウェットエッチングが実施される。図示していないが、相互接続 1 3 8 及び 1 4 0 を形成するために第 2 のマスクが利用されることがある。

【 0 0 5 1 】

図 1 2 は、担体サブストレート 1 4 8 などのガラス担体サブストレート内にバイア穴を製作する方法のさらに別の代替的な実施形態である。図 1 0 及び 1 1 の実施形態の場合と同様に、図 1 2 ではエッチングマスク 1 5 0 を利用して担体サブストレート 1 4 8 内にバイア穴 1 5 6 を形成している。引き続き、パターン形成した担体サブストレート 1 4 8 に対して、フォトレジスト層 1 5 4 をその上に有するハンドルウェハ 1 5 2 を結合させる。次に、例えば相互接続のためのスパッタリングによってバイア穴 1 5 6 の壁面上に導体材料層 1 5 8 が付着される。導体材料層 1 5 8 は、クロム、アルミニウム、金、ニッケル、銅、あるいはこれらを組み合わせたものを含むことがある。引き続き、層 1 5 8 の厚さを増大させかつこのバイア穴 1 5 6 をポリイミドなどの非導体材料 1 6 0 によって満たすために電気めっきが実施される。電気めっきで使用される金属は、タングステン、モリブデン、アルミニウム、クロム、ニッケル、または銅のうちの 1 つまたは幾つかを含むことがある。 10 20

【 0 0 5 2 】

別法として、バイア穴 1 5 6 を満たすためにポリイミド、パリレンなどの非導電性ポリマーが使用されることがある。スピニングや化学蒸着法などの付着技法を利用してバイア穴内に導電性ポリマーを付着させることがある。さらに、導電性ポリマーはバイア穴 1 5 6 を満たした後で硬化させることがある。

【 0 0 5 3 】

引き続き、層 1 5 8 を露出させるために非導体材料 1 6 0 がエッチングまたは研磨処理されることがある。さらに、導体材料層 1 5 8 の露出部分 1 5 9 を覆うように金属化が実施されることがあり、またハンドルウェハ 1 5 2 が除去されて担体サブストレート 1 4 8 の同じ側に c M U T が製作されることがある。 30

【 0 0 5 4 】

図 1 3 ~ 1 6 は、図 1 0 ~ 1 2 に示した方法のうちの 1 つによって形成した担体サブストレート上に c M U T セルを形成する方法を表している。この担体サブストレートはバイア穴及び相互接続を有する。図 1 3 は、複数の底側電極 1 7 2 とその上に配置させた複数の相互接続 1 7 4 を有する担体サブストレート 1 7 0 の上面図を表している。図示した実施形態では、底側電極は金属化に続いてリソグラフィを実施することによって形成させることがある。相互接続 1 7 4 は図 1 0 の相互接続 1 2 2 または 1 2 4、図 1 1 の相互接続 1 3 8 または 1 4 0、図 1 2 の相互接続 1 6 2 と同様とすることがある。引き続き、図 1 ~ 9 に関連して上で記載した技法を用いて担体サブストレート 1 7 0 上に c M U T セルが製作されることがある。ある種の実施形態では、化学蒸着法処理を用いた真空封止の工程が省略されることがある。その代わりに、真空環境内でキャビティを結合することによって音響キャビティ内部に真空を達成させることがある。 40

【 0 0 5 5 】

さらに次いで、担体ウェハ 1 7 0 上にガラス薄膜を付着させることがある。このガラス薄膜は担体サブストレート 1 7 0 上にスパッタ形成またはスピン付着されることや、ガラス薄膜が音響キャビティのためのキャビティ深度の規定のために使用されることがある。さらに、担体サブストレートを隔壁に結合させるためにガラス薄膜が使用されることがある。別法として、支持支柱及びキャビティ深度を規定するために隔壁がエッチングされることがある。図 1 4 及び 1 5 に示すように、キャビティ深度を規定した後、図 1 ~ 9 に関 50

連して上で検討した結合技法を用いて担体サブストレート１７０と隔壁１７６が結合される。この結合は真空中で実施されることがある。サブストレート１７０はバイア穴１７１を含んでおり、このバイア穴１７１が導体材料１７３で満たされると共に、担体サブストレート１７０の２つの表面に相互接続１７５を形成している。

#### 【００５６】

引き続き、担体サブストレート１７０上に接触パッド１７８を露出させるために番号１８０などの部分に上側電極が開口されるように隔壁１７６をパターン形成させることがある。さらに、ｃＭＵＴアレイのうち担体サブストレート１７０上に配置させた要素間に電気絶縁１８２を形成させることがある。この電気絶縁は隔壁１７６の一部を除去することによって形成させることがある。

10

#### 【００５７】

さらに図示した実施形態では、そのｃＭＵＴセルは、隔壁１７６上に設けることができる電気絶縁層１８４を含む。図示していないが、この隔壁１７６上に上側電極を形成させるために導体材料を付着させることがある。上側電極に対する金属化はさらに、隔壁１７６が除去された後の部分に付着させることがある。すなわち、開口部１８０に金属化を生じさせ、これによって上側電極と相互接続１７８の間の電氣的接続を形成させることがある。引き続き、上側電極のパターン形成のためにリソグラフィが実施されることがある。

#### 【００５８】

図１６は、図１５に示したｃＭＵＴアレイの代替的な一実施形態を表している。図示した実施形態では、担体サブストレート１８８は支持支柱１９０を含む。担体サブストレート１８８はさらに、図１０～１２に関連して上で指摘したような導体材料で満たされたバイア穴１９２を含む。バイア穴１９２はさらに、担体サブストレート１８８の相対する２つの表面に形成させた相互接続１９６及び１９８を含む。相互接続１９８はｃＭＵＴ向けの底側電極として使用するように構成させることがある。担体サブストレート１８８上には、例えば金属化に続くリソグラフィ処理によって追加的な底側電極２００を形成させることがある。さらに、ｃＭＵＴは電気絶縁層２０４をその上に配置させた隔壁２０２を含むことがあり、ここで電気絶縁層２０４の各々は底側電極１９８または２００に対応する。ｃＭＵＴはさらに上側電極２０６を含むことがある。上側電極２０６は図１５に関連して上で記載した方法を用いて形成されることがある。上で指摘したように、電氣的接続２０８は、上側電極２０６を付着する処理過程の間に形成させることがある。さらにｃＭＵＴは、隔壁２０２のうち支持支柱の近傍にありかつ上側電極２０６及び底側電極１９８から離れた位置にある部分を除去することによって形成される電気絶縁２１０を含むことがある。

20

30

#### 【００５９】

本技法についてｃＭＵＴデバイスに関連して検討してきたが、同様の技法は、隔壁ベースのデバイスなどの別の半導体デバイス向けにも使用できることに留意すべきである。例えば、本技法のバイア穴は、マイクロ電子機械システム（ＭＥＭＳ）で利用することもできる。さらに、相互接続上にＭＥＭＳやｃＭＵＴが製作されることや、フリップチップや別のパッケージ形成技法を用いてこのサブストレートの下側に電子回路を装着させることがある。

40

#### 【００６０】

本発明のある種の特徴についてのみ本明細書において図示し説明してきたが、当業者によって多くの修正や変更がなされるであろう。したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の精神の範囲に属するこうした修正や変更のすべてを包含させるように意図したものであることを理解されたい。また、図面の符号に対応する特許請求の範囲中の符号は、単に本願発明の理解をより容易にするために用いられているものであり、本願発明の範囲を狭める意図で用いられたものではない。そして、本願の特許請求の範囲に記載した事項は、明細書に組み込まれ、明細書の記載事項の一部となる。

#### 【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 6 1 】

【図 1】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルを製作するための例示的一方法に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 2】本技法のある種の実施形態による接触パッド及び真空孔の配置を表している例示的な容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・アレイの上面図である。

【図 3】図 2 の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・アレイを線 3 - 3 に沿って切って見た側面断面図である。

【図 4】上側電極と真空孔を封止するためにこの上に配置させた金属または誘電層とを有する図 3 の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・アレイの側面断面図である。

10

【図 5】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルの製作に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 6】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルの製作に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 7】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルの製作に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 8】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルの製作に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 9】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルの製作に関する各工程を表した概要流れ図である。

20

【図 10】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルのために担体サブストレート内にバイア穴を製作するための例示的方法に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 11】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルのために担体サブストレート内にバイア穴を製作するための例示的方法に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 12】本技法のある種の実施形態による容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・セルのために担体サブストレート内にバイア穴を製作するための例示的方法に関する各工程を表した概要流れ図である。

【図 13】本技法のある種の実施形態に従って、底側電極と、担体サブストレートの表面上に配置した接触パッドと結合させたバイア穴と、を有する担体サブストレートを利用した例示的な容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・アレイの上面図である。

30

【図 14】本技法のある種の実施形態に従った電気絶縁エッチングの後の例示的な容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ・アレイを表した上面図である。

【図 15】図 14 のアレイの側面断面図である。

【図 16】本技法のある種の実施形態による上側電極をさらに利用した図 15 のアレイの側面断面図である。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 2 】

1 0 担体サブストレート

40

1 1 キャビティ

1 2 支持支柱

1 3 支持支柱の高さ

1 4 隔壁

1 5 S O I ウェハ

1 6 絶縁層

1 8 埋め込み酸化物層

2 0 ハンドルウェハ

2 2 底側電極

2 4 誘電層

50

2 8	接 触 パ ッ ド	
3 0	真 空 孔	
3 2	誘 電 層	
3 4	上 側 電 極	
3 6	担 体 サ ブ ス ト レ ー ト	
3 8	隔 壁	
4 0	支 持 支 柱	
4 2	絶 縁 層	
4 4	埋 め 込 み 酸 化 物 層	
4 6	ハ ン ド ル ウ ェ ハ	10
4 8	底 側 電 極	
5 0	誘 電 層	
5 2	担 体 サ ブ ス ト レ ー ト	
5 4	支 持 支 柱	
5 6	隔 壁	
5 8	絶 縁 層	
6 0	ハ ン ド ル ウ ェ ハ	
6 2	底 側 電 極	
6 4	誘 電 層	
6 6	担 体 サ ブ ス ト レ ー ト	20
6 8	隔 壁	
7 0	絶 縁 層	
7 1	支 持 支 柱	
7 2	ハ ン ド ル ウ ェ ハ	
7 4	底 側 電 極	
7 6	誘 電 層	
7 8	担 体 サ ブ ス ト レ ー ト	
8 0	支 持 支 柱	
8 1	S O I ウ ェ ハ	
8 2	隔 壁	30
8 4	絶 縁 層	
8 6	埋 め 込 み 酸 化 物 層	
8 8	ハ ン ド ル ウ ェ ハ	
9 0	底 側 電 極	
9 2	誘 電 層	
9 4	担 体 サ ブ ス ト レ ー ト	
9 6	支 持 支 柱	
9 7	S O I ウ ェ ハ	
9 8	隔 壁	
1 0 0	絶 縁 層	40
1 0 2	埋 め 込 み 酸 化 物 層	
1 0 4	ハ ン ド ル ウ ェ ハ	
1 0 6	底 側 電 極	
1 0 8	担 体 サ ブ ス ト レ ー ト	
1 1 0	マ ス ク	
1 1 2	チャ ン ネ ル	
1 1 4	ハ ン ド ル ウ ェ ハ	
1 1 6	フ ォ ト レ ジ ス ト 層	
1 1 8	シ ー ド 層	
1 2 0	チャ ン ネ ル 内 の 導 体 材 料	50



1 2 2	セル向けの電氣的相互接続	
1 2 4	電子回路向けの電氣的相互接続	
1 2 6	担体サブストレータ	
1 2 8	マスク	
1 3 0	シード層	
1 3 2	チャンネル	
1 3 4	チャンネル内の導体材料	
1 3 6	金属化部分の表面	
1 3 8	セル向けの電氣的相互接続	
1 4 0	電子回路向けの電氣的相互接続	10
1 4 2	ハンドルウェハ	
1 4 3	多層構造	
1 4 4	フォトレジスト層	
1 4 6	Ni - クロム層	
1 4 8	担体サブストレータ	
1 5 0	マスク	
1 5 2	ハンドルウェハ	
1 5 4	フォトレジスト層	
1 5 6	チャンネル	
1 5 8	シード層	20
1 6 0	導体材料	
1 6 2	電子回路向けの電氣的相互接続	
1 6 4	バイア穴を有する担体サブストレータ	
1 6 6	セル向けの電氣的相互接続	
1 6 8	隔壁	
1 7 0	電子回路	
1 7 1	バイア穴	
1 7 2	電子回路またはセル向けの電氣的相互接続	
1 7 3	導体材料	
1 7 4	接触パッド	30
1 7 5	相互接続	
1 7 6	支持支柱	
1 7 8	導体材料	
1 8 0	接触パッド	
1 8 2	電氣絶縁	
1 8 4	隔壁	
1 8 8	担体サブストレータ	
1 9 0	支持支柱	
1 9 2	バイア穴	
1 9 4	バイア穴内の導体材料	40
1 9 6	相互接続	
1 9 8	底側電極	
2 0 0	底側電極	
2 0 2	隔壁	
2 0 4	酸化物層	
2 0 6	上側電極	
2 0 8	電氣的接続	
2 1 0	電氣絶縁	

【 図 1 】

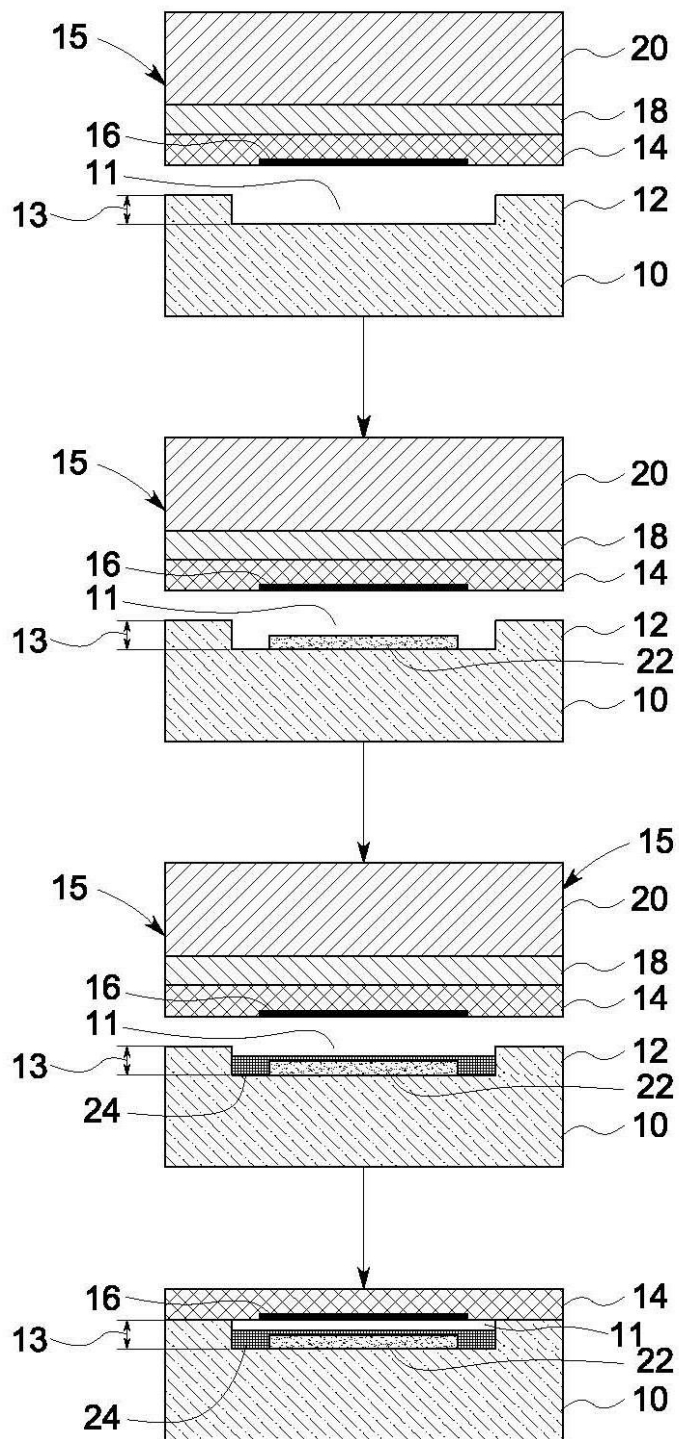


FIG. 1

A cross-sectional view of a semiconductor device. A substrate 10 is shown at the bottom. A thin layer 12 is formed on the substrate. Various components are formed on the thin layer 12, including a series of rectangular blocks labeled 14, 16, 22, 32, and 34. A thin layer 16 is also shown on the thin layer 12. A thin layer 22 is shown on the thin layer 12. A thin layer 32 is shown on the thin layer 12. A thin layer 34 is shown on the thin layer 12.

FIG. 4

【 図 5 】

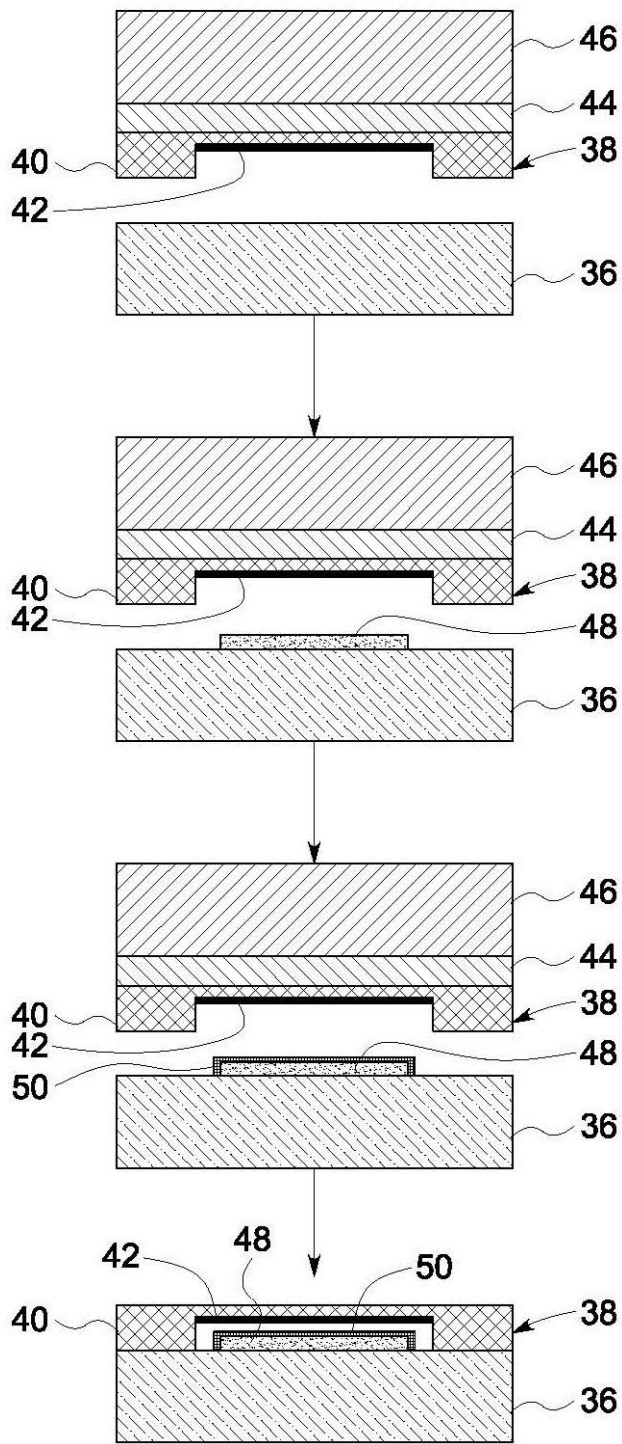


FIG. 5

【 図 6 】

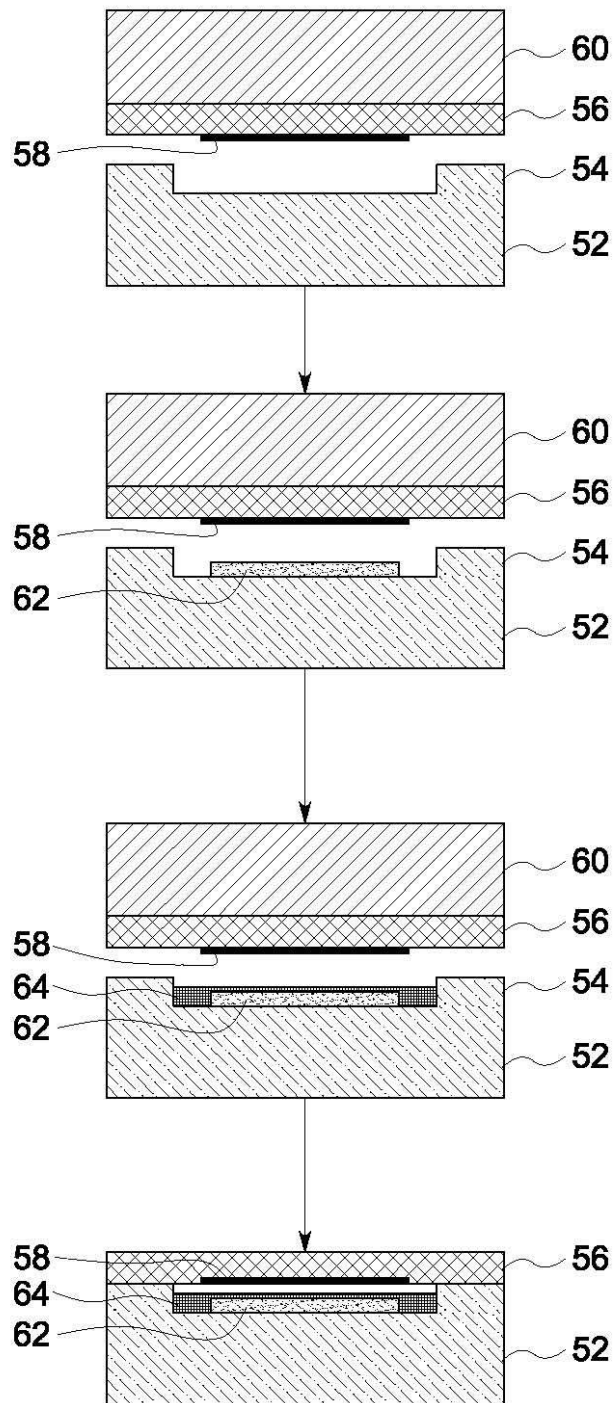


FIG. 6

【 図 7 】

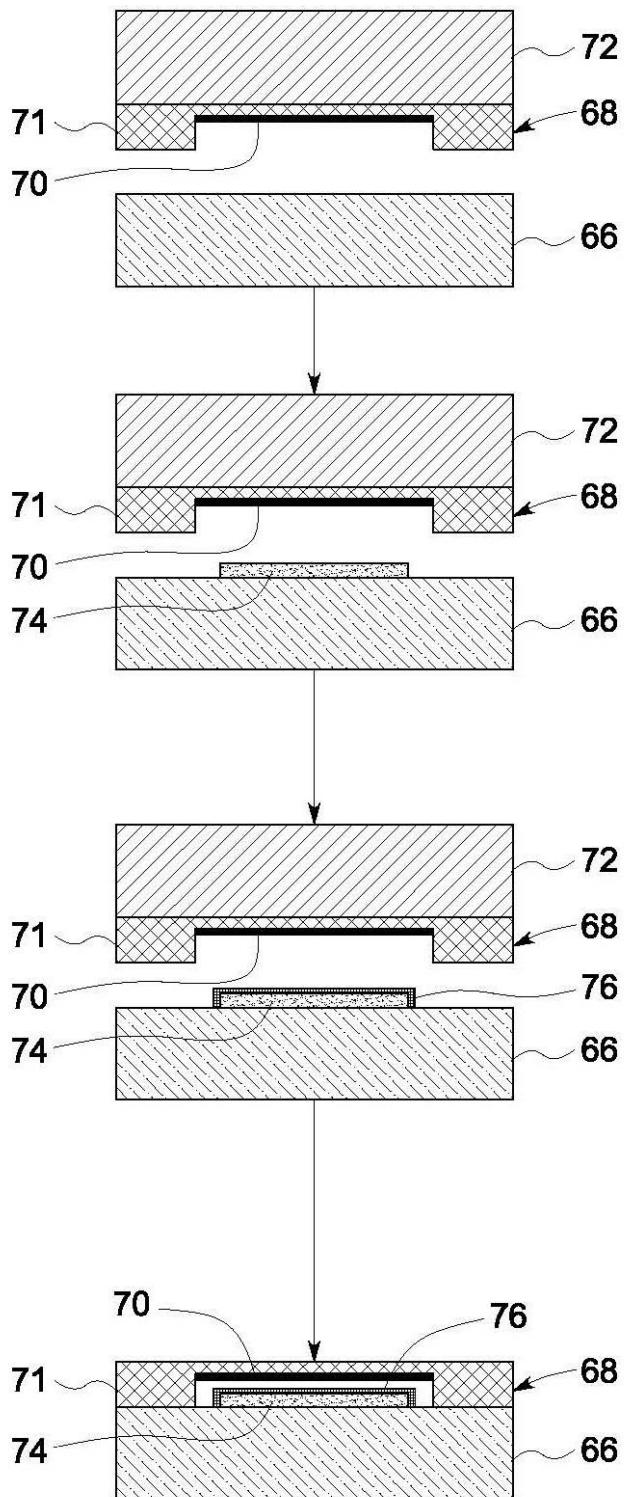


FIG. 7

【 図 8 】

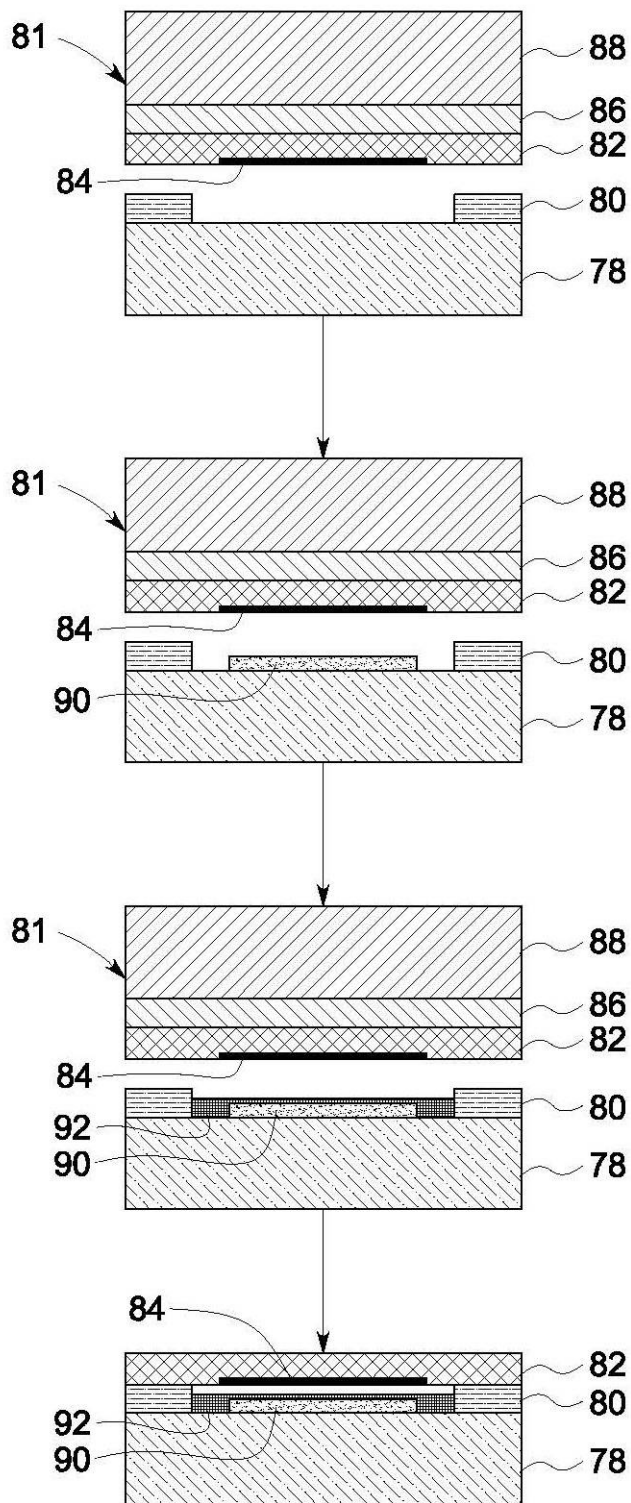


FIG. 8

【 図 9 】

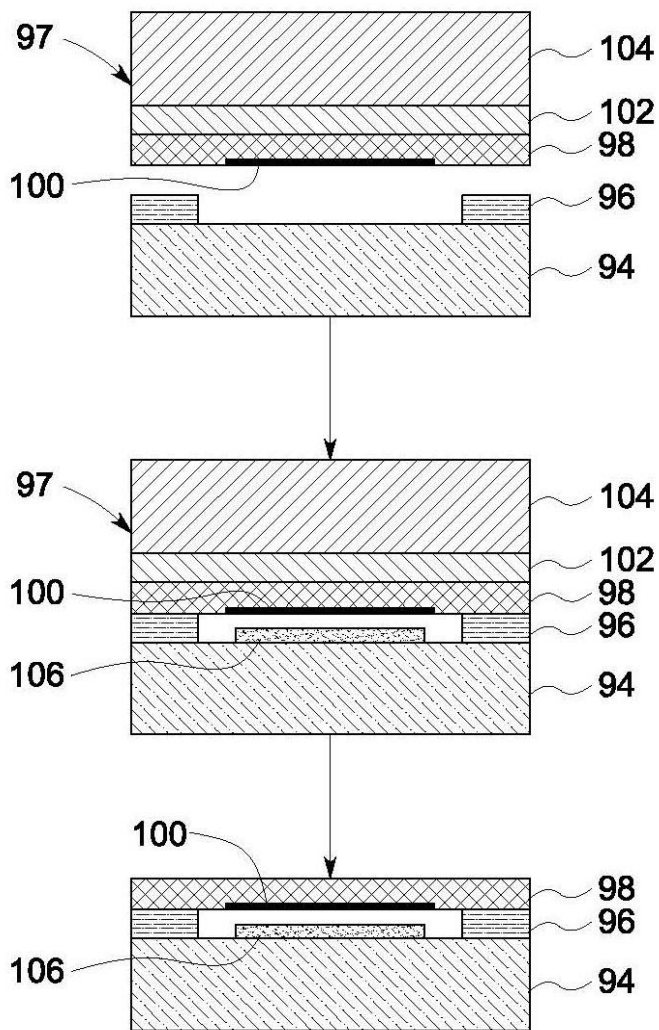


FIG. 9



【 図 1 0 】

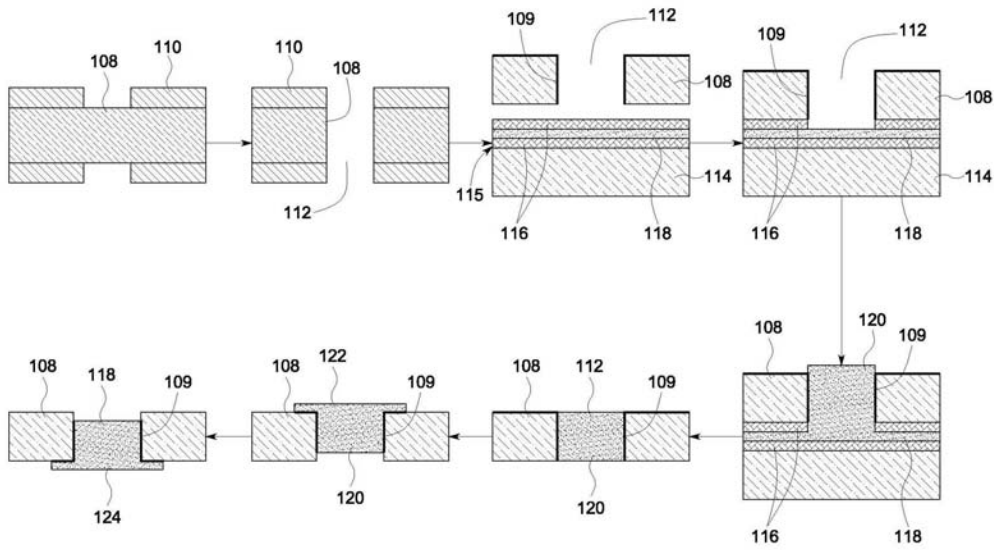


FIG. 10

【 図 1 1 】

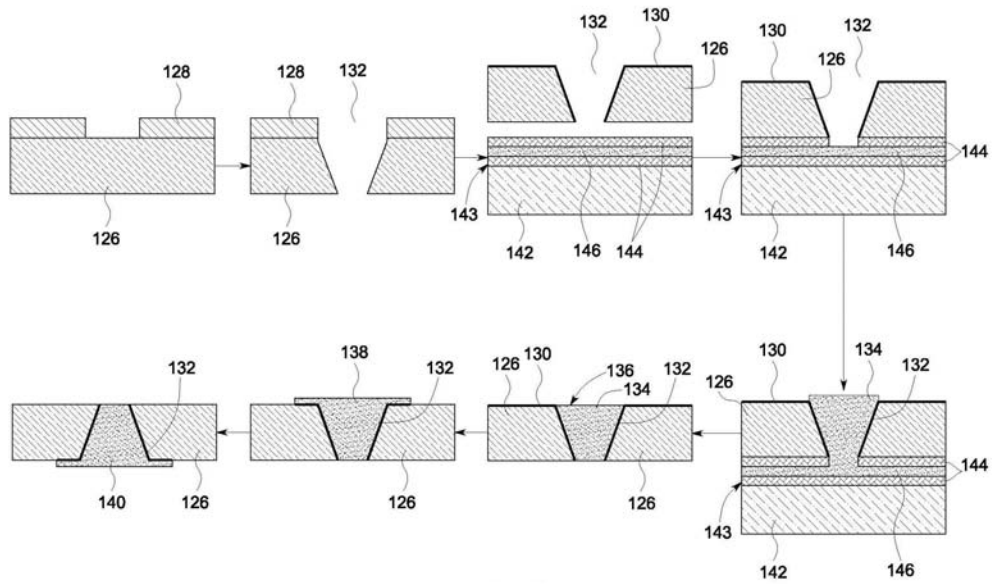


FIG. 11

【 図 1 2 】

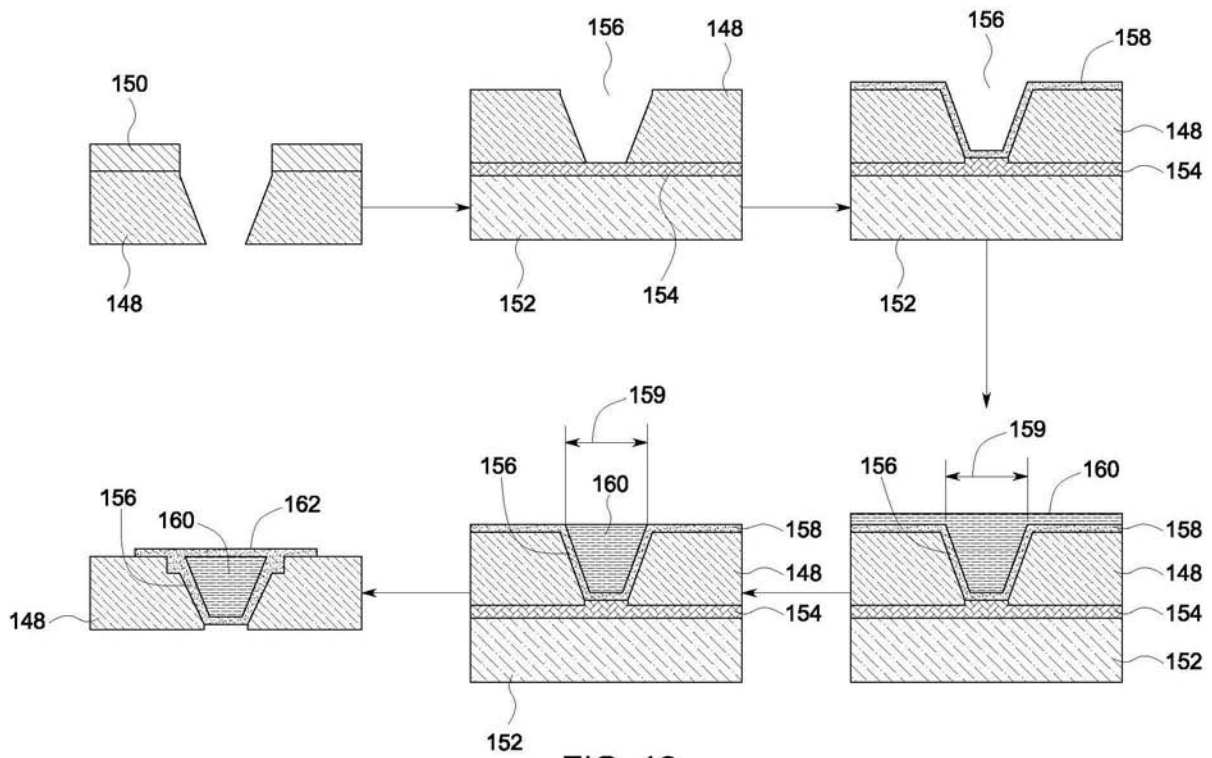


FIG. 12

【 図 1 3 】

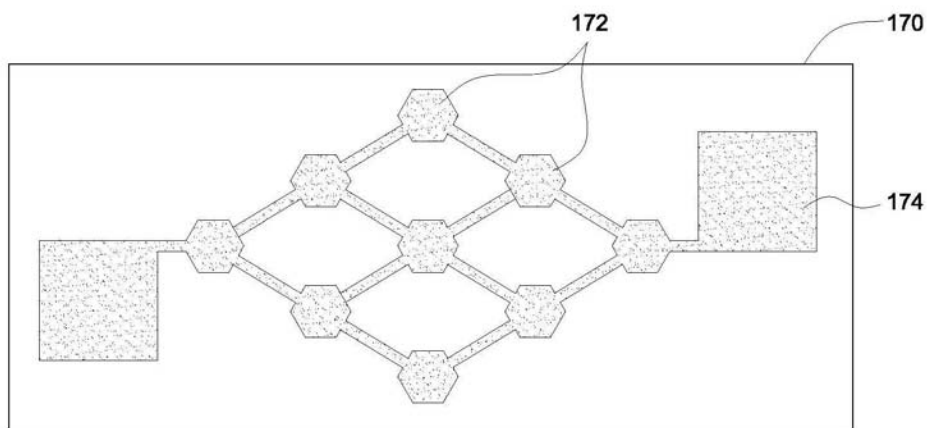


FIG. 13

【 図 1 4 】

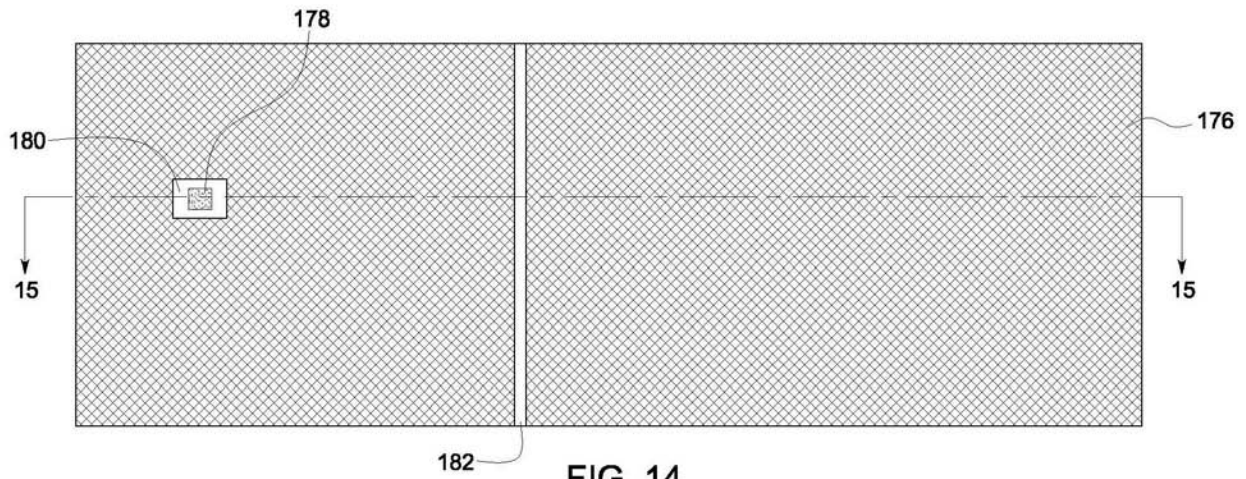


FIG. 14

【 図 1 5 】

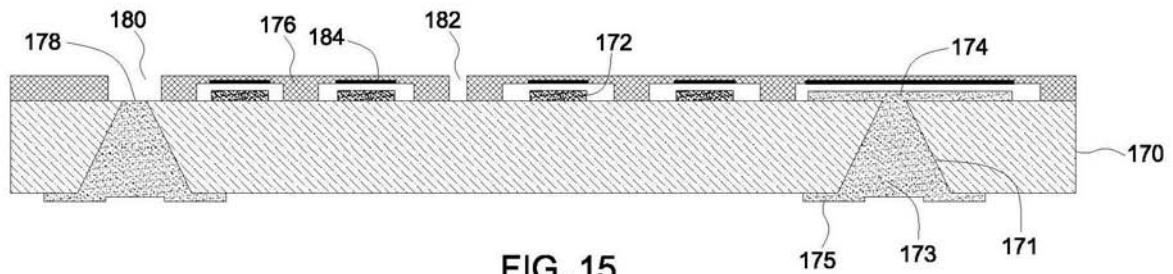


FIG. 15

【 図 1 6 】

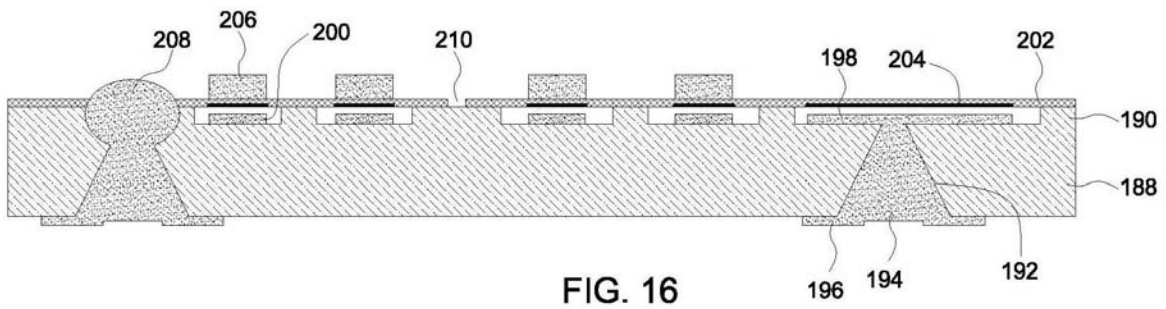


FIG. 16

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**A 6 1 B 8/00 (2006.01)** A 6 1 B 8/00

- (72)発明者 ウェイ - チャン・ティアン  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ハイランド・オークス、6番
- (72)発明者 ロウエル・スコット・トーマス  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、チェシャー・ブレイス、24番
- (72)発明者 チン - ユ・ウェイ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ローズヒル・ブルヴァード、1416番
- (72)発明者 ロバート・ギデオン・ウォッドニッキ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ドーウォルツ・ブルヴァード、1509番
- (72)発明者 レイエット・アン・フィッシャー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、パークリー・アベニュー、2305番
- (72)発明者 デイビッド・マーティン・ミルズ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ヘリテージ・ロード、1915番
- (72)発明者 スタンリー・チェンウー・チュウ  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、キューパーティーノ、ヘネイ・クリーク・ブレイス、10447番
- (72)発明者 ヒョン - ジン・クォン  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、フレモント、アパートメント・エル、アルバニー・コモン、39495番
- Fターム(参考) 4C601 EE03 EE13 GB02 GB14 GB41 GB46  
 5D019 DD01 FF01  
 5J083 AB17 AC18 AC31 CA01 CB14 CB30

专利名称(译)	电容微机械超声换能器及其制造方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP2007215177A</a>	公开(公告)日	2007-08-23
申请号	JP2007020250	申请日	2007-01-31
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	ウェイチャンティアン ロウエルスコットトーマス チンユウェイ ロバートギデオンウォッドニッキ レイエットアンフィッシャー デイビッドマーティンミルズ スタンリーチェンウーチュウ ヒョンジンクォン		
发明人	ウェイ-チャン-ティアン ロウエル-スコット-トーマス チン-ユ-ウェイ ロバート-ギデオン-ウォッドニッキ レイエット-アン-フィッシャー デイビッド-マーティン-ミルズ スタンリー-チェンウー-チュウ ヒョン-ジン-クォン		
IPC分类号	H04R31/00 H04R19/00 B81C3/00 B81B3/00 G01S7/521 A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/0292 A61B2562/028 Y10T29/49005		
FI分类号	H04R31/00.330 H04R19/00.330 B81C3/00 B81B3/00 G01S7/52.A A61B8/00 G01S7/521.A		
F-TERM分类号	4C601/EE03 4C601/EE13 4C601/GB02 4C601/GB14 4C601/GB41 4C601/GB46 5D019/DD01 5D019/FF01 5J083/AB17 5J083/AC18 5J083/AC31 5J083/CA01 5J083/CB14 5J083/CB30 3C081/AA13 3C081/BA45 3C081/CA05 3C081/CA32 3C081/CA33 3C081/DA02 3C081/DA04 3C081/DA06 3C081/DA10 3C081/DA11 3C081/EA01 3C081/EA21		
代理人(译)	松本健一 小仓 博		
优先权	11/350424 2006-02-09 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

要解决的问题：提供一种制造cMUT电池的方法，该方法能够获得设计灵活性并降低制造成本。ŽSOLUTION：提供了一种制造电容微机械超声换能器单元的方法。该方法包括提供载体衬底（10），其中载体衬底包括玻璃。提供玻璃基板的步骤可包括在玻璃基板中形成通孔（171）。此外，该方法包括提供膜（14）的膜提供步骤，使得载体基板（10）或膜（14）中的至少一个包括支撑柱（12），其中支撑柱被配置为限定腔深度。Ž

