

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4503423号  
(P4503423)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 4 R	19/00	(2006.01)	HO 4 R	19/00	3 3 0
A 6 1 B	8/00	(2006.01)	A 6 1 B	8/00	
GO 1 N	29/24	(2006.01)	GO 1 N	29/24	5 0 2
HO 4 R	1/40	(2006.01)	HO 4 R	1/40	3 3 0
HO 4 R	3/00	(2006.01)	HO 4 R	3/00	3 3 0

請求項の数 11 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-343265 (P2004-343265)  
 (22) 出願日 平成16年11月29日(2004.11.29)  
 (65) 公開番号 特開2006-157320 (P2006-157320A)  
 (43) 公開日 平成18年6月15日(2006.6.15)  
 審査請求日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(73) 特許権者 306037311  
 富士フイルム株式会社  
 東京都港区西麻布2丁目26番30号  
 (74) 代理人 100110777  
 弁理士 宇都宮 正明  
 (74) 代理人 100100413  
 弁理士 渡部 温  
 (72) 発明者 福永 敏明  
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
 富士写真フイルム株式会社内

審査官 大野 弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 容量性マイクロマシン超音波振動子及びその製造方法、並びに、超音波トランスデューサアレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

樹脂を含む材料によって形成されたベースプレートと、  
 前記ベースプレートに配置された振動子セルであって、第1の絶縁膜と第1の電極と振動膜と第2の電極と第2の絶縁膜と第3の絶縁膜とを含み、前記第1の電極が前記第1の絶縁膜と前記振動膜との間に形成されており、前記第2の電極が前記ベースプレート上に少なくとも前記第2及び第3の絶縁膜を介して形成されており、前記振動膜が、一体形成された支持部及び梁部を含み、前記梁部が前記支持部によって支持されることにより前記第2の電極との間に空隙を介して配置されており、前記第3の絶縁膜が前記ベースプレートと前記空隙との両方に接している、前記振動子セルと、  
 を具備する容量性マイクロマシン超音波振動子。

10

【請求項 2】

前記振動膜が、無機材料によって形成されている、請求項1記載の容量性マイクロマシン超音波振動子。

【請求項 3】

前記振動膜が、窒化シリコン(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)と、窒酸化シリコン(SiON)と、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)との内のいずれか1つを含む、請求項1又は2記載の容量性マイクロマシン超音波振動子。

【請求項 4】

樹脂を含む材料によって形成されたベースプレートと、

20

前記ベースプレートに配置された複数の振動子セルであって、各々が、第1の絶縁膜と第1の電極と振動膜と第2の電極と第2の絶縁膜と第3の絶縁膜とを含み、前記第1の電極が前記第1の絶縁膜と前記振動膜との間に形成されており、前記第2の電極が前記ベースプレート上に少なくとも前記第2及び第3の絶縁膜を介して形成されており、前記振動膜が、一体形成された支持部及び梁部を含み、前記梁部が前記支持部によって支持されることにより前記第2の電極との間に空隙を介して配置されており、前記第3の絶縁膜が前記ベースプレートと前記空隙との両方に接している、前記複数の振動子セルと、

前記第1の絶縁膜上に配置され、前記複数の振動子セルの各々に直流バイアスを印加する直流バイアス回路と、前記第1の絶縁膜上に配置され、前記複数の振動子セルの各々を駆動するための駆動信号を生成する駆動回路と、前記第1の絶縁膜上に配置され、前記複数の振動子セルの各々から出力される受信信号を処理する受信回路との内の少なくとも1つと、  
を具備する超音波トランスデューサアレイ。

【請求項5】

無機材料によって形成されている基板の主面に凹部を形成する工程（a）と、  
凹部が形成された基板の主面を酸化させることにより第1の絶縁膜を形成する工程（b）と、

前記第1の絶縁膜が形成された前記基板の主面上に第1の電極を形成する工程（c）と

、  
前記第1の電極が形成された前記基板上に振動膜を形成する工程（d）と、  
少なくとも前記基板の凹部に形成された前記振動膜上に犠牲層を形成する工程（e）と

、  
前記犠牲層上に第2の電極及び少なくとも第2の絶縁膜を形成する工程（f）と、  
前記第2の絶縁膜に空孔を形成し、該空孔を介して前記犠牲層を除去することにより空隙を形成する工程（g）と、

前記第2の絶縁膜上に第3の絶縁膜を形成することにより前記空孔を塞ぐ工程（h）と

、  
前記第3の絶縁膜上に樹脂材料を形成すると共に、前記基板を除去する工程（i）と、  
を具備する容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法。

【請求項6】

工程（h）が、前記空隙内を真空状態にしながらか前記第2の絶縁膜上に前記第3の絶縁膜を形成することにより前記空孔を塞ぐことを含む、請求項5記載の容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法。

【請求項7】

前記基板が、シリコン（Si）と、ガリウム砒素（GaAs）と、インジウム燐（InP）との内のいずれかを含む、請求項5又は6記載の容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法。

【請求項8】

前記振動膜が、窒化シリコン（Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>）と、窒酸化シリコン（SiON）と、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）との内のいずれか1つを含む、請求項5～7のいずれか1項記載の容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法。

【請求項9】

前記第2の絶縁膜が、酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）と、窒酸化シリコン（SiON）と、窒化シリコン（SiN）と、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）との内のいずれか1つを含む、請求項5～8のいずれか1項記載の容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法。

【請求項10】

前記基板が、前記振動膜との間でエッチング選択性を有する材料によって形成されている、請求項5～9のいずれか1項記載の容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法。

【請求項11】

10

20

30

40

50

工程 (i) が、熱硬化性樹脂又は紫外線硬化性樹脂を用いて前記樹脂材料を形成することを含む、請求項 5 ~ 10 のいずれか 1 項記載の容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療用超音波撮像システムに備えられている超音波用探触子において、超音波を送信及び受信するために用いられる容量性マイクロマシン超音波振動子 (capacitive micromachined ultrasonic transducer : c M U T ) 及びその製造方法に関する。さらに、本発明は、そのような容量性マイクロマシン超音波振動子を用いた超音波トランスデュ

10

ーサーレイに関する。

【背景技術】

【0002】

医療用超音波撮像システムにおいて用いられる超音波用探触子には、高品質な診断用画像を生成するために、広い帯域幅や、低レベルの超音波信号に対する高い感度等の多くの特性が求められている。従来、超音波用探触子において超音波の送受信を行う振動子としては、圧電性物質である P Z T (チタン酸ジルコン酸鉛 : Pb(lead) zirconate titanate ) が主に用いられてきた。P Z T は、上記の特性を比較的实现し易いからである。

【0003】

近年、超音波用撮像システムを構成する多くの部分は、半導体製造プロセスによって集約的に製造されている。一方、セラミックである P Z T を用いて振動子を製造するためには、超音波撮像システムにおける他の部分を製造するための製造プロセスとは異なる独自のセラミック製造プロセスが必要とされる。それにより、超音波撮像システムの製造工程が煩雑になることと共に、製造設備のためのコストが高むことが問題となっている。そのため、振動子についても、他の部分と同様に半導体製造プロセスによって集約的に製造することができれば、製造上の観点から好ましい。

20

【0004】

最近、容量性マイクロマシン超音波振動子の開発により、半導体製造プロセスによって振動子を製造できる見通しがもたらされている。容量性マイクロマシン超音波振動子とは、超音波信号を受信することによって生じた振動を、変調された静電容量に変換する振動膜を有する素子である。一方、容量性マイクロマシン超音波振動子によって超音波信号を送信するためには、振動膜と固定電極との間に発生する電界を変調することにより振動膜を振動させる。

30

【0005】

関連する技術として、特許文献 1 には、半導体基板上にマイクロマシン加工によって形成された静電型超音波振動子であって、絶縁性支持体によって基板表面上に支持された窒化シリコン膜を含み、基板及び膜が振動子の電極を形成している静電型超音波振動子が開示されている。

【0006】

このような容量性マイクロマシン超音波振動子は、半導体製造プロセスによって作製されるので、 $10\ \mu\text{m}$  ~  $200\ \mu\text{m}$  程度の微小なサイズの振動子 (振動子セルともいう) を形成することが可能である。また、複数の振動子セルをグループ化して制御することにより、それらの振動子セルを、1 画素に対応する 1 つの振動子群として動作させることも可能である。

40

【0007】

容量性マイクロマシン超音波振動子の利点の 1 つは、半導体製造プロセスによって振動子を作製できるということである。そのため、従来においては、容量性マイクロマシン超音波振動子が配置されるベースプレートとして、半導体製造プロセスの適用が可能なシリコン基板やガラス基板がそのまま使用されていた。しかしながら、これらの基板材料は、超音波を反射したり、伝播し易い性質を有する。そのため、振動子の背面から反射された

50

超音波や、基板を介して隣接する振動子に伝搬した超音波により、超音波画像にアーティファクトが出現するという問題が生じている。

【0008】

これに対し、一般的な超音波用探触子においては、不要な超音波を減衰させるために、振動子の背面にバッキング層が配置されている。このバッキング層としては、ポリマーやプラスチックのように、音響反射が少なく、超音波吸収性の良好な材料が用いられる。そこで、容量性マイクロマシン超音波振動子においても、不要な超音波を減衰させるのに適した材料の上に振動子を作製することが望ましい。

【0009】

さらに、特許文献2には、第1の電荷を保持するベースプレートと、該ベースプレート上に配置された底及び上端を有する支持と、第2の電荷を保持し、上記ベースプレートと容量性関係を持ちながら上記支持の上端によって支持される振動板とを有し、上記ベースプレートが、上記支持と上記ベースプレートとの交点よりも上記支持の上端の高さにより近いところまで伸びた隆起領域を有する容量性マイクロマシン超音波振動子セルが開示されている。また、特許文献2には、容量性マイクロマシン超音波振動子を製造するためにマイクロステオリソグラフィプロセス等を用いることにより、基板材料として、シリコン等よりも超音波吸収性の良好なポリマー、プラスチック、弾性化合物等の基板材料を採用することが開示されている(第7頁)。即ち、特許文献2の図7に示すように、導電膜を付着させることにより下部電極が形成されたポリマー基板90に、容量性マイクロマシン超音波振動子構造を1層ずつ形成する。例えば、キャリア86は、容量性マイクロマシン超音波振動子の構造のために除去される物質の層84を持っている。セルのフロア上に台を作るために、物質84は金やアルミニウムなどの導電性物質である。レーザービーム80は、物質84が堆積されるべきところからキャリアのエリアへ向けられる。キャリア86は、該レーザービームの周波数に対してトランスペアレントであるため、該レーザーのエネルギーは基板に対向するキャリア側面上の物質を除去する。YAGレーザー等の赤外線レーザーを用いる場合に、キャリアは、例えばテフロン(登録商標)である。導電性物質84の連続層は、基板上に除去され、台が所望の高さに組み立てられるまで台の層92、94を堆積させる。振動板のための支持96は絶縁性であり、所望場所のポリマー若しくはプラスチックの層を除去することによって形成することができる。振動板用の膜は、セル上に重ねられ、支持96の上面上にレーザーによって溶接され得る。

【0010】

しかしながら、特許文献2に開示されている製造方法によれば、ポリマー等の基板を用いる場合には、容量性マイクロマシン超音波振動子を作製するために複雑な工程を取らなくてはならない。従って、製造コストが上昇すると共に、形成された振動板の信頼性は低下してしまう。

【特許文献1】米国特許第5619476号(アブストラクト)

【特許文献2】特表2004-503312号公報(第2、7頁、図7)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

このように、半導体製造プロセスを適用するために、シリコン等の基板を用いて容量性マイクロマシン超音波振動子を作製する場合には、基板から反射された不要な超音波によって、超音波画像の画質が低下するという問題が生じている。一方、基板として、樹脂材料のように超音波吸収性の良好な材料を使用する場合には、半導体製造プロセスにはない低温プロセスや、レーザーアブレーション等の工程が必要となる。また、振動膜用の膜と支持体とをレーザーによって溶接することにより振動膜を形成する場合には、工程が複雑であると共に、強度の高い振動膜を形成するのが困難である。

【0012】

そこで、上記の問題点を鑑み、本発明は、バッキング機能を有するベースプレート上に振動膜が配置された容量性マイクロマシン超音波振動子、及び、そのような容量性マイク

10

20

30

40

50

ロマシン超音波振動子を、通常の半導体製造プロセスを用いて製造することができる製造方法、及び、それによって製造された容量性マイクロマシン超音波振動子、並びに、超音波トランスデューサアレイを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するため、本発明に係る容量性マイクロマシン超音波振動子は、樹脂を含む材料によって形成されたベースプレートと、該ベースプレートに配置された振動子セルであって、第1の絶縁膜と第1の電極と振動膜と第2の電極と第2の絶縁膜と第3の絶縁膜とを含み、第1の電極が第1の絶縁膜と振動膜との間に形成されており、第2の電極がベースプレート上に少なくとも第2及び第3の絶縁膜を介して形成されており、振動膜が、一体形成された支持部及び梁部を含み、梁部が支持部によって支持されることにより第2の電極との間に空隙を介して配置されており、第3の絶縁膜がベースプレートと空隙との両方に接している、振動子セルとを具備する。

10

【0014】

また、本発明に係る超音波マイクロマシン超音波振動子の製造方法は、無機材料によって形成されている基板の主面に凹部を形成する工程(a)と、凹部が形成された基板の主面を酸化させることにより第1の絶縁膜を形成する工程(b)と、第1の絶縁膜が形成された基板の主面上に第1の電極を形成する工程(c)と、該第1の電極が形成された基板上に振動膜を形成する工程(d)と、少なくとも基板の凹部に形成された振動膜上に犠牲層を形成する工程(e)と、該犠牲層上に第2の電極及び少なくとも第2の絶縁膜を形成する工程(f)と、該第2の絶縁膜に空孔を形成し、該空孔を介して犠牲層を除去することにより空隙を形成する工程(g)と、第2の絶縁膜上に第3の絶縁膜を形成することにより空孔を塞ぐ工程(h)と、第3の絶縁膜上に樹脂材料を形成すると共に、基板を除去する工程(i)とを具備する。

20

【0015】

さらに、本発明に係る超音波トランスデューサアレイは、樹脂を含む材料によって形成されたベースプレートと、該ベースプレートに配置された複数の振動子セルであって、各々が、第1の絶縁膜と第1の電極と振動膜と第2の電極と第2の絶縁膜と第3の絶縁膜とを含み、第1の電極が第1の絶縁膜と振動膜との間に形成されており、第2の電極がベースプレート上に少なくとも第2及び第3の絶縁膜を介して形成されており、振動膜が、一体形成された支持部及び梁部を含み、該梁部が支持部によって支持されることにより第2の電極との間に空隙を介して配置されており、第3の絶縁膜がベースプレートと空隙との両方に接している、複数の振動子セルと、第1の絶縁膜上に配置され、複数の振動子セルの各々に直流バイアスを印加する直流バイアス回路と、第1の絶縁膜上に配置され、複数の振動子セルの各々を駆動するための駆動信号を生成する駆動回路と、第1の絶縁膜上に配置され、複数の振動子セルの各々から出力される受信信号を処理する受信回路との内の少なくとも1つとを具備する。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、無機材料の基板を用いて半導体製造プロセスにより振動子セルを作製し、その後で、振動子セルに樹脂材料のベースプレートを形成すると共に、無機材料の基板を除去するので、バック機能性を備えた信頼性の高い容量性マイクロマシン超音波振動子を、簡単なプロセス且つ低コストで製造することができる。従って、そのような容量性マイクロマシン超音波振動子を含む超音波用探触子の製造コストを低減すると共に、超音波画像の画質を向上させることが可能となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1は、本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子(capacitive m

50

icromachined ultrasonic transducer : c M U T ) の概観を示す斜視図であり、図 2 は、図 1 の II - II における断面図である。

【 0 0 1 8 】

図 1 に示すように、本実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子は、振動子セル 1 0 と、振動子セル 1 0 が配置されているベースプレート 3 0 とを含んでいる。本実施形態において、振動子セル 1 0 は、1 辺が 3 0 μ m 程度の四角錘台形状を有している。なお、通常、振動子セル 1 0 は、ベースプレート 3 0 上に 2 次元状の所定の配列で配置され、振動子アレイとして使用される。

【 0 0 1 9 】

図 2 に示すように、振動子セル 1 0 は、上部電極 2 2 と、振動膜 2 3 と、下部電極 2 5 とを含んでいる。また、振動膜 2 3 及び上部電極 2 2 の上には、保護層となる絶縁膜 2 1 が形成されている。

10

振動膜 2 3 は、例えば、窒化シリコン ( S i <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )、窒酸化シリコン ( S i O N )、ダイヤモンドライクカーボン ( D L C ) 等の無機材料によって形成されており、支持部 2 3 a と梁部 2 3 b とを含んでいる。支持部 2 3 a は、梁部 2 3 b をベースプレート 3 0 の上方に持ち上げるように支持している。それにより、梁部 2 3 b と下部電極 2 5 との間に空隙 1 5 が形成され、梁部 2 3 b が振動可能な状態で支持される。これらの支持部 2 3 a と梁部 2 3 b とは、最初から一体化して形成されており、継ぎ目は見られない。

【 0 0 2 0 】

振動膜 2 3 によって形成されている空隙 1 5 の内部は、用途に応じて、真空としても良く、空気やそれ以外の気体によって満たしても良い。超音波の送受信を行う場合には、空隙 1 5 の内部を真空とする方が、梁部 2 3 b にダンピングがかからないので、より好ましい。

20

【 0 0 2 1 】

下部電極 2 5 及び上部電極 2 2 は、金 ( A u ) 等の導電膜によって形成されている。下部電極 2 5 は、絶縁膜 2 6、2 7、2 9 を介してベースプレート 3 0 上に配置されており、上部電極 2 2 は、振動膜 2 3 の梁部 2 3 b 上に配置されている。これらの電極 2 2 及び 2 5 は、空隙 1 5 及び振動膜 2 3 を介して対向することにより、コンデンサを形成している。

【 0 0 2 2 】

このような振動子セル 1 0 において、上部電極 2 2 と下部電極 2 5 との間に直流バイアスを印加して電荷を蓄積させ、振動子セル 1 0 に超音波を伝搬させて振動膜 2 3 に振動を与えると、梁部 2 3 b 上に配置されている上部電極 2 2 と固定されている下部電極 2 5 との間の距離が変化するので、コンデンサの静電容量が変化する。この静電容量の変化を電位の変化として検出することにより、振動子セル 1 0 に伝搬した超音波を検出することができる。また、超音波を送信する際には、上部電極 2 2 と下部電極 2 5 との間に、送信すべき超音波の周波数に応じた交流信号を直流バイアスと共に与える。それにより、それらの電極の間に発生する電界が変調されるので、その電界に応じて力が働き、振動膜 2 3 の梁部 2 3 b が変位する。この梁部 2 3 b の変位によって生じた振動が、超音波信号として伝搬する。

30

40

【 0 0 2 3 】

ベースプレート 3 0 は、振動子セル 1 0 を支持すると共に、振動子セル 1 0 の背面 ( ベースプレート 3 0 側 ) に伝搬する超音波を減衰させ又は吸収するバッキング機能を果たしている。ベースプレート 3 0 の材料としては、ポリマー、プラスチック、弾性化合物等を含む樹脂材料のように、音響反射が少なく、超音波吸収性の良好な材料が用いられる。本実施形態においては、プラスチックを用いている。

【 0 0 2 4 】

このように、本実施形態においては、振動子セルを支持するベースプレートとして、音響反射が少なく、超音波吸収性の良好な材料を用いているので、振動子の背面から反射された超音波や、基板を介して隣接する振動子に伝搬した超音波を誤って検出してしまうこ

50

とがなくなる。従って、そのような不要な超音波に起因するアーティファクトの発生が抑制されるので、超音波画像の画質を向上させることが可能になる。

【0025】

次に、本実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法について、図3～図8を参照しながら説明する。

まず、半導体製造プロセスに用いることができる無機材料の基板を用意する。そのような材料として、シリコン(Si)、ガリウム砒素(GaAs)や、インジウム燐(InP)等の半導体材料が挙げられる。本実施形態においては、シリコン基板を用いる。

【0026】

次に、図3の(a)に示すように、ウェットエッチングやドライエッチング等により、振動膜23(図1)の形状に合わせてシリコン(Si)基板20の主面に凹部20aを形成する。次に、凹部20aが形成されたシリコン基板20の表面を酸化させることにより、図3の(b)に示すように、酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)の絶縁膜21を形成する。この絶縁膜21は、後の工程においてシリコン基板20を除去する際に、後で形成される窒化シリコンの振動膜23を保護するためのエッチング停止層として用いられる。

10

【0027】

次に、絶縁膜21の上に、上部電極22及び配線パターンを含む導電層を形成する。そのために、まず、絶縁膜21上に、蒸着により金属膜を形成し、リソグラフィ及びドライエッチング又はウェットエッチング等により金属膜をパターニングする。

【0028】

図4は、絶縁膜21上に上部電極22及び配線パターンが形成された様子を示す平面図であり、複数の振動子セルの上部電極22の各々から、個別に配線の引き出しを行う場合における配線パターンを示している。ここで、凹部20aの底面は、図2に示す梁部23bが形成される領域となるため、上部電極22は、凹部20aの底面において、少なくとも中心部分に形成するようにする。

20

【0029】

次に、図5の(a)に示すように、絶縁膜21及び上部電極22が形成された基板20の主面上に、プラズマCVD法等により、窒化シリコン(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)膜を形成する。この窒化シリコン膜は、完成した容量性マイクロマシン超音波振動子における振動膜23となるので、引っ張り歪みを有することが望ましい。また、この窒化シリコン膜において、凹部20aの斜面に形成された部分は振動膜23の支持部23aとなり、凹部20aの底面2形成された部分は振動膜23の梁部23bとなる。このように、支持部と梁部とを最初から一体化して形成することにより、振動膜の強度を高めることができる。

30

或いは、振動膜23として、窒酸化シリコン(SiON)や、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)等の無機材料膜を形成しても良い。

【0030】

次に、図5の(b)に示すように、少なくとも凹部20aに形成された振動膜23上にレジスト24を充填する。そのために、まず、振動膜23上に、凹部が平坦になるまでレジストを塗布し、その後で、酸素ガスを用いたドライエッチングにより、凹部の上面近傍よりも上方のレジストを除去する。このレジスト24は、図2に示す空隙15を形成するための犠牲層となる。

40

【0031】

次に、レジスト24上に、下部電極25及び配線パターンを含む導電層を形成する。そのために、まず、レジスト24及び振動膜23上に金属膜を蒸着により形成し、その上に、CVD法等により酸化シリコン膜を形成する。そして、リソグラフィ及びドライエッチングにより酸化シリコン膜をパターニングし、さらに、パターニングされた酸化シリコン膜(絶縁膜)26をマスクとして用いて、ウェットエッチング又はドライエッチングにより金属膜をパターニングする。

【0032】

図6は、レジスト24上に下部電極25及び酸化シリコン膜26が形成された様子を示

50

す平面図であり、複数の振動子セルの下部電極 25 から共通配線の引き出しを行う場合における配線パターンを示している。下部電極 25 は、図 2 に示す凹部 20 a の底面（即ち、梁部）における上部電極 22 と対向するように、少なくとも、凹部 20 a の底面の中心に相当する部分に形成するようにする。

#### 【0033】

次に、図 7 の (a) に示すように、振動膜 23、レジスト 24、及び、マスクとしての酸化シリコン膜 26 の上に、酸化シリコンの絶縁膜 27 を形成する。次に、図 7 の (b) に示すように、レジスト 24 上の絶縁膜 27 に微小な空孔 28 を複数形成することによってレジストを露出させ、酸素ガスを用いたドライエッチング、又は、有機溶剤等を用いたウェットエッチングにより、空孔 28 を介してレジストを除去する。さらに、図 7 の (c) に示すように、CVD 法を用いて酸化シリコンの絶縁膜 29 を形成することにより、空孔 28 を塞ぐ。その際には、容量性マイクロマシン超音波振動子の用途に応じて、レジストが除去された領域を真空にしたり、所望の気体を充填する。この絶縁膜 29 の材料としては、酸化シリコンの他にも、窒酸化シリコン (SiON) や、窒化シリコン (SiN)、又は、ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 等を用いることができる。絶縁膜 29 は、空孔 28 を塞ぐと共に、この後で形成される樹脂材料のベースプレートとの界面における反応を防ぐ機能（例えば、防湿等）も果たす。

#### 【0034】

次に、図 8 の (a) に示すように、絶縁膜 29 上に、熱硬化性樹脂を塗布して硬化させることにより、樹脂材料のベースプレート 30 を形成する。或いは、熱硬化性樹脂の替わりに、紫外線硬化性樹脂を用いても良い。

さらに、図 8 の (b) に示すように、シリコン基板 20 をドライエッチング等によって除去する。これにより、図 1 及び図 2 に示す容量性マイクロマシン超音波振動子が完成する。

#### 【0035】

以上説明したように、本実施形態によれば、シリコン基板を用いた半導体製造プロセスにより、無機材料によって形成された振動膜を含む振動子セルを、低温プロセスや他の煩雑なプロセスを経ることなく、効率良く作製することができる。また、その後、振動子セルの背面側に樹脂材料を含むベースプレートを配置すると共に、シリコン基板を除去することにより、振動子セルがパッキング層の上に配置された容量性マイクロマシン超音波振動子を容易に作製することができる。従って、不要な超音波を減衰又は吸収する機能を有し、良質な超音波信号を取得できる信頼性の高い容量性マイクロマシン超音波振動子を低コストで製造することが可能になる。

#### 【0036】

ここで、振動膜 23 の梁部 23 b は、容量性マイクロマシン超音波振動子の強度及び感度の観点から、剛性を有しつつ薄くすることが望ましい。この点において、振動膜 23 として、半導体製造プロセスによって形成される無機材料を用いることは適切である。具体的には、酸化シリコン (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、窒酸化シリコン (SiON)、ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 等の無機材料が最適であると考えられる。さらに、本実施形態によれば、空隙 15 (図 2) を形成する際に、図 7 の (b) に示すように、振動子セルの背面側 (図の上側) からレジストを除去するので、従来の製造方法と異なり、振動膜 23 に空孔を形成して、その空孔を埋めるために膜を形成するといったプロセスが不要となる。従って、振動膜 23 を、従来よりも平坦、且つ、薄くすることができる。また、振動膜 23 を薄くすることにより、より低い電圧で駆動することが可能となる。

#### 【0037】

本実施形態においては、シリコン基板を除去する際に振動膜を保護するエッチング停止層として、絶縁膜 21 を形成している。しかしながら、基板材料との間においてエッチング選択性を有する他の種類のエッチング停止層を設けても良い。また、基板としてガリウム砒素 (GaAs) やインジウム燐 (InP) を用い、振動膜として窒化シリコンを用いる場合のように、振動膜の材料に対して基板材料がエッチング選択性を有する場合には

10

20

30

40

50

、エッチング停止層は不要である。

【 0 0 3 8 】

また、本実施形態においては、上部電極を個別配線とし（図 4 参照）、下部電極を共通配線としているが（図 6 参照）、図 9 に示すように、上部電極 3 1 を複数の振動子セルに渡って形成することにより、上部電極側を共通配線としても構わない。また、上部電極と下部電極との内の一方を共通配線、他方を個別配線としても良いし、両方を共通配線又は個別配線としても良い。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 は、本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の変形例を示す図である。本実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の振動子セル 1 0 は、図 1 に示す四角錘台形状以外にも、任意の形状を用いることができる。例えば、図 1 0 の（ a ）に示すように、六角錘台形状としても良いし、その他の多角錘台形状としても良い。また、図 1 0 の（ b ）に示すように、円柱錘台形状としても良いし、楕円錘台形状としても良い。このような振動子セルは、図 3 の（ a ）において、シリコン基板に形成される凹部を、所望の形状に変化させることにより製造することができる。

【 0 0 4 0 】

図 1 1 は、本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子を含む 2 次元超音波トランスデューサアレイの一部を示す平面図である。

この 2 次元超音波トランスデューサアレイは、樹脂材料によって形成されているベースプレート 4 0 と、ベースプレート 4 0 上に 2 次元マトリクス状に配列されている複数の振動子セル 1 0 とを含んでいる。複数の振動子セル 1 0 は、所定の数毎に振動子セルグループ 4 1 を構成している。これらの振動子セルグループ 4 1 の各々は、1 画素に対応する超音波トランスデューサとして動作を制御される。即ち、1 つの振動子セルグループ 4 1 において、複数の振動子セル 1 0 の上部電極及び下部電極から、グループ毎の配線 4 2 及び共通配線 4 3 がそれぞれ引き出されている。この振動子セルグループ 4 1 に含まれている複数の振動子セル 1 0 を同時に駆動することにより、所定の強度を有する超音波が送信される。さらに、このような複数の振動子セルグループ 4 1 を順次駆動することにより、所望の方向に超音波を送信することができる。また、伝搬してきた超音波は、各振動子セルグループ 4 1 によって受信され、各振動子セルグループ 4 1 に含まれる複数の振動子セル 1 0 から出力された検出信号の合成信号が、1 画素に対応する超音波検出信号として処理される。

【 0 0 4 1 】

図 1 2 の（ a ）は、本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子を含む別の 2 次元超音波トランスデューサアレイの一部を示す断面図である。また、図 1 3 は、図 1 2 の（ a ）に示す 2 次元超音波トランスデューサアレイの構成を示す回路図である。

図 1 2 の（ a ）に示す 2 次元超音波トランスデューサアレイは、樹脂材料によって形成されているベースプレート 5 0 と、ベースプレート 5 0 上に配列されている複数の振動子セル 1 0 と、回路形成領域 5 1 とを含んでいる。回路形成領域 5 1 の表面には、保護層として、絶縁膜 5 2 が形成されている。このような、2 次元超音波トランスデューサアレイは、図 1 3 に示すように、超音波撮像システム本体 7 0 とケーブル等を介して接続されている超音波用探触子 6 0 に収納されている。

【 0 0 4 2 】

回路形成領域 5 1 には、例えば、図 1 3 に示すように、CMOS の製造プロセスによって製造される回路 6 1 ~ 6 5 が形成されている。駆動回路 6 1 は、超音波撮像システム本体 7 0 から出力される制御信号に従って、振動子セルグループに含まれている複数の振動子セル 1 0 を駆動するための駆動信号を生成する。直流バイアス回路 6 2 は、直流電圧源 6 2 a と、抵抗 6 2 b と、デカップリングコンデンサ 6 2 c とを含んでおり、複数の振動子セル 1 0 の各々に直流バイアスを印加する。受信回路 6 3 は、複数の振動子セル 1 0 から出力される検出信号を処理して、超音波撮像システム本体 7 0 に出力する。スイッチ回

10

20

30

40

50

路64は、超音波撮像システム本体70による駆動回路61への制御信号の供給と、受信回路63による超音波撮像システム本体70への検出信号の出力とを所定のタイミングで切り換える。また、スイッチ回路65は、駆動回路61による複数の振動子セル10への駆動信号の供給と、受信回路63による複数の振動子セル10からの検出信号の取り込みを所定のタイミングで切り換える。このような回路61～65は、例えば、図11に示す振動子セルグループ41毎（即ち、1画素毎）に設けられる。

【0043】

図12の(a)に示す超音波トランスデューサアレイは、図12の(b)に示すように、シリコン基板53上に絶縁膜52を形成することにより回路形成領域51を設け、その回路形成領域51内に、抵抗、コンデンサ、PチャネルMOSトランジスタ、NチャネルMOSトランジスタ等を含む回路を形成し、さらに、図12の(c)に示すように、図3～図8を用いて説明したのと同様に振動子セルを基板53上に形成することにより製造することができる。

10

【0044】

以上においては、本発明に係る容量性マイクロマシン超音波振動子を医療用超音波画像を生成するために用いられる超音波用探触子に適用する場合について説明した。しかしながら、本発明に係る容量性マイクロマシン超音波振動子は、それ以外にも、様々な用途に適用することができる。適用例として、例えば、溶接等による接合部におけるクラック、傷、空孔の探傷検査や厚さ均一性の検査等を行う非破壊検査装置や、厚さ、傷、腐食の検査を行う産業用検査装置や、液体のレベル又は流量の検出装置等が挙げられる。

20

【産業上の利用可能性】

【0045】

本発明は、医療用超音波撮像システムにおいて、超音波を送信及び受信するために用いられる超音波用探触子において利用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子(cMUT)を示す図である。

【図2】図1に示すII-IIにおける断面を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

30

【図4】絶縁膜上に上部電極及び配線パターンを含む導電層が形成された様子を示す平面図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

【図6】レジスト上に下部電極25及び配線パターンを含む導電層と酸化シリコン膜とが形成された様子を示す平面図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

40

【図9】複数の容量性マイクロマシン超音波振動子において、上部電極を共通配線とする場合における配線方法を説明するための図である。

【図10】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子の変形例を示す図である。

【図11】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子を含む2次元超音波トランスデューサアレイを示す平面図である。

【図12】本発明の一実施形態に係る容量性マイクロマシン超音波振動子を含む別の2次元超音波トランスデューサアレイを示す断面図である。

【図13】図12の(a)に示す2次元超音波トランスデューサアレイの構成を示す回路

50

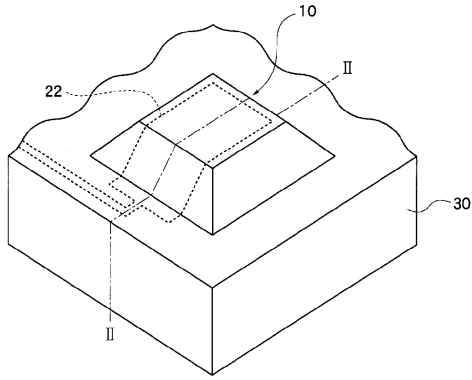
図である。

【符号の説明】

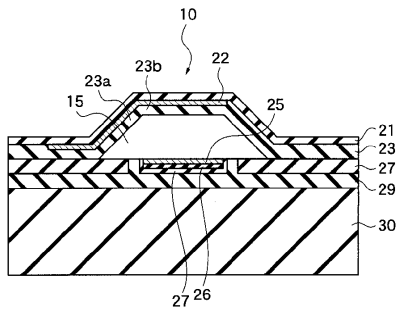
【 0 0 4 7 】

1 0	振動子セル	
1 5	空隙	
2 0	シリコン基板	
2 1、2 7、2 9	絶縁膜（酸化シリコン膜）	
2 2、3 1	上部電極	
2 3	振動膜	
2 3 a	支持部	10
2 3 b	梁部	
2 4	レジスト	
2 5	下部電極	
2 8	空孔	
3 0、4 0、5 0	ベースプレート	
4 1	振動子セルグループ	
4 2	配線	
4 3	共通配線	
5 1	回路形成領域	
5 2	絶縁膜	20
6 0	超音波用探触子	
6 1	駆動回路	
6 2	直流バイアス回路	
6 2 a	直流電圧源	
6 2 b	抵抗	
6 2 c	デカップリングコンデンサ	
6 3	受信回路	
6 4、6 5	スイッチ回路	
7 0	超音波撮像システム本体	

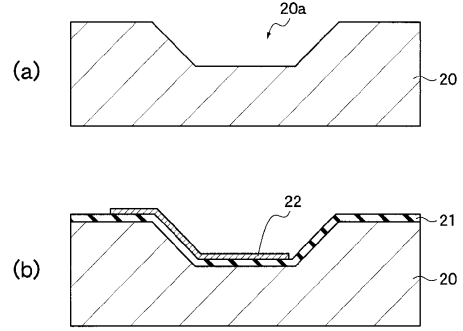
【 図 1 】



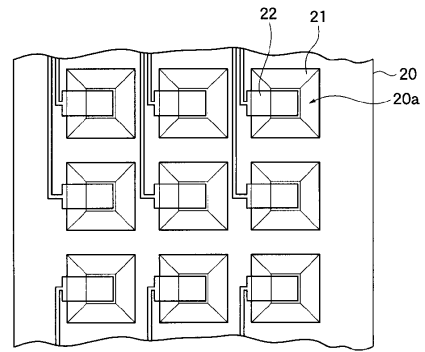
【 図 2 】



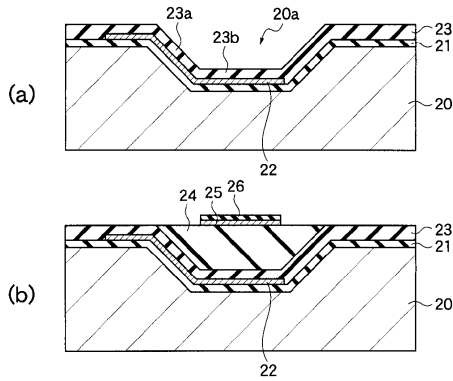
【 図 3 】



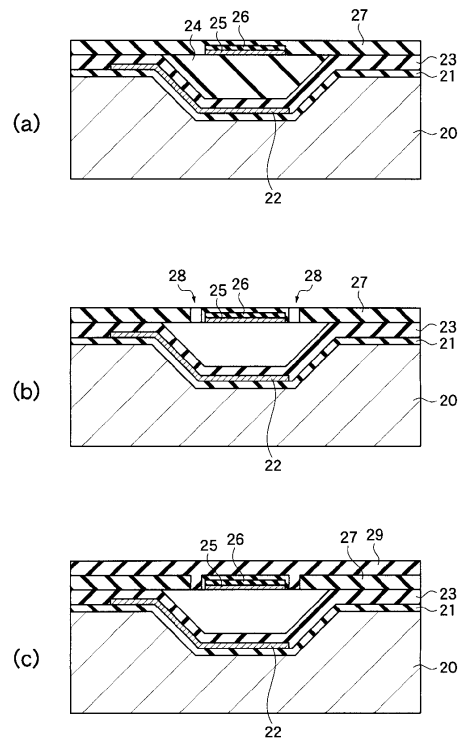
【 図 4 】



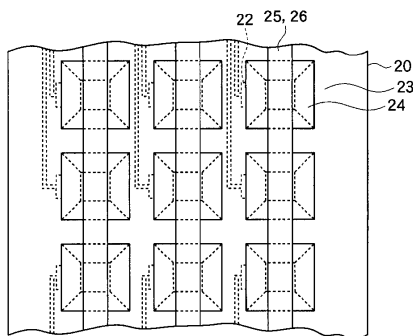
【 図 5 】



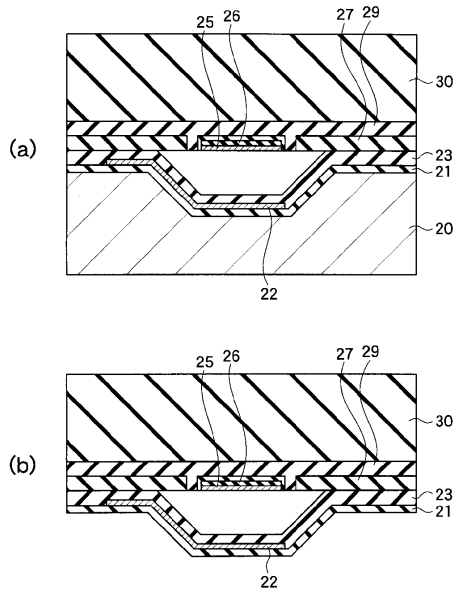
【 図 7 】



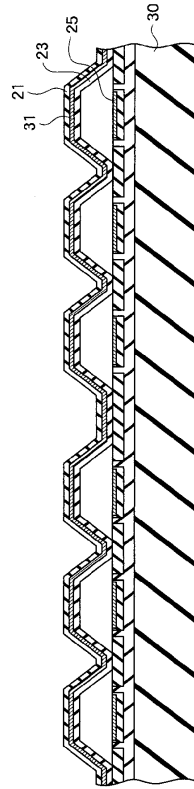
【 図 6 】



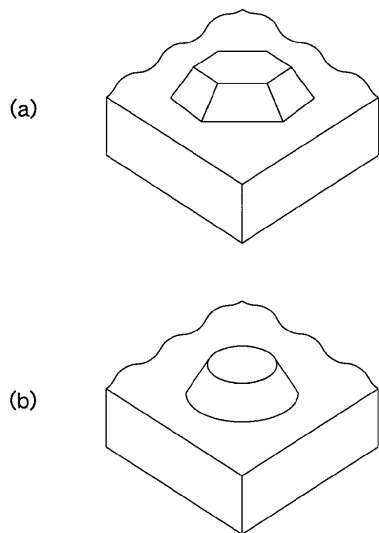
【 図 8 】



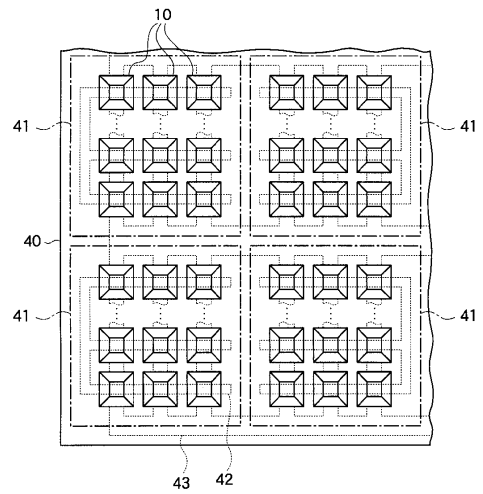
【 図 9 】



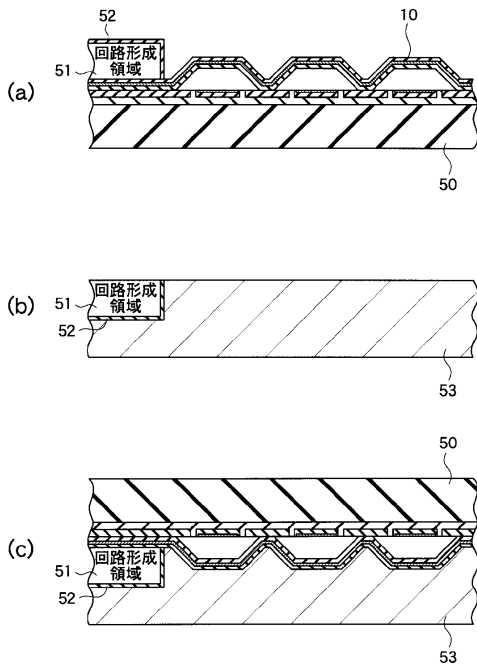
【 図 10 】



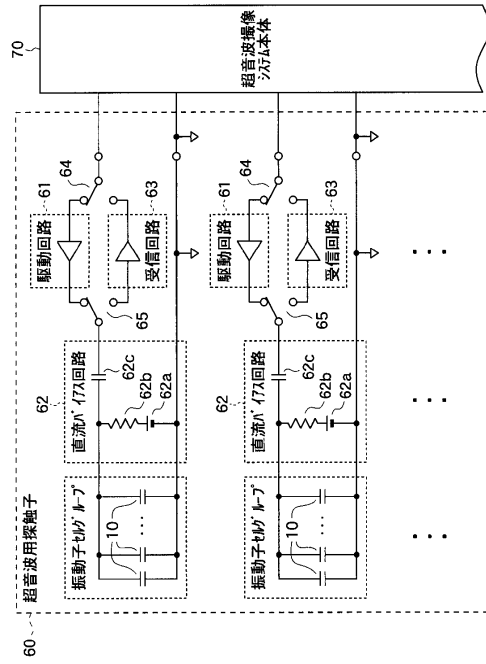
【 図 11 】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
H 0 4 R 31/00 (2006.01) H 0 4 R 31/00 3 3 0

(56) 参考文献 特表 2 0 0 4 - 5 0 3 3 1 2 ( J P , A )  
特表 2 0 0 2 - 5 2 1 8 9 0 ( J P , A )  
国際公開第 0 3 / 0 1 1 7 4 9 ( W O , A 1 )

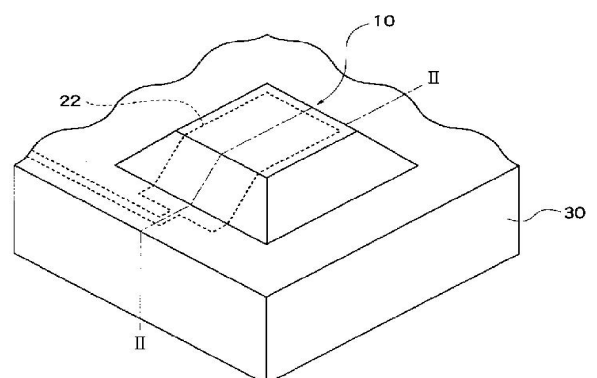
(58) 調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
H 0 4 R 2 3 / 0 0  
A 6 1 B 8 / 0 0  
G 0 1 N 2 9 / 2 4  
H 0 4 R 1 / 4 0  
H 0 4 R 3 / 0 0  
H 0 4 R 3 1 / 0 0  
H 0 4 R 1 9 / 0 0

专利名称(译)	电容微机械超声换能器及其制造方法，超声换能器阵列		
公开(公告)号	<a href="#">JP4503423B2</a>	公开(公告)日	2010-07-14
申请号	JP2004343265	申请日	2004-11-29
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	福永敏明		
发明人	福永 敏明		
IPC分类号	H04R19/00 A61B8/00 G01N29/24 H04R1/40 H04R3/00 H04R31/00		
CPC分类号	G01N29/2406 B06B1/0292		
FI分类号	H04R19/00.330 A61B8/00 G01N29/24.502 H04R1/40.330 H04R3/00.330 H04R31/00.330 H04R23/00.330		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/DB02 2G047/EA11 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GB21 2G047/GB23 2G047/GB32 2G047/GB36 4C601/EE10 4C601/GB04 4C601/GB18 4C601/GB19 4C601/GB30 4C601/GB41 4C601/GB45 5D019/AA26 5D019/DD01 5D019/EE06 5D019/FF04 5D019/HH01		
代理人(译)	宇都宫正明		
审查员(译)	大野 弘		
其他公开文献	JP2006157320A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种电容式微机械超声波振动器，其中振动膜设置在具有背衬功能的基板上，并提供制造它的方法。解决方案：电容式微机械超声波振动器包括由包含树脂的材料形成的基板30，以及布置在基板30处的振动器单元10。此外，振动器单元包括下电极25，支撑部分23a和梁如图23b所示，当该梁23b由支撑件23a和形成在该振动膜23中的上电极22支撑时，振动膜23通过上电极22之间的间隙15布置。

1】



2】