(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2012-101351
(P2012-101351A)
(43)公開日　平成24年5月31日(2012.5.31)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
B81C 1/00	(2006.01)	B81C 1/00		3C081

審査請求 未請求　請求項の数 3　ＯＬ　外国語出願　（全 8 頁）

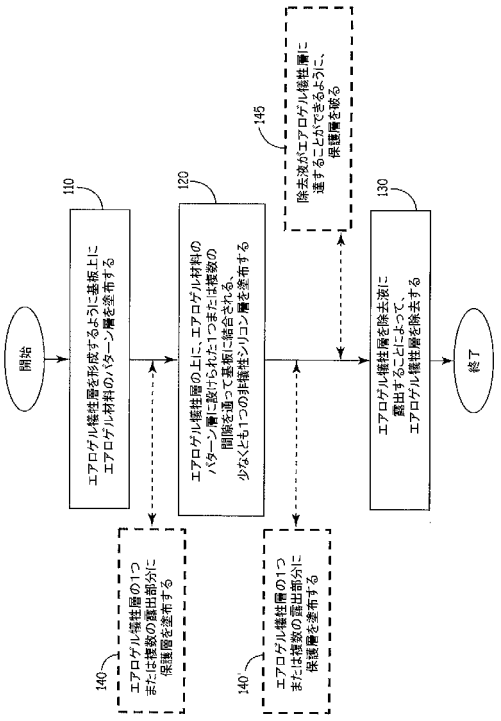
(21)出願番号　特願2011-242341 (P2011-242341)
(22)出願日　平成23年11月4日 (2011.11.4)
(31)優先権主張番号　12/940,348
(32)優先日　平成22年11月5日 (2010.11.5)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　500575824
ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国ニュージャージー州０７９６２－２２４５，モーリスタウン，コロンビア・ロード　１０１，ピー・オー・ボックス　２２４５
(74)代理人　100140109
弁理士　小野　新次郎
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰
(74)代理人　100080137
弁理士　千葉　昭男
(74)代理人　100096013
弁理士　富田　博行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）デバイス作製プロセスのためのエアロゲルで形成された犠牲層

(57)【要約】
【課題】ＭＥＭＳデバイス作製において犠牲層を処理するためのシステムおよび方法を提供すること。
【解決手段】一実施形態では、方法は、基板上にエアロゲル犠牲層を形成するようにエアロゲル材料のパターン層を塗布するステップと、エアロゲル犠牲層の上に、エアロゲル材料のパターン層に設けられた１つまたは複数の間隙を通って基板に結合される、少なくとも１つの非犠牲シリコン層を塗布するステップと、エアロゲル犠牲層を除去液に露出することによって、エアロゲル犠牲層を除去するステップとを含む。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ＭＥＭＳデバイス（２００）作製において犠牲層を処理するための方法であって、
エアロゲル犠牲層（２２０、２１４）を形成するように、基板（２１０）上にエアロゲル材料のパターン層を塗布するステップ（１１０）と、
前記エアロゲル犠牲層（２２０、２１４）の上に、前記エアロゲル材料のパターン層に設けられた１つまたは複数の間隙を通って前記基板（２１０）に結合される、少なくとも１つの非犠牲シリコン層（２３０）を塗布するステップ（１２０）と、
前記エアロゲル犠牲層（２２０、２１４）を除去液に露出することによって、前記エアロゲル犠牲層（２２０、２１４）を除去するステップ（１３０）とを含む方法。
【請求項２】
請求項１に記載の方法において、前記基板（２１０）が、前記エアロゲル材料のパターン層が塗布されるとき前記エアロゲル材料が積層される凹部（２１１）を含む方法。
【請求項３】
請求項１に記載の方法において、
前記エアロゲル犠牲層（２２０、２１４）の１つまたは複数の露出領域に保護層（２２２）を塗布するステップをさらに含み、
前記エアロゲル犠牲層（２２０、２１４）を除去するステップが、前記除去液が前記エアロゲル犠牲層（２２０、２１４）に達することができるように、前記保護層を破るステップをさらに含む方法。
【発明の詳細な説明】
【背景技術】
【０００１】
微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）をもとにしたデバイスを設計するとき、構造内に開口領域または空洞があることが望ましいことが多い。そのような開口領域は、ダイヤフラムを作成するなど断熱のため、または可動部分を設けるなど機械的目的のために使用することができる。現在の技術水準では、そのような開口領域または空洞は、構造内部に中実の犠牲層を含むことによって形成される。所望の構造を形成した後、犠牲層を化学的に溶解し、溶解した材料を除去して開口領域を形成する。
【０００２】
溶解は、非犠牲層によって覆われた犠牲層の周縁部から開始し、構造の中心に向かって進める。犠牲層が溶解すると、溶解プロセスを完了するために、廃棄物を除去しなければならず、新しいエッチャントを使用しなければならない。しかし、ＭＥＭＳ設計が比較的長い距離を延びる非常に細い間隙（例えば、間隙の高さが０．１マイクロメートルであり、縁部から中心までが２００～２０００マイクロメートル）を必要とするとき、問題が生じる。そのようなアスペクト比では、出現した間隙内へと、犠牲層材料に対して新しいエッチャントを引き入れることが困難になる。同時に、廃棄物を除去することは、さらに困難になる。少なくともいくつかの用途では、間隙内に残る廃棄物が可動部分と干渉する可能性がある。犠牲層の上部からエッチャントを流入および流出させるピンホールを非犠牲層に使用することが提案されている。しかし、間隙の機能が分析用の液体または気体試料のための管路を提供することである場合、そのような解決策もまた問題を生じる。そのようなピンホールによって、外部の汚染が試料に影響することがあり、または試料が流出することがある。同様に、間隙が共鳴構造を収容し、真空を保持する必要がある場合、構造の共鳴の質に影響を及ぼすことになる外部の気体が、そのようなピンホールによって間隙内に入ることがある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】米国特許公開第２００９／０１８４０８８号
【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
上記の理由、および明細書を読み理解すれば当業者には明らかになるであろう下記の他の理由から、当技術分野ではＭＥＭＳデバイス作製の改善されたシステムおよび方法が必要とされている。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明の実施形態はＭＥＭＳデバイス作製のための方法およびシステムを提供し、これは以下の明細書を読み、検討することによって理解されるであろう。
一実施形態では、ＭＥＭＳデバイス作製において犠牲層を処理するための方法は、基板上にエアロゲル犠牲層を形成するようにエアロゲル材料のパターン層を塗布するステップと、エアロゲル犠牲層の上に、エアロゲル材料のパターン層に設けられた１つまたは複数の間隙を通って基板に結合される、少なくとも１つの非犠牲シリコン層を塗布するステップと、エアロゲル犠牲層を除去液に露出することによって、エアロゲル犠牲層を除去するステップとを含む。
【０００６】
本発明の実施形態は、好ましい実施形態の説明および以下の図に照らして考慮するとき、より簡単に理解することができ、他の利点および使用がより容易に明らかになるであろう。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】本発明の１つの実施形態による方法を示すフローチャートである。
【図２Ａ】本発明の１つの実施形態によるＭＥＭＳデバイスの作製を示す図である。
【図２Ｂ】本発明の１つの実施形態によるＭＥＭＳデバイスの作製を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
慣例に従って、説明される様々な特徴は等縮尺では描かれておらず、本発明に関連する特徴を強調して描かれている。参照符号は、図および説明を通して同様の要素を示す。
以下の詳細な説明では、その一部を形成し、本発明を実施することができる特定の例示的な実施形態を示す、添付の図面を参照する。これらの実施形態は当業者が本発明を実施することができるように十分に詳細に説明され、他の実施形態を使用することができ、本発明の範囲から逸脱せずに、論理的、機械的および電気的変更を行うことができることが理解されよう。従って、以下の詳細な説明は、限定的な意味で解釈されるものではない。
【０００９】
本発明の実施形態は、完成したＭＥＭＳデバイスに開空間または空洞を設けるように、ＭＥＭＳ作製プロセス中に犠牲層を形成するためにエアロゲルを使用する。エアロゲルは、塗布され硬化した後、ＭＥＭＳ作製中に後続の層を物理的に支持することができるが容易に除去することができる、低密度だが構造的に強固な下地層を形成する。エアロゲル犠牲層は低密度の特徴により、中実の犠牲層のごく一部分の質量しか含まず、エッチャントを排出する前または廃棄副産物の除去の問題が生じる前に、比較的より大きい体積のエアロゲルをエッチングすることができる。犠牲層を形成するシリカ材料は、酸化物線維の織布へと硬化して、単位体積あたりのほとんどが空洞から構成される多孔性のスポンジ様構造を形成するため、エアロゲル犠牲層の小さい質量が実現される。エアロゲル犠牲層はこの多孔性構造を有することにより、２つの利点がある。第一に、溶解エッチャントを引き込む毛管現象を促進し、新しいエッチャントを層を通して速やかに行き渡らせる。第二に、多孔性エアロゲル材料は、液体に露出されるとき、液体の表面張力により縮んで崩壊する傾向があり、縮んだエアロゲルを実際にエッチングする前に、新しいエッチャントが犠牲層へとより多く流出するための通路が通される。エアロゲル材料に関するさらなる詳細は、２００９年７月２３日に公開された米国特許公開第２００９／０１８４０８８号に見ることができ、これを参照によって本明細書に援用する。

【００１０】
いくつかのＭＥＭＳ用途では、ＭＥＭＳデバイス内に目的の空洞を形成するのに十分な犠牲領域を開けるために、エアロゲル層のみを崩壊させるだけで十分とすることができる。以下でより詳細に説明する表面張力／崩壊効果を使用することによって、非犠牲構造に影響を与えにくい品質を選択することができるので、エアロゲル犠牲層を除去するためにより多様な液体を使用することができる。さらに、エアロゲル犠牲層を除去するために（強酸のエッチャントとは対照的に）不活性化学物質を使用することにより、ＭＥＭＳの設計者は、ＭＥＭＳデバイスの犠牲層の除去中に侵されるべきでない部分を作製するために、より多様な材料から選択することができる。

【００１１】
図１は、本発明の１つの実施形態によるＭＥＭＳデバイスを作製するための方法を示すフローチャートである。図１の方法を説明するにあたり、図２Ａおよび２Ｂに示すＭＥＭＳデバイス２００を参照する。ＭＥＭＳデバイス２００は、特定のＭＥＭＳデバイスまたは特定の種類のＭＥＭＳデバイスではなく一般的なＭＥＭＳデバイスを表すものであることを、当業者は本明細書を読めば理解するであろう。すなわち、図１に示す方法は、ＭＥＭＳデバイスの構造内に開口領域（すなわち、空洞）を必要とするあらゆるＭＥＭＳデバイス設計を作製するための実施形態を範囲内に含むものである。さらに、本明細書を検討すれば、図１に説明する個別のステップがそれぞれ、当業者には既知のＭＥＭＳ作製技術を使用して達成されることを、当業者であれば理解するであろう。上記の理由から、そのようなＭＥＭＳ作製技術の詳細は本明細書ではこれ以上説明しない。

【００１２】
方法は、エアロゲル犠牲層を形成するように基板上にエアロゲル材料のパターン層を塗布するステップ１１０から開始する。図２に示すように、基板２１０上でＭＥＭＳデバイス２００の設計において空洞が必要な１つまたは複数の場所に、エアロゲル材料の犠牲層２２０を塗布する。いくつかの実施形態では、基板２１０は、円滑で平坦な上面ではなく、エアロゲル材料のパターン層が塗布されると少なくとも一部が充填される凹部２１１を含むことができる。１つの実施形態では、基板２１０は、ＭＥＭＳデバイス２００の非犠牲層を形成するシリコンまたは他の材料である。他の実施形態では、基板２１０自体が、非犠牲材料２１２および先に塗布されたエアロゲル材料の犠牲層２１４の組み合わせを含むことができる。犠牲層２２０は、基板２１０上に追加的構造を形成するための構造的基礎を提供する。エアロゲル材料の密度および孔寸法は、本明細書を読めば、当業者はエアロゲル層をスピンコーティングする既知のプロセスおよび基準を使用して別個に制御することができる。

【００１３】
方法は、１２０で、エアロゲル犠牲層２２０上に少なくとも１つの非犠牲シリコン層２３０を塗布するステップへと続く。犠牲層２２０は、その後に塗布される非犠牲シリコン層２３０が基板２１０に接触し、従って犠牲層２２０が除去されると基板２１０に確実に残るように、パターン化されている。すなわち、犠牲層２２０が基板２１０上に連続的な膜として塗布された場合、次いで犠牲層２２０が除去されたときに、非犠牲シリコン層２３０およびその上にある構造が単純に取り去られる。従って、基板２１０上にあるエアロゲル材料のパターン層の１つまたは複数の間隙には、その後に塗布される非犠牲シリコン層２３０を基板２１０に取り付けることが可能になる（全体的に２２２で示す）。

【００１４】
エアロゲル犠牲層２２０は液体に対して脆弱であるので、ＭＥＭＳデバイス２００の作製中に、液体との予期しない接触から保護する必要がある。パターン化されたエアロゲル膜のこれらの縁部は、エアロゲル犠牲層２２０が早過ぎる除去または他の損傷を受けないように、その後の処理中に液体から保護するべきである。従って一実施形態では、方法は任意で、エアロゲル犠牲層２２０の１つまたは複数の露出部分２２４に保護層２２２を塗布することが可能である（ブロック１４０および１４０’で示す）。作製中にそのような液体が存在することが予測される場合、エアロゲル犠牲層２２０上に非犠牲シリコン層２

３０を塗布する前（ブロック１４０で示す）または塗布した後（ブロック１４０’で示す）に、保護層２２２を塗布することができる。エアロゲル犠牲層２２０の除去前に液体が存在しない作製プロセスでは、保護層２２２の塗布は必ずしも必要ではなく、そのため任意である。

【００１５】

方法は、１３０で、エアロゲル犠牲層２２０を除去液に露出することによって、エアロゲル犠牲層２２０を除去するステップへと続く。保護層２２２が塗布された実施形態では、エアロゲル犠牲層２２０を除去するステップは、除去液がエアロゲル犠牲層２２０に達することができるように、所望の場所の保護層２２２を破る追加のステップを含む（ブロック１４５で示す）。図２Ｂは、犠牲層２２０および２１４が除去されて空洞２９０が開いたＭＥＭＳデバイス２２０の図を示す。

【００１６】

一実施形態では、エアロゲル犠牲層２２０は、エアロゲル材料を溶解する化学エッチャントを導入することによって除去される。化学エッチャントの使用は、（例えば、可動部分と干渉する可能性を防ぐために）エアロゲル犠牲層２２０を溶解し廃棄物を除去する必要がある実施形態で適切である。適切な化学エッチャントの例には、フッ酸、リン酸または有機溶媒を含むがこれに限定されない。エアロゲル材料は低密度および多孔性構造であるため、溶解する物理的質量はより少なく、単位体積あたりの化学エッチャントが比較的少なくてよいことを意味する。さらに、生成される廃棄材料が比較的少ないことにより、新しいエッチャントが空洞へと流入することを妨げる廃棄材料がより少なく、除去する必要のある廃棄材料がより少ない。エアロゲルの中実部分のみを溶解する必要があるので、犠牲層のエッチングがより速くなり、非犠牲材料の小さいが限定的なエッチングを制限する。

【００１７】

別の実施形態では、エアロゲル犠牲層２２０は、エアロゲル材料を崩壊させる不活性化学物質を導入することによって除去される。不活性化学物質の使用は、空洞内に少量の廃棄材料が残ることが許容可能であり、他の構造と干渉しない実施形態（例えば、エアロゲル犠牲層２２０の除去によって形成される空洞が流体管路として使用される場合）で適切である。不活性化学物質はエアロゲル材料を顕著には溶解しない。しかし、液体の表面張力によってエアロゲル材料を崩壊させ、従ってＭＥＭＳデバイス２００内でエアロゲル犠牲層２２０が以前あった部分に空洞を開ける。適切な不活性化学物質の例には、アルコール、アセトン、または水を含むがこれに限定されない。化学物質がＭＥＭＳデバイス２００の残りの構造に対して不活性であるかどうかは、当業者は、本明細書を読めば、そのような残りの構造の化学特性に基づいて容易に判断できるであろう。

【００１８】

一般に、エアロゲル犠牲層２２０を除去してＭＥＭＳデバイス２００内に所望の空洞を開けた後は、空洞内の可動部分を損傷しないように、または異物材料の汚染を生じないように、他のプロセスは避けるべきである。

【００１９】

本明細書では特定の実施形態を図示し説明したが、図示された特定の実施形態の代わりに、同じ目的を達成するために算出された任意の配置を使用することができることが当業者には理解されよう。本出願は、本発明のどのような修正または変形も含むものである。従って、本発明は特許請求の範囲およびその均等物によってのみ限定されることが明白に意図されている。

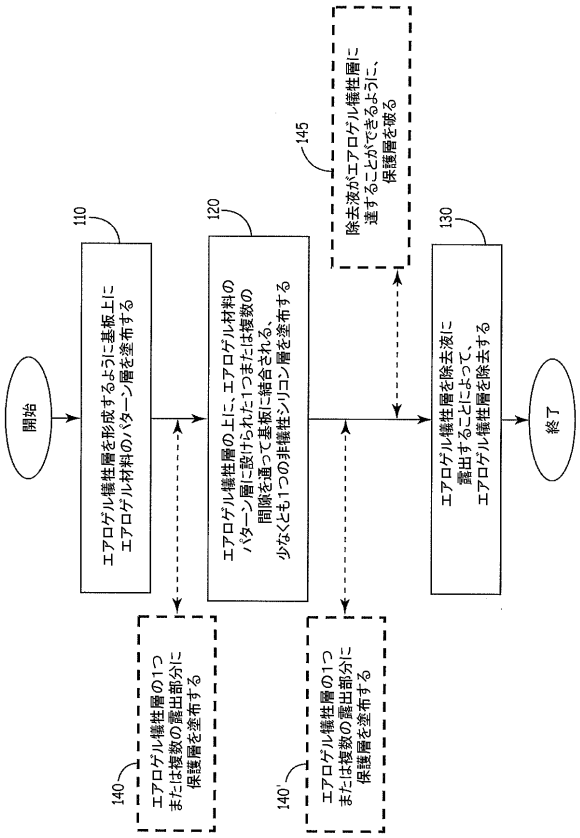
【符号の説明】

【００２０】

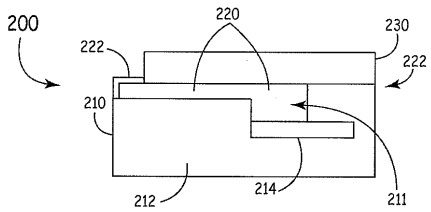
２００　ＭＥＭＳデバイス
２１０　基板
２１１　凹部
２１２　非犠牲材料

２１４　エアロゲル犠牲層
２２０　エアロゲル犠牲層
２２２　保護層
２２４　露出部分
２３０　非犠牲シリコン層
２９０　空洞

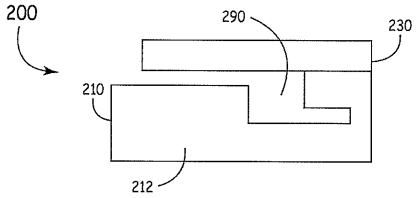
【図１】



【図２Ａ】



【図２Ｂ】



フロントページの続き

(74)代理人 100117640
弁理士 小野 達己
(72)発明者 ジェームズ・エフ・デトリー
アメリカ合衆国ニュージャージー州０７９６２－２２４５，モーリスタウン，コロンビア・ロード１０１，ピー・オー・ボックス ２２４５，ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド，パテント・サーヴィシズ エム／エス エイビー／２ビー

Ｆターム(参考) 3C081 AA17 CA03 CA15 DA03 DA45

【外国語明細書】
2012101351000001.pdf