

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5898690号
(P5898690)

(45) 発行日 平成28年4月6日(2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月11日(2016.3.11)

(51) Int. Cl.		F I	
B 8 1 C	1/00	(2006.01)	B 8 1 C 1/00
B 8 1 B	3/00	(2006.01)	B 8 1 B 3/00

請求項の数 11 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-543135 (P2013-543135)	(73) 特許権者	512221197
(86) (22) 出願日	平成22年12月7日 (2010.12.7)		エスピーティーエス テクノロジーズ リ
(65) 公表番号	特表2014-500155 (P2014-500155A)		ミティド
(43) 公表日	平成26年1月9日 (2014.1.9)		イギリス国, グウェント エヌピー18
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/059238		2ティーエー, ニューポート, リングラン
(87) 国際公開番号	W02012/078139		ド ウェイ, コーエド レディン
(87) 国際公開日	平成24年6月14日 (2012.6.14)	(74) 代理人	100073184
審査請求日	平成25年12月9日 (2013.12.9)		弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	ヴェスティック, ダニエル ジュイ
			アメリカ合衆国 ペンシルヴァニア州 1
			8106 アレンタウン ウィリアム ア
			ヴェニュー 7377 スイート 800
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気-機械システムを製造するためのプロセス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機械素子及び基板を備える微小電気機械システム(MEMS)またはナノ電気機械システム(NEMS)を製造する方法において、

(a) 前記機械素子と前記基板の間に犠牲酸化シリコンの層を被着する工程、

(b) 窒化シリコンの層を、

(i) 前記基板と前記犠牲酸化シリコンの層の間、

(ii) 前記犠牲酸化シリコンの層と前記素子の間、及び

(iii) 前記素子の上、

からなる群から選ばれる1つ以上の場所に設ける工程、

(c) 気相フッ化水素(VHF)を、

(i) 前記犠牲酸化シリコンの少なくとも一部分が除去され、かつ同時に、

(ii) 素子の動きを制限する一時的な支持体、シム、くさびまたは繫索を設けるために、前記窒化シリコンの少なくとも一部分がアンモニウムヘキサフルオロケイ酸に転換される条件の下で、導入する工程、及び

(d) 液体形成を避ける圧力と温度の条件の下で前記アンモニウムヘキサフルオロケイ酸を昇華させる工程、

を含み、

前記一時的なアンモニウムヘキサフルオロケイ酸の支持体、シム、くさびまたは繫索が1つ以上の中間工程が実施された後になるまで昇華によって除去されず、よって前記1つ

10

20

以上の中間工程中の動きが防止され、前記中間工程はダイシング、パッケージング及びメタライジングから選ばれることを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記素子が、アモルフォスシリコン、ポリシリコン、シリコン - ゲルマニウム、アルミニウム、タングステン、チタン、窒化チタン、アルミニウム、タングステン及びチタンの合金、これらの組合せ、及び金属 - 酸化シリコン積層からなる群から選ばれることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記気相フッ化水素 (VHF) がフッ化水素酸及びアルコールまたは水を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

10

【請求項 4】

前記素子、前記基板、前記酸化シリコン及び前記窒化シリコンが、前記 MEMS または前記 NEMS の作製中に層として設けられ、前記窒化シリコンの層が前記素子の層の両側に設けられることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記素子、前記基板、前記酸化シリコン及び前記窒化シリコンが、前記 MEMS または前記 NEMS の作製中に層として設けられ、前記窒化シリコンの層の第 1 の層が前記基板の層の前記素子の層に向いている側の上に設けられ、前記窒化シリコンの層の第 2 の層が前記素子の層の前記基板の層に向いている側の上に設けられ、前記酸化シリコンの層が前記第 1 の層と前記第 2 の層の間に設けられることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1

20

【請求項 6】

前記素子、前記基板、前記酸化シリコン及び前記窒化シリコンが、前記 MEMS または前記 NEMS の作製中に層として設けられ、前記素子の層が互いに対してまたは前記基板に対して動くように設計された領域を有し、前記窒化シリコンの層が作成中の前記領域の互いに対する動きを制限するための繫索の形態で設けられ、前記窒化シリコンの層の繫索は、前記領域の互いに対する動きが許される時点で昇華によって除去されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記犠牲酸化シリコンの一部が除去されず、アンカーとしてはたらくことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記窒化シリコンが、プラズマ支援化学的気相成長 (PECVD) によるかまたは減圧化学的気相成長 (LPCVD) によって作製され、前記 PECVD によって作製された前記窒化シリコンが前記 LPCVD によって作製された前記窒化シリコンより高速で反応することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記窒化シリコンの少なくとも一部分をアンモニウムヘキサフルオロケイ酸に転換すると、そのように形成された前記アンモニウムヘキサフルオロケイ酸が前記窒化シリコンの前記部分より大きな体積を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記窒化シリコンと前記気相フッ化水素 (VHF) の反応によって形成された前記アンモニウムヘキサフルオロケイ酸の量及び場所が前記窒化シリコンの場所、厚さ及び品質の選択によって制御されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記素子が、アモルフォスシリコン、ポリシリコン、シリコン - ゲルマニウム、アルミニウム、タングステン、チタン、窒化チタン、アルミニウム、タングステン及びチタンの合金、これらの組合せ、及び金属 - 酸化シリコン積層からなる群から選ばれ、前記気相フッ化水素 (VHF) がフッ化水素酸及びアルコールまたは水を含み、前記犠牲酸化シリコンの一部が除去されずにアンカーとしてはたらし、前記窒化シリコンの少なくとも一部分

50

をアンモニウムヘキサフルオロケイ酸に転換すると、そのように形成された前記アンモニウムヘキサフルオロケイ酸が前記窒化シリコンの前記部分より大きな体積を有することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はナノ電気-機械システム(NEMS)及び微小電気-機械システム(MEMS)を含む電気-機械システムの製造の分野に関する。さらに詳しくは、本発明は気相フッ化水素エッチングを用いるMEMS及びNEMSの作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

NEMSは、機械素子の内の1つ以上が全ての方向において1 μ mより小さい、最新の機械システムである。NEMS及び前世代の技術のMEMSは、大寸プレートを支持する、全てが犠牲層の上面の上でパターンニングされ、1つ以上の点において下層の基板にアンカーで固定された、長く薄いビームからなる周知のデバイスである。デバイスの完成後、犠牲層はエッチング除去されて、プレート及びビームはアンカー点を除いて自由に動くことができる。

【0003】

多くの特許及びその他の刊行物がNEMS及びMEMSの様々な作製方法を開示している。例えば、マストランジェロ(Mastrangelo)の特許文献1は、二酸化シリコンのような、ウエットエッチング法で除去され得る犠牲層を被着することでシリコン基板上に微細構造を作製する方法を開示している。犠牲層にポイド領域が形成され、次いで、ポイド領域及びカット領域を埋めるために、犠牲層エッチング剤に耐えるコラム形成層が少なくとも1つの孔を通して被着され、コラム形成層は後に残りの犠牲層のウエットエッチング中に構造層のための支持を与える。

【0004】

他に、MEMSには付随しなかった、NEMSに付随する問題が扱われている。例えば、カーリー(Carley)の特許文献2では、小アスペクト比を有するビームの造成問題が、そのようなビームを独立の非結合部材として造成することで対処されている。リュッケ(Reuckes)等の特許文献3では、メモリセルのために成長させたナノチューブワイアまたはリボンの形状寸法の統計的分散の制御問題が扱われている。ベイヤー(Beyer)等の特許文献4では、フッ化水素酸(HF)を用いて犠牲SiO₂層を溶解する空洞を用いることによる相互接続配線間の絶縁問題が、エッチングで孔を形成してその孔に導電材料を堆積することで対処されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第5258097号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第2010/0061143号明細書

【特許文献3】米国特許第6911682号明細書

【特許文献4】米国特許第7078352号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題はNEMS及びMEMSの製造中にデバイス層の可動パーツを確実に保持する方法を提供することにある。本発明の別の課題は、犠牲酸化物層の除去中及び除去後にスティクションを生じさせない、NEMS及びMEMSの製造方法を提供することにある。別の課題は、従来技術の方法では達成できない、寸法、形状及び/または場所の特徴を有する、MEMS及びNEMSを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

上記課題及び、以下の開示及び図面から明らかになるであろう、その他の課題は、一態様においてMEMSまたはNEMSの製造中にデバイス層の可動パーツを確実に保持する方法及び得られるMEMSまたはNEMSを含む本発明によって達成される。基板と犠牲酸化層の間及び/またはデバイス層と犠牲酸化層の間及び/またはデバイス層の犠牲酸化層とは逆側の表面上に窒化シリコン層が設けられ、気相フッ化水素(VHF)によって、より厚いヘキサフルオロケイ酸アンモニウムに転換され、同時に犠牲酸化層の一部が除去される。ヘキサフルオロケイ酸アンモニウムは作成中のデバイスの動きを制限する一時的な支持体、シム、くさびまたは繫索としてはたらき、後に、熱及び/または減圧の下での昇華によって除去される。いくつかの実施形態において、窒化シリコンは1つ以上の中間工程が施された後になるまでは昇華による除去が行われず、よって1つ以上の中間工程中の動きが防止され、中間工程は、ダイシング、パッケージングまたはメタライジングから選ばれる。

10

【 0 0 0 8 】

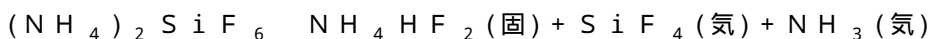
VHFエッチングは一般に、小型のMEMSまたはNEMSのための、特にスティクションが問題になる場合の、ウェットエッチングに優る、改善された方法として用いられる。スティクションは2つの平らな小パーツの表面上の残留水分が小パーツを相互に引き付けて接触させ、次いでファンデルワールス力が小パーツを相互に結合させ得る場合に生じる。大きな($> 1 \mu\text{m}$)犠牲酸化層間隙に対しては、圧力、温度及び反応物質比のようなVHFプロセスパラメータがスティクションの効果の最小化または排除に役立ち得る。しかし、NEMSに見られるように、犠牲酸化層が非常に薄くなると、及び/またはビーム及びばねのような可撓構造の間の隙間が非常に狭くなると、スティクションを防止するレベルまで水分を減じるには限界があり得る。1つの主要な理由はVHFエッチングの反応の副生成物が水であることである。よって、プロセスにおいて無水状態でエッチングを行うことは物理的に不可能である。反応速度を減じ、よってエッチング速度を減じることでは、単位時間に生成される水の量を減じることができない。VHFは既知の配合及び方法にしたがって作製及び導入され、フッ化水素酸及びアルコールまたは水を含む。

20

【 0 0 0 9 】

本発明は、別の標準的な半導体材料の窒化シリコン(Si_3N_4)にVHFプロセスを用いたときにおこる2つの独特な現象を利用する。VHF処理の存在において窒化シリコンが反応して、フッ化アンモニウム $[\text{NH}_4]\text{F}$ 及び/またはフッ化アンモニウムシリコン $[\text{NH}_4]_2\text{SiF}_6$ に転換されることが知られている。フッ素塩が存在し、これらの塩の転換層は厚くなり、元の窒化シリコン材料より大きな粒径を有する、傾向がある。複合2層材料膜(窒化シリコンに重なるフッ化アンモニウムシリコン)はエッチングプロセスにさらされると厚くなる。転換窒化シリコン塩のもう1つの現象は、比較的低い温度及び真空圧において、化学反応式：

30



にしたがって昇華し得ることである。

【 0 0 1 0 】

本発明は、VHFリリース中にまたはVHFリリースに続くいずれのプロセス中にも、デバイス層の可動パーツを確実に保持する新規な方法を開発するためにこれらの現象のいずれをも利用する。これは、犠牲酸化層に隣接させるかまたは2つ以上の可動パーツにかけて、1つ以上の窒化物層を用いることによって達成される。窒化物層がデバイス層と酸化層の間及び/または酸化層と基板層の間にある実施形態において、窒化物層厚は、転換されたときの最終厚が犠牲酸化層エッチング後のデバイス層と基板の間の隙間をほぼ、ただし完全にではなく、埋めるように選ばれる。これにより、初めは窒化物/犠牲酸化層スタックで支持されていたデバイスが今は1つまたは複数のアンモニウムフルオロケイ酸層で支持されることが保証される。これらの実施形態において、デバイス層の下の窒化物層の転換にしたがう曲げ力に対抗するため、デバイス層の上に別の窒化物層を配することができる。窒化物層がデバイス層の上の繫索として用いられる実施形態において、

40

50

窒化物層はアンモニウムフルオロケイ酸に転換し、ビーム、ばねまたはデバイスのその他の部分を、さらなる処理中に損傷を受けないように、一緒に繋ぎ留める。いくつかの実施形態において、デバイス層は、互いに対してまたは基板に対して動くように設計された領域を有し、窒化物層は作成中の互いに対する動きを制限するための繋索の形態で設けられ、窒化物繋索は領域の互いに対する運動が許される時点で昇華によって除去される。

【0011】

構造は次いで昇華曲線より下の温度/圧力条件において真空ベークにかけられて、アンモニウムフルオロケイ酸支持構造が昇華し、よってデバイスが解除プロセスの一環として無水状態で解除される。

【0012】

デバイス層は、例えば、アモルフォスシリコン、ポリシリコン、シリコン-ゲルマニウム、アルミニウム、タングステン、チタン、窒化チタン、アルミニウム、タングステン及びチタンの合金、これらの組合せ、及び金属-シリコン酸化物積層を含む、技術上用いられるいずれかの適する材料とすることができる。

【0013】

本発明のその他の課題及び利点は、以下の詳細な説明を予備、添付図面を参照すれば、明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1a】図1aは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第1の断面図である。

【図1b】図1bは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第2の断面図である。

【図1c】図1cは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第3の断面図である。

【図1d】図1dは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第4の断面図である。

【図1e】図1eは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第5の断面図である。

【図1f】図1fは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第6の断面図である。

【図1g】図1gは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第7の断面図である。

【図1h】図1hは、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第8の断面図で

10

20

30

40

50

ある。

【図 1 i】図 1 i は、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第9の断面図である。

【図 1 j】図 1 j は、基板上への、3つの窒化シリコン層を含む複数の層の被着工程、スタックのパターニング工程、VHFエッチング工程及び昇華工程によるNEMSスタックの構築の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第10の断面図である。

【図 2 a】図 2 a は、2つの窒化シリコン層を含む、パターニングされたNEMSスタックのVHFエッチング工程、及び昇華工程の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第1の断面図である。

10

【図 2 b】図 2 b は、2つの窒化シリコン層を含む、パターニングされたNEMSスタックのVHFエッチング工程、及び昇華工程の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第2の断面図である。

【図 2 c】図 2 c は、2つの窒化シリコン層を含む、パターニングされたNEMSスタックのVHFエッチング工程、及び昇華工程の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第3の断面図である。

【図 2 d】図 2 d は、2つの窒化シリコン層を含む、パターニングされたNEMSスタックのVHFエッチング工程、及び昇華工程の進行を示す本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図の第4の断面図である。

20

【図 3 a】図 3 a は、窒化シリコン層を1つしか有していない、パターニングされたNEMSスタックの断面図である。

【図 3 b】図 3 b は、VHFによる処理の途中の、図 3 a のNEMSスタックの断面図である。

【図 3 c】図 3 c は、VHF工程が完了している、図 3 a のNEMSスタックの断面図である。

【図 3 d】図 3 d は、昇華によりデバイス層が解除されている、図 3 a のNEMSスタックの断面図である。

【図 4 a】図 4 a は、VHFエッチング工程及び以降のプロセス工程中のデバイス層パーツの動きを封じるために機能する窒化シリコン繫索層を有する、パターニングされたNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

30

【図 4 b】図 4 b は、VHFエッチング工程中の、図 4 a のNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

【図 4 c】図 4 c は、後続プロセス工程中の、図 4 a のNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

【図 4 d】図 4 d は、昇華工程中の窒化シリコン繫索層が除去されている、図 4 a のNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

【図 5 a】図 5 a は、図 4 a ~ 4 d とは異なる実施形態の、VHFエッチング工程及び以降のプロセス工程中のデバイス層パーツの動きを封じるために機能する窒化シリコン繫索層を有する、パターニングされたNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

40

【図 5 b】図 5 b は、VHFエッチング工程中の、図 5 a のNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

【図 5 c】図 5 c は、後続プロセス工程中の、図 5 a のNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

【図 5 d】図 5 d は、昇華工程中の窒化シリコン繫索層が除去されている、図 5 a のNEMSスタックの、一部が断面の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明のNEMS態様のいくつかの実施形態が以下で詳細に説明されるが、本発明が他

50

の微小電気機械システム(MEMS)にもナノ電気機械システム(NEMS)と同様に、VHFによる解除中のスティクションの回避及び処理工程中のビーム、ばね、等のようなデバイス部材の動きの防止の問題はいずれのフォーマットにも当てはまるから、適用されることが当業者には理解されるはずであり、当然であろう。

【0016】

初めに図1a~1jを参照すれば、NEMSスタックが一連の工程において構築され、最終的にリリースされる、本発明にしたがうプロセスの一実施形態が示される。出発基板10が図1aに示される。実施形態に応じて、1つないしさらに多くの窒化シリコン層が被着される。図1bは第1の窒化シリコン層11を示し、続いて、犠牲酸化物層12(図1c)、中間窒化シリコン層(図1d)、構造層またはデバイス層14(図1e)及び上面窒化物層15(図1f)が被着される。図示される実施形態において、SiN層は200厚であり、酸化物層は500厚である。構造層またはデバイス層の厚さは、技術上既知であるように、特定のスタック内であっても、変わり得る。図示される実施形態において、デバイス層14は500厚である。

10

【0017】

図1gは、犠牲酸化物層12をエッチングせずに、層15、14及び13を個々の区画15a及び15b、14a及び14b並びに13a及び13bに分割するエッチングが施されたパターンを示す。図1hは、いくらかの犠牲酸化物12を除去し、同時に窒化シリコン11、13a、13b、15a、15bのいくらかを、VHF工程の前に存在していた窒化シリコンより大きな体積を示す、アンモニウムヘキサフルオロケイ酸17a、17b、17cまたは同類の化学物質に転換する、VHFリリースプロセスの途中結果を示す。VHFはフッ化水素酸(HF)及びアルコールまたは水の蒸気を含み、窒素によって導入される。VHF工程は、本実施形態においては45及び100 Torr (1.33×10^4 Pa)において行われるが、他の実施形態においては、約20~100の温度及び10 Torr (1.33×10^3 Pa)~大気圧(760 Torr (1.013×10^5 Pa))の圧力が適する。このリリース工程中にSiN層17b及び17cは、酸化物層が除去されている間、HFと反応してアンモニウムヘキサフルオロケイ酸を形成するにつれて膨張し、膨張したSiN/アンモニウムヘキサフルオロケイ酸層は相互に極めて接近するに至り、よってスティクションによるビームの基板上への落込みを防止する。膨張したSiN/アンモニウムヘキサフルオロケイ酸層17aは、層17bの形成にともなって層17bによって与えられるいかなる応力にも対抗するようにはたらく。

20

30

【0018】

図1iはVHFリリース完了後のNEMSスタックを示しており、アンモニアヘキサフルオロケイ酸17aが上面からビーム14a及び14bを支持し、アンモニアヘキサフルオロケイ酸17bがデバイス層14a、14bの底面上にあり、アンモニアヘキサフルオロケイ酸17cが基板10上にある。アンカーは未反応の窒化シリコン部分16a及び16c並びに未反応の犠牲酸化物16bから形成される。アンカー16a、16b、16cは本実施形態においてデバイス部14aを支持し、図1jに示される最終デバイススタックをもたらす昇華工程後に、所定の場所にとどまる。図1jはアンモニアヘキサフルオロケイ酸17a、17b及び17cが昇華工程によって除去されていることを示す。

40

【0019】

図2a~2dは、2つの窒化シリコン層11及び13a~13bを有するパターンニングされたNEMSのVHFエッチングの進行及び昇華工程を示す、本発明にしたがうNEMSスタックの一連の断面図である。図2bにおいて、パターンニングされたスタック(図2a)がVHFである程度処理されて、それぞれの窒化シリコン層11及び13a~13bの一部が膨張したアンモニウムヘキサフルオロケイ酸17b、17cに転換され、同時に犠牲酸化物層12の一部が除去される。図2cはリリース及び所望の全ての犠牲酸化物12(図2a)の除去後の、未反応の窒化シリコン16a、16c及び未反応の犠牲酸化物16bからなるビーム14bのためのアンカーが残された、スタックを示す。ビーム14bはもはや支持されておらず、今では設計通りに自由に動くことができる。

50

【 0 0 2 0 】

図 3 a ~ 3 d は、1 つだけの窒化シリコン層 1 1 を有するスタックを示す。図 3 a のパターンニングされたデバイス層から、出発基板 1 0 の上面に窒化シリコン層 1 1 に続いて被着された犠牲酸化物層 1 2 に支持されるデバイス層に、ビーム 1 4 b 及び別の部材 1 4 a が得られる。図 3 b は V H F リリースの途中結果を示し、図 3 c は、未反応窒化シリコン 1 6 b 及び未反応酸化物 1 6 a からなるアンカーを有し、窒化シリコンの膨張した形態であるアンモニウムヘキサフルオロケイ酸 1 7 がビーム 1 4 b 及び部材 1 4 a を支持している、完了した V H F 解除を示す。アンモニウムヘキサフルオロケイ酸は昇華工程において無水態様で除去されて、図 3 d に示される、完全にリリースされた N E M S デバイスが得られる。

10

【 0 0 2 1 】

図 4 a ~ 4 d は、気相 H F リリース工程中にデバイス層の区画を確実に保持するためにあらかじめパターンニングされたデバイス層 1 3 に重ねて窒化シリコン層 1 5 が被着されている、本発明の別の実施形態を示す。V H F 処理工程中に、窒化シリコン 1 5 がアンモニウムヘキサフルオロケイ酸 1 7 に転換され、犠牲酸化物 1 2 の一部が除去されて、図 4 b に示される中間スタックが得られる。図 4 c において犠牲酸化物 1 2 の設計された領域は除去されず、図 4 d に示されるように昇華工程後の最終デバイスにおいてデバイス層の区画または部材 1 3 を支持する、アンカー 1 6 として機能する。

【 0 0 2 2 】

図 5 a ~ 5 d は、V H F エッチング工程及び以降のプロセス工程中のデバイス層パーツの動きを封じるために機能し、昇華工程中に除去される、パターンニングされた N E M S スタックの繫索としてアンモニウムヘキサフルオロケイ酸に少なくともある程度転換される、窒化シリコンの使用の別の実施形態を示す一連の、一部が断面の斜視図である。本実施形態において、デバイス層 1 3 は、図 5 a に示されるように、基板 1 0 上にある犠牲酸化シリコン層 1 2 上においてパターンニングされる。エッチ穴 1 8 を有する窒化シリコン層 1 5 がデバイス層の 3 つの可動ビーム部材 1 3 を完全に覆う。図 5 b に示されるように、V H F エッチングの途上において、いくらかの犠牲酸化層が除去され、上面窒化シリコン層のいくらかがアンモニウムヘキサフルオロケイ酸に転換される。図 5 c は、酸化シリコンの残留区画または領域であるアンカー 1 6 が残る、酸化エッチングの完了を示す。図 5 d は液体形成を避ける温度 / 圧力条件下での昇華の結果を示す。本実施形態において、可動ビーム部材 1 3 (図 5 c) は、ダイシング、パッケージング、メタライジングのような工程の間、及び / またはデバイス構造の保護を必要とするいずれの工程の間も、繫索層によって保護される。ビームの他に、部材 1 3 は M E M S または N E M S のばね及び / またはその他の可動パーツとすることができる。

20

30

【 0 0 2 3 】

本発明の方法によって、より小さなパーツ、すなわち、リリース工程、ダイシング、パッケージング、メタライジング、等の間に普通であればスティクションまたは損傷を受けるであろう互いに及び / または基板に近接するパーツの設計が可能になるから、改善された、独特の M E M S または N E M S が得られる。

【 0 0 2 4 】

シリコンでつくられた機構ビーム及び基板を備えるナノ / 微小電気機械システムを作製するための本発明の方法は、ビームの一方または両方の側、基板の一方または両方の側、あるいはビーム及び基板の少なくとも一方の側、及び酸化シリコン犠牲層の上に窒化シリコンの薄層を被着する工程を含み、窒化シリコン膜は気相フッ化水素 (V H F) によるエッチング工程中に犠牲酸化シリコン層が除去されるときに支持が必要なビームまたは基板の場所の上に被着され、V H F エッチング工程中に窒化シリコンをフッ化アンモニウム及び / またはフッ化アンモニウムシリコンに転換することで残留支持構造物が形成され、乾式リリースし、次いで残留支持構造物を除去する、乾式リリース工程中、ビームまたは基板を他のビームまたは基板から分離するように構成される。

40

【 0 0 2 5 】

50

したがって、本発明は上述した課題を実行し、上述した目的及び利点を、また本発明に内在するその他の利点も、達成するに十分に適合される。本発明の特に好ましい実施形態を参照することで本発明を示し、説明して、定めたが、そのような参照は本発明の限定を意味せず、そのような限定を推定するべきではない。当業者には思い浮かぶであろうように、本発明には形態及び機能にかなりの改変形態、代替形帯及び等価形態が可能である。示し、説明した本発明の好ましい実施形態は例示に過ぎず、本発明の範囲を網羅もしていない。したがって、本発明は、全ての点において等価な形態を完全に認知した上で、添付される特許請求の範囲の精神及び範囲によってのみ限定されるとされる。

【符号の説明】

【0026】

- 10 基板
- 11, 13, 15 窒化シリコン層
- 12 犠牲酸化層
- 14 デバイス層
- 16 アンカー
- 17 アンモニウムヘキサフルオロケイ酸
- 18 エッチ穴

【図1a】



Fig. 1a

【図1b】

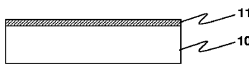


Fig. 1b

【図1c】

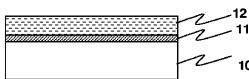


Fig. 1c

【図1d】



Fig. 1d

【図1e】

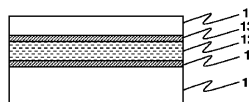


Fig. 1e

【図1f】

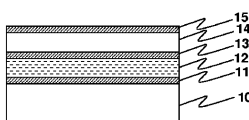


Fig. 1f

【図1g】

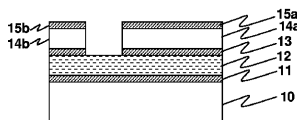


Fig. 1g

【図1h】

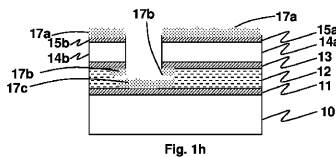


Fig. 1h

【図1i】

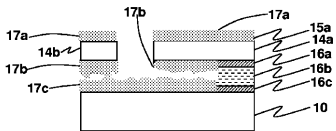


Fig. 1i

【図1j】

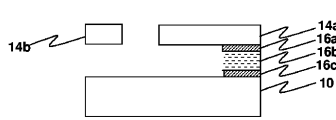


Fig. 1j

【 2 a 】

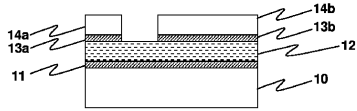


Fig. 2a

【 2 b 】

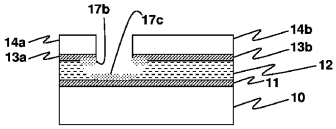


Fig. 2b

【 2 c 】

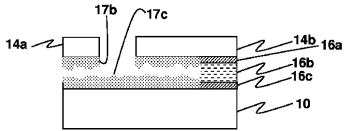


Fig. 2c

【 2 d 】

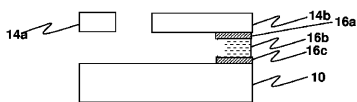


Fig. 2d

【 3 a 】

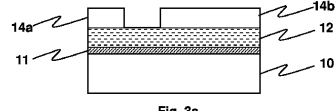


Fig. 3a

【 3 b 】

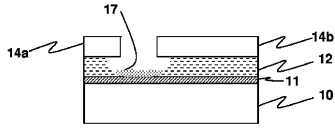


Fig. 3b

【 3 c 】

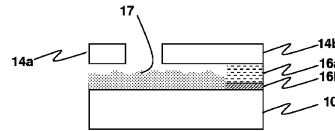


Fig. 3c

【 3 d 】

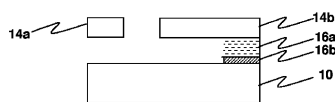


Fig. 3d

【 4 a 】

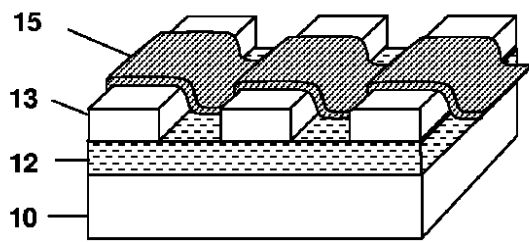


Fig. 4a

【 4 b 】

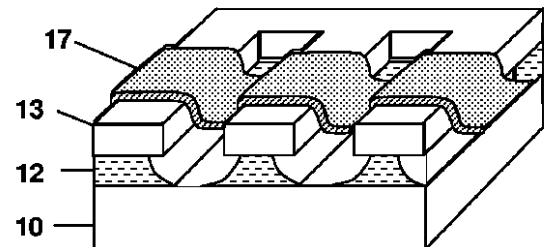


Fig. 4b

【 4 c 】

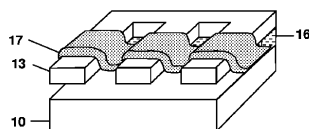


Fig. 4c

【 4 d 】

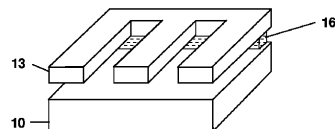


Fig. 4d

【 5 a 】

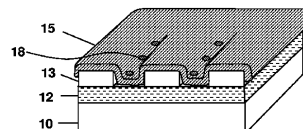


Fig. 5a

【 5 b 】

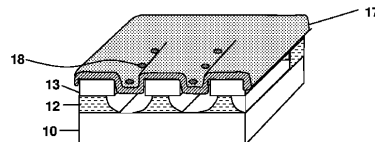


Fig. 5b

【 5 c 】

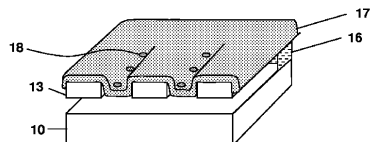
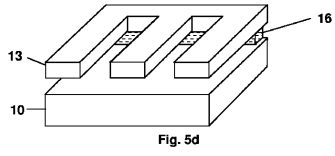


Fig. 5c

【 5 d 】



フロントページの続き

審査官 矢澤 周一郎

(56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0211163 (US, A1)

Won Ick Jang, Chang Auck Choi, Myung Lae Lee, Chi Hoon Jun, Youn Tae Kim, Fabrication of MEMS devices by using anhydrous HF gas-phase etching with alcoholic vapor, Journal of Micromechanics and Microengineering, 英国, IOP Publishing Ltd, 2002年 4月22日, 12, 297-306

A. Witvrouw, B. Du Bois, P. De Moor, A. Verbist, C. Van Hoof, H. Bender, Kris Baert, A comparison between wet HF etching and vapor HF etching for sacrificial oxide removal, Proceedings of SPIE, 米国, Micromachining and Microfabrication Process Technology, 2000年 9月18日, 6, 130-141

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 8 1 C 1 / 0 0

B 8 1 B 3 / 0 0