

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5864612号
(P5864612)

(45) 発行日 平成28年2月17日(2016.2.17)

(24) 登録日 平成28年1月8日(2016.1.8)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 3 O 1 N

H O 1 L 21/302 (2006.01)

H O 1 L 21/302 2 O 1 A

B 8 1 C 1/00 (2006.01)

B 8 1 C 1/00

請求項の数 13 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-549897 (P2013-549897)
(86) (22) 出願日 平成24年1月24日 (2012.1.24)
(65) 公表番号 特表2014-504805 (P2014-504805A)
(43) 公表日 平成26年2月24日 (2014.2.24)
(86) 国際出願番号 PCT/GB2012/050144
(87) 国際公開番号 W02012/101431
(87) 国際公開日 平成24年8月2日 (2012.8.2)
審査請求日 平成26年8月29日 (2014.8.29)
(31) 優先権主張番号 1101188.9
(32) 優先日 平成23年1月24日 (2011.1.24)
(33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 506418976
メムススター リミテッド
イギリス国 イーエイチ54 8エスエフ
リビングストーン、 スターロー ロード
、スターロー パーク
(74) 代理人 110001302
特許業務法人北青山インターナショナル
(72) 発明者
オハラ、 アンソニー
イギリス リビングストーン イーエイチ5
4 8エスエフ、 スターロウロード、 スター
ロウパーク

審査官 正山 旭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 選択性を改善した二酸化ケイ素の蒸気エッチング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 以上の微細構造を生成するために、処理チャンバ内で窒化ケイ素 (Si_3N_4) から二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法が：

フッ化水素 (HF) を含むエッチング蒸気を前記処理チャンバに提供するステップと；

エッチング動作温度を 20 未満に設定することによって、前記エッチング蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、前記エッチング蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるステップが、非エッチングガスを前記処理チャンバに提供するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、前記非エッチングガスが水素化合物のガスを含むことを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、前記水素化合物が、水素 (H_2)、アンモニア (NH_3)、メタン (CH_4)、エタン (C_2H_6) およびそれらの混合物を含む化合物の群から選択された化合物を含むことを特

10

20

徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、前記エッチング動作温度を 10 に設定することを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法がさらに、触媒を前記処理チャンバに提供するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、前記触媒が水 (H_2O) 蒸気を含むことを特徴とする方法。

10

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法がさらに、前記処理チャンバから送り出す真空ポンプ流量を制御することによって、前記処理チャンバ内のエッチング蒸気の量を制御するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 の何れかに記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法がさらに、前記処理チャンバから送り出す真空ポンプ流量を制御することによって、前記処理チャンバ内の非エッチングガスの量を制御するステップを含むことを特徴とする方法。

20

【請求項 10】

請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法が、前記処理チャンバを通る前記エッチング蒸気を循環させるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法が、前記処理チャンバを通る前記非エッチングガスを循環させるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 12】

30

請求項 1 乃至 11 の何れかに記載の二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法が、前記二酸化ケイ素を選択的にエッチングできるようにするため、前記二酸化ケイ素に被せるマスクを提供することを含むことを特徴とする方法。

【請求項 13】

1 以上の微細構造を生成するために、処理チャンバ内で窒化ケイ素 (Si_3N_4) から二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする方法において、当該方法が：

フッ化水素 (HF) を含むエッチング蒸気を前記処理チャンバに提供するステップと；

前記エッチング蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるのに適した非エッチングガスを前記処理チャンバに提供するステップと、を含むことを特徴とする方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フッ化水素 (HF) 蒸気で二酸化ケイ素をエッチングする場合に、周囲の材料に対する選択性を高める方法に関するものである。特に、窒化ケイ素との選択性を高めるためにエッチングパラメータを注意深く制御する。

【背景技術】

【0002】

微小電気機械素子 (MEMS) などの微細構造の製造では、エッチング処理を用いて犠牲の (すなわち、不要な) 材料領域を除去する。MEMS は、慣性測定、圧力検出、熱測

50

定、微小流体、光学、および周波数通信、および発展し続けるこれらの構造の幅広い範囲の可能性での用途が知られている。最初にMEMSの構築に犠牲層を使用し、次いでエッチングステップで除去し、リリースした構造体を設計したように機能させることが可能となる。信頼性が高い構造を生成するために、リリースエッチングステップは、周囲の材料をエッチングすることなく、犠牲層を除去することが必要とされる。理想的には、犠牲層のエッチングは残りの構造に全く影響を与えるべきではない。

【0003】

MEMSを製造する際、多くの材料、幾つかを例に挙げると、シリコン、二酸化ケイ素(SiO_2)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、アルミニウムおよびフォトレジストなどを使用することが知られている。これらの材料の一部が犠牲材料として使用され、その他の材料はMEMSを規定し、形成するために使用される。MEMSを製造する際、1より多くの犠牲エッチングステップを使用することは珍しくない。例えば、第1の犠牲エッチング処理の際、フィルムを最初にマスクとして利用し、次いで、次の犠牲層としてエッチングすることができる。したがって、何れのリリースエッチングでも、犠牲層と周囲の材料の間に高いエッチングの選択性があることが非常に望ましい。

10

【0004】

材料の選択性を定量化するために広く利用される手法は、同じエッチング構造を用いてこれらの材料のブランケット膜をエッチングし、次いで除去された材料の量を比較するものである。この手法は広く使用されており、非常に有用な情報をもたらす。しかし、実際には、エッチングの選択性は、与えられた材料や材料が堆積された方法、エッチング自体

20

【0005】

例えば、フッ化水素(HF)蒸気エッチングは、MEMSの製造において、二酸化ケイ素の犠牲領域を除去するために広く使用される。このエッチングは、プラズマを必要としない化学エッチングであり、18T乃至150Tの範囲の処理チャンバ圧力で実施され、25乃至70の動作温度を達成するように加熱することを一般に要する。二酸化ケイ素(SiO_2)をHF蒸気エッチングをして処理するには、触媒が必要となる。水(H_2O)は迅速かつ制御されたエッチングをもたらすため、水がしばしば利用されるが、代替的には、当該技術分野で知られている触媒は、アルコール、メタノール、エタノールおよびプロパノールを含む。しかしながら、水(H_2O) (四フッ化ケイ素(SiF_4)を加える)は反応プロセスの副生成物であり、これは、固有のエッチング特性が実施されるエッチングに著しい影響を与えうることを意味している。したがって、処理状態を注意深く制御することが必要とされる。

30

【0006】

二酸化ケイ素のフッ化水素(HF)蒸気エッチングは、多くの一般的な膜に対して高い選択性を示すことが知られている。例えば、シリコンやアルミニウムに対する理論的な選択性は高く、エッチングまたは腐食が起こらないと予想される。しかし、上述した処理状態は、窒化ケイ素(Si_3N_4)をエッチングするためのフッ化水素(HF)蒸気とも適合する。したがって、実際問題として、フッ化水素(HF)蒸気エッチングの際に、二酸化ケイ素(SiO_2)層と窒化ケイ素(Si_3N_4)層の間に高い選択性を実現することは困難であることが分かる。

40

【0007】

従って、本発明の実施形態の目的は、当該技術分野において既知の手法と比較して、窒化ケイ素に対する高い選択性を呈する二酸化ケイ素のフッ化水素(HF)蒸気エッチングの装置および方法を提供することである。

【発明の概要】

【0008】

本発明の第1の態様によると、1以上の微細構造を生成するために、処理チャンバ内で窒化ケイ素(Si_3N_4)から二酸化ケイ素(SiO_2)を選択的にエッチングする方法が提供されており、当該方法は：

50

フッ化水素 (HF) を含むエッチング蒸気を処理チャンバに提供するステップと;
エッチング蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるステップと、を含む。

【0009】

エッチング蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるステップは、窒化ケイ素 (Si_3N_4) に対するエッチング処理の選択性を著しく高めるように作用する。

【0010】

エッチング蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるステップは、処理チャンバに非エッチングガスを提供するステップを含みうる。

10

【0011】

非エッチングガスは水素化合物ガスを含むことが好ましい。水素化合物は、水素 (H_2)、アンモニア (NH_3)、メタン (CH_4)、エタン (C_2H_6) またはそれらの混合物を含む化合物の群から選択された化合物を含みうる。

【0012】

代替的に、エッチング蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるステップは、エッチング動作温度を 20°C 以下に設定するステップを含みうる。エッチング動作温度は 10°C に設定されることが好ましい。

20

【0013】

この方法は更に、処理チャンバに触媒を提供するステップを含むことが好ましい。この触媒は水 (H_2O) 蒸気を含むことが好ましい。

【0014】

この方法は、処理チャンバから送り出す真空ポンプ速度を制御することによって、処理チャンバ内のエッチング蒸気と非エッチングガスの量を制御することを含みうる。

【0015】

代替的に、この方法は、処理チャンバを通してエッチング蒸気と非エッチングガスを循環させること含みうる。

【0016】

30

この方法は、二酸化ケイ素を選択的にエッチングできるようにするため、二酸化ケイ素に被せるマスクを提供することを含むことが好ましい。

【0017】

本発明の第2の態様によると、1以上の微細構造を生成するために、窒化ケイ素 (Si_3N_4) から二酸化ケイ素 (SiO_2) を選択的にエッチングする気相エッチング装置が提供されており、当該装置は:

エッチングする二酸化ケイ素を受け取る処理チャンバと;

フッ化水素 (HF) 蒸気源と;

非エッチングガス源であって、非エッチングガスはフッ化水素 (HF) 蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるのに適している非エッチングガス源と;

40

フッ化水素 (HF) 蒸気源および非エッチングガス源を処理チャンバに接続する1以上のガスラインと、を具えている。

【0018】

気相エッチング装置は触媒源を具える。1以上のガスラインは、触媒源を処理チャンバに接続することが好ましい。

【0019】

任意に、搬送ガス源が、触媒を処理チャンバに移動させる手段を提供しうる。

【0020】

触媒は水を含みうる。水は蒸気の形態であってもよい。

50

【0021】

気相エッチング装置は、エッチング動作温度を設定する手段を提供する温度制御器を具えていることが好ましい。

【0022】

気相エッチング装置は、処理チャンバに接続された真空ポンプを具えていることが好ましい。この真空ポンプは、処理チャンバ内のエッチング蒸気および／または非エッチングガスの量を制御する手段を提供する。

【0023】

気相エッチング装置は更に、1以上のガスラインに接続された1以上の流動制御器を具える。この1以上の流動制御器は、処理チャンバに到達する流体、例えばエッチング蒸気および／または非エッチングガスの量を制御する手段を提供する。

10

【0024】

代替的に、気相エッチング装置は、エッチング蒸気および／または非エッチングガスを再循環させるように構成されている。

【0025】

本発明の第2の態様の実施形態は、本発明の第1の態様あるいはその実施形態の1以上の特徴を含んでもよく、その反対であってもよい。

【0026】

本発明の第3の態様によると、1以上の微細構造を生成するために、処理チャンバ内で窒化ケイ素(Si_3N_4)から二酸化ケイ素(SiO_2)を選択的にエッチングする方法が提供されており、当該方法は：

20

フッ化水素(HF)を含むエッチング蒸気を処理チャンバに提供するステップと；

エッチング蒸気内の一フッ化反応種(F^\cdot および HF)に対する二フッ化反応種(HF_2^\cdot および H_2F_2)の比率を増加させるのに適した非エッチングガスを処理チャンバに提供するステップと、を含む。

【0027】

エッチング蒸気内の一フッ化反応種(F^\cdot および HF)に対する二フッ化反応種(HF_2^\cdot および H_2F_2)の比率を増加させるのに適した第2のガスを提供すると、窒化ケイ素(Si_3N_4)に対するエッチング処理の選択性を著しく高めるように作用する。

【0028】

30

この方法はさらに、エッチング動作温度を20以下に設定するステップを含みうる。エッチング動作温度は10に設定されることが好ましい。

【0029】

本発明の第3の態様の実施形態は、本発明の第1または第2の態様、あるいはその実施形態の1以上の特徴を含んでもよく、その反対であってもよい。

【0030】

本発明の第4の態様によると、1以上の微細構造を生成するために、処理チャンバ内で窒化ケイ素(Si_3N_4)から二酸化ケイ素(SiO_2)を選択的にエッチングする方法が提供されており、当該方法は：

フッ化水素(HF)蒸気を含むエッチング蒸気を処理チャンバに提供するステップと；

40

エッチング動作温度を20以下に設定するステップと、を含む。

【0031】

エッチング動作温度を20以下に設定すると、エッチング蒸気内の一フッ化反応種(F^\cdot および HF)に対する二フッ化反応種(HF_2^\cdot および H_2F_2)の比率が増加し、窒化ケイ素(Si_3N_4)に対するエッチングの選択性を著しく高めるように作用する。

【0032】

エッチング動作温度は10に設定されることが好ましい。

【0033】

この方法は更に、エッチング蒸気内の一フッ化反応種(F^\cdot および HF)に対する二フッ化反応種(HF_2^\cdot および H_2F_2)の比率を増加させるのに適した非エッチングガス

50

を処理チャンバに提供するステップを含みうる。

【 0 0 3 4 】

本発明の第 4 の態様の実施形態は、本発明の第 1、第 2 または第 3 の態様、あるいはその実施形態の 1 以上の特徴を含んでもよく、その反対であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 5 】

以下の図を参照して、本発明の様々な実施形態を例を挙げて説明する。

【図 1】図 1 は、本発明による H F 蒸気エッチングシステムの概略図を示している。

【図 2】図 2 は、(a) エッチング前、および (b) エッチング後の、アルミニウムマスクと、窒化ケイ素の層上に位置する二酸化ケイ素層とを具えるブランケット膜の M E M S の概略図を示している。

10

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 6 】

図 1 を参照すると、処理チャンバ 3 と流体連通しているガス送達システム 2 を具えるフッ化水素 (H F) 蒸気エッチングシステム 1 を示している。処理チャンバ 3 と流体連通している真空ポンプ 4 も提供されている。このシステムは、以下に詳しく説明するように、処理チャンバ 3 内に配置された M E M S 5 内の犠牲二酸化ケイ素 (SiO_2) 層を H F 蒸気エッチングする際の窒化ケイ素 (Si_3N_4) に対する選択性を向上させることができる。

【 0 0 3 7 】

20

ガス送達システム 2 は、H F 蒸気源 6 と、水素ガス源 7 と、水源 8 と、噴霧器 9 と、2 つの窒素ガス源 1 0 a および 1 0 b とを具えている。処理チャンバ 3 内で使用する水蒸気は、水源 8 を噴霧器 9 に接続することで生成される。窒素ガス源 1 0 a および 1 0 b は任意の構成要素であるが、H F 蒸気エッチングするための触媒として使用される水蒸気を処理チャンバ 3 に送達するのを補助するためにガス源 1 0 a が搬送ガスを提供する場合には、ガス源 1 0 b は蒸気エッチングシステム 1 のためにバッファガスを提供する。関連する流動を調整する手段を提供するために、ガス送達システム 2 の各供給ライン内にマス又は液体フローコントローラ (M F C) 1 1 を設けることが好ましい。

【 0 0 3 8 】

圧力ゲージ 1 2 を使用して、処理チャンバ 3 内の圧力をモニタする。真空ポンプ 4 および / または M F C 1 1 のポンプ速度を制御して、処理チャンバ 3 内の設定動作圧力を保持することができる。適用性圧力制御器 (A P C) 1 3 を使用することにより、処理チャンバ 3 の圧力を正確に制御することが可能となる。代替的な実施形態では、処理チャンバ 3 内のガスを循環させることができ、その場合には、真空ポンプ 4 は、最初に処理チャンバ 3 を空にする (その結果、エッチング蒸気を吸い込む) 、あるいはエッチングステップが終了した後に処理チャンバ 3 を空にするように機能することに留意されたい。

30

【 0 0 3 9 】

さらに、温度計 1 4 を処理チャンバ 3 に接続し、好適には、エッチングされる M E M S 5 が上に配置される処理チャンバ 3 内の台座 1 5 に接続する。温度制御器と併せて動作させると、これらの構成要素は、H F 蒸気エッチングの動作温度を設定して保持する手段を提供する。

40

【 0 0 4 0 】

図 2 (a) はブランケット膜の M E M S 5 の概略図を示しており、この上に H F 蒸気エッチングが実施される。M E M S 5 が、窒化ケイ素層 1 7、二酸化ケイ素 1 8 の犠牲層、およびアルミニウムのマスク層 1 9 が上に配置されたシリコン基板 1 6 を具えていることが見て取れる。

【 0 0 4 1 】

二酸化ケイ素層 1 8 をエッチングするため、最初に M E M S 5 を台座 1 5 の上に配置し、処理チャンバ 3 内の動作温度と圧力を設定する。次いで、図 2 (b) に示すように、二酸化ケイ素層 1 8 をエッチングするため、H F 蒸気と水蒸気を処理チャンバ 3 に導入する

50

。

【 0 0 4 2 】

実際に、理論的な予測によると、二酸化ケイ素層 1 8 とアルミニウムマスク 1 9 の間には高い選択性があることが分かっている。すなわち、アルミニウムマスク 1 9 には顕著なエッチングが生じない。しかしながら、二酸化ケイ素層 1 8 と窒化ケイ素層 1 7 の間の選択性は、相当な量のエッチングが窒化ケイ素層 1 7 に生じるという点で、アルミニウムマスク 1 9 との間の選択性よりも著しく低い。例えば、1 D m の厚さの H D P の二酸化ケイ素 1 8 の層と、2 2 0 n m の厚さの L P C V D の窒化ケイ素 1 7 の層と、2 0 0 n m の厚さのアルミニウムマスク 1 9 とを具える M E M S を、1 0 D m のアンダーカットをするために、2 5 の動作温度かつ 1 8 T の処理チャンバ圧力で処理チャンバ 3 内で H F 蒸気エッチングした。エッチングが終了すると（約 2 5 分）、2 0 0 n m の厚さのアルミニウムマスク 1 9 と、5 5 n m のみの窒化ケイ素層 1 7 が残り、H F 蒸気エッチングによって 1 6 5 n m が除去されていた。

10

【 0 0 4 3 】

本願出願人は、ガス源 7 から水素ガス（ H_2 ）などの水素化合物ガスを導入すると、二酸化ケイ素（ SiO_2 ）をフッ化水素（H F）蒸気エッチングする際に窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）に対する選択性を高める手段をもたらしことを見出した。例えば、再び 1 D m の厚さの H D P の二酸化ケイ素 1 8 の層と、2 2 0 n m の厚さの L P C V D の窒化ケイ素 1 7 の層と、2 0 0 n m の厚さのアルミニウムマスク 1 9 とを具える M E M S を、1 0 D m のアンダーカットをするために、2 5 の動作温度かつ 1 8 T の処理チャンバ圧力で処理チャンバ 3 内で H F 蒸気エッチングした。しかしながら、この場合、1 0 0 s c c m の水素ガス（ H_2 ）も処理チャンバ 3 に供給した。H F 蒸気エッチングが終了すると（約 2 5 分）、2 0 0 n m の厚さのアルミニウムマスク 1 9 が再び残り、残りの窒化ケイ素の酸化被膜は 2 1 0 n m の厚さとなり、1 0 n m のみが除去されていた。これは、水素ガスを使用しない同一プロセスと比較して、二酸化ケイ素層 1 8 と窒化ケイ素層 1 7 の間のエッチングの選択性が 1 6 . 5 倍向上したことを示している。

20

【 0 0 4 4 】

アンモニア（ NH_3 ）、メタン（ CH_4 ）、またはエタン（ C_2H_6 ）といった他の水素化合物ガスを代替的に利用しても、窒化ケイ素層 1 7 に対して高い選択性をもたらし。しかしながら、実際には、水素ガスを利用して最良の結果を得ている。水素化合物ガスは、上記の水素ガス化合物の 2 つ以上の混合物を含みうると理解されたい。

30

【 0 0 4 5 】

本願出願人はさらに、処理チャンバの動作温度を低下させても、二酸化ケイ素（ SiO_2 ）をフッ化水素（H F）蒸気エッチングをする際に窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）に対する選択性を高める手段を提供することを見出した。この場合、一般的なサンプル上のブランケット膜をエッチングし、異なる温度での選択性を調査した。これらの試験に使用した膜は、熱二酸化ケイ素と P E C V D の窒化ケイ素層を具えていた。上記 2 5 での一般的な方法を利用すると、この試験構造についてのエッチングの選択性は 1 1 : 1 であった。しかし、試験サンプルを 1 0 まで冷却し、上記と同じエッチング率をもたらしようにチャンバ圧力を調整すると、エッチングの選択性は 3 8 : 1 まで増加した。

40

【 0 0 4 6 】

二酸化ケイ素を H F 蒸気エッチングする際の窒化ケイ素に対する選択性の向上をさらに調査するため、温度範囲にわたって試験を実施した。幾らか予想外の顕著な向上が 2 0 程度の動作温度で見られた。

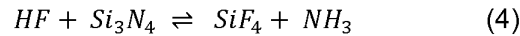
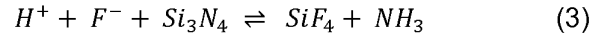
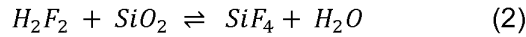
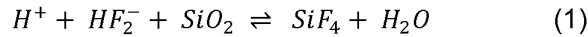
【 0 0 4 7 】

上記工程を組み合わせる、すなわち、動作温度を 2 0 以下に低下させると同時に、水素化合物ガスを処理チャンバ 3 に導入することもできると、当業者は理解するであろう。全体的な影響は、二酸化ケイ素を H F 蒸気エッチングする際の窒化ケイ素に対する選択性をさらに向上させる。

【 0 0 4 8 】

50

以下に、確認された結果を説明する。HF 蒸気 (HF_2^- および H_2F_2) 内の二フッ化反応種が二酸化ケイ素 (SiO_2) のエッチングに主に寄与するが、一フッ化反応種 (F^- および HF) が窒化ケイ素 (Si_3N_4) のエッチングに主に寄与すると考えられていることを理論的研究は示唆している。これらのエッチング処理は、以下の反応式で表すことができる。



【 0 0 4 9 】

水素化合物ガスは一般に、HF 蒸気の二フッ化種 (HF_2^- および H_2F_2) よりも一フッ化種 (F^- および HF) とより簡単に反応する傾向があると考えられている。したがって、このような第2のガスを導入すると、HF 反応種の平衡が二フッ化種 (HF_2^- および H_2F_2) に移るように作用する。すなわち、一フッ化反応種 (F^- および HF) に対して二フッ化反応種 (HF_2^- および H_2F_2) の比率が増加する。この効果が、二酸化ケイ素 (SiO_2) をフッ化水素 (HF) 蒸気エッチングする際の窒化ケイ素 (Si_3N_4) に対する選択性を観察されたように増加させると考えられる。

【 0 0 5 0 】

アンモニア (NH_3) を水素化合物ガスとして使用すると、第2の寄与も起こりうる。反応式 (3) および (4) は、アンモニア (NH_3) が窒化ケイ素 (Si_3N_4) を HF 蒸気エッチングした副生成物として生成されることを示している。したがって、アンモニア (NH_3) を導入すると、窒化ケイ素 (Si_3N_4) のエッチングを妨げる傾向がある。

【 0 0 5 1 】

エントロピー効果により、HF 蒸気エッチング処理の動作温度を 20℃ 以下に低下させることによって、HF 反応種の平衡が二フッ化反応種 (HF_2^- および H_2F_2) に移る、すなわち一フッ化反応種に対して二フッ化反応種の比率が再び増加すると考えられている。これは再び、二酸化ケイ素 (SiO_2) をフッ化水素 (HF) 蒸気エッチングする際の窒化ケイ素 (Si_3N_4) に対する選択性を観察されたように増加させる原因であると考えられる。

【 0 0 5 2 】

水蒸気 (H_2O) を触媒として使用する場合にも、第2の寄与が起こりうる。動作温度が低下すると、水蒸気は MEMS の露出表面に液化し始める。反応式 (1) および (2) より、水蒸気 (H_2O) は二酸化ケイ素 (SiO_2) の HF 蒸気エッチングの触媒として作用するため、液化効果は窒化ケイ素 (Si_3N_4) エッチングに対して二酸化ケイ素 (SiO_2) エッチングを増加させるように作用すると考えられる。

【 0 0 5 3 】

前述したように、他の多くの要因、例えばガスの流速、処理チャンバ3の圧力、および MEMS 自体の物理的構造が HF 蒸気エッチングの性能に影響を与える。しかしながら、適切な第2のガスを添加する、および / または HF 蒸気エッチングの動作温度を低下させることにより、一フッ化反応種 (F^- および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^- および H_2F_2) の比率は増加する。その結果、出願人は、二酸化ケイ素 (SiO_2) をフッ化水素 (HF) 蒸気エッチングする際の窒化ケイ素 (Si_3N_4) に対する選択性を著しく向上させることを実証することができた。少量の水素ガスでさえ、この選択性を著し

10

20

30

40

50

く変化させることが分かっている。

【 0 0 5 4 】

上記の実施形態は真空ポンプを利用して、搬送ガス、エッチング蒸気、エッチングの副生成物、および第2の水素化合物ガスを処理チャンバから吸い出し、中を通るエッチング液と水素を流動させているが、エッチング液および水素化合物ガスを再循環させることも容易に考えられる。

【 0 0 5 5 】

M E M S 内の他の部分、特に窒化ケイ素 (Si_3N_4) の部分に対する優れた選択性を有するように、エッチングガス、すなわちフッ化水素 (HF) 蒸気の使用による、微小電気機械素子 (M E M S) といった微細構造の犠牲二酸化ケイ素 (SiO_2) 部分のエッチングを実施する。これは、 HF 蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率を増加させるのに適した第2の非エッチングガスを加えることによって実現する。第2の非エッチングガスは水素化合物ガスを含む。 HF 蒸気内の一フッ化反応種 (F^\cdot および HF) に対する二フッ化反応種 (HF_2^\cdot および H_2F_2) の比率は、エッチング動作温度を 20°C 以下に設定することによっても増加させることができる。

【 0 0 5 6 】

本発明の上記記載は、図示および説明のために示されたものであり、排他的であること、あるいは本発明を開示された厳密な形態に限定することを意図するものではない。記載された実施形態は、本発明の原理およびその実質的な利用を最もよく説明し、それにより、当該技術分野における当業者が様々な実施形態の発明を最良に利用し、考えられる特定の利用に適合するよう様々な改変をすることができるようになるために選択され記載されている。したがって、添付の特許請求の範囲に規定されるような本発明の範囲から逸脱することなく、更なる改変または改良を組み込むこともできる。

【 図 1 】

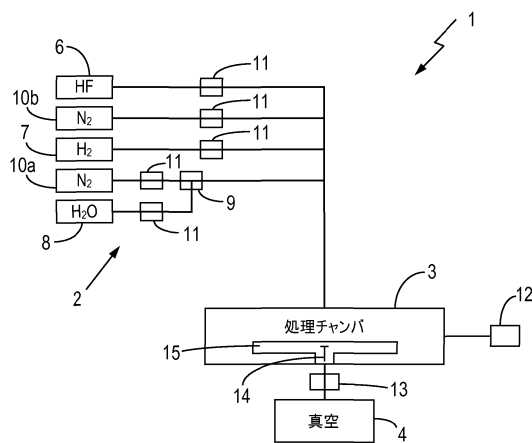


Fig. 1

【 図 2 】

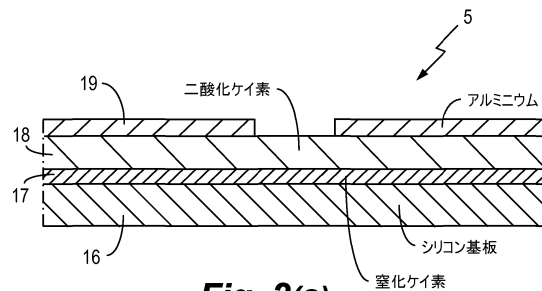


Fig. 2(a)

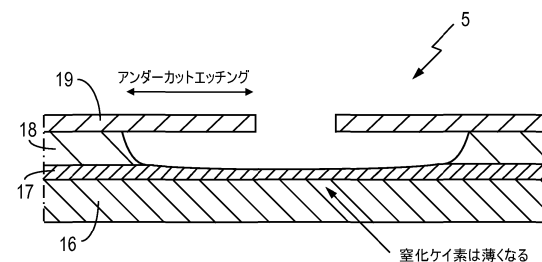


Fig. 2(b)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平03-204930(JP,A)
特開平07-169734(JP,A)
特表2009-545460(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0308843(US,A1)
米国特許第5173152(US,A)
特開平10-107339(JP,A)
特開2001-129798(JP,A)
欧州特許出願公開第01081093(EP,A2)
特開平06-224153(JP,A)
特開2001-308013(JP,A)
特開昭53-114743(JP,A)
特表2011-501874(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0071932(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
B81C 1/00
H01L 21/302