

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6265496号
(P6265496)

(45) 発行日 平成30年1月24日 (2018. 1. 24)

(24) 登録日 平成30年1月5日 (2018. 1. 5)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 3 C 16/44 (2006. 01)
B 8 1 B 7/02 (2006. 01)
H 0 1 L 21/316 (2006. 01)
B 8 2 Y 40/00 (2011. 01)

C 2 3 C 16/44 A
 B 8 1 B 7/02
 H 0 1 L 21/316 X
 B 8 2 Y 40/00

請求項の数 21 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-527736 (P2014-527736)
 (86) (22) 出願日 平成24年8月31日 (2012. 8. 31)
 (65) 公表番号 特表2014-531508 (P2014-531508A)
 (43) 公表日 平成26年11月27日 (2014. 11. 27)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2012/052127
 (87) 国際公開番号 W02013/030576
 (87) 国際公開日 平成25年3月7日 (2013. 3. 7)
 審査請求日 平成27年8月20日 (2015. 8. 20)
 (31) 優先権主張番号 1115105. 7
 (32) 優先日 平成23年9月1日 (2011. 9. 1)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 514016670
 メムススター リミテッド
 MEMS STAR LIMITED
 イギリス ロジアン州 イーエイチ54
 8エスエフ, リビングストン, スターロウ
 ロード, スターロウパーク
 (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 ロジアン州 イーエイチ54
 8エスエフ, リビングストン, スターロウ
 ロード, スターロウパーク, シー/オー
 メムススター リミテッド

審査官 村岡 一磨

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デバイス上にコーティングを堆積させる改善された堆積法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

デバイスの構造上に自己組織化単分子膜 (SAM) のコーティングを堆積する方法において、当該方法が：

内部で前記自己組織化単分子膜 (SAM) のコーティングが堆積される処理チャンバを提供するステップと；

前駆体物質の蒸気を前記処理チャンバに提供するステップと；

水 (H₂O) を含む反応体物質の蒸気を前記処理チャンバに提供するステップと、を含んでおり、

堆積蒸気が前記処理チャンバ内で形成され、前記堆積蒸気は、10：1より大きい前記水 (H₂O) を含む反応体物質と前記前駆体物質の容積比を含んでおり、前記前駆体物質が、パーフルオロデシルトリクロロシラン (FDTS)、ジクロロジメチルシラン (DDMS)、オクタデシルトリクロロシラン (OTS)、1-オクタデセン、テトラヒドロオクチルトリクロロシラン (FOTS)、テトラヒドロオクチルトリエトキシシラン (FOTES)、テトラヒドロオクチルメチルジクロロシラン (FOMDS) およびヘキサメチルジシラザン (HMDS) からなる群から選択されることを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記反応体物質と前記前駆体物質の容積比が、50：1以上であることを特徴とする方法。

【請求項 3】

10

20

請求項 1 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記反応体物質と前記前駆体物質の容積比が、100 : 1 以上であることを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記処理チャンバ内の動作圧力が 10 Torr より大きいことを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記処理チャンバ内の動作圧力が 40 Torr 以上であることを特徴とする方法。

10

【請求項 6】

請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記処理チャンバ内の動作圧力が 100 Torr 以上であることを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記前駆体物質の蒸気が、前記処理チャンバの外側から前記前駆体物質の蒸気を運搬することによって前記処理チャンバに提供されることを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記前駆体物質の蒸気は、キャリアガスが 1 以上のバブルチャンバを通過することによって前記処理チャンバへと運搬されることを特徴とする方法。

20

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記反応体物質の蒸気が、前記処理チャンバの外側から前記反応体物質の蒸気を運搬することによって前記処理チャンバに提供されることを特徴とする方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記反応体物質の蒸気は、キャリアガスが 1 以上のバブルチャンバを通過することによって前記処理チャンバへと運搬されることを特徴とする方法。

30

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記前駆体物質が、親水性の有機部分または生物活性の有機部分を有する前駆体物質を含むことを特徴とする方法。

【請求項 12】

請求項 8 又は 10 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記キャリアガスが、不活性ガスであることを特徴とする方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記キャリアガスがヘリウムを含むことを特徴とする方法。

40

【請求項 14】

請求項 8 又は 10 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記キャリアガスが窒素を含むことを特徴とする方法。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 14 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記デバイスの構造が、微小電気機械構造 (MEMS) を含むことを特徴とする方法。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法がさらに、前記微小電気機械構造 (MEMS) を洗浄する、および / または プラズマによって処理する ステッ

50

プを含むことを特徴とする方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記微小電気機械構造 (MEMS) を洗浄する、および / または プラズマによって処理する ステップが、前記前駆体物質の蒸気および前記反応体物質の蒸気を前記処理チャンバに提供する前に前記処理チャンバ内で行われることを特徴とする方法。

【請求項 18】

請求項 1 乃至 17 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法がさらに、1 以上の蒸気供給ラインを加熱するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 19】

請求項 1 乃至 18 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記デバイスが半導体構造を含むことを特徴とする方法。

【請求項 20】

請求項 1 乃至 19 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記デバイスが携帯デバイスを含むことを特徴とする方法。

【請求項 21】

請求項 1 乃至 20 の何れか一項に記載の自己組織化単分子膜 (SAM) を堆積する方法において、前記デバイスが織物または布地を含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コーティングの堆積の分野に関するものである。特に、微小電気機械構造 (MEMS) 上への自己組織化単分子膜 (SAM) コーティングの堆積に特に有用である、デバイス上に薄膜またはコーティングを生成する改善された堆積法が記載されている。

【背景技術】

【0002】

MEMS の製造プロセスは、様々な目的のために基板上に堆積される材料の層またはコーティングを使用する。幾つかの例では、これらの層は基板上に堆積され、次いで、層がパターン化された遮蔽材料として使用され、次いでパターンが下層に転写された後に除去される場合などに、続けて取り除かれる。他の例では、これらの層は、完成した製造デバイスの一部として所定の機能を実行するように堆積される。これらの薄膜層またはコーティングを堆積する多くの方法が当該分野の当業者には知られている。例えば、プラズマを用いて対象物質 (一般に金属) から原子をスパッタし、スパッタされた原子を基板上に堆積させるスパッタ堆積法; 基板上に反応した生成物を製造するために、(例えば、プラズマ、放射線、または温度、あるいはそれらの組み合わせによって) 活性化した種を気相において反応させる (その後、基板上で反応した生成物が堆積する)、あるいは基板表面上で反応させる化学気相成長法; 蒸発した物質が基板上で凝縮して層を形成する蒸着法; 基板上にコーティング物質を残すように続けて溶媒を気化させる、一般にコーティング物質の溶媒溶液によるスピノン堆積法、噴霧堆積法、または浸漬堆積法がある。

【0003】

MEMS が一般に大きい表面積と容積の比を呈すとする、製造プロセスの際に克服するのが最も困難な課題の 1 つはスティクションの影響である。スティクションは、復元力が毛管力、ファンデルワールス力、および静電引力といった界面張力に打ち勝つことができない場合に生じる、対応する微小構造表面の意図的でない接着に関係している。最終犠牲エッチングの後に起こる、下部の基板に MEMS 表面が接着するリリーススティクションは主に、液体毛管力によって生じる。

【0004】

スティクションの課題を解消するために、歴史的に技術的なソリューションが発展してきた。しかしながら、これらの技術のほとんどが、MEMS の通常動作時に生じる接着を防ぐものではない。例えば、MEMS 内側の表面は、加速力または静電力によって使用時

10

20

30

40

50

に意図せず接触してしまうことがある。代替的に、幾つかの表面は、表面が互いに影響を与える、あるいは擦り動かす用途において、意図的に接触することがある。しかしながら、接着引力が復元力を越えると、表面は互いに恒久的に接着してデバイスの故障を引き起こす。この現象は、インユーズ (in-use) スティクションとして当該分野で知られている。

【0005】

したがって、スティクションの影響を減少させるために、接触表面のトポグラフィおよび/または化学成分を制御することが必要となる。既知のソリューションの1つは、MEMS上への自己組織化単分子膜 (SAM) コーティングの堆積を伴う。実現することを意図する機能に応じて多くの異なる化学成分を利用し、SAMコーティングを形成してきた。例えば、疎水性、親水性、または生理活性機能を伴うMEMSの領域を提供するように、当該分野においてSAMコーティングが利用されてきた。反スティクションコーティングを提供することが望ましい場合、シリコンおよび/または二酸化ケイ素の表面によく付着する無機部分 (例えば、シラン化合物) と、デバイスに疎水性機能を提供する有機部分 (例えば、鎖状炭素) とを有する前駆体物質を提供するのが一般的な習慣である。

【0006】

このような前駆体物質は、室温 (20) 且つ標準大気圧 (760 Torr) において液相となる傾向がある。その結果、MEMSについてSAMの反スティクションコーティングを堆積する初期の方法は、液相または湿式堆積法を利用していた。Ashurst等による文献、すなわち、「MEMSに対する反スティクション単分子層としてのジクロロジメチルシラン、オクタデシルトリクロロシランの自己組織化単分子膜との比較 (Dichlorodimethylsilane as an anti-stiction monolayer for MEMS: A comparison to the octadecyltrichlorosilane self assembled monolayer)」、Journal of Microelectromechanical Systems、第10巻、第1号、2001年3月、および「ポリシリコンMEMSに対する反スティクションコーティングとしてのアルケンベースの単分子層膜 (Alkene based monolayer films as anti-stiction coatings for polysilicon MEMS)」、Solid-state Sensor & Actuator Workshopの議事録、Hilton Head 2000、Hilton Head Island, SC、p. 320 - 323 (2000)、には2つの例が提供されている。これらの文献の前者は、MEMS上に反スティクション単分子層として使用するジクロロジメチルシラン (DDMS) とオクタデシルトリクロロシラン (OTS) の比較を提供しており、これらの文献の後者は、1 - オクタデセン、オクタデシルトリクロロシラン (OTS)、およびパーフルオロデシルトリクロロシラン (FDTS) の間の比較を提供している。

【0007】

液相または湿式堆積法によって堆積されたSAMコーティングは、多数の著しい欠点を有する。主な例として、これらの技術は複雑なプロセス制御の要件を伴う。水 (H_2O) は堆積反応を促進させる反応体物質として機能することが知られているが、過剰な水は、粒子汚染と広く称される、大きな物質の塊を形成させる前駆体物質の過剰な重合を促進させるような機能を呈する。さらに、これらの技術を利用すると、大量の汚染流出物を生み出し、しばしばスティクションの防止が不十分となり、高い製造コストを伴う。

【0008】

液体ベースの処理に伴う既知の問題点の幾つかを排除することができる代替的な技術が、いわゆる気相処理法である。一般的な気相処理では、反応チャンバ内に存在する物質レベルの優れた制御が可能となる。これを利用して、正確かつ着実に蒸気の運搬を確保することもできる。例えば、Ashurst等著、「反スティクション単分子層のための向上した気相堆積法 (Improved vapour-phase deposition technique for anti-stiction monolayers)」、SPIE Photonics West 2004の議事録、第5342巻、カリフ

10

20

30

40

50

オルニア州サンノゼ、1月24 - 29日、p. 204 - 211 (2004) は、ジクロロジメチルシラン (DDMS)、テトラヒドロオクチルトリクロロシラン (FOTS)、およびパーフルオロデシルトリクロロシラン (FDTS) のSAMを堆積するための気相堆積法および装置を教示し; Zhuang 等著、「MEMSにおける反スティクション適用のための気相の自己組織化単分子膜 (Vapor-phase self-assembled monolayers for anti-stiction applications in MEMS)」、Journal of Microelectromechanical Systems、2007年12月、第16巻、第6号、p. 1451 - 1460 は、テトラヒドロオクチルトリクロロシラン (FOTS)、テトラヒドロオクチルトリエトキシシラン (FOTES)、テトラヒドロオクチルメチルジクロロシラン (FOMDS)、パーフルオロデシルトリクロロシラン (FDTS)、およびオクタデシルトリクロロシラン (OTS) から気相で成長するSAMを教示し; Mayer 等著、「微小電気機械システムにおいて接着制御するためのフルオロアルキルシランの単層膜の化学蒸着 (Chemical vapor deposition of fluoroalkylsilane monolayer films for adhesion control in microelectromechanical systems)」、J. Vac. Sci. Technol. B 18 (5)、2000年9月/10月は、MEMSにテトラヒドロオクチルトリクロロシラン (FOTS) コーティングを適用するための蒸着法を教示し; 米国特許出願公開第2005/0051086号は、MEMS上にヘキサメチルジシラザン (HMDS) の層を堆積するための装置を教示している。

【0009】

しかしながら、上述した前駆体物質の多くは非常に低い蒸気圧を有しており、これは、標準的な室温では、蒸気がほとんど生成されないことを意味する。その結果、これらの前駆体物質を利用する気相処理を容易にすべく、多くの手法が発展してきた。

【0010】

米国特許出願公開第2002/0164879号は、気相のアルキルシラン含有分子を含む前駆体物質を利用することを記載している。この前駆体物質を利用して、MEMSの基板表面にコーティングを形成する。アルキルシラン含有分子の液体供給源を通して無水不活性ガスを泡立て、気相の分子を反応チャンバに移動させることにより、基板を収容している反応チャンバ内にアルキルシラン含有分子を導入する。約15乃至100の温度、かつ大気圧未満であると考えられるが、コーティングの迅速な形成を呈する適量のアルキルシラン含有分子に対して十分に高い反応チャンバ内の圧力で、基板表面にコーティングの形成が行われる。この発明者は、コーティングを形成するために利用されるアルキルシラン含有分子は、一般に水と高い反応性があり、それ故に、前駆体物質を導入する前に、反応チャンバからアセンブリに付随する水の残留物を取り除くことが望ましいと述べている。

【0011】

米国特許出願公開第2005/0051086号および第2007/019694号は、基板が適切な前駆体物質の化合物と共にオープンまたは加熱炉内に配置されたMEMSのパッチを具えている気相機構を記載している。オープンまたは加熱炉が、次いで前駆体物質を気化させるのに十分な温度、例えば300乃至500まで加熱され、MEMS上に反スティクションコーティングの堆積を生じさせる。上述したのと同様に、不要な重合を排除するために、基板とオープンから水蒸気を取り除くように、前堆積工程が利用される。これらの動作パラメータの結果、上述した堆積法は、高い動作温度であっても、完了するのに比較的長い時間が掛かり、例えば一般に、およそ30乃至40分掛かる。

【0012】

米国特許出願公開第2005/0109277号は代替的な運搬方法を教示しており、前駆体物質および関連する反応体物質は、MEMSデバイスが中に配置される処理チャンバに運搬される前に膨張蒸気リザーバ内で処理される。この発明者は、ジクロロジメチルシラン (DDMS)、テトラヒドロオクチルトリクロロシラン (FOTS)、およびパー

フルオロデシルトリクロロシラン (F D T S) の前駆体物質と、水蒸気の反応体物質とを利用することを教示している。処理チャンバは、100mTorr乃至10Torrの範囲の圧力、かつ30乃至60の範囲の温度で動作する。コーティングされるMEMSの粒子汚染を生じさせる前駆体物質の過剰な重合の問題を回避するために、再び水の量を慎重に制御する必要がある。しかしながら、既に記載された先行技術とは異なり、水は制御可能に処理チャンバまで運搬される。前駆体物質と反応体物質の容積比は、1:6乃至6:1の範囲に及ぶとして記載されている。このような状況下では、FOTSまたはDDMSの前駆体物質について、反応時間が5分乃至30分になることが、Mayer等の教示によって確認された。しかしながら、Mayer等は、FDTSの前駆体物質を堆積するためにこの技術を利用すると、相当長い時間が掛かると述べている。

10

【0013】

したがって、本発明の実施形態の目的は、先行技術に記載の方法の欠点を取り除く、あるいは少なくとも軽減する、MEMSなどのデバイス上に薄膜またはコーティングを生成する堆積法を提供することである。

【発明の概要】

【0014】

本発明の第1の態様によると、デバイス上にコーティングを堆積するのに適した堆積法が提供されており、当該方法は：

内部でコーティングが堆積される処理チャンバを提供するステップと；

1以上の前駆体物質の蒸気を処理チャンバに提供するステップと；

1以上の反応体物質の蒸気を処理チャンバに提供するステップと、を含んでおり、

堆積蒸気は処理チャンバ内で形成され、この堆積蒸気は、6:1より大きい反応体物質と前駆体物質の容積比を含む。

20

【0015】

上記方法は、反応体物質と前駆体物質の間のこのような容積比に対して予想される、コーティングされるデバイスの粒子汚染を引き起こす前駆体物質の過剰な重合をすることなく、コーティングの堆積速度の向上を実現するという利点を有している。この堆積速度の向上はさらに、処理チャンバ内の動作圧力を先行技術のシステム内で利用されていた圧力よりも著しく高くなるように設定することができることによって補助されている。本書に記載の手法の更なる利点は、堆積を行うのに必要な前駆体の蒸気圧力を得るために、処理チャンバを加熱する必要がない点である。

30

【0016】

反応体物質と前駆体物質の容積比は、10:1以上であってもよい。

【0017】

反応体物質と前駆体物質の容積比は、50:1以上であってもよい。

【0018】

反応体物質と前駆体物質の容積比は、100:1以上であってもよい。

【0019】

好適には、処理チャンバ内の動作圧力は10Torrよりも大きい。この動作圧力は、40Torr以上であってもよい。この動作圧力は、100Torr以上であってもよい。

40

【0020】

最適には、1以上の前駆体物質の蒸気は、処理チャンバの外側から1以上の前駆体物質の蒸気を運搬することによって処理チャンバへと提供される。1以上の前駆体物質の蒸気は、キャリアガスが1以上のバブルチャンバを通過することによって処理チャンバへと運搬されてもよい。

【0021】

最適には、1以上の反応体物質の蒸気は、処理チャンバの外側から1以上の反応体物質の蒸気を運搬することによって処理チャンバへと提供される。1以上の反応体物質の蒸気は、キャリアガスが1以上のバブルチャンバを通過することによって処理チャンバへと運

50

搬されてもよい。

【0022】

キャリアガスおよびバブルチャンバを利用することにより、所望の容積の前駆体物質および反応体物質の蒸気を処理チャンバへと運搬する手段を提供する。

【0023】

好適には、1以上の前駆体物質は、パーフルオロデシルトリクロロシラン(FDTS)を含む。代替的に、あるいはそれに加えて、1以上の前駆体物質は、ジクロロジメチルシラン(DDMS)、オクタデシルトリクロロシラン(OTS)、1-オクタデセン、テトラヒドロオクチルトリクロロシラン(FOTS)、テトラヒドロオクチルトリエトキシシラン(FOTES)、テトラヒドロオクチルメチルジクロロシラン(FOMDS)、およびヘキサメチルジシラザン(HMDS)からなる前駆体物質の群から選択された前駆体物質を含みうる。

10

【0024】

代替的に、1以上の前駆体物質は、親水性の有機部分または生物活性の有機部分を有する前駆体物質からなる前駆体物質の群から選択された前駆体物質を含む。

【0025】

最適には、1以上の反応体物質は水(H₂O)を含む。

【0026】

キャリアガスは、窒素または窒素ベースのガスといった不活性ガスであることが好ましい。代替的に、キャリアガスはヘリウムを含みうる。

20

【0027】

この方法は更に、微小電気機械構造(MEMS)を洗浄する、および/またはイオン化するステップを含みうる。好適には、微小電気機械構造(MEMS)を洗浄する、および/またはイオン化するステップは、1以上の前駆体物質の蒸気および1以上の反応体物質の蒸気を処理チャンバに提供する前に、処理チャンバ内で行われる。

【0028】

任意に、この方法はさらに、1以上の蒸気供給ラインを加熱するステップを含む。蒸気供給ラインを加熱するステップは、その中で前駆体蒸気の凝縮が確実に起こらないようにする。

【0029】

最適には、コーティングは自己組織化単分子膜(SAM)コーティングを含む。

30

【0030】

最適には、デバイスは微小電気機械構造(MEMS)を含む。

【0031】

代替的に、デバイスは半導体構造を含みうる。

【0032】

更に代替的には、デバイスは、携帯電話、スマートフォン、携帯情報端末、タブレットコンピュータ、またはラップトップコンピュータといった携帯デバイスを含みうる。

【0033】

更に代替的には、デバイスは織物または布地を含みうる。

40

【0034】

本発明の第2の態様によると、微小電気機械構造(MEMS)上にコーティングを堆積する方法が提供されており、当該方法は：

内部でコーティングが堆積される処理チャンバを提供するステップと；

1以上の前駆体物質の蒸気を処理チャンバに提供するステップと；

1以上の反応体物質の蒸気を処理チャンバに提供するステップと、を含んでおり、

堆積蒸気は処理チャンバ内で形成され、この堆積蒸気は、6：1より大きい反応体物質と前駆体物質の容積比を含む。

【0035】

好適には、コーティングは自己組織化単分子膜(SAM)を含む。

50

【 0 0 3 6 】

本発明の第 2 の態様の実施形態は、本発明の第 1 の態様またはその実施形態の 1 以上の特徴を含みうる、あるいはその逆もありうる。

【 0 0 3 7 】

本発明の第 3 の態様によると、微小電気機械構造 (MEMS) 上にコーティングを堆積する方法が提供されており、当該方法は：

内部でコーティングが堆積される処理チャンバを提供するステップと；

1 以上の前駆体物質の蒸気を処理チャンバに運搬するステップと；

1 以上の反応体物質の蒸気を処理チャンバに運搬するステップと、を含んでおり、

堆積蒸気は処理チャンバ内で形成され、この堆積蒸気は、6 : 1 より大きい反応体物質と前駆体物質の容積比を含む。

10

【 0 0 3 8 】

好適には、コーティングは自己組織化単分子膜 (SAM) を含む。

【 0 0 3 9 】

最適には、1 以上の前駆体物質の蒸気は、キャリアガスが 1 以上のバブルチャンバを通過することによって処理チャンバへと運搬される。

【 0 0 4 0 】

最適には、1 以上の反応体物質の蒸気は、キャリアガスが 1 以上のバブルチャンバを通過することによって処理チャンバへと運搬される。

【 0 0 4 1 】

20

本発明の第 3 の態様の実施形態は、本発明の第 1 若しくは第 2 の態様またはその実施形態の 1 以上の特徴を含みうる、あるいはその逆もありうる。

【 0 0 4 2 】

本発明の第 4 の態様によると、微小電気機械構造 (MEMS) 上に自己組織化単分子膜 (SAM) のコーティングを堆積するのに適した堆積法が提供されており、当該方法は：

内部でコーティングが堆積される処理チャンバを提供するステップと；

1 以上の前駆体物質の蒸気を処理チャンバに提供するステップと；

1 以上の反応体物質の蒸気を処理チャンバに提供するステップと、を含んでおり、

堆積蒸気は処理チャンバ内で形成され、この堆積蒸気は、6 : 1 より大きい反応体物質と前駆体物質の容積比を含む。

30

【 0 0 4 3 】

本発明の第 4 の態様の実施形態は、本発明の第 1、第 2 若しくは第 3 の態様またはその実施形態の 1 以上の特徴を含みうる、あるいはその逆もありうる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 4 】

図面を参照して、本発明の様々な実施形態が単に例示として記載されている。

【 図 1 】 図 1 は、微小電気機械構造 (MEMS) 上に自己組織化単分子膜 (SAM) のコーティングを堆積するのに適した蒸着システムを概略的に示している。

【 図 2 】 図 2 は、微小電気機械構造 (MEMS) 上に自己組織化単分子膜 (SAM) のコーティングを堆積する方法を示すフローチャート図である。

40

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 5 】

図 1 を参照すると、微小電気機械構造 (MEMS) 2 上に自己組織化単分子膜 (SAM) コーティングを堆積するのに適した蒸着システム 1 が記載されている。

【 0 0 4 6 】

この蒸着システム 1 は、蒸気供給ライン 4 を介して第 1 および第 2 の蒸気源 5 および 6 に取り付けられた処理チャンバ 3 を具えることが見てとれる。圧力ゲージ 7 が処理チャンバ 3 内の圧力をモニタする。各蒸気源 5 および 6 は、キャリアガスを関連するバブルチャンバ 10 に供給するキャリアガス源 8 を具えており、その流量はマスフローコントローラ (MFC) 9 によって決定される。ここで記載される実施形態では、第 1 のバブルチャン

50

バ 1 0 a は前駆体物質を具え、第 2 のバブルチャンバ 1 0 b は、処理チャンバ 3 内での堆積反応を補助するための関連する反応体物質を具えている。

【 0 0 4 7 】

各バブルチャンバ 1 0 は、キャリアガスの入口 1 1 とキャリアガスの出口 1 2 とを具えている。したがって、キャリアガスは、関連するバブルチャンバ 1 0 を通り、蒸気供給ライン 4 を介して処理チャンバ 3 へと移動し、所望の容積の前駆体蒸気および反応体物質の蒸気を処理チャンバ 3 まで運搬する手段を提供している。このキャリアガスは、窒素または窒素ベースのガスといった不活性ガスが好ましい。代替的に、キャリアガスはヘリウムを含みうる。蒸気供給ライン 4 は、前駆体蒸気の凝縮が確実に起こらないように加熱されてもよい。

10

【 0 0 4 8 】

堆積プロセス用に M E M S 2 を配置する手段を提供するために、台座 1 3 が処理チャンバ 3 内に配置されている。この台座は、必要に応じて加熱することもできる。

【 0 0 4 9 】

ポンプラインにおける圧力制御コントローラ (A P C) 1 5 を介して処理チャンバ 3 に接続された真空ポンプ 1 4 のポンプ流量および / または M F C 9 を利用して、処理チャンバ 3 内の動作圧力を正確に制御する手段を提供することができる。

【 0 0 5 0 】

さらに、供給ライン 4 には、洗浄蒸気源 1 7 に接続されたチャンバ洗浄ライン 1 6 が (あるいは、代替的に処理チャンバ 3 に直接的に) 接続されている。キャリアガスのラインと同様に、洗浄蒸気の流量はマスフローコントローラ (M F C) によって決定される。

20

【 0 0 5 1 】

洗浄蒸気は、窒素または窒素ベースのガスといった不活性ガスが好ましい。代替的に、洗浄蒸気はヘリウムを含みうる。

【 0 0 5 2 】

下流の R F プラズマ源 1 8 もまた、プラズマ制御バルブ 1 9 を介して処理チャンバ 3 に接続されている。この R F プラズマ源は、酸素 (O ₂) プラズマ源が好ましい。

【 0 0 5 3 】

他の代替的な実施形態では、処理チャンバ 3 に 2 以上の蒸気の前駆体物質および / または 2 以上の対応する蒸気の反応体物質を供給するように、複数のバブルチャンバ 1 0 を利用することができる。

30

【 0 0 5 4 】

自己組織化単分子膜 (S A M) を堆積する方法

図 1 の堆積システム 1 を利用する、微小電気機械構造 (M E M S) 2 上に自己組織化単分子膜 (S A M) コーティングを堆積する方法が図 2 を参照して記載されている。

【 0 0 5 5 】

当該技術分野において、温度性能と組み合わせて最良の反スティクション性能を提供すると考えられている前駆体物質は、パーフルオロデシルトリクロロシラン (F D T S) である。しかしながら、このようなトリクロロシランは、最も粒子汚染の影響を受けやすいことが分かっている。したがって、時間を短く且つ粒子汚染を少なくする課題という観点で堆積させるのがより簡単な他の物質が、代替的な前駆体物質として頻繁に利用されている。したがって、本書に記載の手法の利点を最もよく実証するために、以下に記載する実施形態は、前駆体物質としてパーフルオロデシルトリクロロシラン (F D T S) を使用しており、反応体物質は水 (H ₂ O) である。

40

【 0 0 5 6 】

第 1 の例では、M E M S 2 は処理チャンバ 3 内に配置されている。S A M コーティングの堆積プロセスを開始する前に M E M S 2 の表面を清掃するため、次いでプラズマ源 1 8 が処理チャンバ 3 に導入される。プラズマ処理をしている間のチャンバ圧力は一般に、1 0 0 乃至 3 0 0 ワットの R F 力を用いて約 0 . 5 T o r r である。S A M コーティングを堆積する前であって更なる処理ステップが間に発生する前に、処理チャンバ 3 内に配置さ

50

れている間にMEMS2をプラズマによって処理することが好ましい。代替的に、MEMS2は、処理チャンバ3内に配置される前に遠隔プラズマ源を用いて処理することができる。

【0057】

次いで、所定量のFDTS蒸気と水蒸気それぞれを処理チャンバ3に提供するために、第1のバブルチャンバ10aと第2のバブルチャンバ10bに供給された窒素のキャリアガスを用いてSAMの堆積プロセスを開始する。このようにして、FDTS蒸気と水蒸気は、処理チャンバ3内で1つの堆積蒸気を形成する。処理チャンバに供給されるFDTS蒸気と水蒸気量は、キャリアガスの流量、バブルチャンバ10aおよび10bおよび処理チャンバ3の温度と圧力に依存する。

10

【0058】

FDTSの前駆体物質を加熱しない状態、すなわち一般的な室温20℃では、堆積プロセスを行うことができるように、十分な容積のキャリアガスによって前駆体蒸気を処理チャンバまで移動させることができる。この手法は、FDTSの前駆体蒸気を反応状態が厳密に制御されている処理チャンバへと連続的に流入させることもできる。

【0059】

例として、1sccmのFDTSの前駆体物質を処理チャンバに供給するために、毎分30立方センチメートル(sccm)の流量の窒素のキャリアガスが第1のバブラー10aを通って流れるように設定される。同時に、50sccmの水蒸気を処理チャンバに供給するために、100sccmの流量の窒素のキャリアガスが第2のバブラー10bを通って流れるように設定される。真空ポンプ14および圧力制御コントローラ(APC)を利用して、処理チャンバ3内の堆積蒸気について40Tの動作圧力を維持する。処理チャンバ3は室温~20℃で動作したが、内部でFDTSの前駆体物質の凝縮が確実に起こらないように蒸気供給ラインを加熱した。

20

【0060】

当業者は理解するように、形成された堆積蒸気内のFDTSの前駆体物質と水の反応体物質の容積比は1:50である。これは、このような状況ではFDTSの前駆体物質の過度な重合が起こり、FDTS物質の大きな塊を形成し、ひいては粒子汚染を引き起こす、ということを一貫して教示している先行技術の教示よりも著しく高い。上述した堆積流動技術および厳密なチャンバ制御について多少驚くべきは、非常に迅速なFDTSの反ステイクションSAMコーティングが、不要な気相の重合を引き起こすことなく実現される点である。ここに記載された状況では、FDTSのSAMコーティングは、既に公表された結果よりも著しく早い5分未満で堆積された。

30

【0061】

一旦SAMの堆積が終了すると、MEMS2を処理チャンバ3から取り外すことができる。MEMS2デバイスを取り外す前に堆積蒸気を除去するために、チャンバ洗浄ライン16を介して処理チャンバ3を洗浄してもよい。

【0062】

本発明者は、堆積蒸気内のFDTSの前駆体物質と水の反応体物質の容積比を変化させることにより、FDTSの反ステイクションコーティングの製造を再現することができた。実際に、反応体物質と前駆体物質の6:1の容積比について推奨されている上限は、本書に記載の手法において全く限定されていない。すなわち、堆積蒸気内の水の反応体物質とFDTSの前駆体物質の容積比は6:1より高くてもよく、実際に100:1程度にまで増加した。

40

【0063】

処理チャンバ3に前駆体物質を供給するためにキャリアガスとバブルチャンバ10aおよび10bを利用した結果、前駆体物質の所望の蒸気圧を得るために、処理チャンバ3を先行技術において公表された通常の動作圧力、一般に10Torr未満にまで下降させる必要がない。本発明者は、100Torr以上の動作圧力で、FDTSの反ステイクションコーティングを確実に製造することができた。このように高い圧力は、堆積プロセスが

50

終了するのに掛かる時間を短縮するのを補助する要因の1つである。

【0064】

粒子汚染が生じない、FDTSのSAMコーティングの早い堆積速度は、多くの要因の結果だと考えられる。低流量の前駆体蒸気は、気相反応ひいては重合が生じる機会を減少させるため、粒子汚染が起こらないと考えられている。この低流量により、表面の反応速度を高め、ひいてはSAMコーティングの堆積速度を高める高い圧力で堆積プロセスを行うことも可能となる。

【0065】

本出願人は、上述した流量堆積技術における前駆体物質として、ジクロロジメチルシラン(DDMS)、オクタデシルトリクロロシラン(OTS)、1-オクタデセン、テトラヒドロオクチルトリクロロシラン(FOTS)、テトラヒドロオクチルトリエトキシシラン(FOTES)、テトラヒドロオクチルメチルジクロロシラン(FOMDS)、およびヘキサメチルジシラザン(HMDS)を利用することにより、MEMS上への反スティクションコーティングの堆積速度が同様に向上することに気付いた。

【0066】

本発明者は、幾つかの前駆体物質について、台座13が加熱された場合に、SAMコーティングの均一特性がわずかに向上することを見出した。この温度以上でSAMコーティングの均一特性に著しい差異は見られなかったため、これらのプロセスに利用した最大温度は40であった。

【0067】

上記手法は、反スティクションコーティングの堆積に限定されない。例えば、この手法は、コーティングを上へ堆積するMEMSの粒子汚染の影響を減少させるために水は必要ない、あるいは水の量を慎重に制御する必要があると以前は同様に考えられていた、親水性の有機部分または生物活性の有機部分を有する前駆体物質の適用にも同等に適していると考えられる。

【0068】

加えて、上記手法は、MEMS構造を含むデバイスに限定されない。本発明者は、半導体構造にコーティングを適用するためにこれらの技術も利用している。携帯デバイス(例えば、携帯電話、スマートフォン、携帯情報端末、タブレットコンピュータ、またはラップトップコンピュータ)、織物または布地にコーティングを適用することも、上述した手法を適用することによって可能である。

【0069】

本発明は、当該分野において既に記載された、MEMS上にコーティングまたは薄膜を堆積する方法に優る多くの利点を呈している。主な例では、既に記載されたよりも著しく多い量の水を処理チャンバに導入することができる。これは、コーティングを上へ堆積するMEMSの粒子汚染を回避するために、記載された手法から水を排除する、あるいは水の量を慎重に制御することの何れかを教示する所与の先行技術の試みを驚かすものである。加えて、上記手法における動作圧力は、先行技術のシステムに利用される圧力よりも著しく高くすることができる。これらの動作パラメータの双方は、前駆体物質の堆積時間が、先行技術において既に公表されているよりも著しく短縮されるように組み合わせられる。

【0070】

本書に記載された手法の更なる利点は、所望の前駆体蒸気圧を得るために、処理チャンバを加熱する必要がない点である。これは、処理および付随の設定をより複雑でないものとし、処理全体をさらに費用対効果の高いものとするため、明らかな利点である。

【0071】

本発明は、デバイス上にコーティングを堆積するのに適した堆積法を記載している。この方法は、微小電気機械構造(MEMS)上に自己組織化単分子膜(SAM)のコーティングを堆積するのに特に適している。この方法は、デバイスが内部に配置される処理チャンバに堆積蒸気を形成するためにキャリアガスを利用しており、堆積蒸気は、制御された

量の蒸気の前駆体物質と蒸気の反応体物質とを含んでいる。記載された手法を利用することにより、反応体物質と前駆体物質の容積比が当該分野に既に利用されている比率よりも著しく高い場合であっても、デバイスの粒子汚染による問題となる影響を回避する。蒸気の前駆体物質は、水を含む関連する蒸気の反応体物質と共にMEMSに反スティクションコーティングを提供する種類のものとしてすることができる。

【0072】

本発明の以上の記載は、図示し説明することを目的に示されており、本発明を開示された厳密な形態で網羅するあるいは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用途を最良に説明し、これにより、当該技術分野における当業者が、本発明を様々な実施形態で、且つ意図された特定の用途に適するよう様々な改変と共に最良に利用することができるように、選択し記載されている。したがって、添付された特許請求の範囲に規定されるような発明の範囲から逸脱することなく、更なる改変または変更を組み込むことができる。

10

【図1】

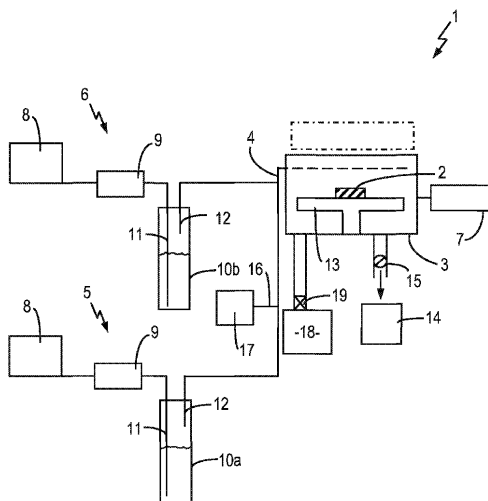


Fig. 1

【図2】

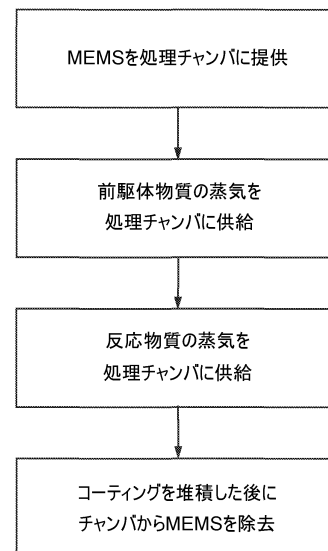


Fig. 2

フロントページの続き

(56)参考文献 特表2008-544852(JP,A)
特開平05-121568(JP,A)
特開平11-293461(JP,A)
特開2005-213633(JP,A)
特表2006-515038(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0109277(US,A1)
特表2007-505220(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0271893(US,A1)
米国特許出願公開第2008/0299288(US,A1)
米国特許出願公開第2003/0161949(US,A1)
特開2003-168683(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0037627(US,A1)
米国特許出願公開第2007/0160774(US,A1)
米国特許第05525550(US,A)
米国特許出願公開第2002/0164879(US,A1)
特開平09-082705(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0206579(US,A1)
特開2006-040936(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56
B81B 7/02
B82Y 40/00
H01L 21/316