

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3974574号
(P3974574)

(45) 発行日 平成19年9月12日(2007.9.12)

(24) 登録日 平成19年6月22日(2007.6.22)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 4 R 19/04 (2006.01)		HO 4 R 19/04	
HO 4 R 1/00 (2006.01)		HO 4 R 1/00	3 2 1
HO 1 L 29/84 (2006.01)		HO 1 L 29/84	Z

請求項の数 27 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2003-501227 (P2003-501227)	(73) 特許権者	503115711
(86) (22) 出願日	平成14年5月29日(2002.5.29)		ソニオンエムイーエムエス・アクティーゼ
(65) 公表番号	特表2005-508579 (P2005-508579A)		ルスカブ
(43) 公表日	平成17年3月31日(2005.3.31)		S o n i o n M E M S A / S
(86) 国際出願番号	PCT/DK2002/000365		デンマーク、デーコー4000ロスキレ
(87) 国際公開番号	W02002/098166		、ビレデット12番
(87) 国際公開日	平成14年12月5日(2002.12.5)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成16年11月10日(2004.11.10)		弁理士 青木 篤
(31) 優先権主張番号	09/867,606	(74) 代理人	100092624
(32) 優先日	平成13年5月31日(2001.5.31)		弁理士 鶴田 準一
(33) 優先権主張国	米国(US)	(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100113826
			弁理士 倉地 保幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】疎水層供給方法及び該層を有するコンデンサ・マイクロフォン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンデンサ・マイクロフォンのダイアフラムと背面極との間のスティクションを回避するように、該コンデンサ・マイクロフォンの前記ダイアフラムの少なくとも一部分及び前記背面極の少なくとも一部分に疎水層を備える方法であって、

前記ダイアフラムの内面が前記背面極の内面と共同してコンデンサを形成したコンデンサ・マイクロフォンを提供する段階と、

前記ダイアフラム及び前記背面極の各内面上に、前記背面極と前記ダイアフラムのどちらか一方に、又は、前記背面極と前記ダイアフラムの双方に設けられた複数の開口を通して、前記疎水層を供給する段階と、

を有する前記方法。

【請求項2】

前記ダイアフラム及び前記背面極の各内面は、少なくとも、親水性材料で作成される請求項1に記載の前記方法。

【請求項3】

前記疎水層を供給する段階は、各々の最小寸法が、10 μ mを超えない、例えば、5 μ mを超えず、1 μ mを超えず、0.5 μ mを超えない複数の開口を介して、前記疎水層を供給することで実施される請求項1又は2に記載の前記方法。

【請求項4】

前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離は、10 μ mより小さいものであり、

例えば、 $5\text{ }\mu\text{m}$ より小さく、 $1\text{ }\mu\text{m}$ より小さく、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ より小さく、 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ より小さいものである請求項1乃至3のいずれか一項に記載の前記方法。

【請求項5】

前記疎水層を供給する段階は、ポリシリコン、シリコン酸化物、シリコン窒化物及び／又はシリコンリッチ・シリコン窒化物の表面に対して疎水層を化学結合し、前記疎水層により、前記結合が形成される表面から離れる方向に疎水鎖が形成されることで実施される請求項1乃至4のいずれか一項に記載の前記方法。

【請求項6】

前記疎水層を供給する段階は、
単分子層を形成する段階と、
前記単分子層の各分子間を架橋し、前記各表面に対して前記単分子層を多数結合させる段階と、
を備える請求項1乃至4のいずれか一項に記載の前記方法。

10

【請求項7】

前記疎水層の原料物質は、アルキルシランを含む請求項1乃至6のいずれか一項に記載の前記方法。

【請求項8】

前記疎水層の原料物質は、過ハロアルキルシランを含む請求項1乃至6のいずれか一項に記載の前記方法。

【請求項9】

前記各内面上に供給される前記疎水層の原料物質の液相から成る液体中に、前記ダイアフラムの少なくとも一部分と前記背面極の少なくとも一部分とを置く段階を含む請求項1乃至8のいずれか一項に記載の前記方法。

20

【請求項10】

前記各内面上に供給される前記疎水層の原料物質の気相を含む容器内に、前記ダイアフラムの少なくとも一部分と前記背面極の少なくとも一部分とを置く段階を含む請求項1乃至8のいずれか一項に記載の前記方法。

【請求項11】

供給される前記疎水層が、水に対して、 90° 乃至 130° の接触角、例えば、 100° 乃至 110° の接触角を有する請求項1乃至10のいずれか一項に記載の前記方法。

30

【請求項12】

供給される前記疎水層は、 -40° 乃至 130°C の温度、例えば、 -30°C 乃至 110°C の温度において安定である請求項1乃至11のいずれか一項に記載の前記方法。

【請求項13】

供給される前記疎水層は、少なくとも 400°C までの温度において、少なくとも5分間に互り安定である請求項1乃至11のいずれか一項に記載の前記方法。

【請求項14】

ダイアフラム及び背面極を含む超小型電気機械的マイクロフォンであって、
前記ダイアフラムの内面が前記背面極の内面と共同してコンデンサを形成し、
前記背面極及び／又は前記ダイアフラムには、複数の開口が設けられ、
前記各内面は、疎水層を備え、
前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離が、 $10\text{ }\mu\text{m}$ より小さいものである超小型電気機械的マイクロフォン。

40

【請求項15】

前記ダイアフラム及び前記背面極の各内面は、少なくとも、親水性材料で作成される請求項14に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項16】

前記開口の各々の最小寸法が、 $10\text{ }\mu\text{m}$ を超えないものであり、例えば、 $5\text{ }\mu\text{m}$ を超えず、 $1\text{ }\mu\text{m}$ を超えず、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ を超えないものである請求項14又は15に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

50

【請求項 17】

前記開口の各々の最小寸法が、約 3 μm である請求項 14 又は 15 に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項 18】

前記疎水層は、架橋された分子からなり、前記ダイアフラム及び前記背面極の表面に多数結合された単分子層である請求項 14 乃至 17 のいずれかに一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項 19】

前記多数結合された単分子層は、前記ダイアフラム及び前記背面極の表面から離れる方向に疎水鎖を形成している請求項 18 に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

10

【請求項 20】

前記単分子層は、構造化された単分子層である請求項 18 又は 19 に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項 21】

前記ダイアフラム及び前記背面極は、ポリシリコン、シリコン酸化物、シリコン窒化物及び／又はシリコンリッチ・シリコン窒化物のグループから選択された各材料で作成される請求項 14 乃至 20 のいずれか一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項 22】

前記疎水層の原料物質は、過フルオロアルキルシラン、アルキシラン、又は、過ハロアルキルシランである請求項 14 乃至 21 のいずれか一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

20

【請求項 23】

前記開口の数は、30000 個程度である請求項 14 乃至 22 のいずれか一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項 24】

前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離が、5 μm より小さく、例えば、1 μm より小さく、0.5 μm より小さく、0.3 μm より小さいものである請求項 14 乃至 23 のいずれか一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項 25】

前記疎水層は、水に対する 90° 乃至 130° の接触角、例えば、100° 乃至 110° の接触角を有する請求項 14 乃至 24 のいずれか一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

30

【請求項 26】

前記疎水層は、-40° 乃至 130℃ の温度において、例えば、-30℃ 乃至 110℃ の温度において安定である請求項 14 乃至 25 のいずれか一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【請求項 27】

前記疎水層は、少なくとも、400℃ までの温度において、5 分間に亙り安定である請求項 14 乃至 25 のいずれか一項に記載の超小型電気機械的マイクロフォン。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、微小構造 (microstructure) の各内面に、特に、コンデンサ・マイクロフォンの各内面間のスティクション (stiction) を回避若しくは防止するため、該内面に対して疎水層を供給する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超小型電気機械的システム (MEMS) デバイスの製造及び作業工程 (operation) の間、そのデバイスにおける移動表面と実質的な静止表面との間などの各表面間の付着 (adhesion) によって、故障が生じることは公知である。この現象はスティクションと称される。

50

スティクションは、典型的には、大きさが1～3 μm程度の寸法を有する微小構造において生ずる可能性が高く、これは、表面積又は体積比が増大するにつれて、スティクションを引き起こす表面力に対応して大きくなるからである。スティクションは、基板、又は、別の弾性的な若しくは堅固な対向表面と接触して、吊下された微小構造を引張るように、洗浄液体の表面張力が十分に強力な場合に、微小構造のリリース後に、製造プロセスの間、若しくは、製造プロセスの後（即ち、作業工程の間）において生ずることがあり、永続的な付着となることがある。この種のスティクションは、「リリース後スティクション（after-release stiction）」と称される。或いは、更に、例えば、微小構造が高湿度の環境若しくは温度が変化する環境に晒されたときのように、好適なリリースの後でも、スティクションは生じることがある。もし、微小構造が最初に湿気の在る環境に晒されると、水蒸気が凝縮して、デバイス表面上に水膜又は水滴が形成される。デバイス作業工程の間において、2つの表面間の距離が減少し、一方の表面の水膜又は水滴が対向表面に接触したとき、2つの表面は相互に貼り付く。この現象は、通常のデバイス作業工程の間に生じることがあることから、「使用中スティクション（in-use stiction）」と称される。使用中スティクションは、特に、例えば、ダイアフラム及び背面極（back-plate）の各対向表面が相互に組み合わされて、コンデンサを形成する微小構造において、特に問題である。これは、例えば、コンデンサ・マイクロフォン及びコンデンサ圧力センサの場合である。

10

【0003】

本発明は、微小構造、特に、MEMSコンデンサ・マイクロフォンにおけるスティクションを防止する方法に関する。

20

【0004】

更に、問題となる各表面に対して疎水層を適用すれば、上記問題が解決され、又は、少なくとも緩和されることは公知である。このことは、例えば、以下に示す文献等に記述されている。米国特許第5,822,170号；スイス、NeuchaetelのCSEM科学技術報告の第26頁におけるP. Voumard等による「微小システムに対するスティクション防止用疎水性表面」（"Anti-Stiction Hydrophobic Surfaces for Microsystems" by P. Voumard, et al., CSEM scientific and technical report 1998, Neuchaetel, Switzerland, 26）；1999年7月7～10日の仙台での変換器学会論文報告集の第34～37頁におけるMatsumoto等の「CH₄/C₄F₈の比率及び基板温度に関するプラズマ重合弗化炭素膜の特性」（"The property of plasma polymerized fluorocarbon film in relation to CH₄/C₄F₈ ratio and substrate temperature" by Y. Matsumoto, et al., Proc. of Transducers '99, June 7-10, 1999, Sendai, Japan, 34-37）；1996年6月2～6日のサウスカロライナ、ヒルトンヘッドのソリッドステート・センサ及びアクチュエータ研究会におけるM.R.Houston等による「ポリシリコン微小構造に対する耐久性スティクション防止被覆としての自己集合単層膜」（"Self-Assembled Monolayer Films as Durable Anti-Stiction Coatings for Polysilicon Microstructures" by M. R. Houston, et al. Solid-State Sensor and Actuator Workshop Hilton Head, South Carolina, June 2-6, 1996, 42-47）；1997年3月、雑誌「超小型電気機械的システム」、第6巻、第1号におけるP.F.Man等による「共形弗化炭素被覆を用いた微小構造におけるリリース後付着の排除」（"Elimination of Post-Release Adhesion in Microstructures Using Conformal Fluorocarbon Coatings" by P. F. Man, et al., Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 6, No. 1, March 1997）；1999年7月7～10日の仙台での変換器学会論文報告集の第522-525頁におけるS.Tatic-Lucid等の「マイクロ機械的デバイスのスティクション防止方法：性能の統計的比較」（"Anti-Stiction Methods for Micromechanical Devices: A Statistical Comparison of Performance" by S. Tatic-Lucid, et al., Proc. of Transducers '99, June 7-10, 1999, Sendai, Japan, 522-525）；1999年7月7～10日の仙台での変換器学会論文報告集の第30～33頁におけるC.-H.Oh等による「スティクション減少のための新たな種類の表面改変法」（"A New Class of Surface Modification for Stiction Reductio

30

40

50

n", by C.-H. Oh, et al., Proc. of Transducers '99, June 7-10, 1999, Sendai, Japan, 30-33); 1999年7月7～10日の仙台での変換器学会論文報告集の第22～25頁におけるR. Maboudinによる「表面微小構造に対するスティクション防止被覆としての自己集合単層」("Self-Assembled Monolayers as Anti-Stiction Coatings for Surface Microstructures", by R. Maboudin, Proc. of Transducers '99, June 7-10, 1999, Sendai, Japan, 22-25); 及び、1999年7月7～10日の仙台での変換器学会論文報告集の第26～29頁におけるJ. Sakata等による「ケイ素微小構造に対する気相析出プロセスによるスティクション防止シラン化被覆」("Anti-Stiction Silanization Coating to Silicon Micro-Structures by a Vapor Phase Deposition Process", by J. Sakata, et al., Proc. of Transducers '99, June 7-10, 1999, Sendai, Japan, 26-29)。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述の文献等は、好適には、Siウエハ又はポリシリコン層などのケイ素材料から作成された微小構造の表面に対する、例えば、自己集合単層 (self-assembled mono-layer: SAM) などの疎水層の析出を記述している。この析出は、基本的に、上記微小構造を連続的に種々の液体内に配置することで行われる。しかし、上記した1999年7月7～10日の仙台での変換器学会論文報告集の第26～29頁におけるJ. Sakata等による「ケイ素微小構造に対する気相析出プロセスによるスティクション防止シラン化被覆」における析出では、気相析出プロセス (乾式プロセス) によって実施されており、その場合に、微小構造は、気体若しくは蒸気を含む容器内に置かれる。このプロセスの利点は、複雑な微小構造の内側においてでも、そして、狭幅間隙がある空間の内側においてでも、均質な被覆が得られることである。しかし、気相析出プロセスを用いると、液相析出プロセスを用いて析出された疎水層の表面よりも、構造化が少ない表面を有する疎水層になることが分かった。これは、単層を形成する分子が、表面に対する結合の形成の他にも相互結合を形成するという事実 に依るものである。一定の可能性により、この反応は、気相においても既に生じている。それ故、表面に対して、それ以上は化学結合し得ない分子クラスタ、又は、表面に対して部分的にのみ化学結合し得る分子クラスタが析出される。これは、構造化の少ない層に帰着することから、粗い表面になり、そのため、材料表面が高度に疎水性にされたとしても、その表面に対しては水滴が付着する。故に、上記表面の疎水特性は、部分的に若しくは可能的には、全体的に減少される。更に、該文献に記述された上記プロセスは、特殊な機器を必要とする。これに加え、上記疎水層が適用される前に、犠牲層が除去されねばならず、そして、上記構造がリリースされねばならない。このリリース・プロセスは、一定の歩留まりによる重要なプロセスであり、製造プロセスの全体的歩留まりを減少し且つ製造コストを増大するものである。上記気相析出は、また、圧送段階も必要とし、高速な圧力過渡現象によるスティクションのリスクがある。そのため、液体材料から実施される被覆プロセスが好適である。

【0006】

故に、微小構造の内側部分に対し、疎水層の疎水特性が維持される如き手法で該疎水層を配備する方法を提供し得ることが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の目的は、狭幅間隙がある内側空間を有する微小構造に対してでも、高度に構造化された層が適用されるような手法によって、微小構造に対して疎水層を配備する方法を提供することにある。

【0008】

本発明の更なる目的は、微小構造に対する製造プロセスの本来部分として導入される微小構造に対して疎水層を供給する方法を提供するに在る。

【0009】

本発明の別の目的は、微小構造の製造における加工工程数を最小化する、微小構造に対して疎水層を供給する方法を提供することにある。

【0010】

本発明の更なる目的は、スティクション現象が回避される超小型電気機械的マイクロフォンを提供することにある。

【0011】

本発明によれば、上記の及び他の目的が、

コンデンサ・マイクロフォンのダイアフラムと背面極との間のスティクションを回避するように、該コンデンサ・マイクロフォンのダイアフラムの少なくとも一部分と背面極の少なくとも一部分とに対して疎水層を備える方法であって、

前記ダイアフラムの内面は背面極の内面と共同してコンデンサを形成するコンデンサ・マイクロフォンを提供する段階と、

前記ダイアフラム及び前記背面極の各内面上に、前記背面極と前記ダイアフラムのどちらか一方に、又は、前記背面極と前記ダイアフラムの双方に設けられた複数の開口を介して、疎水層を供給する段階と、
を備えた方法、により満足される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

前記コンデンサ・マイクロフォンは、例えば、大気中を伝搬する通常の音波を記録するマイクロフォンとすることができる。但し、それは、或いは、更に、例えば、湿気の在る非常に高温の、若しくは、非常に低温の環境などの厳しい環境における測定を実施できるマイクロフォンとすることもできる。この場合に、コンデンサ・マイクロフォンは、斯かる極限条件下で機能することが必要である。而して、マイクロフォンの内側部分上には、水蒸気（若しくは、マイクロフォンが接触する可能性のある他の蒸気）が容易には凝縮しないことが特に重要であり、それは、その様な凝縮がダイアフラムと背面極との間の水滴及びスティクションの原因となり、マイクロフォンの機能性が低下するからである。また、エアギャップにおける水が乾燥すると、背面極及びダイアフラムは、再び分離されねばならない。本発明によれば、斯かる凝縮は、ダイアフラムと背面極の少なくとも一部分とに対して疎水層を配備することで、防止され、若しくは、少なくとも減少される。

【0013】

前記マイクロフォンは、好適には、MEMSマイクロフォンであり、即ち、少なくともダイアフラム及び／又は背面極は、半導体技術を用いて製造される。

【0014】

前記マイクロフォンのダイアフラムの内面及び背面極の内面は、コンデンサを形成する。実質的に静止的である背面極に関して、前記ダイアフラムは移動可能であることから、前記コンデンサのキャパシタンスは、前記ダイアフラムと前記背面極との間の直接距離に依存する。

【0015】

前記疎水層は、前記ダイアフラム及び前記背面極の各内面上に、複数の開口を介して供給される。前記開口は、前記背面極に、ダイアフラムに、及び／又は、ダイアフラムと背面極との間に位置される。故に、前記マイクロフォンが、アクセスし難い小さなキャビティを備えていても、被覆材料は、マイクロフォンの前記各内面に対して均質な構造化様式で適用される。更に、この被覆プロセスは、通常の製造手順に連続して好適に適用されることができる。故に、被覆プロセスの前に、通常の製造段階の後で、マイクロフォンを乾燥することも、該プロセスに対して特殊な機器を用いることも不要である。これにより、本発明の被覆プロセスは、コスト効率的に実施が容易となり、商業目的に対して非常に魅力的となる。

【0016】

気相析出に対し、また、液体析出に対しては、更に、析出プロセスの動態力学が考慮されねばならない。而して、0.5 mm乃至2 mmの典型的な横方向寸法（背面極の半径又

10

20

30

40

50

はダイアフラムの辺長) 及び僅かな $0.3 \mu\text{m}$ 乃至 $10 \mu\text{m}$ の典型的なエアギャップ高さを備えたMEMSマイクロフォンのエアギャップ内へと、被覆材料を析出することは非常に困難である。これらの大きなアスペクト比により、析出速度は低下すると共に、プロセスは非常に時間を消費して非効率的となる。前記エアギャップの中央部分に対して直接アクセスを行うために、前記析出は、前記背面極における複数の開口、ダイアフラムにおける複数の開口、及び／又は、背面極及びダイアフラムの周縁部における間隙を介して実施されねばならない。これにより、前記プロセスは更に高速になることから、更にコスト効率的となる。

【0017】

前記ダイアフラム及び前記背面極の少なくとも各内面は、親水性材料で作成される。ダイアフラム内面及び／又は背面極の内面が親水性であると、エアギャップ体積から水が乾燥したとき、この特性によりスティクションが引き起こされる。而して「親水性材料 (hydrophilic material)」という語句は、水に対して 90° 未満の接触角を示す表面を有する材料として解釈される。故に、親水性表面上には、水滴が容易に形成される。親水性表面を形成する材料としては、例えば、ケイ素、ポリシリコン、 SiO_2 、 Si_xN_y (Si_3N_4 など)、又は、他の任意の適切な材料が挙げられる。

10

【0018】

但し、ダイアフラムの内面及び／又は背面極の内面は、改善される必要のある疎水特性を有しても良い。

【0019】

20

本発明の一実施例において、前記開口の各々の最小寸法は、 $10 \mu\text{m}$ を超えないものであり、例えば、 $7 \mu\text{m}$ を超えず、 $5 \mu\text{m}$ を超えず、 $3 \mu\text{m}$ を超えず、 $1 \mu\text{m}$ を超えず、 $0.7 \mu\text{m}$ を超えず、 $0.5 \mu\text{m}$ を超えないなどのようである。故に、開口の各々の最小寸法は、約 $3 \mu\text{m}$ とされ、例えば、約 $2 \mu\text{m}$ 、約 $4 \mu\text{m}$ 、約 $2.5 \mu\text{m}$ 、約 $3.5 \mu\text{m}$ 、約 $2.7 \mu\text{m}$ 、又は、約 $3.2 \mu\text{m}$ などのようである。或いは、開口の各々の最小寸法は、更に大寸とすることもできる。開口の各々の最小寸法は、また、更に小寸とすることもできる。

【0020】

前記開口の一個以上は、実質的に円形孔として形成されるが、その場合に、開口の各々の最小寸法は、この孔の直径を指している。或いは、更に、前記開口の一個以上は、長寸の溝として形成されてもよいが、その場合には、開口の各々の最小寸法は、この溝の横断サイズを指している。或いは、更に、前記開口の一個以上は、正方形、長方形、又は、他の任意の多角形状に形成されてもよく、又は、前記開口の一個以上は、他の任意の適切な手法で形成されてもよい。

30

【0021】

前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離は、好適には、 $10 \mu\text{m}$ より小さいものであり、例えば、 $7 \mu\text{m}$ より小寸であり、 $5 \mu\text{m}$ より小寸であり、 $3 \mu\text{m}$ より小寸であり、 $1 \mu\text{m}$ より小寸であり、 $0.7 \mu\text{m}$ より小寸であり、 $0.5 \mu\text{m}$ より小寸であり、 $0.3 \mu\text{m}$ より小寸であり、略々 $0.2 \mu\text{m}$ などのようである。故に、前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離は、約 $1 \mu\text{m}$ であり、例えば、約 $0.5 \mu\text{m}$ 、約 $0.7 \mu\text{m}$ 、約 $0.9 \mu\text{m}$ 、約 $1.2 \mu\text{m}$ 、又は、約 $1.5 \mu\text{m}$ などのようである。

40

【0022】

上記の「静的距離 (static distance)」という語句は、前記ダイアフラムが静的平衡にあるときのダイアフラムと背面極との間の距離と解釈される。この場合、ダイアフラム及び背面極の各内面は、相互に対して通常的に略々平行であり、そして、「静的距離」は、2つの平行な内面に直交する方向に沿うこれらの内面間の距離と理解される。

【0023】

前記疎水層を配備する段階は、ポリシリコン、シリコン酸化物、シリコン窒化物及び／又はシリコンリッチ・シリコン窒化物の表面に対して疎水層を化学結合し、そして、該結合を形成する表面から離れる方向に前記疎水層から疎水鎖を形成することによって実施さ

50

れる。

【0024】

この場合に、少なくとも前記ダイアフラム及び／又は前記背面極は、上述された材料の内の一種以上から製造される。

【0025】

前記疎水層を供給する段階は、

単分子層を形成する段階と、

前記単分子層の各分子間を架橋し、そして、前記各表面に対して前記単分子層を多数結合 (multi binding) させる段階と、を備えている。

【0026】

この実施例において、供給された疎水層は、非常に耐久性があり、且つ、安定している。

【0027】

前記疎水層の原料物質は、

$C_n H_{2n+1} C_2 H_4 SiX_3$; $X = OCH_3$ 又は $OCH_2 CH_3$ 又は Cl であり ; $n = 1, 2, 3, \dots$ であり、
 $C_n H_{2n+1} C_2 H_4 SiX_2 Y$; $X = OCH_3$ 又は $OCH_2 CH_3$ 又は Cl であり、 $Y = C_m H_{2m+1}$ であり、 $n = 1, 2, 3, \dots$ であり、 ; $m = 1, 2, 3, \dots$ であり、又は、

$C_n H_{2n+1} C_2 H_4 SiXY_2$; $X = OCH_3$ 又は $OCH_2 CH_3$ 又は Cl であり、 $Y = C_m H_{2m+1}$ であり、 $n = 1, 2, 3, \dots$ であり、 $m = 1, 2, 3, \dots$ であるようなアルキルシランを含む。

【0028】

或いは、前記疎水層の原料物質は、

$C_n F_{2n+1} C_2 H_4 SiX_3$; $X = OCH_3$ 又は $OCH_2 CH_3$ 又は Cl であり、 $n = 1, 2, 3, \dots$ であり、

$C_n F_{2n+1} C_2 H_4 SiX_2 Y$; $X = OCH_3$ 又は $OCH_2 CH_3$ 又は Cl であり、 $Y = C_m H_{2m+1}$ であり ; $n = 1, 2, 3, \dots$ であり ; $m = 1, 2, 3, \dots$ であり、又は、

$C_n F_{2n+1} C_2 H_4 SiXY_2$; $X = OCH_3$ 又は $OCH_2 CH_3$ 又は Cl であり、 $Y = C_m H_{2m+1}$ であり、 $n = 1, 2, 3, \dots$ であり、 $m = 1, 2, 3, \dots$ であるような、例えば、過フルオロアルキルシランなどの過ハロアルキルシランを含む。

【0029】

上記方法は、更に、前記各内面上に供給される前記疎水層材料の液相から成る液体中に、ダイアフラムの少なくとも一部分と背面極の少なくとも一部分とを置く段階を備えている。この実施例において、前記疎水層は、液相析出方法を用いて供給される。上述されたように、これは、通常、高度に構造化された単層の析出に帰着する。

【0030】

或いは、上記方法は、更に、前記各内面上に供給される前記疎水層の原料物質の気相を含む容器内に、ダイアフラムの少なくとも一部分と背面極の少なくとも一部分とを置く段階を備えている。前記容器は、或いは、更に、疎水層原料物質の蒸気を含み。この実施例において、前記疎水層は、蒸着方法を用いて供給される。

【0031】

好適には、供給される前記疎水層は、水に対して、 90° 乃至 130° の接触角、例えば、 100° 乃至 110° の接触角を有する。

【0032】

供給される前記疎水層は、 -40° 乃至 $130^\circ C$ の温度、好適には、 $-30^\circ C$ 乃至 $110^\circ C$ の温度において安定である。それは、好適には、少なくとも $400^\circ C$ までの温度において少なくとも 5 分間に互に安定である。

【0033】

別の見地によれば、本発明は、ダイアフラム及び背面極を備えたコンデンサ・マイクロフォンであって、前記ダイアフラムの内面は前記背面極の内面と組み合わせられてコンデンサを形成し、前記背面極及び／又は前記ダイアフラムは、複数の開口を備え、前記各内面は、疎水層を備え、そして、前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離が $10 \mu m$ より小さなコンデンサ・マイクロフォンを提供している。

【0034】

故に、本発明に係る前記コンデンサ・マイクロフォンは、狭幅空間又はキャビティ（即ち、背面極及びダイアフラムの各内面により画成された空間又はキャビティ）の各内面が疎水層を備えた微小構造である。前記疎水層は、最も好適には、即ち、上述された方法によれば、複数の開口を介して供給されている。

【0035】

少なくともダイアフラム及び背面極の各内面は、上述されたように、親水性材料から作成されている。但し、前記ダイアフラムの内面及び／又は前記背面極の内面は、或る程度まで、改善することが望ましい疎水特性を保有している。

【0036】

好適には、前記開口の各々の最小寸法は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ を超えないものであり、例えば、 $5\text{ }\mu\text{m}$ を超えず、 $1\text{ }\mu\text{m}$ を超えず、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ を超えない。故に、前記開口の各々の最小寸法は、約 $3\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0037】

前記疎水層の原料物質は、

$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_2\text{H}_4\text{SiX}_3$ ； $\text{X}=\text{OCH}_3$ 又は OCH_2CH_3 又は Cl であり、 $n=1, 2, 3, \dots$ であり、
 $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_2\text{H}_4\text{SiX}_2\text{Y}$ ； $\text{X}=\text{OCH}_3$ 又は OCH_2CH_3 又は Cl であり、 $\text{Y}=\text{C}_m\text{H}_{2m+1}$ であり、 $n=1, 2, 3, \dots$ であり、 $m=1, 2, 3, \dots$ であり、又は、
 $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_2\text{H}_4\text{SiXY}_2$ ； $\text{X}=\text{OCH}_3$ 又は OCH_2CH_3 又は Cl であり、 $\text{Y}=\text{C}_m\text{H}_{2m+1}$ であり、 $n=1, 2, 3, \dots$ であり、 $m=1, 2, 3, \dots$ であるようなアルキルシランを含む。

【0038】

或いは、前記疎水層の原料物質は、

$\text{C}_n\text{F}_{2n+1}\text{C}_2\text{H}_4\text{SiX}_3$ ； $\text{X}=\text{OCH}_3$ 又は OCH_2CH_3 又は Cl であり、 $n=1, 2, 3, \dots$ であり、
 $\text{C}_n\text{F}_{2n+1}\text{C}_2\text{H}_4\text{SiX}_2\text{Y}$ ； $\text{X}=\text{OCH}_3$ 又は OCH_2CH_3 又は Cl であり、 $\text{Y}=\text{C}_m\text{H}_{2m+1}$ であり、 $n=1, 2, 3, \dots$ であり、 $m=1, 2, 3, \dots$ であり、又は、
 $\text{C}_n\text{F}_{2n+1}\text{C}_2\text{H}_4\text{SiXY}_2$ ； $\text{X}=\text{OCH}_3$ 又は OCH_2CH_3 又は Cl であり、 $\text{Y}=\text{C}_m\text{H}_{2m+1}$ であり、 $n=1, 2, 3, \dots$ であり、 $m=1, 2, 3, \dots$ である、例えば、過フルオロアルキルシランなどの過ハロアルキルシランを含む。

【0039】

前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離は、 $5\text{ }\mu\text{m}$ より小寸とされ、例えば、 $1\text{ }\mu\text{m}$ より小寸であり、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ より小寸であり、 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ より小寸であるなどのようである。故に、前記ダイアフラムと前記背面極との間の静的距離は、約 $1\text{ }\mu\text{m}$ とされ、例えば、約 $0.9\text{ }\mu\text{m}$ などのようである。

【0040】

前記疎水層は、水に対して、 90° 乃至 130° の接触角を有し、好適には、 100° 乃至 110° の如き接触角を有すると共に、該層は、 -40° 乃至 130°C の温度で、好適には、 -30°C 乃至 110°C の温度にて安定である。最も好適には、前記疎水層は、少なくとも 400°C までの温度で、少なくとも5分間に互り安定である。

【0041】

図1乃至図3は、コンデンサ・マイクロフォン1に対して疎水性被覆を適用する段階を含み、本発明に従って実施されるマイクロフォン1に対する製造プロセスにおける最後の部分を示している。

【0042】

マイクロフォン1は、支持構造2、背面極3及びダイアフラム4を備える。支持構造2は、好適には、シリコン基板から作成され、背面極3は、好適には、ポリシリコンから作成され、そして、ダイアフラム4は、好適には、ポリシリコン／シリコンリッチ・シリコン窒化物（各層5）の積層体から作成される。背面極3は、疎水性被覆材料が通過し得る複数の開口6を備える（以下を参照）。各図においては、例示的に、5個の開口6が示されている。但し、実際に、 $1\times 1\text{ mm}^2$ の背面極に生じる開口6の個数は、典型的には、 $30,000$ 個程度である。ダイアフラム4は、音圧により移動可能であり、背面極3は

10

20

30

40

50

、実質的に静止的であり、そして、ダイアフラム 4 及び背面極 3 が組み合わされることでコンデンサが形成され、このコンデンサのキャパシタンスは、両者間の直接距離に依存する。

【0043】

マイクロフォン 1 を製造する間に、エアギャップ高さを規定すべく、該マイクロフォン 1 には、犠牲層 7 が適用される。犠牲層 7 は、好適には、 SiO_2 、 SiON 又は SiGeON から作成される。通常的に行われるプロセス段階が実施されるときには、背面極 3 に関してダイアフラム 4 が移動するのを許容するように、犠牲層 7 は、少なくとも部分的に除去される必要がある。この犠牲層 7 は、 HF （フッ化水素酸）を用いると共に、水洗浄が追従するというエッチングプロセスにより除去され得る。図 1 は、犠牲層エッチングプロセスの以前に 10
おけるマイクロフォン 1 を示し、図 2 は、犠牲層エッチングプロセスが行われた後のマイクロフォン 1 を示す。図 1 において存在する犠牲層 7 が、図 2 のマイクロフォン 1 からは除去されていることが分かる。

【0044】

マイクロフォン 1 は、次に、所謂、「ピラニア洗浄」により洗浄される。即ち、マイクロフォン 1 は、3 部の H_2O_2 及び 7 部の H_2SO_4 から成る液体を含む容器内に浸漬される。引き続き、マイクロフォン 1 は、水洗浄される。

【0045】

水洗浄の後で、マイクロフォン 1 は、IPA洗浄を実施されるべく、イソプロパノール（IPA、2-プロパノール）を含む容器内に移し換えられる。この段階は、2 回反復され、即 20
ち、マイクロフォン 1 は、新たな IPA 溶液を含む更なる 2 個の容器へと移し換えられる。引き続き、マイクロフォン 1 は、ヘプタン洗浄を実施されるべく、ヘプタンを含む容器へと移し換えられる。この段階も、上述されたように、2 回反復される。

【0046】

次に、シラン析出により、実際の被覆段階が実施される。これは、過フルオロアルキルシランなどの過ハロアルキルシラン又はアルキルシラン、即ち、実際の疎水性被覆材料と共にヘプタンを含む容器へと、前記マイクロフォンを移し換えることで行われる。背面極 3 に供給された開口 6 により、被覆材料は、マイクロフォン 1 の内側部分、即ち、背面極 3 及びダイアフラム 4 の夫々の対向表面により画成された部分へと進入する。故に、前記被覆材料は、背面極 3 及びダイアフラム 4 の各内面などである内側部分の表面に対して析 30
出される。更に、前記析出は、液相析出方法を用いて実施されることから、結果的に、疎水層は、構造化単層である。故に、前記材料の疎水特性は、高レベルで維持される。

【0047】

引き続き、先ず、上述のヘプタン洗浄段階が、次いで、IPA洗浄段階が反復される。次に、マイクロフォン 1 は水洗浄され、乾燥され、そして、被覆を安定化すべく、ポストバーク（post-bake）される。

【0048】

上述された IPA 洗浄段階、ヘプタン洗浄段階、被覆プロセス及び／又は水洗浄段階は、代替的に容器内の溶液を連続的に交換することで実施され得ることから、問題となる洗浄段階の間に、マイクロフォン 1 を一つの容器から別の容器に移し換えることが回避される 40
。これにより、空気に対するマイクロフォン 1 の露出が少なくなることから、被覆プロセスが終了する前に乾燥する可能性が低くなる。これにより、被覆プロセスの操作は、更に容易となり、即ち、商業目的では更に魅力的となる。

【0049】

図 3 は、上述の被覆プロセスが実施された後のマイクロフォン 1 を示している。結果的な被覆は、点線により示される。

【0050】

上述の被覆プロセスは、好適には、通常の製造プロセスに連続して実施されることができる。

【0051】

10

20

30

40

50

故に、実施が容易であることから、商業目的として魅力的な、コンデンサ・マイクロフォンのダイアフラムを少なくとも一部分及び背面極を少なくとも一部分に疎水層を供給する方法が提供された。更に、ダイアフラムと背面極との間における使用中スティクションが回避され、又は、少なくとも相当程度まで防止されるコンデンサ・マイクロフォンが提供された。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】図1は、犠牲層 SiO_2 のエッチング前の製造プロセスの間におけるコンデンサ・マイクロフォンの断面図である。

【図2】図2は、犠牲層 SiO_2 のエッチングの後における図1に示されたコンデンサ・マイクロフォンの断面図である。

10

【図3】図3は、疎水性被覆が適用された後における図1及び図2に示されたコンデンサ・マイクロフォンの断面図である。

【図1】

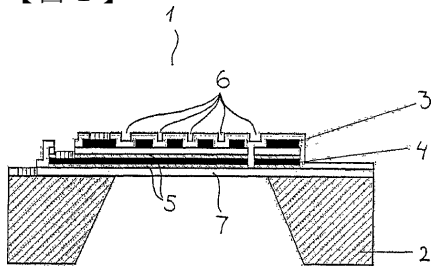


Fig. 1

【図2】

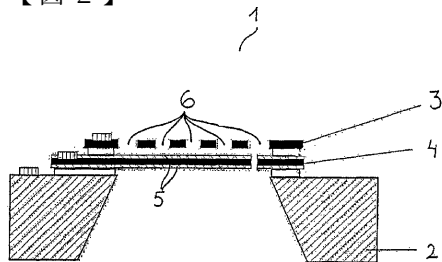


Fig. 2

【図3】

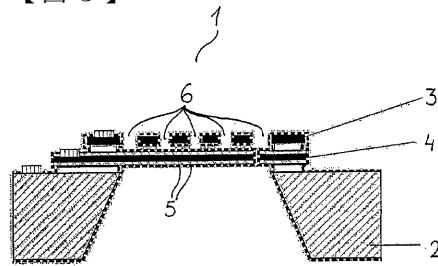


Fig. 3

フロントページの続き

- (74)代理人 100082898
弁理士 西山 雅也
- (72)発明者 ヨハンセン, イブ
デンマーク国, デーコー 3500 ベルレーセ, ムンケバイ 24
- (72)発明者 ラーセン, ニエルス ベント
デンマーク国, デーコー 2400 コパンハーゲン エンバー, フィフス, パーアレスティケー
アバイ 11
- (72)発明者 ムルレンボルン, マシアス
デンマーク国, デーコー 2800, リングビー, リングビー ローゼンベンゲ 23
- (72)発明者 ロムバッハ, ピルミン ヘルマン オット
デンマーク国, デーコー 2800 リングビー, クリスティアン エグスス アレ 92

審査官 新川 圭二

- (56)参考文献 特開平05-003600 (JP, A)
特開平10-290496 (JP, A)
特開昭61-074498 (JP, A)
特開2001-148897 (JP, A)
欧州特許出願公開第00849082 (EP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 19/04

H01L 29/84

H04R 1/00