

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5219366号
(P5219366)

(45) 発行日 平成25年6月26日 (2013.6.26)

(24) 登録日 平成25年3月15日 (2013.3.15)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 4 7 B

H O 1 L 21/304 6 4 7 Z

請求項の数 36 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-351409 (P2006-351409)
 (22) 出願日 平成18年12月27日 (2006.12.27)
 (65) 公開番号 特開2007-184599 (P2007-184599A)
 (43) 公開日 平成19年7月19日 (2007.7.19)
 審査請求日 平成21年12月24日 (2009.12.24)
 (31) 優先権主張番号 60/755,377
 (32) 優先日 平成17年12月30日 (2005.12.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 11/346,894
 (32) 優先日 平成18年2月3日 (2006.2.3)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 592010081
 ラム リサーチ コーポレーション
 LAM RESEARCH CORPOR
 ATION
 アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
 38, フレモント, クッシング パークウ
 ェイ 4650
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 エリック・エム・フリーア
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州950
 08 キャンプベル, ウェスト・リンコン
 ・アベニュー, 347, #エー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板洗浄方法および洗浄溶液

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を洗浄する基板洗浄方法であって、

分散相および連続相を有する洗浄溶液であって前記連続相内に粒子を分散した洗浄溶液を、前記基板の表面に供給する供給工程と、

前記連続相内に分散する粒子と前記基板上の表面汚染物とが係合するように、前記連続相内に分散する粒子を前記基板上の表面汚染物の近傍へ押し付ける押付工程と、

前記係合した粒子および表面汚染物を前記基板上から除去する除去工程とを備え、

前記洗浄溶液に分散する粒子は、有機酸からイオン化された界面活性剤分子の凝集体または集合体である、基板洗浄方法。 10

【請求項 2】

前記押付工程は、前記分散相と前記粒子との間に存在する前記連続相の部位を狭めて前記分散相と前記粒子とを近づけることを含む請求項 1 記載の基板洗浄方法。

【請求項 3】

前記押付工程は、前記粒子と前記表面汚染物との間に存在する前記連続相の部位を狭めて前記粒子と前記表面汚染物とを近づけることを含む請求項 1 または請求項 2 に記載の基板洗浄方法。

【請求項 4】

前記押付工程は、前記分散相の作用によって、前記連続相内に分散する粒子を前記基板 20

上の表面汚染物の近傍へ押し付ける工程を含む請求項 1 記載の基板洗浄方法。

【請求項 5】

前記洗浄溶液の分散相は、液体または気体である請求項 1 記載の基板洗浄方法。

【請求項 6】

前記押付工程は、前記連続相内に分散する粒子を変形させることによって、該粒子によって前記表面汚染物を部分的に包み込む工程を含む請求項 1 記載の基板洗浄方法。

【請求項 7】

前記界面活性剤分子は、有機酸のイオン化形態である請求項 1 記載の基板洗浄方法。

【請求項 8】

前記界面活性剤分子の酸部分は、カルボン酸、硫酸、リン酸の少なくとも一つを含む請求項 7 記載の基板洗浄方法。 10

【請求項 9】

前記洗浄溶液の連続相は、極性溶媒を含む請求項 1 記載の基板洗浄方法。

【請求項 10】

請求項 1 記載の基板洗浄方法であって、

前記除去工程は、

前記基板の表面を濯ぎ剤によって濯ぐ工程と、

前記基板の表面に濯がれた濯ぎ剤を、該基板の表面から吸引する工程とを含む基板洗浄方法。

【請求項 11】

20

前記洗浄溶液の分散相および連続相は液体であり、前記連続相の液体は、前記分散相の液体に対する不混和性を有する請求項 1 記載の基板洗浄方法。

【請求項 12】

前記連続相は水性液体であり、前記分散相は非水性液体である請求項 11 記載の基板洗浄方法。

【請求項 13】

更に、前記基板の表面に前記洗浄溶液が供給された後、該洗浄溶液に含まれる分散相を、液体から気体に変化させる分散相変化工程を備える請求項 11 記載の基板洗浄方法。

【請求項 14】

前記分散相変化工程は、前記洗浄溶液の圧力を下げる工程を含む請求項 13 記載の基板洗浄方法。 30

【請求項 15】

前記洗浄溶液の分散相は、不混和性を有する複数の異なる液体を含む請求項 12 記載の基板洗浄方法。

【請求項 16】

半導体基板を洗浄する洗浄溶液であって、

脂肪酸を水に加えた溶液を、該脂肪酸の融点温度よりも高い温度に加熱し、

前記加熱された溶液を攪拌することによって該溶液中の脂肪酸の分散および乳化の一方を行い、

前記攪拌された溶液中の脂肪酸をイオン化して界面活性剤分子を形成し、 40

前記イオン化された脂肪酸を含有する溶液を、前記融点温度よりも低い温度に冷却することによって製造された洗浄溶液。

【請求項 17】

更に、前記イオン化された脂肪酸を凝固させた請求項 16 記載の洗浄溶液。

【請求項 18】

前記イオン化された脂肪酸を約 10 時間にわたって凝固させた請求項 17 記載の洗浄溶液。

【請求項 19】

前記攪拌された溶液に塩基を追加することによって、該溶液中の脂肪酸をイオン化した請求項 17 記載の洗浄溶液。 50

【請求項 2 0】

前記脂肪酸を約 0 . 1 重量 % から約 1 0 重量 % の割合で含有する請求項 1 6 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 1】

前記脂肪酸はステアリン酸であり、前記融点温度は約摂氏 7 0 度である請求項 1 6 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 2】

前記凝固された脂肪酸は、約 5 0 ナノメートルから約 5 0 0 0 マイクロメートルの固体粒子を形成する請求項 1 7 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 3】

基板を洗浄するための洗浄溶液であって、
粒子サイズが所定の分布範囲内にある脂肪酸を用意し、
前記用意された脂肪酸を水に加えた溶液を攪拌し、
前記攪拌された溶液中の脂肪酸をイオン化して、分散相と共に連続相に分散するように界面活性剤分子を形成することによって製造された洗浄溶液。

【請求項 2 4】

前記用意される脂肪酸は、製粉された脂肪酸を含む請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 5】

前記所定の分布範囲は、約 5 0 ナノメートルから約 5 0 0 0 マイクロメートルの間の範囲である請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 6】

前記水に加えられた脂肪酸を融解した請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 7】

更に、前記イオン化された溶液を周囲温度まで冷却した請求項 2 6 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 8】

更に、前記イオン化された脂肪酸を約 1 0 時間にわたって凝固させた請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 2 9】

前記攪拌された溶液に塩基を追加することによって、該溶液中の脂肪酸をイオン化した請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 3 0】

前記脂肪酸を約 0 . 1 重量 % から約 1 0 重量 % の割合で含有する請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 3 1】

前記脂肪酸は、飽和脂肪酸または不飽和脂肪酸である請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 3 2】

前記脂肪酸は、ラウリン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、アラキドン酸、ガドレイン酸、エルカ酸、ブチル酸、カプロン酸、カプリル酸、ミリスチン酸、マルガリン酸、ベヘン酸、リグノセリン酸、ミリストレイン酸、パルミトレイン酸、ネルボン酸、パリナリン酸、ティムノドン酸、ブラシジン酸、クルパノドン酸の少なくとも一つを含む請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 3 3】

前記塩基は、水酸化アンモニウム (NH_4OH) , 水酸化ナトリウム (NaOH) , 水酸化カリウム (KOH) , 水酸化テトラメチルアンモニウム (TMAH) の少なくとも一つを含む請求項 2 9 記載の洗浄溶液。

【請求項 3 4】

前記攪拌された溶液の pH を、約 5 0 % よりも高い解離率を示すイオン化定数に対応するように調整することによって、該溶液中の脂肪酸をイオン化した請求項 2 3 記載の洗浄溶液。

【請求項 3 5】

10

20

30

40

50

前記脂肪酸は、ステアリン酸であり、前記 pH は、約 10.2 である請求項 34 記載の洗浄溶液。

【請求項 36】

更に、前記攪拌された溶液中の脂肪酸を、該溶液に加えられた分散性分子によって懸濁させた請求項 23 記載の洗浄溶液。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

集積回路、メモリセル等の半導体デバイスの製造では、半導体ウェーハ（以下、単に「ウェーハ」ともいう）上に回路要素を形成するために一連の製造工程が実施される。ウェーハは、シリコン基板上に形成された多階層構造の半導体回路デバイスを含む。基板階層には、拡散領域を有するトランジスタデバイスが形成される。次の階層には、相互接続金属線がパターン形成され、トランジスタデバイスに電氣的に接続され、所望の集積回路デバイスが構成される。更に、パターン化導電層は、誘電材料によって他の導電層から絶縁される。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0002】

一連の製造工程中、ウェーハ表面は、様々な種類の汚染物に晒される。本質的には、製造工程に存在する全ての材料が汚染源になる可能性がある。例えば、汚染源には、特に、プロセスガス、化学物質、堆積材料、液体などが含まれ得る。様々な汚染物は、粒子の形態でウェーハ表面に堆積し得る。粒子汚染物が除去されない場合、汚染物に近接するデバイスは、適切に作用しなくなる可能性が高い。したがって、ウェーハ上に形成された回路要素に損傷を与えることなく、実質的に完全な形で、汚染をウェーハ表面から洗浄する必要がある。粒子汚染物のサイズは、ウェーハ上に形成された回路要素の限界寸法サイズ程度となる場合がある。ウェーハ上の回路要素に悪影響を与えることなく、こうした小さな粒子汚染物を除去するのは、極めて困難となる可能性がある。

20

【0003】

従来のウェーハ洗浄方法は、粒子汚染物をウェーハ表面から除去するために物理的な力に強く依存していた。回路要素のサイズが小さくなるに連れて更に脆弱になると、物理的な力をウェーハ表面に加えることで回路要素が損傷する可能性は高くなる。例えば、高アスペクト比を有する回路要素は、物理的な力の影響によって倒壊または破断し易い。洗浄の問題を更に複雑にするのは、回路要素のサイズが小さくなる傾向にあることから、損傷を引き起こし得る粒子汚染物のサイズが更に小さくなることである。十分に小さなサイズの粒子汚染物は、高アスペクト比の回路要素や導電線の架橋に囲まれたトレンチ内など、ウェーハ表面上の到達が困難な領域に入り込むことが可能である。したがって、現在の半導体製造中における効率的で損傷のない汚染物除去は、ウェーハ洗浄技術の継続的進歩により満たすべき継続的な課題を意味する。当然のことながら、フラットパネルディスプレイの製造工程も、上記の集積回路製造と同じ問題に見舞われている。したがって、汚染物除去を要するあらゆる技術において、より効率的で低研磨性の洗浄手法が必要とされている。

30

40

【課題を解決するための手段】

【0004】

大まかに言って、本発明は、改良された洗浄手法及び洗浄溶液を提供することで、こうした必要性を満たす。本発明は、システム、装置、方法を含む多数の形態で実現することができる。本発明の実施形態のいくつかについて、以下説明する。

【0005】

一実施形態では、基板から汚染物を除去するための方法を開示する。その方法は、分散相と、連続相と、連続相内に分散した粒子とを有する洗浄溶液を、基板の表面に供給するステップを含む。その方法は、連続相内に分散した粒子の一つを、表面汚染物の一つの近

50

くに押し付けるステップを含む。その押し付けるステップは、粒子と表面汚染物との間のあらゆる反発力を克服し、粒子の一つと表面汚染物の一つとは係合するようになる。その方法は、更に、係合した粒子及び表面汚染物を基板の表面から除去するステップを含む。

【0006】

別の実施形態では、半導体基板を洗浄するための洗浄溶液が提供される。その洗浄溶液を製造するためのプロセスは、水に脂肪酸を追加するステップと、その脂肪酸水溶液を脂肪酸の融点温度を上回る温度まで加熱することによって、水溶液中の脂肪酸を乳化させるステップとを含む。その後、脂肪酸は、乳化溶液中で解離する。乳化溶液は、脂肪酸の融点温度未満に冷却される。

【0007】

更に別の実施形態では、基板を洗浄するための洗浄溶液が提供される。その洗浄溶液を製造するプロセスは、所定の粒子サイズ分布範囲内で配分された粒子サイズの脂肪酸を用意するステップと、その脂肪酸を水に加えるステップとを含む。そのプロセスは、更に、溶液中の脂肪酸を解離するステップを含む。

【0008】

更に別の実施形態では、基板を洗浄する溶液を調合するためのプロセスが提供される。そのプロセスは、所定の濃度範囲内で脂肪酸溶液を溶媒中に調合するステップと、その脂肪酸溶液に水を加えるステップとを含む。そのプロセスは、更に、界面活性物質を追加するステップを含んでも良い。また、そのプロセスは、更に、溶液中における脂肪酸のイオン化によって溶液を安定化するステップを含んでも良い。

【0009】

本発明の他の態様および利点は、本発明の一例を示す添付図面と併せて、以下の詳細な説明によって更に明らかにされる。

【0010】

本発明は、同様の参照符号が同様の構造要素を示す添付図面と併せて、以下の詳細な説明により容易に理解され得る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下の説明では、本発明を完全に理解するために、多数の具体的な詳細について述べる。しかしながら、当業者であれば、こうした具体的な詳細の一部又は全部がなくとも本発明を実施し得る。別の事例において、周知な処理工程については、本発明を不必要に不明瞭にしないために詳細な説明は省略する。

【0012】

本明細書で説明する実施形態は、研磨接触の必要性を排除し、一部が高アスペクト比の回路要素を含み得る半導体基板から汚染物を洗浄する際に効率的である洗浄手法を提供する。本実施形態は半導体洗浄用途に関する具体的な例を提供するが、こうした洗浄用途は、基板からの汚染物の除去を要する任意の技術へ拡大し得る。以下説明するように、連続相と分散相とを有する洗浄溶液が提供される。固体粒子を連続相全体に分布させる。本明細書において、分散相は、連続相全体に分散した気泡（例えば、泡状物質）、連続相全体に分散した液滴（例えば、乳濁液）、連続相内に分散した均一な固体（固体粒子とは異なる）を含む。一実施形態において、分散相は、固体粒子と汚染物とを相互作用させ、最終的に汚染物を除去するために、固体粒子を汚染物の近くへと運ぶ媒介手段を提供する。

【0013】

図1は、本発明の一実施形態における半導体ウェーハ（「ウェーハ」）105から汚染物103を除去するための洗浄物質101を示す物理的な図である。本発明の洗浄物質101は、連続的液状媒体107と、固体成分109と、不混和成分111とを含む。固体成分109と、不混和成分111とは、連続的液状媒体107中に分散する。様々な実施形態において、連続的液状媒体107は、水性又は非水性とすることができる。特定の実施形態に応じて、不混和成分111は、気相、液相、固相、或いは気相と液相と固相との組み合わせにおいて定められる。一実施形態において、不混和成分111は、不混和成分

10

20

30

40

50

１１１の混合物として定められ、混合物中の各不混和成分１１１は、共通の物理的状態又は異なる物理的状態を有する。例えば、様々な実施形態において、不混和成分１１１の混合物内の不混和成分１１１の物理的状態は、気体及び液体、気体及び固体、液体及び固体、又は多数の気体と、多数の液体と、多数の固体との任意の組み合わせを含むことができる。

【００１４】

不混和成分１１１は、連続的液状媒体１０７に混和しない。例示的な一実施形態において、不混和成分１１１は、連続的液状媒体１０７中の気泡として定められる。別の例示的な実施形態において、不混和成分１１１は、連続的液状媒体１０７中の液滴として定められる。連続的液状媒体１０７及び不混和成分１１１に関連する特定の実施形態に関係なく、固体成分１０９は、連続的液状媒体１０７中に懸濁状態で分散させる。

10

【００１５】

特定の実施形態に応じて、洗浄物質１０１内の固体成分１０９は、固相内で本質的に任意の下位状態を表す物理的特性を有してもよく、固相は、液体又は気体以外の相として定められる。例えば、弾力性及び可塑性等の物理特性は、洗浄物質１０１内の様々なタイプの固体成分１０９において変化させることができる。加えて、様々な実施形態において、固体成分１０９は、結晶性固体又は非結晶性固体として定められると理解されたい。特定の物理的特性に関係なく、洗浄物質１０１内の固体成分１０９は、ウェーハ１０５の表面に近接又は接触して位置決めされる時、ウェーハ１０５の表面への付着を回避できるべきである。加えて、固体成分１０９の機械的特性は、洗浄プロセス中にウェーハ１０５表面に損傷を与えるべきではない。更に、固体成分１０９は、汚染物１０３に近接又は接触して位置決めされる時、ウェーハ１０５表面に存在する汚染物１０３材料との相互作用を確立できるべきである。例えば、固体成分１０９のサイズ及び形状は、固体成分１０９と汚染物１０３との間の相互作用を確立するのに有利なものにするべきである。

20

【００１６】

洗浄物質１０１内の固体成分１０９は、ウェーハ１０５に対する付着及び損傷を共に回避する一方で、ウェーハ１０５上の汚染物１０３と相互作用可能となるべきである。加えて、固体成分１０９は、液状媒体１０７中での溶解を回避するべきであり、液状媒体１０７全体での分散を可能にする表面機能を有するべきである。液状媒体１０７全体での分散を可能にする表面機能を有していない固体成分１０９では、固体成分１０９の分散を可能にするために化学分散剤を液状媒体１０７に追加してもよい。固有の化学特性と、周囲の液状媒体１０７との相互作用とに応じて、固体成分１０９は、一つ以上の数種類の形態をとってよい。例えば、様々な実施形態において、固体成分１０９は、凝集体、コロイド、ゲル、融合球体、或いは本質的に他の任意のタイプの凝集物、凝固物、集塊物、又は融合物を形成し得る。上記において特定した例示的なリストの固体成分１０９の形態は、包括的なリストを表すものではない。別の実施形態において、固体成分１０９は、本明細書において具体的に特定されていない形態をとり得る。したがって、ウェーハ１０５及び汚染物１０３との相互作用に関して、上記の形で機能できる本質的に任意の固体材料として固体成分１０９を定義することができる。

30

【００１７】

一部の例示的な固体成分１０９は、脂肪族系酸、カルボン酸、パラフィン、蠟、ポリマ、ポリスチレン、ポリペプチド、及び他の粘弾性材料を含む。固体成分１０９材料は、液状媒体１０７中での溶解限度を超える濃度で存在するべきである。加えて、特定の固体成分１０９材料に関連する洗浄の有効性は、温度、pH（水素イオン指数）、及び他の環境条件の関数として変化し得る。

40

【００１８】

脂肪族系酸は、炭素原子が開鎖を形成する有機化合物により定められる本質的に任意の酸を表す。脂肪酸は、洗浄物質１０１内で固体成分１０９として使用可能な脂肪族系酸の一例である。固体成分１０９として使用し得る脂肪酸の例は、特に、ラウリン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、アラキドン酸、ガドレイン酸、エルカ

50

酸、ブチル酸、カプロン酸、カプリル酸、ミリスチン酸、マルガリン酸、ベヘン酸、リグノセリン酸、ミリストレイン酸、パルミトレイン酸、ネルボン酸、パリナリン酸、ティムノドン酸、ブラシジン酸、クルパノドン酸、リグノセリン酸、セロチン酸、及びその混合物を含む。一実施形態において、固体成分 109 は、C - 1 から約 C - 26 まで延びる様々な炭素鎖長により定められる脂肪酸の混合物を表すことができる。カルボン酸は、カルボキシル基 (COOH) を含む本質的に任意の有機酸により定められる。固体成分 109 として使用される時、カルボン酸は、C - 1 から約 C - 100 まで延びる様々な炭素鎖長の混合物を含むことができる。更に、カルボン酸は、メチル、ビニル、アルキン、アミド、一級アミン、二級アミン、三級アミン、アゾ、ニトリル、ニトロ、ニトロソ、ピリジル、カルボキシル、ペルオキシ、アルデヒド、ケトン、一級イミン、二級イミン、エーテル、エステル、ハロゲン、イソシアネート、イソチオシアネート、フェニル、ベンジル、ホスホジエステル、スルフヒドリル等、他の官能基を含むことができるが、依然として液状媒体 107 中で不溶性を維持する。

10

【0019】

一部の実施形態では、脂肪酸等、特定のタイプの固体成分 109 を液状媒体 107 全体で分散可能とするために、液状媒体 107 への分散剤材料の追加が必要となる。例えば、化学量論的な分量未満で存在するカルボン酸又はステアリン酸等の材料から形成された固体成分 109 の懸濁を可能にするために、液状媒体 107 に塩基を追加することができる。一実施形態において、塩化は水酸化アンモニウムだが、しかしながら、任意の市販された塩基を、本明細書で説明した実施形態に使用してもよい。加えて、固体成分 109 材料の表面機能は、カルボン酸塩、リン酸塩、硫酸基、ポリオール基、エチレンオキシド等、液状媒体 107 との混和性を有する部分の含有により影響を与えることができる。固体成分 109 が共に凝集して、ウェーハ 105 上に存在する汚染物 103 との相互作用を及ぼすことができない形態となるのが回避されるように、固体成分 109 は、液状媒体 107 全体で実質的に均一な形で分散可能とすべきである。

20

【0020】

上述のように、連続的液状媒体 107 は、水性又は非水性することが可能である。例えば、水性液状媒体 107 は、一実施形態において、脱イオン水により定義できる。別の実施形態において、非水性液状媒体 107 は、特に、炭化水素、フッ化炭素、鉱油、又はアルコールにより定義できる。液状媒体 107 が水性か非水性かに関係なく、液状媒体 107 は、イオン又は非イオン溶媒及び他の化学添加剤を含むように修正できると理解されたい。例えば、液状媒体 107 に対する化学添加剤は、共溶媒と、pH 調整剤と、キレート剤と、極性溶媒と、界面活性剤と、水酸化アンモニアと、過酸化水素と、フッ化水素酸と、水酸化テトラメチルアンモニウムと、ポリマ、微粒子、及びポリペプチド等の流動調整剤とを含むことができる。

30

【0021】

上述のように、洗浄物質 101 内の不混和成分 111 は、気相、液相、固相、又はその組み合わせにおいて定められる。気相において定められた不混和成分 111 を有する実施形態において、不混和成分 111 は、連続的液状媒体 107 全体に分散する気泡として定められる。一実施形態において、気泡は、洗浄物質 101 の体積の約 5 % ないし約 99 . 9 % を占めるように定められる。別の実施形態において、気泡は、洗浄物質 101 の体積の約 50 % ないし約 95 % を占めるように定められる。不混和成分 111 を定める気体は、例えば、N₂ (窒素)、Ar (アルゴン) 等の不活性のもの、或いは、O₂ (酸素)、O₃ (オゾン)、H₂O₂ (過酸化水素)、空気、H₂ (水素)、NH₃ (アンモニア)、HF (フッ化水素) 等の反応性のものにできる。

40

【0022】

液相において定められた不混和成分 111 を有する実施形態において、不混和成分 111 は、連続的液状媒体 107 全体に分散する液滴として定められ、液滴は、液体媒体 107 中で非混和性となる。不混和成分 111 を定める液体も、不活性又は反応性にできる。不混和成分 111 を定める不活性液体として、例えば、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、

50

オクタン、ノナン、デカン、又は鉱油等の低分子量アルカンを使用してもよく、この場合、液状媒体 107 は水性となる。別の例では、不混和成分 111 を定める反応性液体として、油溶性表面修飾物質を使用してもよい。

【0023】

洗浄プロセス中には、液状媒体 107 中の固体成分 109 には、固体成分 109 をウェーハ 105 上の汚染物 103 に近接又は接触させるように下向きの力を加える。洗浄物質 101 内の不混和成分 111 は、固体成分 109 に下向きの力を加える機構を提供する。固体成分 109 が汚染物 103 との十分に近接又は接触する範囲内で押し付けられた時、固体成分 109 及び汚染物 103 間で相互作用が確立される。固体成分 109 及び汚染物 103 間の相互作用は、汚染物 103 とウェーハ 105 との間の接着力と、固体成分 109 と汚染物との間の反発力とを克服するのに十分である。そのため、固体成分 109 をウェーハ 105 から取り去る時、固体成分 109 と相互作用する汚染物 103 も、ウェーハ 105 から取り去られ、即ち、汚染物 103 はウェーハ 105 から洗浄される。

10

【0024】

図 2 A および図 2 B は、本発明の一実施形態におけるウェーハ 105 から汚染物 103 を除去するために洗浄物質 101 の作用を示す図である。図 2 A および図 2 B に示した洗浄物質 101 は、図 1 を参照して上述したものと同一特性を有する。図 2 A に示したように、洗浄物質 101 の液状媒体 107 中で、固体成分 109 は、汚染物 103 と不混和成分 111 との間に介在する。液状媒体 107 中の不混和成分 111 は、気泡又は液滴であっても、関連する表面張力を有する。そのため、不混和成分 111 を固体成分 109 に対して下向きに押し付ける時、不混和成分 111 は、変形され、固体成分 109 に対して下向きの力 F を及ぼす。この下向きの力 F、或いは力 F の垂直成分は、固体成分 109 をウェーハ 105 と、その上の汚染物 103 とに向けて移動させる役割を果たす。一実施形態では、固体成分 109 が汚染物 103 の十分に近くまで押し付けられた時、固体成分 109 及び汚染物 103 間の相互作用が発生する。別の実施形態では、固体成分 109 が実際に汚染物 103 に接触した時、固体成分 109 及び汚染物 103 間の相互作用が発生する。この相互作用は、固体成分 109 の汚染物 103 との係合と呼んでもよい。

20

【0025】

固体成分 109 と汚染物 103 との間の相互作用の力は、汚染物 103 をウェーハ 105 に結び付ける力より強い。加えて、固体成分 109 が汚染物 103 と結合する実施形態において、固体成分 109 をウェーハ 105 から取り去るのに使用される力は、汚染物 103 をウェーハ 105 に結び付ける力より強い。したがって、図 2 B に示したように、固体成分 109 をウェーハ 105 から取り去る時、固体成分 109 に結合した汚染物 103 も、ウェーハ 105 から取り去られる。固体成分 109 が汚染物 103 と相互作用して洗浄プロセスに影響を与えることから、ウェーハ 105 全体での汚染物 103 の除去は、固体成分 109 がウェーハ 105 全体にどのくらい良好に分布しているかに依存する。好適な実施形態において、固体成分 109 は、本質的にウェーハ 105 上の全ての汚染物 103 が少なくとも一つの固体成分 109 に近接するように、良好に分布する。更に、一つの固体成分 109 は、同時に或いは連続して、二つ以上の汚染物 103 と接触又は相互作用しても良い。更に、固体成分 109 は、全て同一の成分ではなく、異なる成分の混合物であっても良い。したがって、洗浄溶液は、特定の目的、即ち、特定の汚染物を対象として設計可能であり、或いは、多数の固体成分が提供される場合、洗浄溶液は、広範な対象汚染物を有することができる。

30

40

【0026】

固体成分 109 と汚染物 103 との間の相互作用は、特に、接着力、衝突力、及び誘引力を含む、一つ以上の機構を介して確立できる。固体成分 109 と汚染物 103 との間の接着は、化学的相互作用及び/又は物理的相互作用を介して確立できる。例えば、一実施形態では、化学的相互作用により、固体成分 109 と汚染物 103 との間に接着剤に似た効果を生じさせる。別の実施形態では、固体成分 109 の機械的特性により、固体成分 109 と汚染物 103 との間の物理的相互作用が促進される。例えば、固体成分 109 を可

50

鍛性として、汚染物 103 に押し付けられた時に、汚染物 103 を可鍛性の固体成分 109 の内に食い込ませることができる。別の実施形態では、汚染物 103 を固体成分 109 の網目に絡ませることができる。この実施形態では、固体成分 109 の網目を介して機械的応力を汚染物 103 へ伝達し、これにより、ウェーハ 105 からの汚染物 103 の除去に必要な物理的な力を提供できる。

【0027】

汚染物 103 の食い込みによる固体成分 109 の変形は、固体成分 109 と汚染物 103 との間に機械的な結合を形成する。例えば、汚染物 103 の表面形状は、汚染物 103 を固体成分 109 に押し込む際に、固体成分 109 が容易に脱出できない汚染物 103 の表面形状の内部領域に固体成分 109 の材料の一部が入り、これにより、ロック機構が形成されるようにすることができる。加えて、汚染物 103 を固体成分 109 に押し込む際に、固体成分 109 から汚染物 103 が外れるのに抵抗する真空力を確立できる。

【0028】

別の実施形態では、直接的又は間接的接触を介して固体成分 109 から汚染物 103 へ伝達されるエネルギーにより、汚染物 103 をウェーハ 105 から取り除き得る。この実施形態において、固体成分 109 は、汚染物 103 より軟質又は硬質にしてよい。固体成分 109 が汚染物 103 より軟質である場合には、衝突中に固体成分 109 の大きな変形が生じる可能性が高くなり、結果として、ウェーハ 105 から汚染物 103 を取り除く運動エネルギーの伝達が少なくなる。しかしながら、固体成分 109 が汚染物 103 より軟質である場合、固体成分 109 及び汚染物 103 間の接着性の結び付きは、より強固になり得る。反対に、固体成分 109 が少なくとも汚染物 103 と同様の硬さである場合、固体成分 109 及び汚染物 103 間での実質的に完全なエネルギーの伝達が可能となるため、ウェーハ 105 から汚染物 103 を取り除く役割を果たす力が増加する。しかしながら、固体成分 109 が少なくとも汚染物 103 と同様の硬さである場合、固体成分 109 の変形に依存する相互作用の力は、減少し得る。固体成分 109 及び汚染物 103 に関連する物理特性及び相対速度は、介在する衝突相互作用に影響する。

【0029】

上記に加えて、一実施形態では、固体成分 109 及び汚染物 103 間の相互作用は、静電引力により発生可能である。例えば、固体成分 109 及び汚染物 103 は、反対の表面電荷を有する場合、互いに電気的に引き付けられる。固体成分 109 及び汚染物 103 間の静電引力は、汚染物 103 をウェーハ 105 に結び付ける力を克服するのに十分なものにすることが可能である。

【0030】

別の実施形態では、固体成分 109 及び汚染物 103 間に静電反発力が存在し得る。例えば、固体成分 109 と汚染物 103 との両方は、負の表面電荷又は正の表面電荷を有することができる。固体成分 109 及び汚染物 103 を十分な近さの近接状態にできる場合、介在する静電反発力は、ファンデルワールス力により克服できる。不混和成分 111 により固体成分 109 に加わる力は、固体成分 109 と汚染物 103 との間にファンデルワールス力が確立される形で静電反発力を克服するのに十分となり得る。本実施形態の更なる詳細については、図 4 を参照して提示する。加えて、別の実施形態において、液状媒体 107 の pH は、介在する静電反発力が低減されて相互作用を促進するように、或いは、固体成分又は汚染物が他方とは反対の表面電荷を示して静電引力を発生させるように、固体成分 109 及び汚染物 103 の一方又は両方に存在する表面電荷を補うために調整できる。

【0031】

図 3 は、本発明の一実施形態における基板から汚染物を除去する方法を示すフローチャートである。図 3 の方法において参照する基板は、半導体ウェーハ、或いは、半導体製造プロセスに関連する汚染物を除去する必要がある他の任意の種類の基板を表すことができる。更に、図 3 の方法において参照する汚染物は、粒子汚染物と、微量金属汚染物と、有機汚染物と、フォトリソグラムの破片と、ウェーハ取扱設備からの汚染と、ウェーハ裏面粒

10

20

30

40

50

子汚染とを一部として含む、半導体ウェーハ製造プロセスに関連する本質的に任意の種類の汚染物を表すことができる。

【 0 0 3 2 】

図 3 の方法は、洗浄物質を基板上に配置する工程 3 0 1 を含み、洗浄物質は、液状媒体中に分散した固体成分を含む。図 3 の方法において参照される洗浄物質は、図 1、図 2 A、図 2 B に関して上述したものと同一である。そのため、洗浄物質内の固体成分は、液状媒体中において懸濁状態で分散する。更に、固体成分は、基板に損傷を与えるのを回避し、基板への接着を回避するように定められる。一実施形態において、固体成分は、結晶性固体として定められる。別の実施形態において、固体成分は、非結晶性固体として定められる。更に別の実施形態において、固体成分は、結晶性固体と非結晶性固体との組み合わせとして表される。追加として、様々な実施形態において、液状媒体は、水性又は非水性にできる。

10

【 0 0 3 3 】

方法は、更に、固体成分と汚染物との間に相互作用が確立するように、基板上に存在する汚染物の近隣へ固体成分を運ぶために、固体成分に力を加える工程 3 0 3 を含む。上述のように、固体成分に力を加え、固体成分を汚染物の近隣に運ぶために、洗浄物質内に不混和成分を提供する。一実施形態において、方法は、制御された量の力を固体成分に加えるために不混和成分を制御する工程を含む。不混和成分は、液状媒体中の気泡又は非混和性液滴として定めることができる。追加として、不混和成分は、液状媒体中の気泡と非混和性液滴との組み合わせとして表すことができる。

20

【 0 0 3 4 】

方法の一実施形態において、不混和成分は、基板上に洗浄物質を配置する前に液状媒体中に定められる。しかしながら、別の実施形態において、方法は、基板上での洗浄物質の配置に続いて、原位置で不混和成分を形成する工程を含むことができる。例えば、不混和成分は、洗浄物質に対する周囲圧力の減少時に、液状媒体中の溶解ガスから形成できる。原位置での不混和成分の形成は、汚染物除去プロセスを強化し得る。例えば、一実施形態において、重力は、不混和成分の形成前に、固体成分を基板に向けて引っ張る役割を果たす。その後、以前に液状媒体中に溶解させたガスが出現して、気泡が形成されるように、周囲圧力を減少させる。固体成分は重力により基板に向かって安定しているため、気泡の大部分は、固体成分の上方に形成される。固体成分上での気泡の形成は、基板に向かって既に安定している固体成分と共に、基板上の汚染物近傍への固体成分の移動を強化する役割を果たす。

30

【 0 0 3 5 】

様々な実施形態において、接着力、衝突力、誘引力、又はその組み合わせにより、固体成分及び汚染物間の相互作用を確立できる。更に、一実施形態において、方法は、固体成分及び汚染物間の相互作用を強化するために、液状媒体の化学的性質を修飾する工程を含むことができる。例えば、静電反発力が低減されるように、固体成分及び汚染物の一方又は両方で表面電荷を相殺するために、液状媒体の pH を調整できる。

【 0 0 3 6 】

加えて、一実施形態において、方法は、固体成分と汚染物との間の相互作用を強化するために洗浄物質の温度を制御する工程を含むことができる。更に具体的には、固体成分の特性を制御するために、洗浄物質の温度を制御できる。例えば、高温では、固体成分は、可鍛性が高くなり、汚染物に押し付けられた時、より優れた一致を示すようになる。固体成分を押し付けて汚染物に一致させた後、温度を下げて、固体成分の可鍛性を低下させ、汚染物との一致形状の保持を向上させ、これにより、固体成分と汚染物とを共に効果的にロックする。温度は、固体成分の溶解性、即ち濃度を制御するために使用してもよい。例えば、高温では、固体成分は、液状媒体に溶解しやすくなり得る。温度は、液体 - 液体懸濁から、ウェーハ上の原位置で固体成分を形成するのを制御及び / 又は可能にするために使用してもよい。

40

【 0 0 3 7 】

50

別の実施形態において、方法は、連続的液状媒体中に溶解した固体を沈殿させる工程を含むことができる。この沈殿工程は、固体を溶媒に溶解させ、その後、溶媒との混和性を有するが固体を溶解させない成分を追加することで達成できる。溶媒との混和性を有するが固体を溶解させない成分の追加により、固体成分の沈殿が生じる。

【 0 0 3 8 】

方法は、更に、固体成分と相互作用する汚染物が基板から除去されるように、基板から固体成分を取り去る工程 3 0 5 を含む。一実施形態において、方法は、基板から離れる固体成分及び / 又は汚染物の移動を制御又は強化するために、基板上での洗浄物質の流速を制御する工程を含む。基板から汚染物を除去する本発明の方法は、固体成分が除去対象の汚染物との相互作用を確立するように、洗浄物質の固体成分に力を加える手段が存在する限り、多数の異なる方法で実現できる。

10

【 0 0 3 9 】

図 4 は、本発明の一実施形態における反発力曲線から誘引力曲線を減算した時に形成される正味相互作用エネルギーを表すグラフを示す簡略概略図である。図 4 に示したように、電気反発力は、線 4 0 1 で表され、ファンデルワールス力は、線 4 0 3 で表される。Y 軸は、エネルギーを表しており、反発エネルギーを X 軸の上方に示し、誘引エネルギーを X 軸の下方に示す。X 軸は、粒子間の距離を表す。正味誘引エネルギーは、曲線 4 0 5 によって示し、単純に線 4 0 1 及び 4 0 3 の和となる。領域 4 0 7 は、エネルギートラップと呼んでよく、一方、領域 4 0 9 は、エネルギー障壁と呼んでよい。当業者は、二つの粒子 / コロイドが互いに接近し、その二重層が干渉し始める時、静電反発力が著しくなることを理解するであろう。この反発を克服するにはエネルギーが必要となる。本明細書で説明する一実施形態において、このエネルギーは、上記のように、洗浄溶液、或いは更に具体的には、洗浄溶液の不混和成分により提供し得る。静電反発力曲線 4 0 1 は、粒子を共に強制させる場合に克服する必要があるエネルギーを示す。最大エネルギーは、表面電位とゼータ電位とに関連する。

20

【 0 0 4 0 】

ファンデルワールス力は、実際には、各粒子 / コロイド内の個々の分子間の力の結果である。効果は付加的であり、即ち、第一の粒子 / コロイドの一分子は、第二のコロイド内の各分子に対するファンデルワールス力を有する。これは、第一の粒子 / コロイド内の各分子に対して反復され、全体の力は、それら全ての和となる。誘引エネルギー曲線 4 0 3 は、粒子間の距離によるファンデルワールス力の変化を示すために使用される。X 軸上の各距離において、大きな値から小さな値を減算して正味エネルギーを求める。次に、正味の値を反発の場合は上に、誘引の場合は下にプロットし曲線を形成する。反発部分がある場合、最大反発エネルギーの点は、エネルギー障壁 4 0 9 と呼ばれる。エネルギー障壁 4 0 9 の高さは、系がどのくらい安定しているかを示す。凝集させるために、衝突経路にある二つの粒子は、この障壁を飛び越えるのに十分な、その速度の質量による運動エネルギーを有する必要がある。障壁を越えた場合、正味の相互作用は全面的に誘引となり、結果として、粒子は凝集する。この内部領域 4 0 7 は、粒子 / コロイドがファンデルワールス力により共に捕捉されると考えられることから、エネルギートラップと呼ばれる。当業者は、エネルギー障壁を増加又は減少させるために、コロイド溶液に対する環境条件を変更し得ることを理解するであろう。変更可能な条件には、コロイドの電荷に直接的に影響を与えるために、イオン強度を変更すること、pH を変更すること、或いは、表面活性物質を追加することが含まれる。何れの場合も、ゼータ電位の測定により、全体的な安定性に対する変更の影響を示すことができる。

30

40

【 0 0 4 1 】

図 5 は、本発明の一実施形態における本明細書で説明した固体粒子を形成し得る界面活性剤分子の凝集 / 集合を示す簡略概略図である。通常、界面活性剤分子の凝集 / 集合は、通常は球形だが、楕円、円筒、小胞、ラメラ (lamella) 等、他の幾何学的形状も可能である。当業者は、界面活性剤分子の凝集 / 集合をミセル (micelle) と呼び得ることを理解できる。ミセルは、界面活性剤の濃度が臨界ミセル濃度 (critical micellar concentr

50

ation, CMC)より大きく、系の温度が臨界ミセル温度より大きい時に形成される。周知のように、界面活性剤は、長い炭化水素鎖等の疎水基と、イオン基又は極性基等の親水基との両方を含む化学物質である。したがって、水性又はその他の極性溶媒において、ミセルの核501は、分子の疎水性部分で構成され、一方、親水性部分503は、分子の表面に残るため、水との好ましい接触が維持できる。イオン性界面活性剤の場合、一実施形態では、イオン頭部の電荷は、ミセルを中心とした層内に位置する、反対に帯電したイオン(対イオン)により中和され、電気的中性の条件が満たされる。非極性溶媒が連続相で使用される別の実施形態では、親水基がミセルの核を形成し、疎水基は、ミセルの表面に残り、即ち、逆ミセルとなる。したがって、一実施形態において、ミセル109は、固体成分109として機能し得る表面活性分子の集塊/集合を表す。当然ながら、これは実施形態の一例に過ぎず、固体成分を上記の他の手法により形成してもよい。

10

【0042】

以下では、洗浄溶液を製造する例示的な手法について説明する。これらは、泡状物質の応用又は乳濁液の応用に組み込み得る水性連続相でのステアリン酸の使用を対象とした例示的な手法である。実施例1は、脂肪酸の融解を必要とする手法を提供し、実施例2は、所望の粒子分布を実現するために脂肪酸を事前に製粉し、これにより脂肪酸を融解する必要性を排除する。実施例3は、溶解下脂肪酸を溶媒から沈殿させ、所望の粒子分布を達成する手法を提供する。当然ながら、洗浄溶液を製造するために他の多数の手法を利用してよく、異なる脂肪酸を使用してもよい。加えて、水の代わりに非極性溶媒を使用してもよく、非極性又は極性化合物を非極性溶媒中に混合/溶解させてもよい。

20

【0043】

実施例1:

水を摂氏70度(ステアリン酸の融点)より高く加熱する。固体のステアリン酸(約0.1重量%ないし約10重量%)を摂氏70度より高く加熱し、温水に加える。不混和性のステアリン酸が連続水相内で分散又は乳化する速度で、水-ステアリン酸混合物を攪拌する。塩基を追加し、約50%のカルボン酸が解離する点、即ち、解離定数(pK_n)が約50%となる点までpHを上昇させることで、ステアリン酸のイオン化を開始する。これにより、約10.2のpHが生じる。pHを上昇させるために溶液に追加する塩基の例は、水酸化アンモニウム(NH_4OH)である。 NH_4OH の濃度は、約0.25重量%ないし約10重量%の範囲にできる。ステアリン酸/水/ NH_4OH 混合物を更に20分間

30

【0044】

実施例2:

粒状のステアリン酸を、約0.5ないし約5000マイクロメートルの粒子サイズ分布まで製粉する。任意の市販の製粉機により、このサイズ分布を達成し得る。粒状形態の製粉ステアリン酸(約0.1重量%ないし約10重量%)を水に追加し、同時に溶液をかき混ぜる。溶液は、振動、攪拌、回転等によりかき混ぜることができる。塩基を追加し、約50%のカルボン酸が解離する点、即ち、 pK_n が約50%となる点までpHを上昇させることで、ステアリン酸の解離を開始する。これにより、10.2を超えるpHが生じる。pHを上昇させるために溶液に追加する塩基の例は、水酸化アンモニウム(NH_4OH)である。 NH_4OH の濃度は、約0.5重量%ないし約10重量%の範囲にできる。溶液をかき混ぜながら NH_4OH を水溶液に追加することで、固体ステアリン酸成分を連続水相に分散させる。イオン化固体ステアリン酸成分は、攪拌なしで連続水相において懸濁状態を維持する。こうした粒子のサイズ分布は、約0.5ないし約5,000マイクロメートルである。

40

【0045】

実施例3:

50

イソプロパノール (isopropanol, IPA) 中において、溶液をかき混ぜて、ステアリン酸及びパルミチン酸の混合物を溶解させる。溶媒中の溶解した脂肪酸の濃度は、約 2 重量%ないし 20 重量%の範囲にできる。溶媒の沸点を下回る溶媒の加熱、或いは、アセトン又はベンゼン等、別の有機溶媒又は複数の溶媒の追加により、脂肪酸の溶解性を改善できる。溶液は、振動、攪拌、回転等によりかき混ぜることができる。溶解完了後、濾過又は遠心分離により残りの固体を除去できる。次に、固体のない溶液を水に混合し、脂肪酸を沈殿させる。沈殿した脂肪酸は、約 0.5 ないし約 5,000 ミクロンの範囲のサイズ分布で溶液中に懸濁する。

【0046】

ステアリン酸のイオン化は、塩基を追加し、pH を 10.2 以上に上昇させることで開始される。pH を上昇させるために溶液に追加する塩基の例は、水酸化アンモニウム (NH_4OH) である。 NH_4OH の濃度は、約 0.25 重量%ないし 10 重量%の範囲にできる。

【0047】

図 6A は、本発明の一実施形態における基板を洗浄するためのシステムの上面図を示す簡略概略図である。基板 601 は、洗浄ヘッドに向かって直線方向に移動する。洗浄ヘッドは、洗浄溶液を提供するように構成された部分 603 を含む。上記のように、洗浄溶液は、泡状物質又は乳濁液の形態にしてよい。一実施形態において、洗浄溶液は、貯蔵場所から送給され、貯蔵場所は、加圧してもしなくてもよい。貯蔵場所を加圧する場合は、洗浄ヘッドに送給する前に、洗浄溶液に空気を含ませ、泡状物質としてよい。貯蔵場所を加圧しない場合、洗浄溶液は、ポンプ、或いは他の周知の手段を介して送給してよい。別の実施形態では、乳濁液をオフラインの貯蔵場所から洗浄ヘッドへ送給してよい。部分 605 は、脱イオン水 (deionized water, DIW) 又は特定の用途で一般的に使用される他の洗浄化学物質といった、リンス化学物質を含む。洗浄ヘッドの部分 607 は、乾燥機能を提供し、窒素等の不活性ガス及び/又はイソプロピルアルコール (isopropyl alcohol, IPA) 等の低蒸気圧の液体を利用してよい。部分 605 及び 607 は、一実施形態において洗浄部分 603 の下流に位置しており、洗浄メニスカスを提供してよく、以下に列挙した相互参照出願において更に説明される近接洗浄ヘッドにしてよい。当業者は、基板 601 は回転及び/又は回転と直線移動とを行ってよいことを理解できる。また、洗浄ヘッドは、基板が静止している間に、或いは共に移動する間に、基板 601 上を移動してよい。更に別の実施形態において、洗浄は、単一のウェーハを置いて洗浄溶液を供給する洗浄区画において実行してもよい。更に別の実施形態では、部分 603, 605, 607 のそれぞれに対して連続区画を提供するツールを提供してよい。別の実施形態において、洗浄ヘッドは、洗浄溶液のための二つの部分 603 と、二つの部分 603 に挟まれた部分 605 とを含んでよい。したがって、本明細書で説明した機能のために、多数の構成が利用可能である。

【0048】

図 6B は、図 6A の洗浄ヘッドを示す側面図である。洗浄液は、上記のように部分 603 へ供給される。DIW 及び/又は他の適切な洗浄化学物質を部分 605 に提供してよい。更に、以下の相互参照出願において更に詳細に説明されるメニスカスを提供するために、部分 605 には、随意的に真空を提供してもよい。不活性ガス及び/又は IPA は、部分 607 に提供される。ここでも、図 6A 及び 6B は半導体基板に関して例示しているが、本発明は、フラットパネルディスプレイ、太陽電池、メモリデバイス等に拡張し得る。

【0049】

近接蒸気洗浄乾燥システムの追加情報については、2002 年 12 月 3 日発行の米国特許第 6,488,040 号「単一のウェーハの洗浄及び乾燥用の毛管近接ヘッド」において説明される例示的なシステムを参照できる。近接ヘッドの追加情報については、2003 年 9 月 9 日発行の米国特許第 6,616,772 号「ウェーハ近接洗浄及び乾燥のための方法」において説明される例示的な近接ヘッドを参照できる。上部及び底部メニスカスの追加情報については、2002 年 12 月 24 日提出の米国特許出願第 10/330,8

10

20

30

40

50

43号「メニスカス、真空、IPA蒸気、乾燥マニホールド」において説明される例示的なメニスカスを参照できる。メニスカスの追加情報については、2005年1月24日発行の米国特許第6,998,327号「動的液体メニスカスを使用して基板を処理する方法及びシステム」と、2005年1月24日発行の米国特許第6,998,326号「疎性障壁によるメニスカスの分離及び閉じ込め」とを参照できる。

【0050】

一部の考えられる実施形態において、連続相又は分散相は、炭化水素族の一部と考えられる化合物を含む。炭化水素化合物は、炭素及び水素を含む化合物である。炭化水素化合物の大部分は、非極性であるため、水よりも極性が小さいが、しかしながら、水と同等以上の極性を有すると考えられる幾つかの炭化水素化合物も存在する。炭化水素化合物は、一般に、脂肪族、環式、及び芳香族の三クラスに分類される。脂肪族炭化水素化合物は、直鎖化合物と、分岐し、場合によっては架橋する化合物とを含み得るが、しかしながら、脂肪族炭化水素化合物は、環式とは見なされない。環式炭化水素化合物は、脂肪族炭化水素化合物に類似する特性を有する環状構造に配向された少なくとも三個の炭素原子を含む。芳香族炭化水素溶媒は、一般に、単一の環、或いは共通の結合により連結した多数の環及び/又は共に融合した多数の環との三つ以上の不飽和結合を含む化合物である。考えられる炭化水素化合物には、トルエン、キシレン、p-キシレン、m-キシレン、メシチレン、ソルベントナフサH、ソルベントナフサA、アルカン、ペンタン、ヘキサン、イソヘキサン、ヘプタン、イソヘキサン、ヘプタン、ノナン、オクタン、ドデカン、2-メチルブタン、ヘキサデカン、トリデカン、ペンタデカン、シクロペンタン、2,2,4-トリメチルペンタン、石油エーテル、ハロゲン化炭化水素、塩素化炭化水素、フッ素化炭化水素、ニトロ炭化水素、ベンゼン、1,2-ジメチルベンゼン、1,2,4-トリメチルベンゼン、ミネラルスピリット、ケロシン、イソブチルベンゼン、メチルナフタレン、エチルトルエン、リグロインが含まれる。特に考えられる溶媒は、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、シクロヘキサン、ベンゼン、トルエン、キシレンの他、これらの混合物や化合物が一部として含まれるが、これらに限られるものではない。

【0051】

別の考えられる実施形態において、連続相又は分散相は、炭化水素族の化合物の一部と見なされない化合物として、例えば、フッ素化ケトンを含むケトン（アセトン、ジエチルケトン、メチルエチルケトンなど）と、フッ素化アルコールを含むアルコールと、フッ素化エステルを含むエステルと、プロピレンカーボネート等のフッ素化及び非フッ素化された炭酸塩に基づく化合物と、フッ素化エーテルを含むエーテルと、フッ素化アミンを含むアミンと、を含み得る。更に別の考えられる実施形態において、連続相又は分散相は、本明細書で述べた任意の化合物の組み合わせを含み得る。したがって、連続相が水等の極性溶媒である場合、通常、非極性化合物は極性溶媒に対して非混和性であるため、上記の非極性化合物は、分散相において使用し得る。当然ながら、非極性化合物は、特定の用途で連続相において使用してよく、極性化合物は、分散相のために使用してよい。水以外の例示的な極性溶媒には、酢酸、蟻酸、メタノール、エタノール、n-プロパノール、n-ブタノール、イソプロパノール、アセトン、アセトニトリル、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、これらの混合物が含まれる。本明細書で提供した材料のリストは、例示的なものであって、限定的ではない。

【0052】

本発明について、半導体ウェーハから汚染物を除去するという状況で説明してきたが、これまでに説明した本発明の原理及び手法は、半導体ウェーハ以外の表面の洗浄に同様に応用できる。例えば、本発明は、半導体製造において使用される任意の機器表面を洗浄するのに使用可能であり、任意の機器表面とは、水と環境的に連絡する状態にある、例えば、空気の空間を水と共有する、任意の表面を示す。本発明は、汚染の除去が重要となる他の技術分野でも使用できる。例えば、本発明は、宇宙計画において、或いは表面科学、エネルギー、光学、マイクロエレクトロニクス、MEMS、フラットパネル処理、太陽電池、メモリデバイス等、他の先端技術分野において使用される部品の汚染物を除去するために

使用できる。本発明を使用し得る例示的な分野の上記列挙は、包括的な列挙を表すものではないと理解されたい。更に、本明細書の例示的な説明において使用されたウェーハは、基板、部品、パネル等、本質的に任意の他の構造を表すように一般化できる。

【 0 0 5 3 】

本発明を幾つかの実施形態に関して説明してきたが、上記明細書を読み、図面を調べることで、当業者が様々な変更、追加、置換、及び等価物を認識することができる。したがって、本発明は、本発明の本来の趣旨及び範囲内に入る全ての変更、追加、置換、及び等価物を含むものである。特許請求の範囲において、要素及び／又はステップは、特許請求の範囲に明記されない限り、特定の工程の順序を意味するものではない。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 0 5 4 】

【図 1】本発明の一実施形態における半導体ウェーハ 1 0 5 から汚染物 1 0 3 を除去するための洗浄物質 1 0 1 を示す物理的な図である。

【図 2 A】本発明の一実施形態におけるウェーハ 1 0 5 から汚染物 1 0 3 を除去するために洗浄物質 1 0 1 の作用を示す図である。

【図 2 B】本発明の一実施形態におけるウェーハ 1 0 5 から汚染物 1 0 3 を除去するために洗浄物質 1 0 1 の作用を示す図である。

【図 3】本発明の一実施形態における基板から汚染物を除去する方法を示すフローチャートである。

【図 4】本発明の一実施形態における反発力曲線から誘引力曲線を減算した時に形成される正味相互作用エネルギーを表すグラフを示す簡略概略図である。

20

【図 5】本発明の一実施形態における本明細書で説明した固体粒子を形成し得る界面活性剤分子の凝集 / 集合を示す簡略概略図である。

【図 6 A】本発明の一実施形態における基板を洗浄するためのシステムの上面図を示す簡略概略図である。

【図 6 B】図 6 A の洗浄ヘッドを示す側面図である。洗浄液は、上記のように部分 6 0 3 へ供給される。

【図 1】

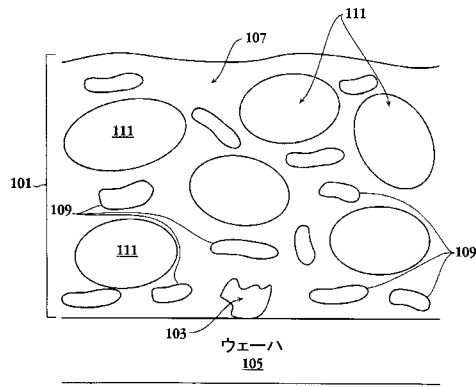


Fig. 1

【図 2 A】

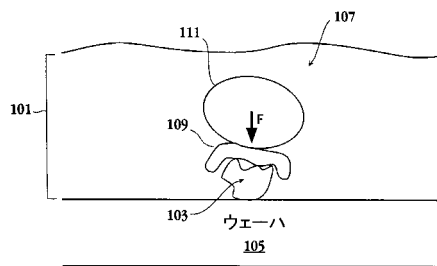


Fig. 2A

【図 4】

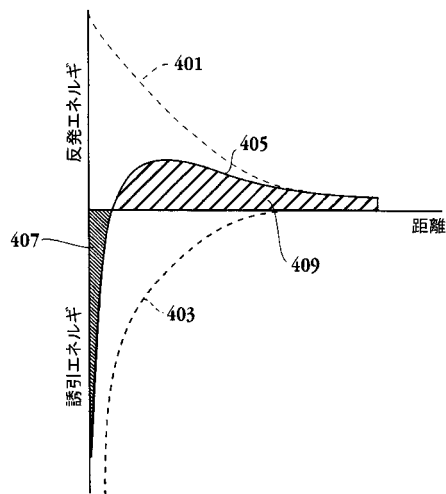


Fig. 4

【図 2 B】

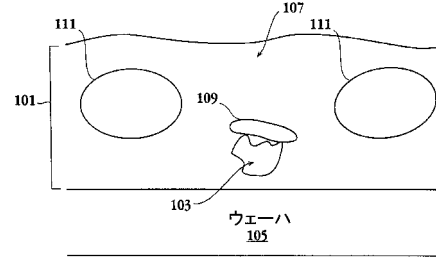


Fig. 2B

【図 3】

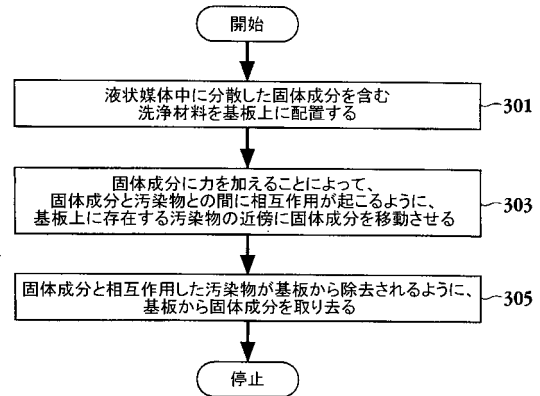


Fig. 3

【図 5】

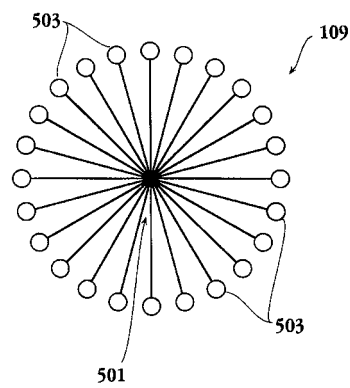


Fig. 5

【図 6 A】

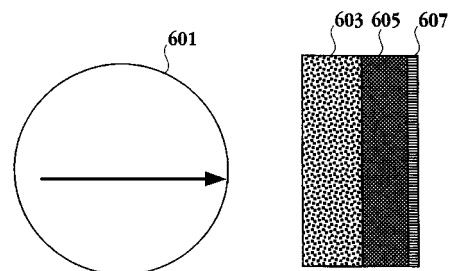
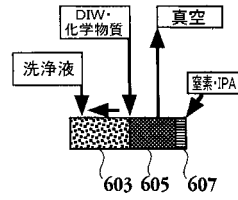


Fig. 6A

【図 6 B】

**Fig. 6B**

フロントページの続き

- (72)発明者 ジョン・エム．・デラリオス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 3 0 3 パロ・アルト, ロマ・ベルデ, 9 4 1
- (72)発明者 カトリーナ・ミカイリチェンコ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 5 1 サン・ホセ, フュミア・プレイス, 1 8 1 8
- (72)発明者 マイケル・ラヴキン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 8 7 サニーベイル, ニッカーボッカー・ドライブ, 1 2 1 5
- (72)発明者 ミカイル・コロリク
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 5 1 サン・ホセ, フュミア・プレイス, 1 8 1 8
- (72)発明者 フレッド・シー．・レデカー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フレモント, スー・ドライブ, 1 8 0 1

審査官 石川 貴志

- (56)参考文献 特表平 1 1 - 5 0 3 1 7 9 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 6 0 2 1 3 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 0 7 5 9 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 2 3 0 3 0 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 4 0 6 8 1 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 9 9 2 9 8 (J P , A)
特表 2 0 0 3 - 5 2 2 2 8 5 (J P , A)
特開平 0 6 - 0 7 1 2 3 3 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 3 0 4