

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5453526号
(P5453526)

(45) 発行日 平成26年3月26日 (2014. 3. 26)

(24) 登録日 平成26年1月10日 (2014. 1. 10)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 4 B 53/12 (2006. 01)	B 2 4 B 53/12 Z
B 2 4 B 53/00 (2006. 01)	B 2 4 B 53/00 J
B 2 4 D 3/00 (2006. 01)	B 2 4 D 3/00 3 1 0 D

請求項の数 14 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-514041 (P2012-514041)	(73) 特許権者	391010770
(86) (22) 出願日	平成22年6月1日 (2010. 6. 1)		サンーゴバン アブレイシブズ, インコーポレイティド
(65) 公表番号	特表2012-528735 (P2012-528735A)		アメリカ合衆国, マサチューセッツ 01615, ウースター, ニュー ボンド ストリート 1
(43) 公表日	平成24年11月15日 (2012. 11. 15)	(73) 特許権者	507169495
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/036895		サンーゴバン アブラジフ
(87) 国際公開番号	W02010/141464		フランス国, 78700 コンフランーサン オノリーヌ, リュ ドゥ ランバサドゥール
(87) 国際公開日	平成22年12月9日 (2010. 12. 9)	(74) 代理人	100088616
審査請求日	平成23年12月28日 (2011. 12. 28)		弁理士 渡邊 一平
(31) 優先権主張番号	61/183, 284	(74) 代理人	100089347
(32) 優先日	平成21年6月2日 (2009. 6. 2)		弁理士 木川 幸治
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/235, 980		
(32) 優先日	平成21年8月21日 (2009. 8. 21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐腐食性CMP コンディショニング工具並びにその作製および使用法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

CMP パッドコンディショニング用の研磨工具であり、
プレートと、

第 1 主表面および前記第 1 主表面と反対側の第 2 主表面を有し、さらに前記プレートと
相補的に係合するように形成された凹部を有する連結表面を含む基板と、

第 1 金属接合材によって前記第 1 主表面に結合された砥粒の第 1 単一層と、

第 2 金属接合材によって前記第 2 主表面に結合された砥粒の第 2 単一層と、

前記第 1 主表面上にある第 1 被膜と、

前記第 2 主表面上にある第 2 被膜と、

を含み、

前記第 1 被膜および第 2 被膜が、それぞれ、有機ポリマーフッ素樹脂組成物、ダイヤモンド
ドライカーボン被膜、ダイヤモンドドライナノコンポジット被膜およびフッ素化ナノ
コンポジット被膜からなる群より選択されたものであり、

前記プレートと前記基板を含む研磨物品とが、前記研磨工具の逆転が可能となるように
構成された連結機構を介して取り外し可能に連結され、

前記砥粒の第 1 単一層と前記砥粒の第 2 単一層とが、前記プレートから離れて配置され
ている、研磨工具。

【請求項 2】

前記第 1 被膜および前記第 2 被膜の少なくとも一方が少なくとも 1 つの追加ドーパント

をさらに含む、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 3】

前記第 1 被膜および前記第 2 被膜の少なくとも一方が疎水性である、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 4】

前記第 1 被膜および前記第 2 被膜のそれぞれが耐腐食性を有する、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 5】

前記第 1 被膜および前記第 2 被膜のそれぞれの厚さが約 0.1 ミクロン～約 5 ミクロンの範囲内である、請求項 1 に記載の研摩工具。

10

【請求項 6】

前記砥粒が、ロウ付け、電気メッキ、あるいは焼結によって前記基板に結合される、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 7】

すべての金属含有表面が被膜処理される、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 8】

前記砥粒が、選択された最大直径および選択されたサイズ範囲を有し、かつ、前記基板に対して前記接合材によって単一層アレイの形で接着される請求項 1 に記載の研摩工具において、前記砥粒が、前記アレイにおいて、各砥粒の回りの排他的領域であって、所望の砥粒の粒度の最大直径を超える最小直径を有する排他的領域を有する非一様なパターンに従って配向される、ことを特徴とする研摩工具。

20

【請求項 9】

各砥粒が、次のように規定されたアレイ上の点に配置される、すなわち、2次元平面上にランダムに選択された一連の点を、各点が前記砥粒の最大直径の少なくとも 1.5 倍である最小値 (k) だけ互いに分離されるように制限することによって規定された前記アレイ上の点に配置される、請求項 8 に記載の研摩工具。

【請求項 10】

各砥粒が、次のステップによって規定されたアレイ上の点に配置される、すなわち、

(a) 一連の座標値の対 (x1, y1) を、少なくとも 1 つの軸に沿う前記座標値が数値の順序に制限されるように制限するステップであって、その場合、各値は次の値と一定量だけ異なるステップと、

30

(b) 1 組の選択された x 値および 1 組の選択された y 値を生成するために、各選択された座標値の対 (x1, y1) を切り離すステップと、

(c) 前記 x 値および y 値の組から一連のランダムな座標値の対 (x, y) をランダムに選択するステップであって、各対は、任意の隣接する座標値の対の座標値からある最小値 (k) だけ異なる座標値を有するステップと、

(d) 各砥粒の回りの前記排他的領域を生成するために、十分な対を有する前記ランダム選択の座標値の対のアレイであってグラフ上の点としてプロットされたアレイを発生させるステップと、

によって規定されたアレイ上の点に配置される、請求項 8 に記載の研摩工具。

40

【請求項 11】

前記砥粒が、単一のダイヤモンド粒子である、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 12】

前記被膜が 1 つ以上の追加ドーパントを含む、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 13】

前記被膜が 2 つ以上の層を含む、請求項 1 に記載の研摩工具。

【請求項 14】

前記被膜の接触角が約 90°～約 120°の範囲内である、請求項 1 に記載の研摩工具。

。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本願は、(i)「耐腐食性CMPコンディショニング工具並びにその作製および使用方法 (Corrosion Resistant CMP Conditioning Tools and Methods for Making and Using Same)」なる表題で2009年6月2日に出願された米国仮特許出願第61/183,284号、および、(ii)「化学機械平坦化パッドコンディショナーとして使用するための研摩工具 (Abrasive Tool for Use as a Chemical Mechanical Planarization Pad Conditioner)」なる表題で2009年8月21日に出願された米国仮特許出願第61/235,980号明細書の、米国特許法第119条(e)項に基づく利益を主張するものである。この両仮特許出願の内容は、参照によってその全体が本願に組み込まれる。

10

【背景技術】

【0002】

化学機械研摩または平坦化 (chemical mechanical polishing or planarization: CMP) プロセスは、半導体ウエハ、ガラス、ハードディスク基板、サファイヤウエハおよびウィンドウ、プラスチックなどを含む多様な材料上に平坦な (平面状の) 表面を生成するために実施される。CMPプロセスは、通常、ポリマーパッドと、化学的および機械的作用の両者による除去プロセスを可能にする、遊離研摩粒子および他の化学添加剤を含有するスラリーとの使用を必要とする。

20

【0003】

プロセスの間、研摩パッドは研摩残渣によって光沢を呈するようになるので、研摩パッドをコンディショニングまたはドレッシングするために、通常、コンディショナーが用いられる。CMPコンディショナーまたはCMPドレッサーとしても知られるCMPパッドコンディショニング用の工具は、一般的に、研摩粒子をプリフォームに固定して研摩パッドをコンディショニングし得る工具表面を生成するために、(電気メッキ、ロウ付けまたは焼結された) 金属接合材を用いて製造される。いくつかの場合には、コンディショナーは、パッドの目詰まりした光沢表面をコンディショニングするだけでなく、ウエハ表面の品質に影響する可能性があるパッドの組織またはトポグラフィーをも生成できる。研摩パッドのコンディショニングが不適切であると、研摩されたウエハ表面上にマイクロクラッチが生じる可能性があり、ディッシングが増大する。

30

【0004】

ステンレス鋼の基板に基づくCMPコンディショナーであって、ロウ付けまたは粉末金属焼結技術によって製作されるCMPコンディショナーは、強い酸性のタングステン (W) または銅 (Cu) のような強い腐食性環境においては、化学的な侵食を受けやすい傾向があり、コンディショナーの早すぎる不具合を生じる場合がある。例えば、ニッケル (Ni)、クロム (Cr) その他のようなロウ材成分は、接合系から溶出し、多くの場合表面および表面下のレベルに多孔質の金属接合部微細構造を形成する。その結果、表面積の増大によって腐食過程が促進される。適用されるCMPスラリーにおける微量金属の含有量が高くても、ウエハが汚染される可能性が生じる。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従って、上記の腐食性の影響を低減するまたは最小化する研摩パッドコンディショニング用の工具および技術に対する必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のいくつかの態様は、CMPパッドコンディショニング用の工具に関する。いくつかの特定の実施態様においては、工具が、互いに反対側に位置する2つの (第1および

50

第2) 作業(研削)表面を有する。一方の表面のみが研削表面である工具も用いることができる。いくつかの研磨工具は、プレートまたはホルダーと、工具の研磨部分をそのプレートに取り外し可能に連結するための適切な手段とを含む。

【0007】

工具の1つ以上の部分は被膜処理される。いくつかの場合には、CMP流体と接触するすべての金属含有表面が被膜処理される。他の場合には、例えば、すべての研削表面、非作業表面、例えば側表面または砥粒を含まない表面、プレート(このような固定具を用いる設計の場合)などを含む全工具が被膜処理される。この被膜は、フッ素化ナノコンポジット被膜、例えば炭素、ケイ素、酸素およびドーパフッ素を含有するナノコンポジットとすることができる。被膜中には、水素または追加ドーパントも存在することができる。他の適切な被膜には、ポリマー、ダイヤモンドライクカーボン、フッ素化ナノコンポジット、メッキ金属その他が含まれる。一例においては、被膜は疎水性であり、他の例においては、被膜は耐腐食特性を有する。

10

【0008】

一実施形態においては、CMPパッドコンディショニング用の工具が、金属接合材によって基板に結合された砥粒と、工具の1つ以上の表面に対する被膜とを含む。いくつかの実施態様においては、砥粒は、選択された最大直径および選択されたサイズ範囲を有し、かつ、基板に対して接合材によって単一層アレイの形で接着される。この場合、砥粒が、そのアレイにおいて、各砥粒の回りの排他的領域であって、所望の砥粒の粒度の最大直径を超える最小直径を有する排他的領域を有する非一様なパターンに従って配向される、こ

20

【0009】

本発明の他の態様は、CMPパッドドレッシング用の工具の製作方法に関する。

【0010】

一実施形態において、CMPパッドコンディショニング用の研磨工具であって、個々の砥粒が、制御されたランダムな空間的アレイ内にそれぞれの粒体が非接触となるように配置される工具の製作方法が、(i)焼成工具を形成するために砥粒を基板に結合するステップと、(i i)その工具を焼成するステップと、(i i i)焼成工具の少なくとも1つの表面に被膜処理を施すステップとを含む。この場合、(i)の工具は、次のステップを含むプロセスによって調製される。すなわち、(a)規定されたサイズおよび形状を有する2次元の平面領域を選択するステップと、(b)その平面領域に対する所望の砥粒の粒度および濃度を選択するステップと、(c)一連の2次元座標値をランダムに発生させるステップと、(d)ランダムに発生させた座標値の各対を、任意の隣接する座標値の対からある最小値(k)だけ異なる座標値に制限するステップと、(e)選択された2次元の平面領域および選択された砥粒の粒度に対する所望の砥粒の濃度を生成するために、十分な対を有する前記制限されたランダム発生座標値のアレイであってグラフ上の点としてプロットされたアレイを発生させるステップと、(f)砥粒をそのアレイ上の各点の中心に置くステップとを含むプロセスである。

30

【0011】

別の実施形態においては、個々の砥粒が、制御されたランダムな空間的アレイ内にそれぞれの粒体が非接触となるように配置される研磨工具の製作方法が、(i)焼成工具を形成するために砥粒を基板に結合するステップと、(i i)その工具の作業表面に被膜処理を施すステップとを含む。この場合、(i)の工具は、次のステップを含むプロセスによって調製される。すなわち、(a)規定されたサイズおよび形状を有する2次元の平面領域を選択するステップと、(b)その平面領域に対する所望の砥粒の粒度および濃度を選択するステップと、(c)一連の座標値の対(x 1、y 1)を、少なくとも1つの軸に沿うその座標値が数値の順序に制限されるように選択するステップであって、その場合、各値は次の値と一定量だけ異なるステップと、(d)1組の選択されたx値および1組の選択されたy値を生成するために、各選択された座標値の対(x 1、y 1)を切り離すステップと、(e)前記x値およびy値の組から一連のランダムな座標値の対(x、y)をラ

40

50

ンダムに選択するステップであって、各対は、任意の隣接する座標値の対の座標値からある最小値（k）だけ異なる座標値を有するステップと、（f）選択された2次元の平面領域および選択された砥粒の粒度に対する所望の砥粒の濃度を生成するために、十分な対を有する前記ランダム選択の座標値の対のアレイであってグラフ上の点としてプロットされたアレイを発生させるステップと、（g）砥粒をそのアレイ上の各点の中心に置くステップとを含むプロセスである。

【0012】

さらに別の実施形態においては、CMPパッドコンディショニング用の研磨工具の製作方法が、砥粒が金属接合材によって基板に結合されたCMPコンディショナーを被膜処理するステップであって、次のステップを含むプロセスによって被膜処理するステップを含む。すなわち、このプロセスは、（a）CMPコンディショナーを真空堆積チャンバ内に位置決めするステップと、（b）炭素、ケイ素、酸素、水素およびフッ素を含有する組成物を、炭素、ケイ素、酸素、水素およびフッ素のイオン、原子またはラジカルを含むクラスターレス粒子ビームの共堆積によって、その上に堆積させるステップであって、その場合、各粒子種の平均自由行程は、その粒子源とコンディショナーの成長粒子被膜表面との間の距離を超えるステップとを含む。

10

【0013】

さらに別の実施形態においては、CMPパッドコンディショニング用の研磨工具の製作方法が、金属接合材によって基板に結合された砥粒を含むCMPコンディショナーの少なくとも1つの表面を被膜処理するステップであって、次のステップを含むプロセスによって被膜処理するステップを含む。すなわち、このプロセスは、CMPコンディショナーの少なくとも1つの表面に、フッ素ドーパナノコンポジット被膜を、関連元素のイオン、原子またはラジカルのクラスターレスビームによる共堆積によって被膜処理するステップであって、その場合、各粒子種の平均自由行程が、好ましくはその粒子源と成長粒子被膜表面との間の距離を超え、かつ各ビームは明確なエネルギーの粒子を含有するステップを含む。

20

【0014】

本発明のさらに別の態様は、CMPパッドのコンディショニング方法に関する。

【0015】

一実施形態において、CMPパッドのコンディショニング方法は、CMPパッドの表面を工具によってドレッシングするステップを含み、この工具は、（a）金属接合材によって基板に結合された砥粒であって、選択された最大直径および選択されたサイズ範囲を有し、かつ、基板に対して接合材によって単一層アレイの形で接着される砥粒において、砥粒が、そのアレイにおいて、各砥粒の回りの排他的領域であって、所望の砥粒の粒度の最大直径を超える最小直径を有する排他的領域を有する非一様なパターンに従って配向されることを特徴とする砥粒と、（b）工具の1つ以上の表面における被膜とを含む。

30

【0016】

別の実施形態においては、CMPパッドのコンディショニング方法が、（a）ドレッサーをCMPパッドと接触させるステップであって、このドレッサーは、金属接合材によって基板に結合された砥粒と、ドレッサーの1つ以上の表面における、炭素、ケイ素、酸素、水素およびフッ素を含有するナノコンポジット被膜とを含むステップと、（b）CMPパッドの作業表面を再研磨し、それによってそのパッドをコンディショニングするステップとを含む。

40

【0017】

さらに別の実施形態において、CMPパッドのドレッシング方法が、研磨物品をドレッシング機械に連結するステップであって、この研磨物品は、第1主表面および第1主表面と反対側の第2主表面を有する基板を含み、さらに、この研磨物品は、基板の第1主表面における第1研磨表面と、基板の第2主表面における第2研磨表面とを含み、この研磨表面の少なくとも1つは被膜処理され、さらに、この研磨物品は、第1研磨表面を露出するようにドレッシング機械に装着されるステップと、第1研磨表面を第1CMPパッドの表

50

面に接触させて、この第1CMPパッドをコンディショニングするために第1CMPパッドを第1研磨表面に対して動かすステップと、第2研磨表面を露出するために研磨物品を逆転するステップと、第2研磨表面を第2CMPパッドの表面に接触させて、この第2CMPパッドをコンディショニングするために第2CMPパッドを第2研磨表面に対して動かすステップとを含む。

【0018】

本発明は、多くの種類のCMPドレッサーによって実施することが可能であり、多くの利点を有する。例えば、CMPパッドコンディショニング用の工具には、好ましくは疎水性の被膜処理が施され、これによって、CMP残渣の蓄積とトライボロジー膜の形成とが低減または最小化され、その結果、ダイヤモンドはすべての鋭い性能エッジが鈍るまで有効であるので、ドレッサーの性能を最大化または強化できる。本明細書に記述する被膜処理CMPコンディショナーは、好ましいことに、腐食および／または侵食、剥離または層間剥離に対する抵抗力が高い。使用する被膜処理のいくつかは、きわめて硬質で長寿命であり、その化学的組成を操作することによって所望のとおり「調整」または変更することが可能であり、特定のCMP用途に対する特性の最良の組合せが得られる。

【0019】

本明細書に記述するいくつかの被膜処理（例えばF-DNC、以下に述べる）の不活性特質によって、CMPドレッサーが、WまたはCuのCMPのような厳しいCMP用途に特によく適合したものになる。一方では、被膜そのものが、低PHの金属CMPスラリーと反応しないであろうし、他方では、被膜の疎水性によって、表面下のロウ材の微細構造から合金成分が化学的に溶出するのを防止できる。従って、研磨されたウエハ表面上の金属汚染の最小化を実現できる。いくつかの実施態様においては、本明細書に開示する工具は、例えば、層間絶縁膜（Interlayer Dielectric：ILD）または浅溝型素子分離（Shallow Trench Isolation：STI）に見られるようなCMP環境用として特に有用である。

【0020】

添付の図面において、参照記号は異なる図面を通して同じ部分を指示する。図面は必ずしもスケールどおりではなく、本発明の原理を表現することが強調されている。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】研磨工具の一部分の断面図である。

【図2】W2000スラリーに浸漬後のドレッサー表面における多孔質の金属接合部微細構造（表面および表面下のレベル）を示す走査電子顕微鏡像である。

【図3】F-DNC被膜処理ドレッサー表面上に載る水滴を示す像である。

【図4】F-DNC被膜処理ドレッサー表面上に載る水滴を示す像である。

【図5】1つのF-DNC被膜処理ドレッサー表面に対する接触角測定結果を示す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本発明は、一般的には、CMPパッドコンディショニング用の工具と、その工具の作製法および使用法とに関する。

【0023】

一実施形態において、本発明はCMPパッドコンディショニング用の工具に関する。この工具は、支持部材（本明細書においては基板とも称する）に結合された砥粒と被膜とを含む。

【0024】

通常、CMPパッドコンディショニング用の工具に用いられる支持部材は、一般的に互いに反対向き（例えば前面および裏面）の少なくとも2つの側面または面を有する。本明細書においては、この2つの面を主表面とも呼称する。ディスク状または円筒状の形状が典型的であるが、他の形態も使用可能である。支持体の前面側および裏面側は互いにほぼ平行にすることが可能であり、そしていくつかの場合には、工具は、約0.002インチ

未満の非平坦度を有するように製作される。例えば、この工具は、約0.01インチ未満の非平坦度、いくつかの場合には、約0.002インチ未満の非平坦度を有することができる。

【0025】

支持部材は、全体的にまたは部分的に、金属合金、ポリマー材料、あるいは、金属、金属合金および／またはポリマーの組合せから作製することが可能である。他の材料も使用できる。通常、支持部材（または基板）は、研磨処理の厳しさに耐えるのに適した材料から作製される。例えば、基板は、少なくとも2E3MPaの弾性率を有する材料を用いることができる。他の実施形態においては、基板を、少なくとも約5E3MPaのオーダー、少なくとも約1E4MPa、あるいはさらに少なくとも約1E5MPaのような高い弾性率を有する材料から作製することができる。特定の例においては、基板の材料は、約2E3MPaおよび約4E5MPaの間の範囲内の弾性率を有する。

10

【0026】

支持部材の1つ以上の表面に、複数の研磨粒子（粒体または粒）が結合される。CMPパッドコンディショニング用の工具は、超研磨剤、例えば、ダイヤモンド、例えば天然または合成のもの、立方晶窒化ホウ素（cubic boron nitride:CBN）、または酸化物のような他の研磨剤、例えば、アルミナ、シリカ、ホウ化物、窒化物、炭化物、例えば炭化ケイ素、炭素ベースの構造体（フラーレンのような人工の炭素ベース材料を含む）、あるいは、異なる種類の研磨剤および／または超研磨剤の組合せを用いることができる。特定の実施態様においては、ダイヤモンドの砥粒が、ステンレス鋼製の基板、例えばディスク状の基板に結合（止着）される。

20

【0027】

砥粒は特殊な用途に適したサイズを有する。いくつかのCMPコンディショナーにおいては、例えば、研磨粒子、例えばダイヤモンド粒子の少なくとも50（重量）%が75マイクロメートル（ μm ）未満の粒子サイズを有する。他のいくつかの例においては、研磨粒子の少なくとも約95（重量）%が約85 μm 未満の粒子サイズを有する。

【0028】

他の実施態様においては、砥粒が、約250ミクロン未満の平均粒度を有する。いくつかの例においては、平均粒度が約200ミクロン以下の、または約100ミクロン以下の、あるいはさらに約50ミクロン以下のような、さらに小さい砥粒を用いることができる。特定の例においては、砥粒が、約1ミクロンおよび約250ミクロンの間の範囲内の平均粒度、例えば約1ミクロンおよび約100ミクロンの間の範囲内の平均粒度を有する。

30

【0029】

一実施形態においては、砥粒が1つの側面に結合される一方、第2側面には、砥粒を含有しない金属接合材が設けられるか、あるいは、第2側面は不活性（工具製作プロセスに関して）のフィラー粒子を含む。

【0030】

他の構成を用いることも可能である。例えば、「化学的平坦化パッドコンディショナーとして使用するための研磨工具（Abrasive Tool for Use as a Chemical Planarization Pad Conditioner）」なる表題で2009年12月31日に出願された米国特許出願第12/651,326号明細書は、参照によってその全体が本願に組み込まれるが、この米国特許出願第12/651,326号明細書は、2つ（第1および第2）の研磨表面を有する研磨物品を含むCMPパッドコンディショナー（ドレッサー）として使用するための研磨工具を記述している。この工具には、研磨物品を固定具またはプレート（本明細書においてはホルダーとも呼称する）に取り外し可能に連結する連結手段が設けられる。この固定具またはプレートは、金属、金属合金、ポリマー、あるいはこれらの組合せから作製可能である。いくつかの場合には、プレートは遷移金属元素を含む。研磨工具は、第1および第2研削表面の両者は使用可能となるように、研磨工具の取り外しおよび／または逆転を簡単化する異なるタイプの係合構造を含むことができる。

40

50

【0031】

例えば、CMPパッドコンディショナーとして使用する研摩工具は、プレートと、第1主表面および第1主表面と反対側の第2主表面を有する基板を含む研摩物品とを含む。CMPパッドコンディショナーは、また、第1主表面に止着される砥粒の第1層と、第2主表面に止着される砥粒の第2層と、プレートの一部分に係合して研摩物品およびプレートを取り外し可能に連結するように形成される係合構造とを含む。

【0032】

他の例は、CMPパッドコンディショナーとして使用する研摩工具に関する。この研摩工具はプレートおよび研摩物品を含み、この研摩物品は、第1主表面および第1主表面と反対側の第2主表面を含む基板と、第1主表面に止着される砥粒の第1層と、第2主表面に止着される砥粒の第2層とを有する。この研摩工具は、プレートおよび研摩物品が連結機構によって取り外し可能に連結されるように形成される。

10

【0033】

使用可能な研摩工具の断面図が図1に表現される。具体的には、研摩工具300は、プレート301に取り外し可能に連結される研摩物品250を含む。研摩物品250は、第1主表面202と、第1主表面202と反対側の第2主表面204とを備えた基板201を含む。この両主表面202および204は側表面によって接合されている。研摩物品250は、さらに、第1主表面202の上に載っておりかつこれに当接する第1接合層203と、砥粒221の第1層とを含む。この砥粒221は、それが基板201に確実に固定されるように、接合層203の内部に包含される。また、第2主表面204の上に載っておりかつこれに当接する第2接合層205と、砥粒223の第2層とが図示されており、砥粒223は、それが基板201に確実に固定されるように、接合層205の内部に包含される。

20

【0034】

プレート301は、プレート301の内部に延び込む凹部304であって研摩物品201を取り外し可能に連結するための空間を提供するように構成される凹部304を含む。プレート301および研摩物品300は、連結機構351および352によって相互に取り外し可能に連結される。この連結機構351および352は、プレート301の相補的な連結表面261および262と係合する研摩物品250の係合構造257および258を含む。すなわち、プレート301は、砥粒を組み込んだ第1および第2作業表面を有する研摩物品250に取り外し可能に連結するように特殊な形に設計される特殊な形状および連結表面261および262を有する。

30

【0035】

図示のように、研摩工具300は、凹部304を有するプレート301を含んでおり、研摩物品250を、その凹部304内部においてプレート301に取り外し可能に連結することが可能である。特定の一実施形態によれば、凹部304は、プレート301の上面331と凹部304の底面309との間に測定される深さ305を有する。注目すべきは、凹部304の深さ305を、凹部304内部に包含される砥粒223の層が底面309から離れて位置するように、研摩物品200の高さ335よりもかなり大きくすることができる点である。このような配置によって、底面309と砥粒223の第1層との間の十分な間隔の確保が簡単化され、砥粒223の破損、鈍化、または特性および配向の変化を避けることができる。

40

【0036】

さらに図示されているように、研摩工具300は、研摩物品250が特にプレート301の凹部304の内部に位置するように設計される。すなわち、接合層203および砥粒221の層のみがプレート301の上面331の上に延び出るように、基板201の上部主表面202を、プレート301の上面331と同一平面にすることができる。このような構成によって、コンディショニングプロセスの間の砥粒221の層の係合と、プレート301の上面331とドレッシング操作中のパッドとの間の適切な間隔確保が容易になる。研摩物品250およびプレート301の間のこのような方式における配向は、研摩物品

50

250およびプレート301の間の配向の固定を簡単化する連結機構351および352によって簡単化できる。

【0037】

プレートは、CMP処理における使用に適した材料を含むことができる。例えば、プレート301は、基板または支持部材に使用される材料と同じ材料を含むことができる。特定の実施態様においては、プレート301は、少なくとも2E3MPaの弾性率のような適切な機械的特性を有する材料から形成される。例えば、プレート301は、約2E3MPaおよび約4E5MPaの間の範囲内の弾性率を有する材料から作製できる。

【0038】

プレート301として使用するためのいくつかの適切な材料には、金属、金属合金、ポリマー、およびこれらの組合せが含まれる。例えば、特定の実施形態においては、プレート301は、特に遷移金属元素を含む金属材料、例えば金属合金から作製される。またその代わりに、プレート301は、ポリマー材料を含むことが可能であり、熱可塑性材料、熱硬化性材料または樹脂材料のような耐久性ポリマーから作製される。

【0039】

いくつかの実施形態においては、プレート301は、繰り返されるCMP処理およびドレッシング手順に耐えるように設計される。すなわち、プレート301は、交換する前に多くの使用回数を経ることができるような再利用可能部材として意図されている。例えば、プレート301は、研磨物品250の寿命を超える期間にわたって再利用可能であるように設計することができる。

【0040】

プレート301は凹部302および303を含むことができる。この凹部302および303は、プレート301および研磨物品250をドレッシング操作に従って回転できるように、通常ドレッサー保持用として設計される固定具と係合するように構成される。図においては、プレート301が、固定具との係合用としての凹部302および303を含むように表現されているが、プレート301の中心を通る軸孔のような他の係合構造、あるいは、CMPパッドのコンディショニングおよびドレッシング用としてプレート301を研磨物品200と共に回転し得るように適切に設計される他の構造も使用できることが認められるであろう。

【0041】

研磨物品をプレートに連結するための種々の手段が使用可能である。その一例が、「化学的平坦化パッドコンディショナーとして使用するための研磨工具 (Abrasive Tool for Use as a Chemical Planarization Pad Conditioner)」なる表題で2009年12月31日に出願された米国特許出願第12/651,326号明細書に記述されており、この米国特許出願第12/651,326号明細書は参照によってその全体が本願に組み込まれる。特徴および係合構造は、多様な結合方式、例えば、締まり嵌め結合、ラッチ、ファスナー、レバー、クランプ、チャック、あるいはこれらの組合せを含むことができる。特定の連結機構は、研磨物品250およびプレート301の間のマグネット連結装置および／または電極連結装置 (例えば陽極接合) を含むことができる。

【0042】

一例においては、研磨工具が、CMP流体および研磨残渣が研磨物品250およびプレート301の間の結合部に入り込むのを低減または最小化し得るシール手段を含む。このシール手段がなければ、このようなCMP流体および研磨残渣が、引き続くドレッシング操作において他のパッドを汚染する可能性がある。シール部材は、プレート301、基板201、またはその両者に装着できる。一実施態様においては、シール部材は、基板201の側表面206の周囲に沿う方向に延びることができる。すなわち、シール部材は、(円形基板の場合は) 基板201の側表面の全周の回りの円周方向に延びることができる。同様に、シール部材は、対応する凹部と係合し、かつ、基板201の側表面の周囲に沿って、特に全周に沿って延びることが可能である。一例においては、シール部材は、基板2

10

20

30

40

50

01の側表面に沿う凹部の内部に配備される。

【0043】

別の例においては、CMPパッドコンディショナーとして使用する研磨工具が、第1主表面および第1主表面と反対側の第2主表面を有する基板と、第1主表面に止着される砥粒の第1層と、第2主表面に止着される砥粒の第2層とから作製される研磨物品を含む。プレートは、プレートおよび研磨物品を取り外し可能に連結するためのマグネットを含む。

【0044】

さらに別の例においては、CMPパッドコンディショナーとして使用する研磨工具が、凹部を含むプレート、例えば金属または金属合金のプレートと、その凹部の内部に取り外し可能に連結される研磨物品とを含む。この研磨物品は、第1主表面を有する基板と、第1主表面に止着される砥粒の第1層とを含む。いくつかの例においては、砥粒の第1層は、光学的自動焦点合わせ技術によって測定される平坦度として、約0.02cm以下の平坦度を有する。例えば、この砥粒の第1層は、約0.01cm以下の平坦度、あるいはさらに約0.005cm以下の平坦度を有することができる。一例においては、平坦度の測定は、点間の距離を測定する光学的自動焦点合わせ技術を用いて行われる。このような技術の一例として、VIEW Engineering, Inc. 社から普通に入手可能なBenchmark 450（商標）がある。

【0045】

さらに別の一例においては、CMPパッドコンディショナーが、第1主表面および第1主表面と反対側の第2主表面を含む基板（支持体）と、第1主表面に止着される砥粒の第1層と、第2主表面に止着される砥粒の第2層とを有する。さらに、この研磨工具は、第1主表面に対応する基板上にあって砥粒の第1層の摩耗状況を識別する第1インディシアを含むことができる。場合によっては、砥粒の第2層の摩耗状況を指示するインディシアを同様に設けることも可能である。

【0046】

このようなインディシアは、砥粒の第1層および／または第2層がコンディショニング操作において使用された回数を特定すること、および／または、ユーザが使用される側面を使用されない側面に対して識別する手助けになることが可能であり、さらに、砥粒の対応する層の残存使用可能寿命を特定できる。インディシアは、例えばローマ数字のような物理的な標識またはプリントされた標識を含むことができ、砥粒221および223の当該層が使用された回数を示す。砥粒の当該層の摩耗状況を特定する異なるカラー状態をインディシアが有するようなカラーインジケータも利用可能である。特に、カラーインジケータは、インディシアのカラーが、CMPプロセスにおいて使用される特定の化学物質に繰り返し曝露されることによって変化するような種々のカラー状態を有することが可能である。インディシアは、点数、あるいは、1片の接着剤またはテープまたは砥粒の層が使用された回数、最終的には研磨層の摩耗状況を示す他の識別構造のようなユーザ実施材料とすることができる。

【0047】

「化学的平坦化パッドコンディショナーとして使用するための研磨工具（Abrasive Tool for Use as a Chemical Planarization Pad Conditioner）」なる表題で2009年12月31日に出願された米国特許出願第12/651,326号明細書は、参照によってその全体が本願に組み込まれるが、この米国特許出願第12/651,326号明細書に開示されるような研磨物品は種々の方法によって調製可能である。例えば、米国特許出願第12/651,326号明細書に記述されるように、研磨物品の形成方法は、基板の第1主表面の上に第1接合層の材料を載置するステップと、その第1接合層材料の内部に砥粒の第1層を置くステップとを含む。この場合、基板は、基板をプレートに取り外し可能に連結するように構成される係合構造を含む。この方法は、さらに、基板の第2主表面であって第1主表面と反対側の第2主表面の上に第2接合層の材料を載置するステップと、その第2接合層材

10

20

30

40

50

料の内部に砥粒の第2層を置くステップと、第1主表面上の砥粒の第1層によって規定される第1研磨表面、および第2主表面上の砥粒の第2層によって規定される第2研磨表面を含むCMPパッドコンディショナーを形成するステップとを含む。

【0048】

第2接合層の材料の載置は、第1主表面の上への第1接合層の材料の載置に類似の、あるいはそれと同じプロセスを含むことができる。特定のプロセスにおいては、第2接合層の載置は、完成した第1接合層材料および砥粒の第1層がいかなる表面とも接触しないように基板を懸架することを含むことができる。第2接合層形成の間の基板の懸架によって、砥粒の第1層の配置および配向における変化、あるいはさらに、砥粒の第1層の鈍化が回避される。基板の懸架は、機械的手段、圧力手段などによって行うことができる。

10

【0049】

両側に研削表面を含む配置は、支持部材の反対側の両面に、同じまたは異なる研磨材料および／または粒度を含むことが可能である。すなわち、第2研削面における砥粒は、第1面における砥粒と同じ種類の材料および同じ平均粒度を含む同じものとすることができるが、特定の実施形態においては、第2層の砥粒を、砥粒の第1層に使用する砥粒とは異なるものにするすることができる。第1主表面および第2主表面の間において異なる砥粒を使用すると、異なるドレッシング操作を実行できる研磨物品の形成が容易になる。例えば、第2層の砥粒は第1層の砥粒とは異なる種類の材料を含むことができる。いくつかの設計においては、第2層の砥粒が、同じCMPパッドまたは異なるタイプのCMPパッドのいずれかに対する異なるドレッシング操作を完遂するために異なる平均粒度を有することができる。

20

【0050】

研磨粒子を、支持部材の少なくとも1つの側面、通常作業面、あるいは両側面（上記のように互いに反対側）に結合または止着するのに使用し得る方策には、例えば、ロウ付け、電気メッキ、または焼結（例えば粉末金属技術による）が含まれる。他のタイプの接合材料としては、例えば有機樹脂またはガラス質接合剤が含まれる。支持部材の反対側の研削面に砥粒を止着するのに用いる結合手段は、同じものまたは異なるものとすることができる。

【0051】

一例においては、砥粒をロウ付け合金によるロウ付けによって結合させる。例えば、ロウ付け層、例えばロウ付け膜を、支持部材の片側の面または両側面に接合できる。続いて、研磨粒子を、例えば、グリーン部分を形成するようにロウ材層の上に配置することによって装着する。グリーン部分を焼成すると、ロウ材層が熔融し、引き続いて冷却すると、研磨粒子がロウ付け合金によって支持部材に化学的に接合される。ダイヤモンドのような砥粒を、基板、例えば鋼製プリフォームに結合するのに通常用いる金属接合材の化学組成は、例えば、Wall Colmonoy Corporation社、Madison Heights、ミシガン州から市販されているNicrobraz（登録商標）LM（BNi-2）ロウ材のように元素Niのメッキまたはロウ材を含むものが多い。本明細書に記述する配置に使用するロウ材膜の多くは、少なくとも約2重量%のクロム含有量を有するニッケル合金を含む。

30

40

【0052】

ロウ付け膜は、ある厚さ、すなわち例えば、使用する研磨粒子の最小粒子サイズの約1%および約60%の間の厚さを有することができ、例えば、ロウ材テープ、ロウ材箔、穿孔付きロウ材テープ、または穿孔付きロウ材箔とすることができる。例えば、穿孔加工された箔によって、ロウ材層の上に研磨粒子を配置するステップは、例えば、ロウ材のすべての層に接着剤を塗布するステップと、複数の開口を有する載置箔またはテープを各接着剤層の上に配置するステップと、研磨粒子をその開口を通して接着剤と接触させるステップとを含む。

【0053】

一実施態様において、支持部材はステンレス鋼のディスクであり、ロウ付け膜はロウ付

50

け箔であり、研磨粒子はダイヤモンドである。1つの場合には、少なくとも約50（重量）%のダイヤモンドが、独立に約65マイクロメートルおよび約75マイクロメートルの間の粒子サイズを有する。

【0054】

研磨粒子を配置するステップは、例えば、ロウ付け膜の少なくとも一部分内またはその上の複数の開口に研磨粒子を装着するステップを含むことができるが、この場合、各開口は、1つの研磨粒子を受け入れるように構成される。ロウ付け膜の少なくとも一部分内またはその上の複数の開口に研磨粒子を装着するステップは、例えば、ロウ付け膜の少なくとも一部分に接着剤の層を塗布するステップと、複数の開口の少なくとも一部分を含む配置ガイドを接着剤層の上に配置するステップと、研磨粒子をその開口を通して接着剤と接触させるステップとを含むことができる。別の方策においては、研磨粒子を配置するステップが、例えば、ロウ付け膜の少なくとも一部分に接着剤を塗布するステップと、研磨粒子をその接着剤の上にランダムに分布させるステップとを含むことができる。

10

【0055】

コンディショニング工具には、使用した際に所望のパッドコンディショニングを実現する特定の表面トポグラフィーを設けることができ、CMPコンディショナーは、いくつかの形態を有するように製作可能である。砥粒は、例えば、1つ以上のパターンの形で配置することができ、同様に、パターンは1つ以上のサブパターンを含むことができる。

【0056】

各パターンは、境界、従ってパターンの形状を規定するオブジェクトを有することができる。種々のパターン形状を用いることが可能である。いくつかの場合には、パターンの形状は、支持部材の側面の形状に類似するように調整される（例えば支持部材が円形側面を有する場合、パターンは円形形状を有する）。

20

【0057】

利用可能なパターンの例には、面心立方パターン、立方晶パターン、六方晶パターン、斜方晶パターン、スパイラルパターン、ランダムパターン、およびこれらのパターンの組合せが含まれる。例えば、六方晶パターンは、パターンの境界を規定しない各オブジェクトが、それを等距離に囲繞する6個のオブジェクトを有するようなオブジェクト配置のことを言う。1つ以上のサブパターンと1つ以上のランダムパターンとを組み合わせ、混合パターンを形成することができる。（例えば、粒体が基板上にランダムに分布される）ランダムな砥粒パターンも使用できる。このようなパターンは、擬似ランダムパターンと、カオスのパターンまたはフラクタルパターンとを含むことができる。

30

【0058】

2つの作業（研削）表面を有する工具においては、パターンを、片面だけまたは両面に設けることができる。

【0059】

一例において、研磨工具は、第1主表面および第1主表面と反対側の第2主表面を有する基板から作製されるCMPパッドコンディショナーを含む。この場合、第1主表面は、第1組の突起の上部部分によって画定される第1の上部表面を含む研磨組織を有し、この第1組の突起は、第1組の突起を分離する第1組の溝によって画定される低部表面から延び出ている。また、第2主表面は、第2組の突起の上部部分によって画定される第2の上部表面を含む研磨組織を有し、この第2組の突起は、第2組の突起を分離する第2組の溝によって画定される低部表面から延び出ている。2つの研削表面を用いる構成は、それぞれの表面上の溝および突起の組を形成するために、同じパターンまたは異なるパターンを用いることができる。

40

【0060】

従来、ダイヤモンド粒体は、一般的にランダム分布またはパターン化分布のいずれかにいてコンディショナーの表面に配置されてきた。規則的なパターン化アレイを有するコンディショナーは、デカルト座標におけるダイヤモンドの固有の周期性を有する可能性があり、これは、パッドに好ましくない規則性をインプリントすることがある。一方、真の

50

ランダムアレイは、ダイヤモンドなしの領域を生じる傾向を有する。この欠点を克服するため、Saint-Gobain Abrasives, Inc. 社によって、自己回避型ランダム分布 (self-avoiding random distribution: SARD (商標)) が開発された。一般的に、SARD (商標) アレイは、繰り返しパターンがないように、かつまたダイヤモンドなしの領域がないように設計することが可能である。さらに、各 SARD (商標) コンディショナーは、各ダイヤモンドの位置が正確に複製されるように製造可能であり、プロセスの安定性、ロット間の整合性、およびウエハの均質性の点に関して優れた研摩性能を提供する。「化学的平坦化パッドコンディショナーとして使用するための研摩工具 (Abrasive Tool for Use as a Chemical Planarization Pad Conditioner)」なる表題で 2009 年 12 月 31 日に出願された米国特許出願第 12/651, 326 号明細書は、参照によってその全体が本願に組み込まれるが、この米国特許出願第 12/651, 326 号明細書に記述されるような工具においては、片面または両面の研削表面を生成するために、SARD (商標) 技術を利用できる。

10

【0061】

SARD (商標) パターンに従って形成される CMP コンディショニング工具が、例えば、2009 年 3 月 24 日に Richard W. J. Hall らに対して付与された米国特許第 7, 507, 267 号明細書に記述されている。この明細書の教示内容は、参照によってその全体が本願に組み込まれる。

【0062】

20

好ましい態様において、CMP パッドコンディショニング用の工具は、砥粒と接合材と基板とを含み、砥粒は、選択された最大径および選択されたサイズ範囲を有すると共に、単一層アレイの形で接合材により基板に接着される。この場合、(a) 砥粒が、そのアレイにおいて、各砥粒の回りの排他的領域を有する非一様なパターンに従って配向され、かつ、(b) 各排他的領域は、所望の砥粒の粒度の最大半径を超える最小半径を有する、ことが特徴である。

【0063】

各砥粒の回りの選択された排他的領域を有する研摩工具の製作方法は、次のステップ、すなわち、(a) 規定されたサイズおよび形状を有する 2 次元の平面領域を選択するステップと、(b) その平面領域に対する所望の砥粒の粒度および濃度を選択するステップと、(c) 一連の 2 次元座標値をランダムに発生させるステップと、(d) ランダムに発生させた座標値の各対を、任意の隣接する座標値の対からある最小値 (k) だけ異なる座標値に制限するステップと、(e) 選択された 2 次元の平面領域および選択された砥粒の粒度に対する所望の砥粒の濃度を生成するために、十分な対を有する前記制限されたランダム発生座標値のアレイであってグラフ上の点としてプロットされたアレイを発生させるステップと、砥粒をそのアレイ上の各点の中心に置くステップとを含む。

30

【0064】

各砥粒の回りの選択された排他的領域を有する研摩工具の別の製作方法は、次のステップ、すなわち、(a) 規定されたサイズおよび形状を有する 2 次元の平面領域を選択するステップと、(b) その平面領域に対する所望の砥粒の粒度および濃度を選択するステップと、(c) 一連の座標値の対 (x_1 , y_1) を、少なくとも 1 つの軸に沿うその座標値が数値の順序に制限されるように選択するステップであって、その場合、各値は次の値と一定量だけ異なるステップと、(d) 1 組の選択された x 値および 1 組の選択された y 値を生成するために、各選択された座標値の対 (x_1 , y_1) を切り離すステップと、(e) 前記 x 値および y 値の組から一連のランダムな座標値の対 (x, y) をランダムに選択するステップであって、各対は、任意の隣接する座標値の対の座標値からある最小値 (k) だけ異なる座標値を有するステップと、(f) 選択された 2 次元の平面領域および選択された砥粒の粒度に対する所望の砥粒の濃度を生成するために、十分な対を有する前記ランダム選択座標値の対のアレイであってグラフ上の点としてプロットされたアレイを発生させるステップと、(g) 砥粒をそのアレイ上の各点の中心に置くステップとを含む。

40

50

【0065】

所望の粒子間間隔は、例えば、対応する開口間間隔を備えた複数の開口を有する砥粒配置ガイドを用いて実現できる。いくつかの場合には、特定のパターンをロウ付け膜の中に組み込むことが可能である。例えば、ロウ付け膜（例えば箔）に、所望のパターンの複数の開口または穿孔を設けることができる。好ましい実施態様においては、各穿孔は、焼成後に砥粒が開口のパターンにほぼ類似の砥粒パターンを形成するように、単一の研磨粒子を保持するサイズのものとされる。穿孔は、さらに、ロウ付けの間の揮発接着剤の脱気を可能にし、それによって、ロウ付け膜の持ち上がりを抑える。

【0066】

工具は、約4000個研磨粒子／平方インチ（620個研磨粒子／平方センチメートルまたは cm^2 ）より多い研磨粒子濃度と、研磨粒子が他の研磨粒子と接触することが実質的にない（例えば、5容積％未満の研磨粒子が他の研磨粒子と接触する）ような粒子間間隔とを有する。いくつかの場合においては、研磨粒子濃度は約10000個研磨粒子／平方インチ（1550個研磨粒子／ cm^2 ）より大きい。

【0067】

他のタイプのCMPパッドドレッサーを利用することが可能である。例えば、適切なCMPドレッシング工具が、2008年11月6日に公開された「化学機械平坦化用のコンディショニング工具および技術（Conditioning Tool and Techniques for Chemical Mechanical Planarization）」なる表題の米国特許出願公開第2008／0271384号明細書、および、2009年2月26日に公開された「次世代酸化物／金属CMP用のCMPコンディショナーの最適設計（Optimized CMP Conditioner Design for Next Generation Oxide／Metal CMP）」なる表題の、Hwangらに関わる米国特許出願公開第2009／0053980号明細書に記述されている。この米国特許出願公開第2008／0271384号明細書および同第2009／0053980号明細書の教示内容は、参照によってその全体が本願に組み込まれる。

【0068】

一実施態様において、CMPパッドコンディショニング用の工具は、砥粒と接合材と基板とを含む。砥粒は、接合材（例えばロウ材テープまたはロウ材箔）によって単一層アレイの形で基板に接着される。砥粒は、粒度サイズ、粒度分布、粒度形状、粒度濃度、および粒度の突出高さ分布に関して最適化され、それによって、所望のCMPパッド組織を実現できる。砥粒は、例えば、そのアレイにおいて、各砥粒の回りの排他的領域であって、所望の砥粒の粒度の最大半径を超える最小半径を有する排他的領域を有する非一様なパターンに従って配向可能である。1つの特定の場合においては、少なくとも50（重量）％の砥粒が、独立に約75マイクロメートル未満の粒子サイズを有する。別の特定の例においては、所望のCMPパッド組織が1.8ミクロンまたはマイクロメートル（ μm ）未満の表面仕上げ度Raである。さらに別の特定の場合には、砥粒を基板に接着する接合材が、ロウ材テープまたはロウ材箔のいずれかである。さらに別の特定の場合には、工具によってもたらされる所望のCMPパッド組織が、研磨剤の集塊化に対する抵抗力を有し、それによって、パッドによって処理されるウエハ上のディッシングが低減される。

【0069】

CMPパッドコンディショニング用の研磨工具は被膜をも含む。この被膜は、ロウ付け、焼結または電気メッキされた1つ以上のCMPドレッサー表面に設けることができる。被膜処理は、例えば、ドレッサーまたはコンディショナーの作業表面に、そして場合によっては他の表面にも施される。単一の作業表面を有する工具においては、研削面および反対側の非研削面の両者を被膜処理できる。例えば、「化学的平坦化パッドコンディショナーとして使用するための研磨工具（Abrasive Tool for Use as a Chemical Planarization Pad Conditioner）」なる表題で2009年12月31日出願された米国特許出願第12／651, 3

10

20

30

40

50

26号明細書は、参照によってその全体が本願に組み込まれるが、この米国特許出願第12/651,326号明細書に記述されるような工具は、研削表面の片側または両面を被膜処理することが可能である。別の実施態様においては、プレート（ホルダー）も部分的にまたは全体的に被膜処理される。いくつかの場合には、本明細書に記載するようなプレートを用いる場合はそれを含めて、全工具が被膜処理される。他の場合には、CMPスラリーと接触するすべての金属含有表面が被膜処理される。CMPパッドコンディショニング工具の異なる部分に対して、同じ、または異なる種類の被膜処理を施すことができる。

【0070】

被膜は、耐腐食性および／または他の特性、例えば、疎水性、硬度、被膜処理される表面への良好な接着性、侵食、層間剥離または剥離に対する抵抗力などを提供することが望ましい。腐食は、一般的に、金属および合金の環境との反応による電気化学的劣化に関係しており、この劣化は酸または塩基の存在によって加速される場合が多い。一般に、金属または合金の腐食性は、活性系列におけるその位置に左右される。腐食生成物は、多くの場合、金属酸化物または金属ハロゲン化物の形態を取る。CMP適用の特定の状況においては、腐食は、腐食性溶液、この場合使用する化学スラリーへの金属または合金成分の溶解にも関係する。この溶解は、使用される金属／合金成分の間の電気化学的電位差によって誘発される。例えば、ロウ材合金におけるNiおよびNiSi₂相は、CuまたはWのいずれかのスラリーにおいて異なる作用をなす。すなわち、一般的にNi相がNiSi₂よりも先に溶出する。CMP用途における腐食現象の典型的な結果には、通常表面および表面下のレベルの両者に生起する、図2に示すような多孔質の金属接合部微細構造が含まれる。

【0071】

いくつかの種類の被膜処理を用いることができる。この例として、有機／ポリマー／フッ素樹脂、例えばパリレン、ダイヤモンドライクカーボン被膜（diamond-like carbon coating: DLC）、ダイヤモンドライクナノコンポジット被膜（diamond-like nanocomposite coating: DNC）、フッ素化ナノコンポジット被膜、およびその他、例えばメッキ被膜、例えばCr、Ni、Pdなどが含まれるがこれに限定されない。

【0072】

例えばパリレンのようなポリマーに基づく有機被膜は一般的に疎水性であるが、耐摩耗性が低いという特徴を有する場合が多い。侵食性のCMP用途であって、軟質の被膜が、例えば不十分な被膜接着のために摩耗または剥離する可能性があるような場合においては特にそうである。

【0073】

例えばダイヤモンドの作業表面を有する場合がそうであるが、侵食性の強い研磨を行う場合は、全CMPプロセスを通して、接合部面積の残りの部分は保護されたままに残るものの、摩耗したダイヤモンド片が作用し続ける可能性がある。

【0074】

ダイヤモンドライクナノコンポジット被膜は、例えば、1994年10月4日にDorffmanらに付与された「ダイヤモンドライクナノコンポジットまたはドーピングダイヤモンドライクナノコンポジット膜の形成方法（Method for Forming Diamond-Like Nanocomposite or Doped-Diamond-Like Nanocomposite Films）」なる表題の米国特許第5,352,493号明細書に記述されている。この米国特許第5,352,493号明細書の教示内容は、参照によってその全体が本願に組み込まれる。このような被膜は、通常、非晶質材料であり、水素によって安定化された優勢sp³結合炭素のランダムネットワークと、酸素によって安定化されたガラス状ケイ素と、周期律表の1～7bおよび8族からの元素のランダムネットワークとが相互貫入していることを特徴としている。例えば、2008年8月14日に公開された「ダイヤモンドライクカーボン層の層化構造を含む被膜（Coating Comprising Layered Structures o

10

20

30

40

50

f Diamond-Like Carbon Layers)」なる表題の、Jacques 等らに関わる米国特許出願公開第2008/0193649A1号明細書に記述されているような層化構造も用いることができる。この米国特許出願公開第2008/0193649A1号明細書の教示内容は、参照によってその全体が本願に組み込まれる。

【0075】

標準的なDLC被膜は、通常、（使用可能な他の金属被膜と同様に）親水性である。いくつかの用途においては、DLC膜は高い固有応力を有する可能性があり、その結果、ピンホールまたは全体的な多孔性を生じることがある。この現象は、特にいくつかのCMPスラリー環境においては化学的腐食または溶出をもたらす可能性がある。さらに、親水性の表面は、CMP適用の間ドレッサー表面における蓄積を促進する可能性があり、これは、（残渣粒子がドレッサー表面から脱離すると）ドレッサー寿命の低減と欠陥増大の可能性とを招来する。

10

【0076】

このため、本発明のいくつかの態様においては、CMPコンディショナーは疎水性の被膜を有する。別の態様においては、被膜は、硬質であり、および／または基板表面に良好に接着し、従って、摩耗および／または剥離に対する抵抗力を有する。不活性な被膜、例えばpHに対しておよび／または化学的に敏感でない被膜も好ましい。

【0077】

特定の実施形態においては、被膜はフッ素ドーパされたナノコンポジットであり、本明細書では、これをフッ素化ナノコンポジットまたはF-DNC被膜とも呼称する。このような被膜は、ドーパされたFを系内に含むC、SiおよびOのナノコンポジットであり、フッ素ドーパダイヤモンドライクナノコンポジット組成物と考えることができる。

20

【0078】

一実施態様において、被膜は、炭素、ケイ素、酸素、水素およびフッ素を含有するダイヤモンドライク組成物を含む。フッ素ドーパダイヤモンドライク被膜は、例えば、2002年10月22日にBrayらに付与された米国特許第6,468,642号明細書に記述されている。この米国特許第6,468,642号明細書の教示内容は、参照によってその全体が本願に組み込まれる。

【0079】

理論によって束縛されることを願うわけではないが、いくつかの適用例においては、被膜組成物は、水素原子によって化学的に安定化された炭素ネットワーク、および、酸素原子によって安定化された非晶質構造をもたらすガラス状ケイ素のネットワークであり、この場合、フッ素が実質的に組み込まれて、水素またはケイ素のいずれかの一部を置換していると信じられている。本明細書において用いる「非晶質」という用語は、固体状態における原子のランダムな構造または配置であって、長い範囲の規則的な秩序をもたらさず、かつ、結晶性または粒状性を欠いている原子の構造または配置のことを言う。また、クラスターは、構造の非晶質特性を破壊する可能性があり、劣化の活性中心として作用することがあるとも信じられているので、好ましい被膜は、約10オングストロームより大きいクラスターまたは秩序を含まない。

30

【0080】

場合によっては、被膜は、1つ以上の他のドーパントを含むことが可能であり、このような被膜を本明細書においては、フッ素ドーパントDNC被膜と呼称する。通常、追加ドーパントは、被膜の特性を適合させるあるいは調整するために添加できる。例えば、ドーパントは、耐腐食性増進用として、あるいは被膜処理されるドレッサー表面への接着性を強化するように選択できる。ドーパントの性質および／またはドーパントの濃度は、被膜全体にわたって、例えば層化された構成において変化させることが可能である。

40

【0081】

追加ドーパントは、遷移金属と、周期律表のIb~VIIbおよびVIII族の非金属との任意の1つまたはそれらの組合せとすることができる。ドーパントの例として、B、Si、Ge、Te、O、Mo、W、Ta、Nb、Pd、Ir、Pt、V、Fe、Co、M

50

g、Mn、Ni、Ti、Zr、Cr、Re、Hf、Cu、Al、N、Ag、Auが含まれる。ドーパントとして使用し得るいくつかの化合物として、TiN、BN、AlN、ZrNおよびCrNが含まれる。他のドーパントを用いてもよい。さらに、ケイ素および酸素原子も、他の元素および／または化合物を含むドーパントネットワークにおいて使用することができる。

【0082】

いかなる特定の解釈にも拘ることを望むわけではないが、追加ドーパントは、ナノ細孔ネットワークをランダムに充填し、結果的には、特定のドーパント濃度において、50原子%のような高い濃度においてさえも、クラスターまたは微細結晶粒なしの追加ネットワークを形成する。約10原子%未満の濃度においては、ドーパントは、ダイヤモンドライクマトリックスのナノ細孔内に分離した原子として分布される。この擬似ランダム構造におけるドーパント原子間の平均距離はドーパントの濃度によって制御できる。ドーパント元素または化合物の相対濃度が約20～25原子%に達すると、ドーパントは、フッ素ドーパナノコンポジット被膜における第3のネットワークを形成する。

10

【0083】

多くの場合、F-DNCまたはフッ素ドーパントDNC被膜の炭素含有量は、被膜の約40原子%より多く、例えば、約40～約98原子%、さらに好ましくは約50～約98原子%である。このような被膜は、理論的には全く水素なしで調製し得るが、水素含有量が、少なくとも約1原子%、炭素濃度の約40原子%までであることが望ましい。

【0084】

20

F-DNCまたはフッ素ドーパントDNC被膜のフッ素含有量は、少なくとも約1原子%、炭素濃度の約40原子%までとすることが可能である。使用するフッ素含有量は、例えば特定のCMP用途に応じて変化させることができる。例えば、使用するフッ素量を、疎水性の特性をもたらすには十分なほど高いが、所望の用途において柔軟すぎる被膜を生成するほどには高くないように選択することが可能である。フッ素量は、0原子容%を僅かに超えたばかり（例えば0.5原子容%）から約30原子容%までの範囲内、さらに好ましくは約1原子容%～約20原子容%の範囲内にすることができる。

【0085】

F-DNC被膜の密度は、例えば、約1.8～約2.1 g/cm³の範囲内に変化できる。空間の残りの部分は、約0.28～約0.35 nmの間の直径を有するナノ細孔のランダムネットワークによって占めることが可能である。ナノ細孔のネットワークは、クラスターまたはマイクロ細孔を形成しないことが望ましい。いくつかの場合には、被膜は、C-F/Hネットワークと、ガラス状のSi-Oネットワークと、場合によって追加ドーパントのネットワークとを含むことができる。異なるネットワークのランダムな相互貫入が、被膜に見られるあらゆる方向の構造の様な強度をもたらすと信じられている。被膜構造は、例えば、約80オングストローム（8 nm）の大きさの厚さ全体を通して、マイクロ細孔を含まないことが望ましい。

30

【0086】

被膜の厚さには、既存技術のように理論的な上限または下限はなく、利用可能な機器によって、原子スケールのコンポジット被膜が可能である。通常、被膜は、特定のCMP用途に適した厚さ、例えば、約0.1 μm～約5 μmの範囲内の厚さで被膜処理される。被膜は、ドレッサーの作業表面における早過ぎる侵食に耐えるに十分なほど厚く、しかし、欠陥、亀裂、層間剥離などを抑制するのに十分なほど薄いことが望ましい。特定の実施態様においては、CMPパッドドレッシング用の工具は、約0.5 μm～約3 μmの範囲内の厚さの被膜を有する。

40

【0087】

被膜は、単一層または多層として堆積させることが可能である。例えば、フッ素DNC被膜は、（追加ドーパントを含有する）フッ素ドーパDNCによって層形成することができる。1つの層から他の層に特性を変化させることは、化学組成を変化させることに加えて、堆積条件、例えば、温度、圧力および／または他のパラメータを変化させることによ

50

っても実現できる。

【0088】

被膜の組成、厚さおよび／または他の特性は、1つの表面から他の表面に変えることができ、あるいは、被膜処理される全表面に対して実質的に均質にすることも可能である。

【0089】

被膜処理は、例えば、CMPパッドコンディショニング用の焼成されたままの工具の上に、すなわち、砥粒が支持体の少なくとも1つの側面に結合された例えば上記のドレッサーの1つの上に、任意の適切な方法によって行うことができる。適切な技術として、物理蒸着法 (physical vapor deposition: PVD)、化学蒸着法 (chemical vapor deposition: CVD)、電着法、その他が

10

【0090】

種々の工具表面を、同時にあるいは順番に被膜処理することが可能である。任意の個数の真空チャンバ構成、有機ケイ素および他の前駆体、前駆体の取り扱い、前駆体の装入、並びに種々の堆積方法を、例えば当分野で知られているように用いることができる。被膜の形成に使用可能な適切な材料、機器および方法の例が、2002年10月22日にBrayらに付与され、N. V. Bekaert S. A. に譲渡された「フッ素ドーパダイヤモンドライク被膜 (Fluorine-Doped Diamond-Like Coatings)」なる表題の米国特許第6,468,642号明細書に記述されている。この米国特許第6,468,642号明細書の教示内容は、参照によってその全体が本願に組み込まれる。

20

【0091】

一実施形態において、CMPコンディショナーの作製方法が、(焼成されたままの)CMPコンディショナーを真空堆積チャンバ内に位置決めするステップと、炭素、ケイ素、酸素、水素およびフッ素を含有するダイヤモンドライク組成物を、炭素、ケイ素、酸素、水素およびフッ素のイオン、原子またはラジカルを含むクラスターレス粒子ビームの共堆積によって、その上に堆積させるステップとを含む。その場合、各粒子種の平均自由行程は、その粒子源とコンディショナーの成長粒子被膜表面との間の距離を超えている。

【0092】

別の実施形態においては、フッ素ドーパダイヤモンドライク被膜を、関連元素のイオン、原子またはラジカルクラスターレスビームによる共堆積によって、CMPコンディショナーの1つ以上の表面に被膜処理することが可能である。この場合、各粒子種の平均自由行程は、その粒子源と成長粒子被膜表面との間の距離を超えており、かつ各ビームは明確なエネルギーの粒子を含有することが望ましい。

30

【0093】

堆積に先立って、工具またはその特定の表面を、ドレッサー表面を汚染するあらゆる有機または無機不純物を除去するために清浄化することが可能である。使用し得る適切な清浄化プロセスには、例えば、超音波および／またはプラズマ法、あるいは当分野で知られる他の適切な技術が含まれる。

【0094】

いくつかの場合には、清浄化は堆積と統合される。例えば、真空チャンバ内にすでに存在しているCMPドレッサーの清浄化を効果的に行うために、最初にアルゴンプラズマを発生させることが可能であり、続いて、被膜を形成する前駆体が導入される。

40

【0095】

他の場合には、全プロセスを空気対空気システムにおいて実行できる。このような空気対空気システムは、清浄化と、部品、例えば焼成されたままのCMPドレッサーの堆積チャンバへの輸送と、その部品の基板ホルダー上への機械化／ロボティック搭載とを含むことができる。続いて、基板ホルダーのロードロックチャンバ内への搬入、さらに堆積チャンバ内への搬入が続き、そして基板上、この場合CMPドレッサーコンディショニング用の工具の上に被膜処理が行われる。被膜処置後に、基板ホルダーを堆積チャンバからロー

50

ドロックチャンバ内に取り出すことができ、続いて大気中に搬出する。工具は、ホルダー上に装着されている間、つまり基板ホルダー上にある間、他の例においては処理中に、例えば振動によって、回転、傾斜、あるいは他の状態に配向させ、操作することができる。

【0096】

好ましい被膜、例えばF-DNCおよびフッ素ドーパントDNC被膜は、CMPドレッサーによく接着し、CMPドレッサーの表面と被膜との間に中間層を用いることなく、直接的に被膜処理することが可能である。使用において、この被膜は剥離または層間剥離に対して抵抗力を有する。好ましい被膜、例えばF-DNCまたはフッ素ドーパントDNC被膜は、腐食性の多くのCMP環境に対して非反応性であるだけでなく、腐食物質と保護されるドレッサー表面との間の接触を防止する遮蔽としても作用すると信じられている。

10

【0097】

使用される被膜、例えばF-DNCは、ドレッサー表面に疎水性を付与する点が好ましい。水をはじく性質のCMPコンディショナーの表面を図3に示す。F-DNC被膜処理されたドレッサー表面上に載る水滴を示す画像を図4に示す。

【0098】

疎水性のドレッサー表面はCMP残渣の蓄積および／またはトライボロジー膜の形成を低減または最小化する傾向を有しており、その結果、ダイヤモンドはすべての鋭い性能エッジが鈍るまで有効であるので、ドレッサーの性能が最大化または強化される。

【0099】

多くの例において、被膜は、例えば105°以上の高い水接触角を有する。特定の場合には、水接触角は約90°～約120°の範囲内とすることができる。

20

【0100】

好ましい被膜、例えばF-DNCおよびフッ素ドーパントDNC被膜は、さらに、硬度および耐久性を有する。フッ素ドーパントダイヤモンドライク被膜、特に金属ドーパント被膜は、高い微小硬度と弾性を兼ね備えている。すなわち、本発明のフッ素ドーパントダイヤモンドライク被膜の微小硬度は、約5～約32GPaの範囲内、例えば約15GPaである。

【0101】

理論によって束縛されることを願うわけではないが、F-DNCおよびフッ素ドーパントDNC被膜に見られる低い固有応力が耐腐食性に寄与していると信じられている。例えば、この低い応力によって被膜に細孔がなくなり、従って化学的な侵食および浸透に対する抵抗力が生じる。また、酸素によって安定化されたガラス状ケイ素の存在が、高温におけるグラファイト性炭素の成長の防止と、金属含有被膜における金属クラスターの形成の防止と、被膜内の内部応力の低減とに役立っており、それによって、CMPドレッサー表面への接着が強化される。その結果、被膜を、優れた耐侵食性を有する厚い層として形成することが可能になる。

30

【0102】

運転の間、本明細書に記述する被膜処理研磨工具を、CMPパッドをドレッシングおよび／または再研磨するために用いることができる。一例において、CMPパッドのコンディショニング方法は、工具によってCMPパッドの表面をドレッシングするステップを含み、この工具は、(a) 金属接合材によって基板に結合された砥粒と、(b) 工具の1つ以上の表面における被膜とを含み、前記砥粒は、選択された最大直径および選択されたサイズ範囲を有し、かつ、基板に対して接合材によって単一層アレイの形で接着され、さらに次の特徴、すなわち、砥粒が、そのアレイにおいて、各砥粒の回りの排他的領域であって、所望の砥粒の粒度の最大直径を超える最小直径を有する排他的領域を有する非一様なパターンに従って配向されるという特徴を有する。

40

【0103】

別の例においては、CMPパッドのコンディショニング方法が、ドレッサーをCMPパッドと接触させるステップであって、このドレッサーは、金属接合材によって基板に結合された砥粒と、ドレッサーの1つ以上の表面における、炭素、ケイ素、酸素、水素およびフッ素を含有するナノコンポジット被膜とを含むステップと、CMPパッドの作業表面を

50

再研磨し、それによってそのパッドをコンディショニングするステップとを含む。

【0104】

さらに別の例において、CMPパッドのドレッシング方法が、研磨物品をドレッシング機械に連結するステップであって、この研磨物品は、第1主表面および第1主表面と反対側の第2主表面を有する基板を含み、さらに、この研磨物品は、基板の第1主表面における第1研磨表面と、基板の第2主表面における第2研磨表面とを含み、この研磨表面の少なくとも1つは被膜処理され、さらに、この研磨物品は、第1研磨表面を露出するようにドレッシング機械に装着されるステップと、第1研磨表面を第1CMPパッドの表面に接触させて、この第1CMPパッドをコンディショニングするために第1CMPパッドを第1研磨表面に対して動かすステップと、第2研磨表面を露出するために研磨物品を逆転するステップと、第2研磨表面を第2CMPパッドの表面に接触させて、この第2CMPパッドをコンディショニングするために第2CMPパッドを第2研磨表面に対して動かすステップとを含む。

10

【0105】

本明細書に記述する工具のような被膜処理研磨工具を用いるコンディショニング操作は、機器、例えばドレッシング機械と、当分野で知られるプロセスパラメータとを用いて実施できる。

【実施例】

【0106】

本発明は、次の実施例によってさらに良く例示される。この実施例は制限的なものとは意図されていない。

20

【0107】

実施例1

試験は、NiおよびCrに対する溶出レベルを評価するために行われた。F-DNC被膜を含まないCMPドレッサーに比べて、本発明の実施形態による疎水性CMPドレッサーにおいて、これらのレベルが大幅に低下することが判明した。7日間の浸漬後のタンゲステンラリーに対するマイクログラム／ml (ppm) 単位の元素溶出を示す結果を、次の表1に示す。

【0108】

【表 1】

単位:マイクログラム/ml(ppm)

標本 ID	非被膜処理 ドレッサー (7 日間)	F ドープ DNC ドレッサー (7 日間)
Ag	< 0.02	< 0.02
Al	0.11	< 0.03
Au	< 0.05	< 0.05
Ca	0.75	<0.2
Cr	13.8	2.1
Cu	0.25	0.17
Fe	126	54
K	0.6	0.4
Li	< 0.01	< 0.01
Mg	1.06	0.55
Na	0.09	< 0.02
Ni	326	48
Zn	2.01	0.23

表 1. 元素溶出 W スラリー(7 日間浸漬後)

【0109】

実施例 2

厚さ 2.5 μm の疎水性 F-DNC 被膜を、430 ステンレス鋼上に 65 μm ~ 85 μm のサイズ範囲のダイヤモンドによって作製された CMP ドレッサーの作業表面上に堆積させた。被膜は、ドイツ Hamburg の Kruss GmbH 社製の DSA100 型液滴形状分析システム (Drop shape Analysis System) によって測定した接触角として約 108° の接触角を有する。そのデータを図 5 に示す。

【0110】

別の例においては、測定した接触角は 105° であった。

【0111】

実施例 3

工具は、本明細書に記載したような 2 つの作業表面と 1 つのプレート (ホルダー) とを備えた研磨物品を含むものであった。両作業表面に対して DLC 被膜処理を施した。被膜の厚さは 1.5 ミクロン (+/- 10%) であった。この工具は、従来型のロウ付けまたは焼結 CMP ドレッサー製品と比べた場合、化学的溶出が低いことを示した。この工具は、例えば Cu および/または W のような金属の CMP 環境と、例えば、層間絶縁膜 (ILD) または浅溝型素子分離 (STI) のような酸化物の CMP 環境との両者において使用可能である。

【0112】

本発明を、特にその好ましい実施形態に即して示しかつ記述したが、形態および詳細において、添付の請求項が包摂する本発明の範囲から逸脱することなく多様な変更をなし得ることが当業者には理解されるであろう。

【0113】

本開示の要約は、米国の要件に適合するためにのみ用意されたものであり、このため、それが請求項の範囲または意味の解釈または制限に用いられことはないとの理解に基づいて提出されている。さらに、前記の「発明を実施するための形態」においては、開示を分かり易くする目的で、種々の特徴が、一緒にまとめて説明され、あるいは単一の実施形態において記述されている場合がある。この開示は、特許請求される実施形態が、各請求項において明示的に引用される特徴より多くの特徴を必要とするという意図が反映されたものと解釈されるべきではない。むしろ、以下の請求項が映し出しているように、本発明の主題事項は、開示される任意の実施形態のすべての特徴よりも少ない特徴に関わる場合がある。従って、以下の請求項は、各請求項が、個別に特許請求される主題事項を規定するものとしてそれ自体自立しているという条件において、「発明を実施するための形態」に組み込まれる。

10

【図1】

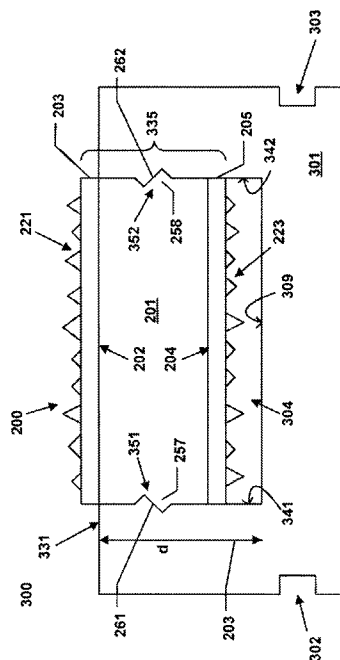


図 1

【図2】

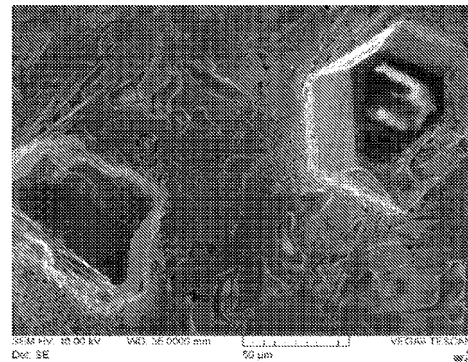


図 2

【図 3】

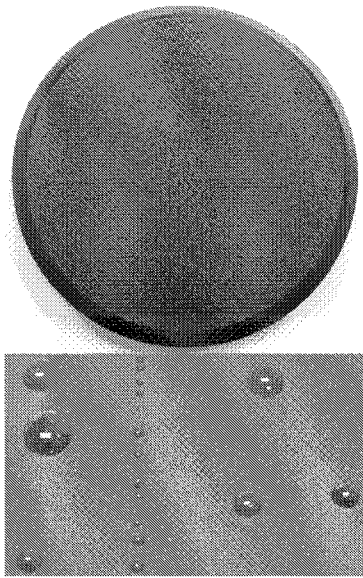


図 3

【図 4】

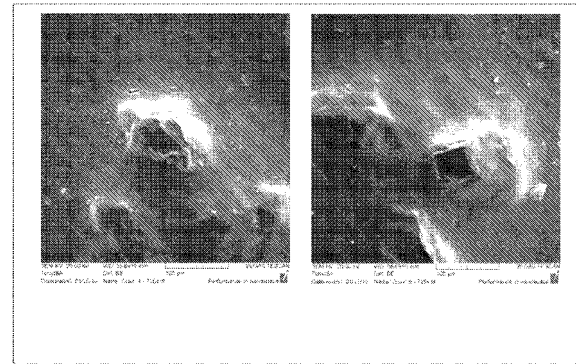


図 4

【図 5】

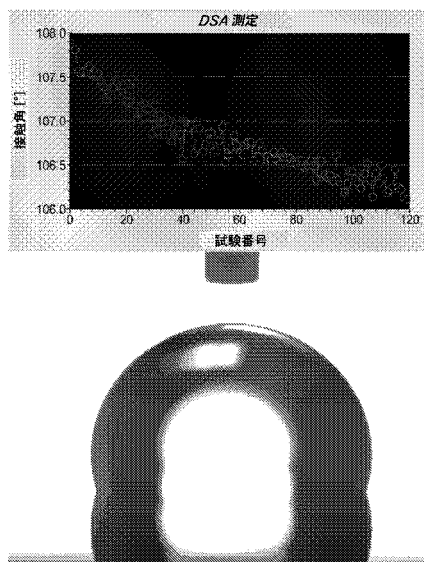


図 5

フロントページの続き

- (74)代理人 100154379
弁理士 佐藤 博幸
- (74)代理人 100154829
弁理士 小池 成
- (72)発明者 チアンホイ・ウー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01721 アッシュランド アローヘッド・サークル
16
- (72)発明者 タエウック・ウォン
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01720 アクトン コンコード・ロード 37
- (72)発明者 ラマヌジャン・ヴェーダンサム
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01606 ウースター アローシク・ストリート 1
5
- (72)発明者 チャールズ・ディンゴック
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01746 ホリストン セントラル・ストリート 69
6
- (72)発明者 トーマス・プサナンガディ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01545 シュルーズベリー ボストン・ヒル・サーク
ル 11
- (72)発明者 エリック・エム・シュルツ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01606 ウースター ハーレー・ドライブ 76
- (72)発明者 スリニヴァサン・ラマナス
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01520 ホールデン エイヴリー・ロード 28

審査官 橋本 卓行

- (56)参考文献 特開2000-127046 (JP, A)
特表2001-525498 (JP, A)
特表2007-508153 (JP, A)
国際公開第2007/149683 (WO, A1)
国際公開第2009/026419 (WO, A1)
特表2001-510738 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 53/00-53/12
B24D 3/00
B24B 37/00-37/34