

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7645802号
(P7645802)

(45)発行日 令和7年3月14日(2025.3.14)

(24)登録日 令和7年3月6日(2025.3.6)

(51)国際特許分類

| | | | | |
|---------|-----------------|---------|--------|---------|
| B 2 4 D | 3/00 (2006.01) | B 2 4 D | 3/00 | 3 1 0 F |
| B 2 4 B | 53/017(2012.01) | B 2 4 B | 53/017 | A |
| B 2 4 B | 53/12 (2006.01) | B 2 4 B | 53/12 | Z |
| B 2 4 D | 3/14 (2006.01) | B 2 4 D | 3/00 | 3 1 0 D |
| B 2 4 D | 7/02 (2006.01) | B 2 4 D | 3/00 | 3 2 0 A |

請求項の数 10 (全20頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-547156(P2021-547156)
 (86)(22)出願日 令和2年2月11日(2020.2.11)
 (65)公表番号 特表2022-519889(P2022-519889)
 A)
 (43)公表日 令和4年3月25日(2022.3.25)
 (86)国際出願番号 PCT/IB2020/051078
 (87)国際公開番号 WO2020/165759
 (87)国際公開日 令和2年8月20日(2020.8.20)
 審査請求日 令和5年2月10日(2023.2.10)
 審判番号 不服2024-18208(P2024-18208/J
 1)
 審判請求日 令和6年11月15日(2024.11.15)
 (31)優先権主張番号 62/805,003
 (32)優先日 平成31年2月13日(2019.2.13)
 (33)優先権主張国・地域又は機関

最終頁に続く

(73)特許権者 505005049
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 5513
 3 - 3 4 2 7 , セント ポール, ポスト
 オフィス ボックス 33427 , スリー
 エム センター
 (74)代理人 100130339
 弁理士 藤井 憲
 (74)代理人 100135909
 弁理士 野村 和歌子
 (74)代理人 100133042
 弁理士 佃 誠玄
 (74)代理人 100171701
 弁理士 浅村 敬一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 精密に成形された特徴部を有する研磨要素、同研磨要素から製造された研磨物品、及び同研磨物品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

研磨物品であって、

1つ以上の研磨要素に配置された複数の研磨特徴部を備え、前記1つ以上の研磨要素がそれぞれ、第1の主面を有する基部を含み、前記第1の主面から前記複数の研磨特徴部が延びてあり、

前記複数の研磨特徴部の第1の組が、(i)平均高さ H_{1avg} を有し、(ii) H_{1avg} の10%未満の標準偏差を有し、(iii) 5~130個の研磨特徴部を含み、(iv) $0.01~0.30$ 個/ cm^2 の面密度を有する、研磨物品。

【請求項2】

前記複数の研磨特徴部の第2の組が、(i)平均高さ H_{2avg} 、及び(ii) H_{2avg} の10%未満の標準偏差を有し、 H_{1avg} が、 H_{2avg} よりも少なくとも5マイクロメートル大きい、請求項1に記載の研磨物品。

【請求項3】

前記複数の研磨特徴部の第2の組が、少なくとも100個の研磨特徴部を含む、請求項2に記載の研磨物品。

【請求項4】

(i)前記基部の前記第1の主面と平行な平面で取られ、かつ(ii)前記第2の組の研磨特徴部に沿った H_{2avg} の50%以下の位置における、前記第2の組の研磨特徴部の前記特徴部のそれぞれの断面積が累積的に、前記1つ以上の研磨要素の累積投影面積の少

なくとも 5 % である、請求項 2 に記載の研磨物品。

【請求項 5】

前記第 1 の組の研磨特徴部の前記特徴部及びそれらの対応する研磨要素の基部が、集合体としてモノリシックである、請求項 1 に記載の研磨物品。

【請求項 6】

前記第 1 の組の研磨特徴部が、精密に成形された特徴部である、請求項 1 に記載の研磨物品。

【請求項 7】

前記研磨要素が炭化セラミックを含む、請求項 1 に記載の研磨物品。

【請求項 8】

前記研磨要素の多孔率が、約 3 % 未満である、請求項 1 に記載の研磨物品。

10

【請求項 9】

前記研磨特徴部に配置された化学蒸着又は物理蒸着コーティングを更に備える、請求項 1 に記載の研磨物品。

【請求項 10】

研磨パッドを調整する方法であって、

研磨パッドを使用して CMP 動作を実行することと、

前記研磨パッドの作用面を、請求項 1 に記載の研磨物品の作用面と接触させることと、を含む方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本開示は概して研磨材及び研磨物品に関する。

【背景技術】

【0002】

様々な研磨物品が、例えば、米国特許第 9,956,664 号、並びに PCT 国際公開 2014/022462 号及び同第 2014/022465 号に記載されている。

【発明の概要】

いくつかの実施形態では、研磨物品が提供される。研磨物品は、1 つ以上の研磨要素に配置された複数の研磨特徴部を含む。1 つ以上の研磨要素はそれぞれ、第 1 の主面を有する基部を含み、第 1 の主面から複数の研磨特徴部が延びている。複数の研磨特徴部の第 1 の組が、(i) 平均高さ H_{1avg} 、(ii) H_{1avg} の 10 % 未満の標準偏差を有し、(iii) 5 ~ 130 個の研磨特徴部を含む。

30

いくつかの実施形態では、研磨パッドを調整する方法が提供される。方法は、研磨パッドを使用して CMP 動作を実行することと、次いで、研磨パッドの作用面を、上述した研磨物品の作用面と接触させることと、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0003】

【図 1A】本開示のいくつかの実施形態による研磨物品の概略上面図である。

【0004】

40

【図 1B】図 1A の研磨物品の概略側面図である。

【0005】

【図 2A】本開示のいくつかの実施形態による研磨物品の概略上面図である。

【0006】

【図 2B】図 2A の研磨物品の概略側面図である。

【0007】

【図 3A】本開示のいくつかの実施形態による研磨要素の概略上面図である。

【0008】

【図 3B】図 3A の研磨要素の概略側面図である。

【0009】

50

【図4】一次研磨特徴部の数の \log_{10} に対する CMP のパッド平均摩耗速度の散布図である。

【0010】

これらの図は、正確な縮尺では描かれておらず、単に例示の目的を意図するものに過ぎない。

【発明を実施するための形態】

【0011】

半導体及びマイクロチップ産業は、デバイス製造中の化学機械的平坦化 (CMP ; chemical-mechanical planarization) プロセスの回数に依存する。これらの CMP プロセスは、集積回路の作製においてウェハの表面を平坦化するために使用される。典型的に、それらは、研磨スラリ及び研磨パッドを利用する。CMP プロセス中に、ウェハ及び研磨パッドから材料が除去され、副生成物が形成される。これらは、研磨パッドの表面に蓄積し、その表面を滑らかにし、その性能を低下させ、その寿命を短くし、ウェハの欠陥を増加させる場合がある。これらの問題に対処するために、パッドコンディショナは、研磨パッドの表面に蓄積した望ましくない屑を除去し、凹凸を再形成する研磨メカニズムにより、研磨パッドの性能を取り戻すように設計される。

10

【0012】

CMP 用のパッドコンディショナは多くの場合、担体に固着された研磨要素又は複数の研磨要素を含む。異なる担体は、異なる構成の CMP 機器への取り付けに便利なように設計される。CMP パッドコンディショナに使用するいくつかの種類の研磨要素は、好適な基材に堆積された CVD ダイヤモンドフィルムを利用する。基材は多くの場合、マクロ構造又はミクロ構造の特徴部を呈するように形成又は機械加工される。高精細化 (microreplication) は、例えば、3M TRIZACT B6-1900-5S2 及び B75-2990-5S2 パッドコンディショナに利用される。これらのコンディショナは、CVD ダイヤモンドフィルムでコーティングされた角錐状特徴部のアレイを、CMP プロセスにおいて調整されるパッドに対して提示する研磨要素を含む。設計の詳細に応じて、例えば、最も高い一次レベル、二次レベル、三次レベルなどの異なる個別のレベルで本質的に同一平面上にある特徴部を備えることが可能である。一次、二次、及びより低いレベルの特徴部の面密度及び高低差は、特定の CMP プロセスのパッドの摩耗速度、パッドのテクスチャ、及びコンディショナの寿命に影響を及ぼす設計パラメータに含まれる。

20

【0013】

CMP 研磨パッドの性質が、いくつかの用途では、非常に柔らかく、容易に調整される研磨パッドに向かってシフトし、他の用途では、非常に硬く、容易に調整されない研磨パッドに向かってシフトしているので、パッドコンディショナが生じさせる表面テクスチャを、それが生じさせる研磨パッド摩耗速度から切り離せることがますます重要となってきた。高性能なパッドコンディショナの形成を困難にする 2 つの反対のシナリオを想定することができる。第 1 のシナリオでは、高い平坦化率及び高い除去率のために、非常に硬い研磨パッドが使用され得る。そのようなシナリオでは、研磨パッドは、セリアスラリを使用した非常に高い酸化物除去率のために浅い表面テクスチャを維持する、非常に攻撃的なパッドコンディショナを必要とし得る。第 2 のシナリオでは、アドバンストノード用途における欠陥を低減するために、非常に柔らかい研磨パッドが使用され得る。このシナリオでは、研磨パッドは、シリカスラリを使用するときに、より高い除去率を維持する必要がある非常に柔らかいパッドの研磨パッドの寿命を延ばすために、より高い表面テクスチャを維持する、攻撃性の低いパッドコンディショナを必要とし得る。

30

【0014】

従来のダイヤモンドグリット及び CVD コーティングされたコンディショナの大半では、ダイヤモンド又は研磨特徴部の面間隔と、所与の CMP パッド上に形成される表面粗さとの間に、(先端密度が減少すると、パッド摩耗速度と表面仕上げの両方が増大するような) いくらかの相関があることが知られている。高精細化されたパッドコンディショナにおける一次特徴部の密度は、広範になる可能性があり、市販品では、直径約 11 ~ 12 m

40

50

mの典型的な研磨要素上の一特徴部が約100～3300個で変化する。従来のパッドコンディショナの大半では、大きな表面粗さを維持するために、パッド摩耗速度を高くしなければならない。これは、柔らかく容易に調整されるパッドが使用される場合に、維持コストの問題となる場合がある。しかし、一特徴部の面密度が0.008/mm²（例えば、直径約11～12mmの要素当たり1個の一特徴部）ほどの研磨物品は、大きな表面粗さを維持しながら低いパッド摩耗速度をもたらすことが見出された。その上、そのようなパッドコンディショナは、1～10マイクロメートルの範囲のビンサイズでより少ない破片を形成し、CMP用途での欠陥を低減する。

【0015】

一般に、いくつかの実施形態では、本開示は、CMPプロセスに用いる研磨パッドを調整するのに有用であり、一研磨特徴部の面密度、並びに一研磨特徴部と二研磨特徴部（及び任意の次のレベルの研磨特徴部）との間の高さオフセットにより、研磨パッドの摩耗速度と研磨パッドの表面仕上げの両方を個々に制御することを可能にする、研磨物品を対象とする。本開示の研磨物品では、研磨パッドの摩耗速度が、一研磨特徴部の数と正の相関を示し、この挙動は、従来の高精細化パッドコンディショナのパッド摩耗速度と一研磨特徴部の数との間の負の関係とは逆である。その上、本開示の研磨物品では、パッド摩耗速度は、研磨パッド表面粗さに対する関係を保持せず、研磨特徴部のオフセット高さによって別途に制御され得る。例えば、本開示の研磨物品のいくつかの実施形態の使用では、少数の一研磨特徴部のみが、研磨パッドの作用面に係合し、研磨パッド材料を比較的大量に除去する際に作用面に溝又は傷を形成する一方、多数の二研磨特徴部が、研磨パッドの作用面と接触することができる。二研磨特徴部は、一研磨特徴部よりも少ない材料の除去を実現することが期待され、一研磨特徴部のための侵入停止層の深さとして主に作用する。これにより、例えば、表面粗さを調整するために一研磨特徴部の垂直／高さオフセットを変化させることにより、またパッド摩耗速度を調整するために一研磨特徴部の数を変化させることにより、コンディショナの材料除去と表面仕上げの特性とを個々に変化させることが可能となる。その上、侵入深さを制御する結果として、パッドコンディショナの下向きの力に対する研磨パッドの切断速度及び表面粗さの感度も低減され得る。本開示の研磨物品のこれらの態様は、一研磨特徴部の数が研磨パッドの摩耗速度と研磨パッドの平均表面粗さの両方に逆相関する、一研磨特徴部の密度が高い既知の研磨物品とは対照的である。また更に、従来の高精細化パッドコンディショナと比べて、本開示の研磨物品は、その寿命にわたってパッド摩耗速度の減衰を遅らせ、これにより、より一貫したCMP性能を可能にする。

【0016】

いくつかの実施形態では、図1A～図1B及び図2A～図2Bを参照すると、本開示は、担体要素15と、担体要素15の主面15A（1つ以上の研磨要素20を有する研磨物品10の面を、研磨物品10の作用面とみなしえる）に配置された1つ以上の研磨要素20とを含む研磨物品10（CMPプロセスに使用する研磨パッドを調整するためのパッド、すなわちパッドコンディショナとみなしえる）を対象とする。図示するように、研磨物品は、複数の研磨要素20（図1A～図1B）又は単一の研磨要素20（図2A～図2B）を有しえる。いくつかの実施形態では、担体要素の主面15Aは、平面状又は実質的に平面状であり得る。いくつかの実施形態では、担体要素15に好適な材料としては、金属（例えば、ステンレス鋼）、セラミック、ポリマー（例えば、ポリカーボネート）、サーメット、ケイ素、及び複合材料が挙げられ得る。担体要素は、（図1に示す）円形などの任意の形状を有しえる。あるいは、例えば、担体要素15は、非円形又は環形の形状であつてもよい。

【0017】

ここで図3A～図3Bを参照すると、いくつかの実施形態では、本開示の研磨要素20は、基部30からそれぞれ延びる複数の研磨特徴部25を含み得る。いくつかの実施形態では、基部30は、第1の主面30aと第2の主面30bとの間に延び、1～6mm、2～4mm、又は3～3.5mmの高さ（h）（又は主面間の距離）を有しえる。いくつか

10

20

30

40

50

の実施形態では、基部 3 0 は、研磨要素 2 0 全体で均一又は実質的に均一な高さ (h) を有し得る (すなわち、高さ (h) は、 2 0 0 マイクロメートル以下、 1 0 0 マイクロメートル以下、 2 0 マイクロメートル以下、 1 0 マイクロメートル以下、又は 1 マイクロメートル以下で変化し得る) 。いくつかの実施形態では、研磨要素 2 0 は、主面の投影面積又は設置面積の観点から、 3 0 ~ 9 2 0 0 mm^2 、 3 0 ~ 2 1 0 0 mm^2 、又は 3 0 ~ 1 2 0 mm^2 のサイズを有し得る。本明細書で使用するとき、表面の「投影面積」という用語は、 (任意の表面の輪郭 (例えば、孔、凹凸、突起など) を考慮せずに) 表面の外周寸法のみを考慮して、表面と垂直な方向で見た表面の面積を指す。

【 0 0 1 8 】

図 3 B に示すように、いくつかの実施形態では、研磨特徴部 2 5 はそれぞれ、基部 3 0 の第 2 の主面 3 0 b から伸び得る。本明細書で使用するとき、「研磨特徴部」は、 (i) 単一の特徴部基部から伸び、点、線、又はファセットの形態をとる単一の特徴部最高部で終端し、 (i i) モース硬度が 7 、 8 、 8 . 5 、又は 9 を超える、単一の物体を指す。いくつかの実施形態では、研磨特徴部 2 5 はそれぞれ、第 2 の主面 3 0 b と垂直な方向で測定された、特徴部最高部 (例えば、特徴部最高部 2 5 b) と特徴部基部 (例えば、特徴部基部 2 5 a) との間の距離として定義される、特徴部高さ (H) を有し得る。

【 0 0 1 9 】

研磨物品 1 0 が 2 つ以上の研磨要素 2 0 を含む実施形態では、研磨要素 2 0 はそれぞれ、 (研磨特徴部の形状、サイズ、量、研磨特徴部の種類、研磨特徴部のサイズ、研磨特徴部の形状などの観点から) 他の研磨要素 2 0 のうちの任意の 1 つ以上と同じであっても、異なってもよいことを理解されたい。

【 0 0 2 0 】

いくつかの実施形態では、研磨物品 1 0 の 1 つ以上の研磨要素 2 0 は、集合体として見ると、 $H_{1 \text{ avg}}$ の特徴部平均高さ及び $H_{1 \text{ avg}}$ の 1 0 % 未満の標準偏差を有する第 1 の組の研磨特徴部 2 5 (又は一次研磨特徴部) と、任意選択で、 $H_{2 \text{ avg}}$ ($H_{1 \text{ avg}} > H_{2 \text{ avg}}$) の特徴部平均高さ及び $H_{2 \text{ avg}}$ の 1 0 % 未満の標準偏差を有する第 2 の組の特徴部 (又は二次研磨特徴部) と、任意選択で、 $H_{3 \text{ avg}}$ ($H_{1 \text{ avg}} > H_{2 \text{ avg}} > H_{3 \text{ avg}}$) の特徴部平均高さ及び $H_{3 \text{ avg}}$ の 1 0 % 未満の標準偏差を有する第 3 の組の特徴部 (又は三次研磨特徴部) などを含み得る。いくつかの実施形態では、 $H_{1 \text{ avg}}$ は、 $H_{2 \text{ avg}}$ よりも少なくとも 5 マイクロメートル、少なくとも 1 0 マイクロメートル、少なくとも 2 0 マイクロメートル、少なくとも 5 0 マイクロメートル、又は少なくとも 1 0 0 マイクロメートル大きい。いくつかの実施形態では、 $H_{2 \text{ avg}}$ は、 $H_{3 \text{ avg}}$ よりも少なくとも 5 マイクロメートル、少なくとも 1 0 マイクロメートル、又は少なくとも 2 0 マイクロメートル大きい。図 3 A ~ 図 3 B に示す実施形態に関して、一次及び二次研磨特徴部の観点から、研磨要素 2 0 は、単一の一次研磨特徴部 2 5 ' 及び複数の二次研磨特徴部 2 5 " を含む。

【 0 0 2 1 】

いくつかの実施形態では、研磨物品 1 0 の研磨要素 2 0 は集合的に、 5 ~ 1 3 0 個、 5 ~ 1 0 0 個、又は 5 ~ 5 0 個の一次研磨特徴部と、 2 0 ~ 4 5 0 0 個、 2 0 0 ~ 4 5 0 0 個、又は 2 5 0 0 ~ 3 5 0 0 個の二次研磨特徴部と、 2 0 ~ 1 5 0 0 個、 1 0 0 ~ 1 5 0 0 個、又は 9 0 0 ~ 1 2 0 0 個の三次研磨特徴部とを含み得る。一次、二次、三次 (など) の研磨特徴部は、研磨要素 2 0 内に均一に分布する必要がないことを理解されたい。例えば、 5 個の一次研磨特徴部及び 5 個の研磨要素を含む研磨物品の実施形態では、 5 個の一次研磨特徴部はそれぞれ、単一の研磨要素に配置されてもよく、又は任意の様式で 5 個の研磨要素内に分布してもよい。

【 0 0 2 2 】

いくつかの実施形態では、物品の一次研磨特徴部は、 0 . 0 1 ~ 0 . 3 0 個 / cm^2 、 0 . 0 4 ~ 1 . 3 0 個 / cm^2 、又は 0 . 8 ~ 2 3 . 0 個 / cm^2 の面密度で存在し得、二次研磨特徴部は、 0 . 2 ~ 3 3 . 0 個 / cm^2 、 0 . 9 ~ 1 5 0 . 0 個 / cm^2 、又は 1 7 ~ 2 6 5 5 個 / cm^2 の面密度で存在し得、又は三次研磨特徴部は、 0 . 2 ~ 1 1 .

10

20

30

40

50

0個 / cm^2 、0.9 ~ 50.0個 / cm^2 、又は17 ~ 885個 / cm^2 の面密度で存在し得る。本出願の目的で、研磨特徴部の組の「面密度」とは、研磨物品の研磨要素の累積単位投影面積当たりに存在する研磨特徴部の総数を指す。

【0023】

いくつかの実施形態では、物品の一次研磨特徴部は、20 ~ 300マイクロメートル、40 ~ 250マイクロメートル、又は60 ~ 160マイクロメートルの特徴部平均高さ(H_{1avg})を有し得る。いくつかの実施形態では、物品の二次研磨特徴部は、5 ~ 250マイクロメートル、20 ~ 150マイクロメートル、又は40 ~ 55マイクロメートルの特徴部平均高さ(H_{2avg})を有し得る。いくつかの実施形態では、物品の三次研磨特徴部は、5 ~ 200マイクロメートル、10 ~ 100マイクロメートル、又は30 ~ 45マイクロメートルの特徴部平均高さ(H_{3avg})を有し得る。

10

【0024】

いくつかの実施形態では、物品の二次特徴部(存在する場合)は、一次研磨特徴部のための「停止層」として機能し得る。すなわち、二次特徴部は、物品によって調整されている研磨パッドへの一次特徴部の侵入を、それによって研磨要素の攻撃性を制限するように機能し得る。この点に関し、(i)基部の第1の主面と平行な平面で取られ、かつ(ii)第2の組の研磨特徴部に沿った H_{2avg} の50%以下の位置における、第2の組の研磨特徴部の研磨特徴部の断面積が累積的に、研磨物品の研磨要素の累積投影面積の少なくとも5%、少なくとも10%、又は少なくとも15%である、という条件を満たす二次特徴部(存在する場合)が、「停止層」の適切な性能をもたらすことが見出された。

20

【0025】

いくつかの実施形態では、研磨特徴部は、任意の1つ以上の形状を有することができる。研磨特徴部の好適な形状の例としては、円筒形、半球形、立方体形、直方体形、三角柱形、六角柱形、三角錐形、四、五、及び六角錐形、角錐台形、円錐形、円錐台形などが挙げられる。

【0026】

いくつかの実施形態では、(物品又は研磨要素の)研磨特徴部は、同じ基部サイズ又は様々な基部サイズを有することができる。研磨特徴部は、研磨要素の基部上に規則的又は不規則的な配列で離間して配置され得、互いに同じ又は異なる距離で離間して配置され得る。いくつかの実施形態では、研磨要素は、(一次特徴部、二次特徴部、三次特徴部などを含む)研磨特徴部の密度が、(研磨要素の投影面積の) mm^2 当たり1 ~ 1000個の特徴部、又は mm^2 当たり10 ~ 300個の特徴部となり得る。

30

【0027】

いくつかの実施形態では、研磨特徴部の一部(最大で全て)が、精密に成形された研磨特徴部として形成され得る。本明細書で使用するとき、精密に成形された特徴部は、対応する成形型キャビティの逆形状である成形形状を有するトポグラフィ的特徴部(例えば、突起、凹凸など)であって、成形型から取り出された後に形状が維持されるトポグラフィ的特徴部を指す。いくつかの実施形態では、精密に成形された研磨特徴部は、高精細化によって形成され得る。本明細書で使用するとき、「高精細化」は、例えば成形型又はエンボス加工工具などの生産工具内で、ポリマー(又は後で硬化されてポリマーを形成するポリマー前駆体)を鋳造又は成形することによって、精密に成形されたトポグラフィ的特徴部が調製され、この生産工具が、マイクロメートルサイズからミリメートルサイズのトポグラフィ的特徴部を複数有する、作製技術を指す。生産工具からポリマーを取り外す際、一連のトポグラフィ的特徴部がポリマー表面に存在する。ポリマー表面のトポグラフィ的特徴部は、元の生産工具の特徴部の逆形状を有する。

40

【0028】

いくつかの実施形態では、研磨要素は、炭化セラミック又は酸化セラミック(アルミニナ又はジルコニアなど)を含んでもよく、又はこれらから形成されてもよい。好適な炭化セラミックとしては、炭化ケイ素、炭化ホウ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンゲステン、又はこれらの組み合わせが挙げられる。いくつかの実施形態では、研磨要素は

50

、研磨要素の総重量の少なくとも 80 重量%、少なくとも 90 重量%、少なくとも 95 重量%、又は少なくとも 99 重量%の量で炭化セラミックを含み得る。いくつかの実施形態では、研磨要素は、研磨要素の総重量の少なくとも 80 重量%、少なくとも 90 重量%、少なくとも 95 重量%、又は少なくとも 99 重量%の量で炭化ケイ素を含み得る。

【 0 0 2 9 】

いくつかの実施形態では、研磨要素は、5 %未満、3 %未満、又は1 %未満の多孔率を有し得る。本明細書で使用するとき、多孔率（百分率として表される）は、物体中の空隙の総体積を物体の総体積で割ったものを指す。いくつかの実施形態では、研磨要素はまた、20 マイクロメートル未満、10 マイクロメートル未満、5 マイクロメートル未満、又は3 マイクロメートル未満の平均粒径を有する。この低い多孔率及び小さな粒径は、堅牢で耐久性が高く、ひいては研磨要素の長い寿命及び低い摩耗速度をもたらす複製された特徴部の実現に際して重要となり得る。

10

【 0 0 3 0 】

いくつかの実施形態では、研磨要素（研磨要素の基部及び研磨特徴部を含む）は、モノリシック研磨要素であり得る。本明細書で使用するとき、「モノリシック」は、物体又は部品全体で均一又は実質的に均一な組成を有する单一の物体又は単一の部品を指す。モノリシック要素が、研磨特徴部と、連続的であり、介在するマトリックスを伴わずに一次研磨材料からなる研磨特徴部同士の間の領域とを有する一方、複合研磨要素が、マトリックスに埋め込まれた研磨粒子を含むという点で、モノリシック研磨要素は、複合研磨要素とは対照的である。

20

【 0 0 3 1 】

いくつかの実施形態では、研磨要素は、更なる耐摩耗性及び耐久性を実現し、摩擦係数を低減し、腐食から保護し、表面特性を変化させるように機能する、1つ以上のコーティングを更に含み得る。有用なコーティングとしては、例えば、化学蒸着（CVD；chemical vapor deposited）又は物理蒸着（PVD；physical vapor deposited）されたダイヤモンド、ドープされたダイヤモンド、炭化ケイ素、立方晶窒化ホウ素（CBN；cubic boron nitride）、フッ素系コーティング、非親水性又は親水性コーティング、表面改質コーティング、耐腐食性コーティング、ダイヤモンド様炭素（ DLC；diamond like carbon）、ダイヤモンド様ガラス（DLG；diamond like glass）、炭化タンゲステン、窒化ケイ素、窒化チタン、粒子コーティング、多結晶ダイヤモンド、微結晶ダイヤモンド、ナノ結晶ダイヤモンドなどが挙げられる。いくつかの実施形態では、コーティングは、例えば、微細ダイヤモンド粒子と蒸着されたダイヤモンドマトリックスとの複合体などの複合材料であり得る。一実施形態では、これらのコーティングは形状適応性であり、正確な表面特徴部がコーティング表面の下に見えるようにする。コーティングは、化学又は物理蒸着、噴霧、浸漬、及びロールコーティングを含む、当該技術分野で知られている任意の好適な方法によって堆積させることができる。

30

【 0 0 3 2 】

いくつかの実施形態では、研磨要素は、非酸化物コーティングでコーティングされ得る。CVDダイヤモンドコーティングを使用する場合、炭化ケイ素セラミックの使用には、炭化ケイ素とCVDダイヤモンドフィルムとの間で熱膨張係数が良好に一致するという更なる利点がある。したがって、これらのダイヤモンドコーティングされた研磨材は加えて、ダイヤモンドフィルムの優れた接着性及び耐久性を有する。

40

【 0 0 3 3 】

いくつかの実施形態では、図1Aを再び参照すると、研磨要素20は、任意の所望の構成で担体プレート15の主面15Aに配置され得る。例えば、図1Aに示すように、研磨要素20は、円形構成で主面15Aに配置されてもよい。あるいは、研磨要素20は、非円形状、環状、又は螺旋状のパターンで主面15Aに配置されてもよい。担体要素15上の研磨要素20の数は特に限定されない。いくつかの実施形態では、研磨要素20は、（主面15Aの投影面積に基づいて）0.011~0.175個/cm²、0.022~0.110個/cm²、又は0.055~0.110個/cm²の面密度で担体要素15A

50

上に存在し得る。本出願の目的で、研磨要素の「面密度」は、基準領域（例えば、担体要素 15 の主面 15 A）の単位表面積当たりに存在する研磨要素の総数を指す。

【 0 0 3 4 】

いくつかの実施形態では、研磨要素 20 は、任意の従来の固定メカニズムによって担体要素に（直接的又は間接的に）結合され得る。好適な固定メカニズムとしては、例えば、2 液型エポキシ、感圧接着剤、構造接着剤、ホットメルト接着剤、B ステージ処理可能な接着剤、機械的固定具、及び機械的ロックデバイスが挙げられる。

【 0 0 3 5 】

いくつかの実施形態では、研磨要素 20 と担体要素 15 の主面 15 A との間に弾性要素が配置され得る。一般に、弾性要素は、研磨要素のうちの 1 つ以上の高さに対して研磨要素のうちの 1 つの高さを位置決めする際の柔軟性をもたらすように機能し得る。例えば、研磨物品 10 の組立中、弾性要素は、圧縮下で弾性的に変形し、固定要素によって圧縮位置にロックされ、それによって、研磨要素のうちの 1 つ以上の高さに対して研磨要素の高さを固定し得る。いくつかの実施形態では、弾性要素は、セグメント化されてもよく、連続であってもよく、不連続であってもよく、又はジンバル支持されてもよい。好適な弾性要素の例としては、例えば、機械的バネ様デバイス、可撓性ワッシャ、発泡体、ポリマー、又はゲルが挙げられる。弾性要素はまた、接着裏材を有する発泡体などの固定特徴部を有することができる。

10

【 0 0 3 6 】

いくつかの実施形態では、研磨要素の研磨特徴部は、基準平面に位置合わせすることができる。基準平面は、研磨要素又は研磨物品の選択された特徴部の最高部を通る理論平面であり得る。特徴部最高部はまた、特徴部の先端又は先端と称される場合もある。選択された特徴部は、共通の最大高さ D_0 を有する作用特徴部の組である。

20

【 0 0 3 7 】

いくつかの実施形態では、位置合わせプロセスを用いて、研磨物品に対する画定された支持領域又は提示（presentation）を再現可能に作成し得る。いくつかの実施形態では、研磨要素は、研磨特徴部の最高部と接触する平面状の表面（例えば、「位置合わせプレート」）に位置合わせされる。位置合わせプレートの平面状の表面は、好ましくは、長さ 4 インチ（10.2 cm）当たり少なくとも約 + / - 2.5 マイクロメートルの公差、又は更に小さな公差を有し、すなわち更に平面状である。担体要素上で研磨要素同士を精密に位置合わせするために、この組立プロセスにおいては、弾性要素及び固定要素を使用し得る。この場合、研磨要素は、最高特徴部の先端の共平面性が存在するように位置合わせされる。非共平面性は、選択された先端の組を通る理想的な基準平面からの、先端の組の距離の絶対値の平均である。非共平面性は、選択された特徴部の高さ D_0 に対する百分率として表される。

30

【 0 0 3 8 】

研磨物品はまた、加工又はコーティングされた材料との温度の不一致により、各研磨要素の歪み又は反りは少なく、又は制御されており、良好な要素平面性をもたらす。「要素平面性」は、基準平面に対する精密に構造化された研磨要素内の選択された特徴部の先端の平面性を指す。単一の研磨要素について、平面性は、基準平面に対する特徴部の先端の組の距離のばらつきを指す。平面性を計算するために使用する先端の組は、共通の最大設計高さ D_0 を有する全ての特徴部による先端を含む。基準平面は、高さ D_0 の選択された全ての特徴部の先端の最良の線形回帰適合度を有する平面として定義される。非平面性は、選択された先端の基準平面からの距離の絶対値の平均である。平面性は、画像解析ソフトウェア（例えば、MOUNTAINS MAP V5.0 画像解析ソフトウェア（Digital Surf (Besançon, France)）と組み合わせて、カーボン紙インプリント試験、又はレーザプロファイル測定、共焦点撮像、及び共焦点走査顕微鏡を含む標準トポロジツールによって測定することができる。要素トポロジはまた、スキー、尖りなどによって特徴付けることができる。いくつかの実施形態では、本開示の研磨要素は、特徴部高さの 20 % 未満、10 % 未満、5 % 未満、又は 2 % 未満の非平面性を有

40

50

し得る。

【 0 0 3 9 】

いくつかの実施形態では、研磨物品はまた、実質的な共平面性が存在するように、精密に成形された研磨要素の正確な位置合わせを有してもよい。複数の研磨要素について、共平面性は、基準平面に対する複数の要素による特徴部の先端の組の距離のばらつきを指す。この基準平面は、最大高さ D_0 の選択された全ての特徴部の先端の最良の線形回帰適合度を有する平面として定義される。非共平面性は、選択された先端の基準平面からの距離の絶対値の平均である。別個の研磨要素を位置合わせしていない場合、非共平面性の結果が得られる。非共平面性は、例えばカーボンインプリント試験による、不均一な圧力分布によって見ることができる。カーボンインプリント試験では均一な分布を有する複数の研磨要素について、レーザプロファイル測定、共焦点撮像、及び共焦点走査顕微鏡を含む標準トポロジツールによって、共平面性の程度を更に定量化することができる。画像ソフトウェア（例えば、MOUNTAINS MAP）を使用して、複数のトポグラフィマップを解析用の複合トポグラフィマップに組み合わせることができる。いくつかの実施形態では、共通の特徴部最大設計高さ D_0 を有する研磨物品の全ての研磨要素の研磨特徴部の集合群は、特徴部高さの 20 % 未満、10 % 未満、5 % 未満、又は 2 % 未満の非共平面性を有し得る。

10

【 0 0 4 0 】

いくつかの実施形態では、本開示の研磨要素は、研磨特徴部が部品ごとに及び 1 つの部品内で作製されかつ再現可能であり、設計を複製する能力を反映するように、機械加工、超微細加工、高精細化、成形、押出成形、射出成形、及びセラミックプレス成形などによって形成することができる。いくつかの実施形態では、セラミックダイプレスプロセス（例えば、セラミック乾式プレス）を用い得る。

20

【 0 0 4 1 】

いくつかの実施形態では、研磨要素は、成形されたグリーン体から作製され得る。このような場合、研磨要素は、成形された研磨要素とみなされる。研磨要素が成形されるとき、研磨要素は、成形プロセスによって構造が付与される精密に構造化された研磨要素のサブセットである。例えば、形状は、研磨要素のグリーン体が成形型から取り外された後に形状が保持されるように、成形型キャビティの反転であってもよい。セラミック成形プロセスには射出成形、スリップ鋳造、ダイプレス、ホットプレス、エンボス加工、転写成形、ゲル鋳造などが挙げられるが、これらに限定されない、様々なセラミック成形プロセスが使用され得る。いくつかの実施形態では、ダイプレスプロセスは室温で使用され、続いて焼結が行われる。典型的に、室温付近でのセラミックダイプレスは、セラミック乾式プレスと称される。セラミック乾式プレスは典型的に、より低温で行われ、結合剤の使用量がはるかに少なく、ダイプレスが使用され、結合剤としての使用に適した材料が、必ずしも熱可塑性樹脂に限定されない、という点でセラミック射出成形とは異なる。

30

【 0 0 4 2 】

いくつかの実施形態では、研磨要素は、炭化物生成剤を使用せずに作製され得、かつ酸化物焼結助剤を実質的に含まない。いくつかの実施形態では、研磨要素は、約 1 % 未満の酸化物焼結助剤を含み得る。研磨要素はまた、ケイ素を実質的に含まなくともよく、特に、約 1 % 未満のケイ素元素を含んでもよい。

40

【 0 0 4 3 】

いくつかの実施形態では、成形されたセラミックグリーン体は、高い密度、剛性、破壊靭性、及び良好な特徴部忠実度を実現するために焼結することができる。グリーン体は、当業者が通常称するように、焼結されていない圧密されたセラミック要素である。

【 0 0 4 4 】

いくつかの実施形態では、グリーン体は、複数の無機粒子及び結合剤を含み、複数の無機粒子は、少なくとも約 99 重量 % の炭化セラミックである。一実施形態では、無機粒子は、セラミック粒子であり、炭化ケイ素、炭化ホウ素、炭化ジルコニアム、炭化タンゲステン、又はこれらの組み合わせとすることができます。

50

【0045】

いくつかの実施形態では、グリーン体の結合剤は、熱可塑性結合剤とすることができます。好適な結合剤の例としては、熱可塑性ポリマーが挙げられるが、これに限定されない。一実施形態では、結合剤は、 T_g が約 25 未満、特に約 0 未満の熱可塑性結合剤である。一実施形態では、結合剤はポリアクリレート結合剤である。

【0046】

いくつかの実施形態では、グリーン体はまた、炭素源を含み得る。好適な炭素源としては、例えば、フェノール樹脂、セルロース化合物、糖、グラファイト、カーボンブラック、及びこれらの組み合わせが挙げられる。いくつかの実施形態では、グリーン体は、0.5 重量% ~ 10 重量% の炭素源、特に 2 重量% ~ 7 重量% の炭素源を含み得る。グリーン体組成物中の炭素化合物は、より低い多孔率を焼結後にもたらす。グリーン体はまた、剥離剤又は潤滑剤などの追加の機能性材料を含むことができる。一実施形態では、グリーン体は、0.5 重量% ~ 10 % 重量% の潤滑剤を含有する。

10

【0047】

いくつかの実施形態では、グリーン体は、研磨要素前駆体であり、複数の無機粒子、結合剤、及び炭素源を最初に混合して混合物を形成することによって製作され得る。一実施形態では、混合物の凝集体は、噴霧乾燥プロセスによって形成される。

【0048】

いくつかの実施形態では、精密に成形された複数のキャビティを有する成形型が、成形型の精密に成形されたキャビティの大部分に混合物が充填されるように、ダイキャビティ内に配置される。成形型は、金属、セラミック、サーメット、複合材料又はポリマー材料で形成されてもよい。一実施形態では、成形型は、ポリプロピレンなどのポリマー材料である。別の実施形態では、成形型はニッケルである。次いで、混合物に圧力を加えて、精密に成形されたキャビティに混合物を押し込んで、第 1 及び第 2 の主面を有するグリーン体セラミック要素を形成する。圧力は、周囲温度又は高温で加えられ得る。また、2 つ以上のプレス工程を使用し得る。

20

【0049】

いくつかの実施形態では、成形型又は生産工具は、その表面に研磨要素の研磨特徴部の所定の配列及び指定形状の反転である少なくとも 1 つの指定形状の所定の配列を有する。

【0050】

上述した技術に加えて、いくつかの実施形態では、研磨要素の研磨特徴部の所定の配列及び指定形状を有する正のマスターを調製することによって成形型を形成することができる。次いで、正のマスターの反転である表面トポグラフィを有する金型が作製される。正のマスターは、米国特許第 5,152,917 号 (Pieper など) 及び同第 6,076,248 号 (Hooppman など) に開示されたダイヤモンド旋削などの直接機械加工技術 (direct machining techniques) によって作製されてもよく、これらの開示は、参照によって本明細書に組み込まれる。これらの技術は、米国特許第 6,021,559 号 (Smith) に更に記載されており、この開示は、参照によって本明細書に組み込まれる。

30

【0051】

例えば、熱可塑性材料を含む成形型は、金属マスター工具を複製することによって作製することができます。熱可塑性シート材料は、任意選択で金属マスターと共に加熱することができ、その結果、熱可塑性材料は、2 つの表面を一緒に押圧することにより、金属マスターが提示する表面パターンでエンボス加工される。熱可塑性材料はまた、金属マスター上に押出成形され又は鋳造され、次いでプレスされてもよい。治工具及び金属マスターの他の好適な生産方法は、米国特許第 5,435,816 号 (Spurgeon など) で議論されており、これは参照によって本明細書に組み込まれる。

40

【0052】

いくつかの実施形態では、研磨要素を形成するために、グリーン体セラミック要素を成形型から取り出し、加熱して無機粒子を焼結させる。いくつかの実施形態では、グリーン

50

体セラミック要素は、約300～約900の温度範囲の貧酸素雰囲気における結合剤及び炭素源の熱分解工程中に加熱される。いくつかの実施形態では、グリーン体セラミック要素は、研磨要素を形成するために、約1900～約2300の貧酸素雰囲気において焼結される。いくつかの実施形態では、次いで、研磨要素を洗浄した後に、任意選択で、上述したコーティングのいずれかを研磨要素に堆積させ得る。

【0053】

いくつかの実施形態では、本開示の研磨物品（研磨パッドコンディショナ又はパッドコンディショナとも称され得る）は、従来の化学機械的平坦化（C M P）プロセスに使用され得る。そのような従来のC M Pプロセスにおいては、限定するものではないが、銅、銅合金、アルミニウム、タンタル、窒化タンタル、タンゲステン、チタン、窒化チタン、ニッケル、ニッケル・鉄合金、ニッケル・シリサイド、ゲルマニウム、ケイ素、窒化ケイ素、炭化ケイ素、二酸化ケイ素、ケイ素酸化物、酸化ハフニウム、低誘電率の材料、及びこれらの組み合わせなど、様々な材料を研磨又は平坦化し得る。いくつかの実施形態では、本開示の研磨物品によって調整される研磨パッド（又は研磨パッドの少なくとも作用面）は、熱可塑性材料、熱可塑性エラストマ（T P E；thermoplastic elastomer）、例えば、ブロックコポリマーに基づくT P E、又は熱硬化体、例えばエラストマ及びこれらの組み合わせを含み得る。いくつかの実施形態では、研磨パッド（又は研磨パッドの少なくとも作用面）は、基材平坦化のための市販の研磨パッドに一般向けであるような、ポリウレタン、ポリアミド、ポリブタジエン、又はポリオレフィンを含んでもよく、又はこれらから形成されてもよい。いくつかの実施形態では、研磨パッドの作用面の硬度は、約20ショアD超、約30ショアD超、又は約40ショアD超；約90ショアD未満、約80ショアD未満、又は約70ショアD未満；20～90ショアD、30～80ショアD、又は40～70ショアDであり得る。いくつかの実施形態では、研磨パッドの作用面の硬度は、約20ショアA超、約30ショアA超、若しくは約40ショアA超；約95ショアA未満、約80ショアA未満、若しくは約70ショアA未満；又は20～95ショアA、30～80ショアA、若しくは40～70ショアAであり得る。

【0054】

いくつかの実施形態では、パッドコンディショナは、従来のC M Pツールに実装され、従来の動作条件下で動作するように構成され得る。いくつかの実施形態では、C M Pプロセスは、約20 R P M～約150 R P Mの回転速度の範囲で、約1ポンド～約90ポンドの適用荷重の範囲で、正弦掃引又は線形掃引などの従来の掃引プロファイルを利用して、毎分約1～約25回の掃引速度で研磨パッド全体で前後に掃引し得る。

実施形態のリスト

1. 研磨物品であって、

1つ以上の研磨要素に配置された複数の研磨特徴部を備え、1つ以上の研磨要素がそれぞれ、第1の主面を有する基部を含み、第1の主面から複数の研磨特徴部が延びており、複数の研磨特徴部の第1の組が、(i)平均高さH_{1 a v g}を有し、(i i)H_{1 a v g}の10%未満の標準偏差を有し、(i i i)5～130個の研磨特徴部を含む、研磨物品。

2. 複数の研磨特徴部の第2の組が、(i)平均高さH_{2 a v g}、及び(i i)H_{2 a v g}の10%未満の標準偏差を有し、H_{1 a v g}が、H_{2 a v g}よりも少なくとも5マイクロメートル大きい、実施形態1に記載の研磨物品。

3. 複数の研磨特徴部の第2の組が、少なくとも100個の研磨特徴部を含む、実施形態2に記載の研磨物品。

4. (i)基部の第1の主面と平行な平面で取られ、かつ(i i)第2の組の研磨特徴部に沿ったH_{2 a v g}の50%以下の位置における、第2の組の研磨特徴部の特徴部のそれぞれの断面積が累積的に、1つ以上の研磨要素の累積投影面積の少なくとも5%である、実施形態2又は3に記載の研磨物品。

5. 第1の組の研磨特徴部の特徴部及びそれらの対応する研磨要素の基部が、集合体としてモノリシックである、実施形態1～4のいずれか一項に記載の研磨物品。

6. 第1の組の研磨特徴部が、精密に成形された特徴部である、実施形態1～5のいず

10

20

30

40

50

れか一項に記載の研磨物品。

7 . 第 1 の組の研磨特徴部の面密度が、 0 . 0 1 ~ 0 . 3 0 個 / c m² である、 実施形態 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の研磨物品。

8 . 第 2 の組の研磨特徴部の面密度が、 0 . 2 ~ 3 3 . 0 個 / c m² である、 実施形態 2 ~ 7 のいずれか一項に記載の研磨物品。

9 . 研磨要素が炭化セラミックを含む、 実施形態 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の研磨物品。

1 0 . 炭化セラミックが、 炭化ケイ素、 炭化ホウ素、 炭化ジルコニア、 炭化チタン、 炭化タンゲステン、 又はこれらの組み合わせである、 実施形態 9 に記載の研磨物品。

1 1 . 研磨要素は、 基部及び研磨特徴部の総重量の少なくとも 9 9 重量 % が、 炭化ケイ素である、 実施形態 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載の研磨物品。 10

1 2 . 研磨要素の多孔率が、 約 3 % 未満である、 実施形態 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の研磨物品。

1 3 . 研磨特徴部に配置された化学蒸着又は物理蒸着コーティングを更に備える、 実施形態 1 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の研磨物品。

1 4 . 第 1 の主面を有する担体プレートを更に備え、 1 つ以上の研磨要素が、 担体プレートの第 1 の主面に結合されている、 実施形態 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の研磨物品。

1 5 . 研磨パッドを調整する方法であって、

研磨パッドを使用して C M P 動作を実行することと、

研磨パッドの作用面を、 実施形態 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の研磨物品の作用面と接觸させることと、 を含む方法。 20

実施例

【 0 0 5 5 】

本開示について、 単なる例示を目的とする以下の実施例でより詳細に記述するが、 それは、 本開示の範囲内の多数の変更及び変形が、 当業者に明らかにされるからである。 他に記述しない限り、 以下の実施例において報告される全ての部分、 百分率、 及び比は、 重量に基づく。

試験方法

特徴部高さの測定試験方法

【 0 0 5 6 】

各研磨要素上の精密に成形された研磨特徴部の特徴部高さを、 M O U N T A I N S M A P U n i v e r s a l V 6 . 1 画像解析ソフトウェア (D i g i t a l S u r f (B e s a n s o n , F r a n c e)) と組み合わせて、 Brunker Contour G T 3 D 光学プロファイルを使用して測定した。 特徴部の先端の位置を正確に特定し、 それぞれの高さを正確に測定するのに十分な分解能を得るように、 光学プロファイルの倍率 (5 X × 0 . 5 5 X) 及び走査速度設定 (5 X) を調節した。 研磨要素について、 全てが同じ特徴部最大設計高さ D₀ を有する特徴部群を選択し、 それらのピーク高さをそれぞれ、 それらの局所的な進路線 (course line) の鞍点に対して測定した。 ピーク高さ、 進路線、 及び鞍点は、 M O U N T A I N S M A P U n i v e r s a l V 6 . 1 の分岐点アルゴリズムによって定義される。 40

卓上式摩擦計による C M P のパッド摩耗速度及びパッド表面粗さの試験方法

【 0 0 5 7 】

特徴部高さの測定試験方法において前述した 3 D 光学プロファイル及びソフトウェア解析ツールと併せて、 C e n t e r f o r T r i b o l o g y , I n c . から入手可能 (現在は Brunker Corporation を通じて入手可能) な C P 4 M i c r o T r i b o m e t e r 卓上式摩擦研磨ツールを使用して、 (後述する) 研磨物品によって調整したパッドについてパッド摩耗速度及びパッド表面粗さの測定を実施した。 パッド摩耗速度又はパッド表面仕上げのいずれかを增幅させるために、 2 種類の異なる C M P パッドを使用した。 研磨物品の実施例及び比較例の全てを、 パッド摩耗速度の結果を增幅させるために、 比較的硬いが容易に調整されるパッドについて実施した。 パッドは、 J S R 50

Micro, Inc. (Sunnyvale, CA) から商品名 9006FPJ (部品番号 CMP9006FPJ) として入手可能であった。第2の業界標準硬質パッドを使用して、実施例1、2、4、6、及び8、並びに比較例A～Gの表面粗さの値を収集した。これらのパッドは、The Dow Chemical Company (Midland, MI) から商品名 Dow IC1010 (材料番号 10261135) として入手可能であった。購入したままのパッドを直径9インチ (23cm) にダイカットし、CP4のプラテンに装着した。例えば、本開示の実施例又は比較例の研磨物品を、パッドコンディショナ用のユニバーサル3ねじ装着装置を使用して、CP4のスピンドルに装着した。試験の継続時間にわたって、コンディショナのスピンドルを29 rpmの速度で回転させ、パッドのスピンドルを61 rpmの速度で回転させながら、研磨物品をパッドと接触させ、6ポンド (6.7kg) の下向きの力で維持するように、スピンドルを下向きに移動させた (上下動作はz方向であるとみなされる)。コンディショナのスピンドルは、毎分10サイクルの速度で55mm～69mmを掃引して戻る。典型的な試験を、最初の5分間をならし運転期間とみなして30分間続けた。摩擦計は、装着された研磨物品の時間に応じた垂直位置を追跡する。試験時間にわたる研磨物品の高さ変化から、パッド摩耗速度が得られる。試験の最初の5分間 (ならし運転期間) を除く、経時的なz高さ位置の最良の適合線の傾きを、個々のパッド摩耗速度として定義した。各研磨物品を少なくとも3回、6回以下で測定し、個々の試験結果の平均としてパッド摩耗速度を報告した。パッド摩耗速度試験が終了した後、直径9インチ (23cm) のプラテンを摩擦計から取り外した。3D光学プロファイラスキャンを、パッド中心から0.5インチ (1.3cm)、2.25インチ (5.7cm)、及び3.0インチ (7.6cm) の位置で、調整されたパッドの2mm×4mmの領域にわたって実施した。MOUNTAINS MAPソフトウェアを使用して、これらの異なるパッド位置での平均表面粗さ (Ra) を得て、3つの位置の平均粗さの値を表面粗さとして報告した。

CMPツールのパッド摩耗速度及びパッド表面粗さの試験方法

【0058】

Applied Materials 製 200mm REFLEXION 研磨ツール上の調整されたパッドについて測定を実施した。調整サイクルを、コンディショナの速度87 rpm及びパッドの速度93 rpmで6ポンド (2.7kg) の下向き力で実施した。コンディショナのアーム掃引レシピは、1.00インチ (2.5cm) の開始位置及び1.75インチ (3.24cm) の終了位置を有していた。1.20、1.10、1.00、1.00、1.00、1.00、1.00、1.00、1.00、1.00、1.20、及び1.55の相対静止時間をそれぞれ有する13個のゾーンに掃引を区分した。サイクル時間は、毎分13回の掃引とした。レーザプロファイル計を使用して、パッドの初期表面のパッド中心から3インチ (7.6cm) ～14インチ (35.6cm) の溝ごとの深さを測定することにより、パッド摩耗速度を求めた。3インチ (7.6cm) ～14インチ (35.6cm) の距離に位置する溝全ての深さの平均値として、パッドの初期溝深さを定義した。パッドを1時間にわたって研磨した後に、パッドの初期の平均溝深さを、同じ長さにわたるパッドの平均溝深さと比較した。試験時間で割った平均溝深さの差を、パッド摩耗速度として報告した。パッド表面粗さを求めるために、接触プロファイル計を使用して、調整されたばかりのパッドの中心から2インチ (5.1cm)、4インチ (10.2cm)、6インチ (15.2cm)、8インチ (20.3cm)、10インチ (25.4cm)、12インチ (30.5cm)、及び14インチ (35.6cm) の距離で Ra を測定した。これら7つの位置の平均として Ra を報告した。

実施例及び比較例 (CE; Comparative Example)

【0059】

研磨要素の24とおりの設計を、米国特許第9,956,664号の実施例10 (表1に記載するように研磨特徴部の幾何学形状のみが異なる) に記載されているように調製した。米国特許第9,956,664号は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。各研磨要素は、少なくとも1つの一次特徴部高さを有する精密に成形された特徴部を有

10

20

30

40

50

し、これは、二次レベルの特徴部又は特徴部間の平坦な基部領域のいずれよりも高く、それに対してオフセットしていた。各実施例及び比較例について 5 個の研磨要素を調製し、研磨物品に組み立てた。各要素上の最も高い精密に成形された、全てが同じ特徴部設計高さを有する特徴部が平面状になるように、組立プロセスを開発した。平面状のサファイア表面を位置合わせプレートとして使用した。セグメントを、精密に成形された特徴部を有する主面が、それらの第 2 の平坦な主面を上向きにして位置合わせプレートと直接接触するように、位置合わせプレート上に（下向きにして）配置した。研磨要素を円形パターンで配置し、それらの中心点が、半径約 1.75 インチ（44.5 mm）の円の円周に沿つて、約 72° の等間隔で円周上に配置されたようにした。次いで、中央領域にある研磨要素の露出面に固定要素を適用した。固定要素は、3 M Company (St. Paul, Minnesota) から商品名 3 M SCOTCH-WELD EPOXY ADHESIVE D P 420 で入手可能なエポキシ接着剤であった。次いで、直径 4.25 インチ（108 mm）及び厚さ 0.22 インチ（5.64 mm）の円形のステンレス鋼担体を、固定要素の上に下向きに配置した（担体の裏面は、REFLEXION 研磨機の担体アームに取り付けられ得るように、機械加工されている）。10 ポンド（4.54 kg）の荷重を担体の露出面全体に均一に加え、接着剤を約 4 時間にわたって室温で硬化させた。場合によっては、研磨要素上に 1 つ又は 2 つの一次研磨特徴部しか存在しない場合、異なる要素の研磨表面の平面性を維持するために、一次研磨特徴部をサファイア表面と接触させず、二次研磨特徴部をサファイア表面と接触させることを可能にするように、特別に配置された小さな穴をサファイア位置合わせプレートに配置した。一次研磨特徴部と二次研磨特徴部との間のオフセット高さは、一次特徴部と二次特徴部との間の高低差として定義されるか、又は二次特徴部が存在しない場合、一次特徴部と基部領域との間の高低差として定義される。アスペクト比は、特徴部高さをその基部幅で割ったものとして定義される。一次特徴部の切頭部深さは、角錐の側面を一点に収束させた場合の理論上の頂点が形成される深さによって定義される。特徴部高さの測定試験方法に記載したように、一次特徴部高さを測定した。一次特徴部の数は、（5 個全ての要素を含む）完全に構成された研磨物品に見られる一次特徴部の数である。特徴部の面密度は、要素当たりの一次特徴部の数を研磨物品の表面積で割ったものとして定義される。研磨物品の表面は、研磨物品の 1 つ以上の研磨要素の作用面全体、又は、研磨要素が取り付けられ得る担体プレートの第 1 の主面の表面積のうち、大きい方として定義される。比較例 1、2、及び 4～7 は全て、底面が六角形の角錐である。比較例 3、8、9 及び実施例 1～15 は全て、底面が長方形又は正方形の角錐である。角錐を長方形のグリッドパターンで配置した。例えば、図 3A 及び図 3B を参照されたい。

10

20

30

40

50

【表1】

表1. 実施例及び比較例の精密に成形された特徴部のパラメータ。

| 実施例又はCE | 一次特徴部の数 | 一次特徴部の面密度(特徴部/cm ²) | 一次特徴部高さ(マイクロメートル) | オフセット高さ(マイクロメートル) | 一次特徴部の切頭部深さ(マイクロメートル) | アスペクト比 |
|---------|---------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------|
| CE-A | 540 | 5.90 | 150 | 50 | 0 | 0.50 |
| CE-B | 960 | 10.49 | 150 | 150 | 0 | 0.67 |
| CE-C | 4720 | 51.60 | 150 | 10 | 0 | 0.50 |
| CE-D | 510 | 5.58 | 160 | 160 | 0 | 0.67 |
| CE-E | 300 | 3.28 | 160 | 160 | 0 | 0.67 |
| CE-F | 135 | 1.48 | 160 | 160 | 0 | 0.67 |
| CE-G | 635 | 6.94 | 150 | 50 | 0 | 0.67 |
| CE-H | 2 | 0.02 | 120 | 75 | 10 | 0.50 |
| CE-I | 3 | 0.03 | 120 | 75 | 10 | 0.50 |
| 実施例1 | 5 | 0.05 | 145 | 100 | 20 | 0.50 |
| 実施例2 | 5 | 0.05 | 145 | 100 | 20 | 0.67 |
| 実施例3 | 5 | 0.05 | 120 | 75 | 10 | 0.50 |
| 実施例4 | 5 | 0.05 | 95 | 50 | 40 | 0.50 |
| 実施例5 | 10 | 0.11 | 145 | 100 | 20 | 0.50 |
| 実施例6 | 20 | 0.22 | 145 | 100 | 20 | 0.50 |
| 実施例7 | 25 | 0.27 | 145 | 100 | 20 | 0.50 |
| 実施例8 | 20 | 0.22 | 145 | 100 | 20 | 0.67 |
| 実施例9 | 10 | 0.11 | 120 | 75 | 10 | 0.50 |
| 実施例10 | 20 | 0.22 | 120 | 75 | 10 | 0.50 |
| 実施例11 | 25 | 0.27 | 120 | 75 | 10 | 0.50 |
| 実施例12 | 20 | 0.22 | 120 | 75 | 10 | 0.67 |
| 実施例13 | 20 | 0.22 | 85 | 40 | 20 | 0.50 |
| 実施例14 | 25 | 0.27 | 85 | 40 | 20 | 0.50 |
| 実施例15 | 20 | 0.22 | 120 | 120 | 10 | 0.50 |

【0060】

卓上式摩擦計によるCMPのパッド摩耗速度及びパッド表面粗さの試験方法を使用して、パッド摩耗速度及びパッド表面粗さを、表2の実施例1～15及び比較例1～9について求めた。結果は、要素上の研磨特徴部の数又は面密度が減少するにつれて、研磨物品のパッド摩耗速度が、その表面粗さと共に増加することを示した(図4参照)。これは、研磨材業界において周知の文書化された関係である。しかし、研磨物品当たりの先端の数及び面密度が減少して超低面密度領域(26個の特徴部/要素又は0.24個の特徴部/m²未満)になると、この関係は逆転し、パッド摩耗速度は減少し始めた。また、この時点で、表面粗さは、もはや一次特徴部の特徴部の数及び面密度には相関せず、一次特徴部と二次特徴部との間のオフセット高さに相関した。

10

20

30

40

50

【表2】

表2. パッド摩耗速度及び表面仕上げの結果

| 実施例又はCE | パッド摩耗率(マイクロメートル/時) | 表面仕上げRa(マイクロメートル) |
|---------|--------------------|-------------------|
| CE-A | 850 | 5.303 |
| CE-B | 924 | 4.802 |
| CE-C | 410 | 2.613 |
| CE-D | 1722 | 5.764 |
| CE-E | 2125 | 6.023 |
| CE-F | 2797 | 6.582 |
| CE-G | 1281 | 5.111 |
| CE-H | 80 | ---- |
| CE-I | 124 | ---- |
| 実施例1 | 318 | 13.807 |
| 実施例2 | 383 | 16.762 |
| 実施例3 | 217 | ---- |
| 実施例4 | 140 | 9.411 |
| 実施例5 | 711 | ---- |
| 実施例6 | 1030 | 13.189 |
| 実施例7 | 1148 | ---- |
| 実施例8 | 1265 | 15.360 |
| 実施例9 | 484 | ---- |
| 実施例10 | 700 | ---- |
| 実施例11 | 813 | ---- |
| 実施例12 | 753 | ---- |
| 実施例13 | 259 | ---- |
| 実施例14 | 327 | ---- |
| 実施例15 | 912 | ---- |

実施例を使用した CMP ツール試験

【0061】

CMP ツールのパッド摩耗速度及びパッド表面粗さの試験方法を使用して、業界標準の硬質パッド (Dow I C 1010) に関するパッド摩耗速度及びパッド表面粗さを、表3に示す実施例及び比較例について求めた。結果を表3に示す。このデータでは、卓上式摩擦計のデータと同様の結果が得られる。

10

20

30

40

50

【表3】

表3. パッド摩耗速度及び表面仕上げの結果。

| 実施例又はCE | パッド摩耗速度(μm/時) | 表面仕上げRa(マイクロメートル) |
|---------|---------------|-------------------|
| CE-A | 41 | 3.842 |
| CE-B | 48 | 4.354 |
| CE-C | 16 | 3.141 |
| CE-E | 69 | 4.918 |
| CE-F | 154 | 5.969 |
| CE-G | 70 | 4.117 |
| CE-I | 1 | 6.984 |
| 実施例5 | 12 | 7.387 |
| 実施例6 | 20 | 7.706 |
| 実施例7 | 27 | 8.148 |
| 実施例8 | 69 | 8.000 |
| 実施例11 | 10 | 7.185 |
| 実施例12 | 63 | 7.398 |
| 実施例13 | 26 | 5.181 |
| 実施例14 | 11 | 5.395 |
| 実施例15 | 59 | 7.784 |

10

20

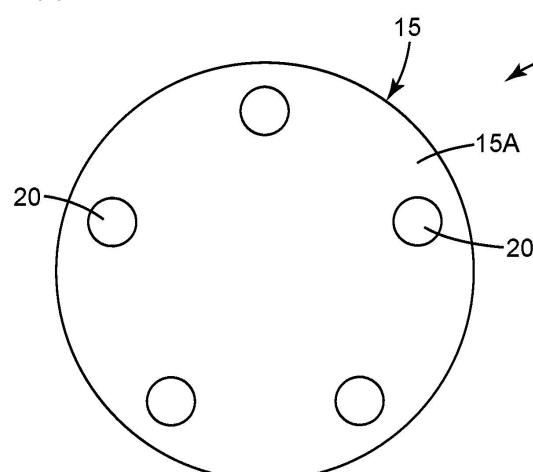
30

40

50

【図面】

【図 1 A】

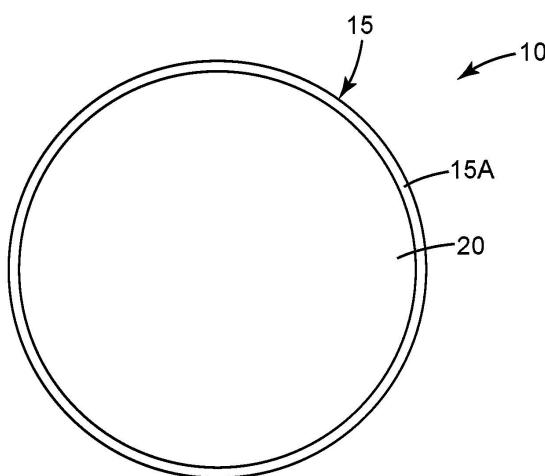


【図 1 B】

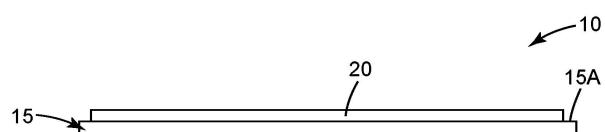


10

【図 2 A】



【図 2 B】



20

30

40

50

【図 3 A】

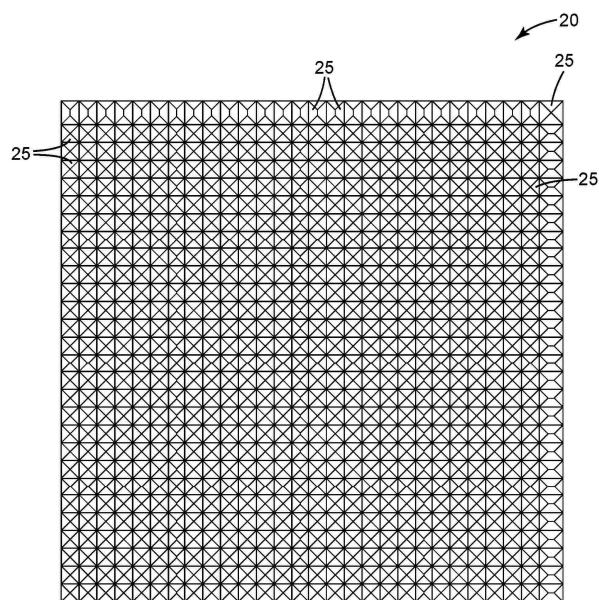


Fig. 3A

【図 3 B】

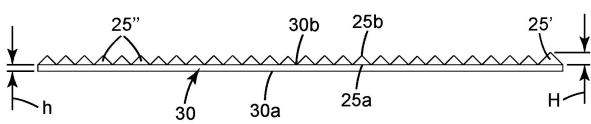


Fig. 3B

10

【図 4】

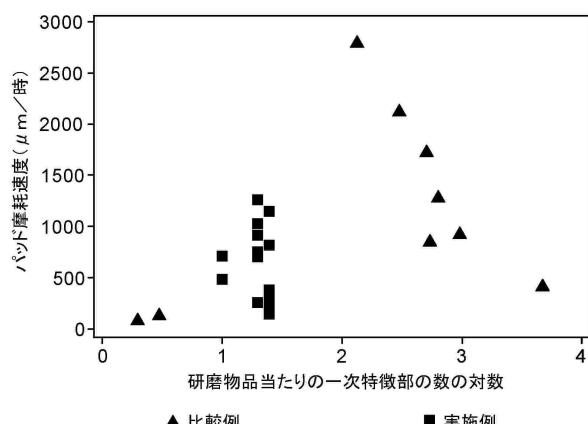


Fig. 4

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
B 2 4 D 3/14
B 2 4 D 7/02 B

米国(US)

早期審理対象出願

(72)発明者 フリッツ, マシュー シー.

アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス
33427, スリーエム センター

(72)発明者 ジエ, ユンシン

アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス
33427, スリーエム センター

(72)発明者 ラライア, ヴィンセント ジェイ.

アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス
33427, スリーエム センター

合議体

審判長 戸間 宏信

審判官 本庄 亮太郎

審判官 大山 健

(56)参考文献 特開2003-175465号公報(JP, A)

特表2014-510645号公報(JP, A)

特表2015-527941号公報(JP, A)

米国特許出願公開第2015/0283672(US, A1)