

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5389395号
(P5389395)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014.1.15)

(24) 登録日 平成25年10月18日(2013.10.18)

(51) Int.Cl.

F 1

B24B 37/11 (2012.01)
HO1L 21/304 (2006.01)B24B 37/00 C
HO1L 21/304 622F

請求項の数 6 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-209142 (P2008-209142)
 (22) 出願日 平成20年8月15日 (2008.8.15)
 (65) 公開番号 特開2009-51002 (P2009-51002A)
 (43) 公開日 平成21年3月12日 (2009.3.12)
 審査請求日 平成23年6月21日 (2011.6.21)
 (31) 優先権主張番号 11/893,785
 (32) 優先日 平成19年8月16日 (2007.8.16)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 504089426
 ローム アンド ハース エレクトロニクス マテリアルズ シーエムピー ホウルディングス インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 デラウェア州 19713、ニューアーク、ベルビュー・ロード
 451
 (74) 代理人 100078662
 弁理士 津国 肇
 (74) 代理人 100113653
 弁理士 東田 幸四郎
 (74) 代理人 100116919
 弁理士 斎藤 房幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】相互接続された多要素格子研磨パッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

研磨媒体の存在下で、磁性、光学及び半導体基板の内の少なくとも一つを研磨するため
に有用である研磨パッドであって、

- a) 垂直方向に整列させられた、第一及び第二の端を有する複数の研磨要素と、
- b) 複数の連結点の各々において少なくとも三つの研磨要素を備え、研磨要素の第一及び第二の端を接続し、階層を形成する複数の連結点であって、各階層が研磨要素の第一及び第二の端の間の垂直方向の厚さを示す、複数の連結点と、
- c) 研磨要素を接続する複数の連結点の連結した階層を接続することから形成される、
相互接続された格子構造と
を含む研磨パッド。

【請求項 2】

連結点が、3 ~ 6 個の研磨要素を接続する、請求項 1 記載の研磨パッド。

【請求項 3】

研磨要素が、各連結点の上下の研磨要素と整列する、請求項 1 記載の研磨パッド。

【請求項 4】

各研磨要素が、一連の相互接続された円盤を含む、請求項 1 記載の研磨パッド。

【請求項 5】

相互接続された格子には、水平の研磨要素が欠如している、請求項 1 記載の研磨パッド

。

【請求項 6】

研磨媒体の存在下で、磁性、光学及び半導体基板の内の少なくとも一つを研磨するため
に有用である、請求項 1～5 のいずれかに記載の研磨パッドであって、

- a) 垂直方向に整列させられた、第一及び第二の端を有する複数の研磨要素と、
- b) 複数の連結点の各々において少なくとも三つの研磨要素を備え、研磨要素の第一及び第二の端を接続し、階層を形成する複数の連結点であって、各階層が研磨要素の第一及び第二の端の間の垂直方向の厚さを示す、複数の連結点と、
- c) 研磨要素を接続する複数の連結点の連続した階層を接続することから形成され、複数の連結点を通して一定方向に整列する研磨要素を備える、相互接続された格子構造と
を含む研磨パッド。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】****発明の分野**

本発明は、一般に、化学機械研磨のための研磨パッドの分野に関する。具体的には、本発明は、磁性、光学及び半導体基板を化学機械研磨するために有用である研磨構造を有する研磨パッドに向けられる。

【0002】**発明の背景**

集積回路又は他の電子デバイスの製作では、導電、半導体及び誘電材料の多層を、半導体ウェーハの表面上に堆積させて、そこから除去する。導電、半導体及び誘電材料の薄層は、多くの堆積技術を用いて堆積させることができる。現代のウェーハ加工における一般的な堆積技術は、とりわけ、スパッタリングとしても知られる物理蒸着（PVD）、化学気相蒸着（CVD）、プラズマ促進化学蒸着（PECVD）及び電気化学めっきを含む。一般的な除去技術は、とりわけ、湿式及び乾式の等方性及び異方性エッティングを含む。

20

【0003】

材料の層が順次、堆積されて除去されると、ウェーハの最上層が非平面になる。それに続く半導体加工（たとえば金属化）がウェーハに平坦な表面を有することを要求するため、ウェーハを平坦化する必要がある。平坦化は、望ましくない表面トポグラフィ及び表面の欠陥、たとえば、粗面、凝集面、結晶格子損傷、スクラッチ及び材料の汚染層を除去するため有用である。

30

【0004】

化学機械平坦化、又は化学機械研磨（CMP）は、被加工物、たとえば半導体ウェーハを平坦化又は研磨するために用いられる一般的な技術である。従来の CMP では、ウェーハキャリア、又は研磨ヘッドは、キャリアアセンブリに取り付けられている。研磨ヘッドは、ウェーハを保持し、CMP 装置内部のテーブル又はプラテン上に取り付けられた研磨パッドの研磨層に接触するようにウェーハを位置付ける。キャリアアセンブリは、ウェーハと研磨パッドとの間ににおける制御可能な圧力を提供する。同時に、研磨媒体が研磨パッド上に定量吐出されて、ウェーハと研磨層との間隙に引き込まれる。研磨を行うために、研磨パッド及びウェーハは、通常、互いに相關して回転する。研磨パッドがウェーハの下に回転すると、ウェーハは、通常は円形の研磨トラック又は研磨領域を掃引しし、ウェーハの表面が、研磨層と直接対面する。ウェーハ面は、表面上での研磨層及び研磨媒体の化学的及び機械的作用により、研磨されて平坦にされる。

40

【0005】

CMP 中の研磨層、研磨媒体及びウェーハ面の間の相互作用は、研磨パッドの設計を最適化する目的で、過去 10 年で増加している研究、分析、及び高度な数値モデリングの対象となってきた。半導体製造プロセスとして CMP が開始されて以来、ほとんどの研磨パッド開発は、性質上経験によるものであり、多数の異なる多孔質及び非多孔質ポリマー材料の試行を含む。研磨面又は研磨層の設計の大半では、これらの層に、さまざまなマイクロ構造、すなわちボイド領域とソリッド領域とのパターンと、マクロ構造、すなわち表面

50

の穿孔又は溝構造とを設けることに焦点が当てられ、研磨速度の増大、研磨の均一性の改善、又は研磨欠陥（スクラッチ、ピット、剥離領域、及び他の表面又は副表面の破損）の減少が求められている。長年にわたって、相当数の異なるマイクロ構造及びマクロ構造が、C M P 性能を向上させるために提案されてきた。

【 0 0 0 6 】

従来の研磨パッドには、研磨パッド面の「コンディショニング」又は「ドレッシング」は、安定した研磨性能のため、一定した研磨面を維持するために不可欠である。時間とともに、研磨パッドの研磨面が磨耗し、研磨面のマイクロテクスチャが一面に平滑になる「グレージング」と呼ばれる現象である。グレージングの原因は、パッドと被加工物との間の接触点における摩擦熱及びせん断による、高分子材料の塑性流動である。加えて、C M P 加工による屑は、表面空隙の他に、それを通して研磨媒体が研磨面全体に流動するマイクロチャネルも閉塞させる。このことが発生すると、C M P 加工の研磨率が低減し、結果としてウェーハ間の又はウェーハ内部の研磨が均一でなくなる可能性がある。コンディショニングにより、研磨面上に、C M P 加工での所望の研磨率及び均一性を維持するため有用である新しいテクスチャが作り出される。

【 0 0 0 7 】

従来の研磨パッドコンディショニングは、研磨面をコンディショニングディスクで機械的に削ることによって達成される。コンディショニングディスクは、通常、埋め込み型のダイヤモンドポイントで構成されるざらざらしたコンディショニング面を有する。コンディショニングディスクは、C M P 加工における断続的な中断中に研磨が一時停止しているとき（“*ex situ*”）か、又はC M P 工程が進行中である間（“*in situ*”）かに、研磨面と接触するようにされる。一般的に、コンディショニングディスクは、研磨パッドの回転軸に対して固定された位置で回転し、研磨パッドが回転するにつれて環状のコンディショニング領域を掃引する。上記のようなコンディショニングプロセスは、パッド材料を削つて切り込みを入れ、研磨組織を新しくして、パッド表面に微視的な筋を刻み込む。

【 0 0 0 8 】

パッド設計者は、パッド材料調製及び表面コンディショニングの両方を通して、表面テクスチャのさまざまなマイクロ構造及び構成を作り出してきたが、既存のC M P パッド研磨テクスチャは、二つの重要な態様において最適とは言えない。最初、C M P で実施される、圧力付与下での従来のC M P パッドと一般的な被加工物との間の実接觸面積は小さい

通常は、全接觸面積のわずか数パーセントである。これは、従来の表面コンディショニングが不正確であることが直接原因して生じた結果であり、結果的に構造のソリッド領域はランダムに引き裂かれボロボロになり、さまざまな形状及び高さの特徴の集団、すなわち凹凸が残り、そのうち最も高いもののみは被加工物と実際に接觸する。第二に、スラリーの流れが研磨屑及び熱を運び去るために使用可能であるスペースが、パッド面で薄層を占有し、研磨廃棄物が、被加工物の下から完全に排除されるまで、被加工物とごく近接したままになる。パッドと被加工物との間のスラリーの流れは、きわめて不規則な表面を、またパッドから被加工物の全垂直距離にかかるあらゆる凹凸の周囲を通過しなければならない。このため、結果として、被加工物が使用済みの化学物質と、先に除去された材料との両方に再暴露される可能性が高くなる。このように、従来のパッドのマイクロ構造が最適でないのは、表面テクスチャ内部の接觸機構と流体機構とが結合されるためであり、凹凸の高度分布は、良好な接觸にも、効果的な流体の流れ及び輸送にも好都合ではない。

【 0 0 0 9 】

C M P における欠陥形成は、従来のパッドのマイクロ構造の両方の欠点を発端とする。たとえば、Reihardtらの米国特許第5,578,362号は、ポリマー球を用いて、ポリウレタン研磨パッド内にテクスチャを導入することが開示されている。正確な欠陥形成メカニズムは完全には理解されていないが、欠陥形成を減少させるには、被加工物上の極端な点応力を最小限にすることを要することが概ね明らかである。所与の加荷重又は研磨圧力下で、実際の点接觸圧力は、真の接觸面積に反比例する。研磨圧力3psi(20.7kPa)で作動し、全ての凹凸の先端にわたる実接觸面積2%を有するC M P 加工は、実際には

10

20

30

40

50

、被加工物に平均して 150 psi (1 MPa) の垂直応力を受けさせる。この規模の応力は、表面及び副表面に破損を生じさせるのに十分である。また、従来の CMP パッド上の凹凸は鋭利でなくかつ形状が不規則であるため、好ましくない流れパターンにつながり、凹凸に衝突する流体の局所的な圧力が著しくなる可能性があり、停滞しているか又は分離される流れ領域は、研磨屑及び熱の蓄積につながるか、又は粒子が凝集する環境を作り出す可能性がある。

【 0010 】

欠陥形成の可能性のある源を提供すること以上に、従来の研磨パッドマイクロテクスチャが最適でないのは、一般的にパッド面コンディショニングは、正確には再現不可能なためである。コンディショニングディスク上のダイヤモンドは使用によって鈍化し、一定期間の後にコンディショナを交換しなければならなくなり、このためコンディショナの有効性が、寿命の間にわたり継続的に変化する。また、コンディショニングは、CMP パッドの磨耗率に大きく寄与する。パッドの磨耗の約 95 % がダイヤモンドコンディショナの研削に起因し、被加工物との接触に起因するものは約 5 % のみであることは一般的である。このように、欠陥の低減に加え、パッドの改善されたマイクロ構造は、コンディショニングの必要を排除し、より長いパッドの寿命を可能にすることができます。

【 0011 】

パッドコンディショニングを排除する鍵は、自己再生する (self-renewing) 、すなわち磨耗したときに、基本的に同じ形状寸法及び構成を存続させる研磨面を案出することである。このような自己再生するようにするために、研磨面は、磨耗がソリッド領域の形を著しく変えないようにしなければならない。これはひいては、ソリッド領域がかなりの程度の塑性流動を生じさせるのに十分な継続的せん断及び加熱を受けないか、又はソリッド領域が、他のソリッド領域にせん断及び加熱を分散させるようにしてせん断又は加熱に対応するように構成されることを要する。

【 0012 】

低欠陥度合いに加え、CMP パッド研磨構造は、良好な平坦化効率を達成しなければならない。従来のパッド材料が、これら二つの性能指標の間のトレードオフを要するのは、材料をより柔らかくより柔軟にすることによって低欠陥度合いが達成されるにもかかわらず、これら同じ特性の変化は平坦化効率を損なうためである。結局は、平坦化は堅固で平らな材料を必要とし、一方で低欠陥度合いはより剛性でないコンフォーマル材料を要する。このため、これらの指標の間の基本的なトレードオフを、単一の材料で克服することは困難である。従来のパッド構造は、多様な方法でこの問題に取り組んでおり、互いに結合された固い層と柔らかい層とを有する複合材料の使用を含む。複合材料は单層構造における改善を提供するが、理想的な平坦化効率とゼロ欠陥形成とを同時に達成する材料は、未だ開発されていない。

【 0013 】

結果として、現代の CMP 用途のためのマイクロ構造及びコンディショニング手段は存在するが、被加工物とのより高い実接觸面積、及び研磨屑の除去のためのより効果的なスラリーの流れパターンに加え、再テクスチャリングの必要な低減又は除去を達成する CMP パッド設計に対する要望がある。加えて、良好な平坦化効率のために必要である堅固な剛性構造と、低欠陥度合いのために必要なより剛性でないコンフォーマル構造と組み合わせる CMP パッド構造に対する要望がある。

【 0014 】

近年、低欠陥度合いを達成しつつ平坦化を改善する目的で、格子状設計が提案されている。本発明は、いくつかの格子状設計の準最適な可能性のある特徴に向けられ、すなわち、交差支持されて高い剛性を達成する再現型単位セルに基づく格子は、構造内部で、規則的な間隔を置いた高度で、水平又はほぼ水平方向を占有する部材を含むことができる。この特徴は、いくつかの CMP 用途には望ましくない場合があるが、それは格子が磨耗すると、一つの平面内の多量の水平部材が、被加工物との高い接觸面積が変則的になることにつながるためである。構造が摩滅したときほんのわずかだけ変動し、パッドと被加工物

10

20

30

40

50

との接触面積及び圧力が大きく変化しない接触面積を有することが望ましい。

【0015】

多数の水平部材が一つの平面を占有することを防止するための二つの取り組みは、(1)部材の高度をずらすこと、及び(2)格子のベース層を傾斜させて、水平部材が著しい角度をなすようにすることである。これらの取り組みは実現可能であるが、一方で制限がある。部材をずらすことにより、接触面積の変動がより多くの高度にまで拡がるが、単純な単位セル構造が崩壊して製造時の複雑さ及び時間が増大する。ベース層を傾斜させることは、横方向の短い区域にわたってのみ現実的であり、したがって実際には、一定間隔で傾斜したベースを必要とし、これは格子構造内の特殊な部材につながる。この特徴は、製造時の複雑さ及び時間がさらに増大し、格子の全体的な剛性を損なうおそれがある。複数の研磨サイクルにわたって一定した研磨性能をもたらすと同時に、基板に過度の欠陥性を生じさせることなく平坦化を促進することができる格子状研磨構造に対する継続した要望がある。10

【0016】

発明の概要

本発明の態様は、研磨媒体の存在下で、磁性、光学及び半導体基板の内の少なくとも一つを研磨するために有用である研磨パッドを提供し、a) 垂直方向に整列させられた、第一及び第二の端を有する複数の研磨要素と、b) 複数の連結点の各々において少なくとも三つの研磨要素を備え、研磨要素の第一及び第二の端を接続し、階層を形成する複数の連結点であって、各階層が研磨要素の第一及び第二の端の間の垂直方向の厚さを示す、複数の連結点と、c) 研磨要素を接続する複数の連結点の連続した階層を接続することから形成される、相互接続された格子構造とを含む。20

【0017】

本発明の別の態様は、研磨媒体の存在下で、磁性、光学及び半導体基板の内の少なくとも一つを研磨するために有用である研磨パッドを提供し、a) 垂直方向に整列させられた、第一及び第二の端を有する複数の研磨要素と、b) 複数の連結点の各々において少なくとも三つの研磨要素を備え、研磨要素の第一及び第二の端を接続し、階層を形成する複数の連結点であって、各階層が研磨要素の第一及び第二の端の間の垂直方向の厚さを示す、複数の連結点と、c) 研磨要素を接続する複数の連結点の連続した階層を接続することから形成され、複数の連結点を通して一定方向に整列する研磨要素を備える、相互接続された格子構造とを含む。30

【0018】

詳細な説明

図を参照すると、図1は、本発明の研磨パッド104とともに用いるのに好適である、2軸化学機械研磨(CMP)ポリッシャ100を図示している。一般的に、研磨パッド104は、物品、たとえば半導体ウェーハ112(加工されているか又は加工されていない)又は他の被加工物、たとえばとりわけガラス、フラットパネルディスプレイ又は磁気情報記憶ディスクと対面し、研磨媒体120の存在下で被加工物の研磨面116の研磨を行うための研磨面110を有する研磨層108を含む。研磨媒体120は、深さ128を有する任意の螺旋溝124を通って進行する。便宜上、以下用語「ウェーハ」は、一般性を失うことなく用いられる。加えて、特許請求の範囲を含む本明細書で用いられるように、用語「研磨媒体」は、粒子を含有する研磨液及び粒子を含有しない液、たとえば研磨剤を含まない、反応性液体の研磨液を含む。40

【0019】

本発明は、一連の同様な又は同一の巨視的又は微視的な細長い要素から、研磨層108を形成することにより、高いボイド率又は開放量対ソリッド量のパーセンテージを有する研磨テクスチャ200(図2)を備える研磨層108を提供することを含み、各要素は、一つ以上の端で拘束され、要素によって占有される総スペースは、使用可能な総スペースに対して小さく、個々の要素のスペースはウェーハのサイズに対して小さく、かつ要素は三次元で相互接続されて、網状組織をせん断及び曲げに対して剛性にする。好ましくは、50

要素はマイクロテクスチャを作り出すような微視的な寸法を有する。これらの特徴は、従来の研磨パッドを用いて実現されるよりも、パッドとウェーハとの間のより高い実接触面積と、パッドとウェーハとの間のより好ましいスラリーの流れパターンとの両方を提供することに加え、ダイヤモンドパッドコンディショニングの必要を排除することができる自己再生構造を提供することが認められる。加えて、これらの特徴は、良好な平坦化効率のために必要とされる長さスケールでパッドに剛性を与え、一方で低欠陥度合いのために必要とされるより短い長さスケールでの柔軟さを可能にするように機能することに認められる。

【0020】

ポリッシャ100は、プラテン130に取り付けられた研磨マッド104を含むことができる。プラテン130は、プラテン駆動部（図示せず）によって回転軸134の周りを回転可能である。ウェーハ112は、プラテン130の回転軸134に対して平行であり、かつそこから間隔を置かれた回転軸142の周囲を回転可能であるウェーハキャリア138によって支持されることがある。ウェーハキャリア138は、ウェーハ112が研磨層108に対してごくわずかに非平行である態様をとることを可能にするジンバルリンク（図示せず）を備えてよく、その場合、回転軸134、142はごくわずかに傾いていてもよい。ウェーハ112は、研磨層108に面し、研磨中に平坦化される研磨面116を含む。ウェーハキャリア138は、ウェーハ112を回転させ、下向きの力Fを供給して研磨層108に対向して研磨面116を押圧し、研磨中に研磨面と研磨層との間に所望の圧力を存在させるように適合されたキャリア支持アセンブリ（図示せず）に支持されてもよい。また、ポリッシャ100は、研磨層108に研磨媒体120を供給するための研磨媒体入口146を含んでもよい。

10

20

【0021】

ポリッシャ100は、他の部材（図示せず）、たとえばシステム制御部、研磨媒体貯蔵及びディスペンシングシステム、加熱システム、水洗システム及び研磨プロセスの様々な態様を制御するためのさまざまな制御、たとえば、とりわけ（1）ウェーハ112及び研磨パッド104の回転率の一方又は両方のための速度制御部及びセレクタ、（2）パッドへの研磨媒体120の送出速度及び場所を変更するための制御部及びセレクタ、（3）ウェーハと研磨パッドとの間に加えられる力Fの規模を制御するための制御部及びセレクタ、及び（4）パッドの回転軸134に対して、ウェーハの回転軸142の場所を制御するための制御部、アクチュエータ及びセレクタを含んでもよい。

30

【0022】

研磨中、研磨パッド104及びウェーハ112は、それぞれの回転軸134、142の周りを回転し、研磨媒体120は、研磨媒体入口146から、回転中の研磨パッド上に定量吐出される。研磨媒体120は、ウェーハ112及び研磨パッド104の下の隙間を含む研磨層108全体に拡がる。研磨パッド104及びウェーハ112は、一般的に0.1 rpm～150 rpmの選択された速度で回転するが、必ずしもそうでなくともよい。力Fは、一般的に、ウェーハ112と研磨パッド104との間で、0.1 psi～15 psi（6.9～103 kPa）の所望の圧力を誘発するように選択された規模になるが、必ずしもそうでなくともよい。当業者においては、研磨パッドをウェブ形式か、又は研磨されている基盤の直径よりも小さな直径を有する研磨パッドかに構成することが可能であることが認識されよう。

40

【0023】

水平部材が欠如している構造が想到される場合があるが、一方でこれらは多くの場合、高い剛性を与える内部支えが欠如している。したがって、厳密には水平な部材がないが、クロスブレース(cross-bracing)構造の剛性に達するのに十分な内部支えを実現する構造を有することが望ましい。図2及び3は、本発明の、それぞれ水平面に楕円形及び円形の断面を備える相互接続された格子構造を図示する。具体的には、これらのSEM顕微鏡写真は、一連の段又はランディング、たとえば円形のランディングから製作された研磨要素を図示している。図2及び3は、水平のランディングを図示するが、格子構造はランディ

50

ング又はランディングが水平であることを要しない。研磨要素の各端は、他の2つの研磨要素と頂点又は連結点で接続されている。これにより、各連結点を支持する3つの研磨要素を備える、相互接続された四面体格子が形成される。構造に水平要素が欠如していることで、構造が摩耗したときの接触面積のばらつきが低減し、複数のウェーハに対して一定した研磨が促進される。

【0024】

一般に、好ましく一定した接触面積を、垂直に60度よりも小さい角度を形成する多要素部材の格子を構築することにより、本発明のクロスプレースの利点と組み合わせる。この用途のために、垂直に60度よりも大きい角度を形成する研磨部材は、水平な研磨部材を構成する。好ましくは、格子構造は水平な研磨部材を有さないが、研磨中に局所的に変形した研磨部材を除く。好ましくは、研磨部材は、垂直に45度よりも小さい角度を形成する。最も好ましくは、研磨部材は、垂直に30度よりも小さい角度を形成する。多要素アセンブリの各々は、共通の頂点で連結された少なくとも3つの部材で構成される。好ましくは、各部材は同じ長さを有し、垂直に同じ角度を形成する。これに代えて、部材は、不均等な長さを有し、垂直に異なる角度を形成してもよい。最も好ましいのは、3~6個、たとえば3個、4個又は6個の研磨部材を有する多要素アセンブリであるが、これは、それらがそれぞれ三角形、正方形、及び六角形のスペースを占有し、同一のユニットが空隙のない容積を充填することが可能になるためである。完全な格子を形成するために、各々の多要素アセンブリの脚は、下階層の多要素アセンブリの連結点又は頂点に置かれる。このように、たとえば、三角形の格子はトライポッドから形成され、まずトライポッドを順序付けられた列に配列して第一の階層を形成し、その後各トライポッドが、三角形を形成する第一の階層の3つの頂点上に置かれるようにトライポッドの第二の階層を形成することによる。

【0025】

ここで図4及び4Aを参照すると、図1の研磨パッド104の実施形態がより詳細に、具体的には格子状研磨構造400に関して記載されている。表面テクスチャ又は凹凸が、材料の除去又は再形成プロセス(すなわち、ダイヤモンドコンディショニング)の残留物である先行技術のCMPパッドとは対照的に、格子状研磨構造400は、精密な形状寸法を有する、一連の同一又は同様の研磨要素402として組み立てられる。研磨要素402は、その頂点で組み合わせられて、連結点404を形成する。各連結点404は、少なくとも3つの研磨要素402を含む。連結点404はそれぞれ3つの研磨要素を含む。格子状研磨構造400は、実際上一組の四面体単位セルであり、これは(4つの)各面が空間的ユニットのみの縁に沿って走る三角形のソリッド部材である空間的ユニットであり、各面の及び空間的ユニットの中心は全体として空きとして残される。

【0026】

交差支えは、積層型の多要素格子状構造で達成され、これは各連結点又は頂点404が、一組の他の連結点404に分岐し、これがより広範な組等へと順番に分岐することによる。好ましくは、研磨部材は、各々の多要素連結点で、階層から階層に整列している。格子構造400の最上階層上の連結点又は頂点404に加えられる荷重は、それぞれの下の階層で、形状寸法的に拡がる数の連結点又は頂点404に分散される。たとえば、三角形の格子構造400では、最上階層の連結点又は頂点404に加えられる荷重は、3つの要素402を通して、次の階層の3つの連結点又は頂点404に伝達される。これらのそれだから、3つの部材セルすなわち全部で9個の研磨要素402を通して、次の階層の6個の連結点又は頂点404に荷重が伝達される。これら6個の連結点又は頂点404から、18個の研磨要素402を通して、次の階層の10個の連結点又は頂点404に荷重が伝達される等である。この荷重分散の特徴により、格子構造400が全体として望ましく剛性になり、高い平坦化効率に役立つ。しかし、最上階層では、細長い部材は、局所的に可撓であり、被加工物との良好な接触及び優れた欠陥性性能を可能にする。

【0027】

一般に、最上部の連結点404を越えて突出する要素402の拘束されない端のみが、

10

20

30

40

50

研磨中のせん断力下で自由に撓む。最上部の連結点 404 の下の要素 402 の高さは極めて制約され、任意の一つの要素 402 に加えられる力は、多数の隣接した要素 402 によって、橋梁トラス又は外部支えに類似した研磨要素の複数の階層又は層を通して効果的に運ばれる。このように、格子状研磨構造 400 は、良好な平坦化に必要とされる長さスケールでは堅固であるが、要素 402 の抑制されていない端の局所的な変形性及び可撓性により、より短い長さスケールでは局所的に柔軟である。

【0028】

相互接続要素 402 を組み合わせて単位セル 406 を形成し、単位セルは、平均幅及び平均高さを有する。これらの単位セルは網状又は開放セル構造を有し、組み合わせられて三次元の格子状網状組織を形成する。格子状研磨構造 400 は、少なくとも 3 つの単位セルの、好ましくは少なくとも 10 個の単位セルの高さを有する。一般に、研磨パッドの高さが増大すると、研磨パッドの寿命に加え、そのバルク剛性が増大し、後者は改善された平坦化に寄与する。場合により、単位セルの平均幅は、その平均高さと等しくない。たとえば、平均幅対平均高さの比率を、少なくとも 2 か、又は少なくとも 4 にして、いくつかの研磨用途のための研磨性能をさらに改善することができる。たとえば、拡張された水平幅を備える単位セルは、改善された平坦化のためのより剛性な研磨要素を提供する傾向があり、拡張された垂直高さを備える単位セルは、改善された欠陥性性能のためのより可撓な研磨要素を有する傾向がある。

【0029】

要素 402 の平均高さ対平均幅の比率が高いことの利点は、研磨面の総面積が長期間にわたって一定のままであることである。この用途のために、研磨面は、研磨面に平行な平面で測定された研磨要素 402 の表面積を表す。図 4A に示すように、研磨層の寿命のどの時点であっても、格子状研磨テクスチャ 400 のほとんどの又はすべての接触面積は、摩耗面が要素の一つの階層の高さ以内にある場合は、直立要素 402 の断面で構成され、摩耗面が連結点 404 の高度にある場合は、連結点 404 の断面で構成される。場合により、連結点 404 の垂直位置がずらされて、摩耗面が所与の時点で、連結点 404 のほんのわずかだけに出会うようにされ、これらは総接触面積のほんのわずかを構成する。格子状研磨テクスチャ 400 によって提供される接触面積の一定性により、数個の基板に対し、同様の研磨特性を備える研磨が可能になり、パッドを周期的にドレッシング又はコンディショニングする必要性が低減又は排除される。しかし、多くの用途では、水噴射と組み合わせたポリマーブリストルブラシが、パッドの洗浄を促進する。このコンディショニングの減少が、パッドの寿命を延長し、動作コストを低減させる。

【0030】

さらに、パッドを通した穿孔、導電線溝の導入又はコンダクタの組み込み、たとえば導電纖維、導電網状組織、金属グリッド又は金属ワイヤは、パッドを eCMP (“電気化学機械平坦化”) 研磨パッドに変形することができる。これらのパッドの三次元網状構造は、流体の流れを促進して、eCMP の適用が要求される一定な表面構造を維持することができる。流体の流れが増大することにより、eCMP 加工から使用済み電解質の除去が改善され、eCMP 加工の均一性を改善することができる。

【0031】

好ましくは、研磨要素 402 内部に包含されない格子状研磨構造 400 内部には、ソリッド材料が存在しない。場合によっては、研磨要素 402 に研磨粒子又は纖維を確保することが可能である。それに応じて、任意の個別の要素 402 内部には、ボイド容積が存在せず、格子状研磨構造 400 内のすべてのボイド容積は、好ましくは研磨要素 402 の間及び外側に別個に存在する。しかし、研磨要素 402 は、場合によっては中空又は多孔質構造を有していてもよい。研磨要素 402 は、研磨要素 402 を実質上直立方向に維持するベース層に、一端で堅固に固着されている。連結点 404 は、研磨要素 402 を定着させるための接着剤又は化学接合を含んでもよい。好ましくは、連結点 402 は同じ材料の相互接続を、最も好ましくは同じ材料のシームレスな相互接続を示す。

【0032】

10

20

30

40

50

研磨要素 402 の幅及びピッチは、連結点 404 の間の端から端までのすべての研磨要素 402 全体にわたって均一にするか、又はほぼ均一にするか、もしくは研磨要素 402 の下位群全体にわたって均一にすることが望ましい。たとえば、研磨要素 402 は好ましくは、格子構造 400 の連結点 404 の間のそれぞれ平均幅又はピッチの 50% 以内にとどまる幅及びピッチを有する。より好ましくは、研磨要素 402 は、格子構造 400 の連結点 404 の間のそれぞれ平均幅又はピッチの 20% 以内にとどまる幅及びピッチを有する。最も好ましくは、研磨要素 402 は、格子構造 400 の連結点 404 の間のそれぞれ平均幅又はピッチの 10% 以内にとどまる幅及びピッチを有する。具体的には、隣接した連結点 404 の間の研磨要素 402 の断面積を 30% 以内に維持することは、一定した研磨動作を促進する。好ましくは、パッドは、隣接した連結点 404 の間で、断面積を 20% 以内に、最も好ましくは 10% 以内に維持する。さらに、研磨要素 402 は好ましくは直線形を有し、一定した研磨をさらに促進する。これらの特徴が直接原因して生じる結果は、研磨要素 402 の断面積が、垂直方向に大幅には変動しないことである。このように、研磨要素 402 が研磨中に磨耗すると、ウェーハに提示された面積にはほとんど変化がない。この接触面積の一定性は、均一な研磨面を提供し、繰り返される研磨動作の間の一定した研磨を可能にする。たとえば、均一構造は、ツール設定を調節することなく、パターニングされた多層ウェーハの研磨を可能にする。好ましくは、研磨要素 402 の総断面積は、初期研磨面又は接触要素と、格子構造 400 の半分の高さとの間の 25% 以内にとどまる。最も好ましくは、研磨要素 402 の総断面積は、初期研磨面又は接触要素と、格子構造 400 の半分の高さとの間の 10% 以内にとどまる。先に述べたように、さらに好ましいのは、連結点 404 の垂直位置をさらにずらして、要素が摩滅したときの総断面積の変化を低減することである。10
20

【0033】

場合によっては、研磨要素 402 を、数個の研磨要素 402 の間隔を置いた群で配列することが可能である。たとえば、研磨要素は、研磨要素がない面積によって囲まれた円形群を含んでもよい。各群内で、連結点 404 は、要素 402 の群の間隔及び効果的な剛性を維持する。加えて、研磨要素 402 の密度を異なる領域で調節して、除去率及び研磨又はウェーハの均一性を微調整することが可能である。たとえば、円形の研磨パッドは、中央領域の連結点ごとに四つの研磨要素と、残りの領域の連結点ごとに三つの研磨要素を有していてもよい。さらに、研磨要素を、開放したチャネル又は溝、たとえば円形チャネル、X-Y チャネル、放射状チャネル、湾曲した放射状チャネル又は螺旋状チャネルを形成するように配設することが可能である。任意のチャネルを導入することにより、大きな屑を除去することが促進され、研磨又はウェーハの均一性を改善することができる。30

【0034】

研磨要素 402 の垂直高さ及び傾斜を、すべての要素全体に均一にすることは好ましい。高さ及び傾斜は、格子構造 400 内部の平均高さの 20% 以内に維持すること、より好ましくは平均高さ及び傾斜の 10% 以内に維持すること、よりさらに好ましくは、平均高さ及び傾斜の 1% 以内に維持することが好ましい。場合によっては、切削装置、たとえばナイフ、高速回転ブレード又はレーザが、研磨要素を周期的に均一な高さに切削してもよい。さらに、切削ブレードの直径及び速度は、任意には、研磨面を変えるような角度で研磨要素を切削することができる。たとえば、ある角度の円形断面を有する研磨要素を切削することにより、基板と相互作用する研磨チップのテクスチャが作り出される。高さを均一にすることで、格子構造 400 のすべての研磨要素 402 に加え、磨耗面中のすべての相互接続している接触要素が、被加工物と接触する可能性を有することが確実になる。実際、工業用 CMP ツールは、ウェーハ上の異なる場所で不均等な研磨圧力を加える機構を有しており、またウェーハ下で生成される流体圧力が、パッドの平均水平面に対して精密に水平かつ平行である位置からウェーハを離れさせるのに十分であるため、いくつかの研磨要素 402 がウェーハに接触しない可能性がある。しかし、接触が生じる研磨パッド 104 の任意の領域で、できるだけ多くの研磨要素 402 が、接触を提供するのに十分な高さであることが望ましい。さらに、通常は研磨要素 402 の支えられない端は、研磨の動40
50

的接触機構によって曲がるため、通常は研磨面の初期面積が磨耗して曲げ角と一致する。たとえば、元の円形頂面が磨耗して角度のある頂面を形成し、研磨中に経験する方向の変化が、多くの磨耗パターンを作り出す。

【0035】

研磨要素402の寸法及び間隔は、パッド及びウェーハの間の高い接触面積と、スラリーが研磨屑を除去するために適切な開放した流れ面積との両方を提供するように選定される。通常、研磨要素402は、研磨格子400中の研磨パッド容量の80パーセント未満を構成する。好ましくは、研磨要素402は、研磨格子400中の研磨パッド容量の75パーセント未満を構成する。たとえば、通常は要素402は、研磨格子400上で測定された研磨パッド容量の5～75パーセントを占有する。高い接触面積用に設計された研磨パッドは、通常は、研磨パッドの研磨面又はプラテン130に対して平行な断面で測定された研磨パッド容量の40～80パーセントを占有する。これらの対象物間には、本質的なトレードオフがある。すなわち、格子構造400の使用可能なスペースにさらなる研磨要素402を加えることにより総接触面積が増大するが、流れ面積が減少し、スラリーの流れ及び研磨屑の除去に対するさらなる障害物を作り出す。本発明の基本的な特徴は、研磨要素402が、接触面積と流れ面積との好ましいバランスが可能になるのに十分なほど細長く、かつ広く間隔が置かれていることである。このバランスに従って、研磨要素402の幅に対する研磨要素402のピッチの比率は、任意には少なくとも2にことができる。これらの制限により、研磨格子400の接触面積は50%以上に達する場合があり、流れ面積は、使用可能面積の50%以上になる場合がある。通常、研磨要素402は、パッドの表面の下の場所で、研磨屑を収集又は捕らえるように働く。この特徴は、研磨中に物品の表面に接触又はスクランチしない場所で、有害な屑を捕らえることにより、欠陥度合いの低減を促進する。研磨要素402の高さ対幅の比率を任意には少なくとも4にして流れ面積を最大限にし、研磨屑が研磨要素402の間で水平に運ばれることができ一方で、この運ばれる屑とウェーハとの間の垂直距離を引き続き設けてもよいことがさらに可能になる。10

【0036】

格子構造400は、研磨要素402の断面形状を、主に水平方向に生じるスラリーの流れに対して流線形になるように選定することにより、さらに最適化されてもよい。本体を流線形にして最小の流体抗力を達成することは、工学上十分に確立された分野であり、航空機、船舶、自動車、発射体、及び気体又は液体中で又はそれに関連して動く他の対象物の設計に普通に適用される科学の一部である。これらの後者の人間規模の対象物を管理する流体の流れの式は、CMPパッドマクロ構造又はマイクロ構造のスケールに、同じく該当する。基本的に流線形化は、急な転遷がなく徐々に湾曲する断面を選定することになり、外部の流体の流れが、表面から分離して流体エネルギーを消費する再循環渦を形成することなく、断面の周りを通過するようされる。この考察にしたがって、円形の断面は、研磨要素402の正方形又は矩形の断面よりも好ましい。さらに、研磨要素402の形状の流線形化は、スラリーの流れの局所的な方向の確認を必要とする。パッドとウェーハとの両方が回転しているため、スラリーの流れは、多様な角度から研磨要素402に進入する場合があり、一つの角度の進入に対する正しい流線形化は、他の角度の進入のためには副次的に最適化される。すべての方向の流体の進入に対して等しく流線形化される唯一の形状は、円形の断面であり、したがってこれが一般的なケースでは好ましい。キャリア速度に対するプラテン速度の非常に高い比率を有するCMP加工の場合のように、主流の流れ方向を判断することができる場合、研磨要素402の断面をその方向に対して流線型化することがさらに好ましい。30

【0037】

研磨パッド104は、相互接続された多要素格子構造400を含み、任意にはサブパッド（図示せず）を含んでもよい。格子構造400は、ポリッシャのプラテン、たとえば図1のプラテン130に直接定着させてもよいことに気付かれよう。格子構造400は、任意の好適な方法で、たとえば感圧接着層又は熱溶着接着剤、熱接合、化学接合、超音波接40

10

20

30

40

50

合等を用いた接着剤接合で、サブパッドに定着させてもよい。ベース層又はサブパッドは、研磨要素 402 の取り付けのための研磨ベースとして機能してもよい。

【0038】

格子構造 40 のためのさまざまな製造方法が可能である。より大きなスケールの網状組織には、これらは、マイクロマシニング、レーザ又は流体噴射エッティング、及び出発固体塊からの材料除去の他の方法を含み、集束レーザ平坦化、フィラメント押出、紡糸、選択的な光学硬化、生物学的成長、及び最初は空である容積内での材料構築の他の方法を含む。より小さなスケールの網状組織では、結晶化、シード重合、リソグラフィ、ポジ印刷、ネガ印刷又は他の選択的な材料堆積技術に加え、電気泳動、位相核形成、又は続く材料アセンブリのための型板を確立する他の方法を使用してもよい。試験では、ステレオリソグラフィが、格子構造 400 の製造のための効果的な方法を提供することが証明された。10

【0039】

格子構造 400 の研磨要素 402 は、任意の好適な材料、たとえばポリカーボネート、ポリスルホン、ナイロン、ポリエーテル、ポリエステル、ポリスチレン、アクリルポリマー、ポリメチルメタクリレート、ポリ塩化ビニル、ポリフッ化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブタジエン、ポリエチレンイミン、ポリウレタン、ポリエーテルスルホン、ポリアミド、ポリエーテルイミド、ポリケトン、エボキシ、シリコン、それらの共重合体（たとえば、ポリエーテルポリエステル共重合体）、及びそれらの混合物から作られてもよい。研磨要素 402 はまた、非ポリマー材料、たとえばセラミック、ガラス、金属、石、木材、又は単材料の固相、たとえば氷から作られてもよい。研磨要素 402 はまた、一つまたはそれ以上の非ポリマー材料を用いたポリマーの複合体から作られてもよい。20

【0040】

一般に、研磨要素 402 用の材料の選定は、所望の方法で特定の材料から作られた物品を研磨するための安定性によって限定される。同様に、任意のサブパッドは、任意の好適な材料、たとえば研磨要素 402 のために前述した材料で作られてもよい。研磨パッド 104 は、任意には、ポリッシャのプラテン、たとえば図 1 のプラテン 130 をパッドに定着させるためのファスナを含んでもよい。ファスナは、たとえば感圧接着層、熱溶着性接着剤、フック及びループファスナのフック又はループ部等の機械的ファスナ等の接着層とすることができる。また、一つ以上の光ファイバエンドポイント装置か、又は格子構造 400 の一つ以上のボイドスペースを占有する同様の伝送装置かを実装することは、本発明の範囲内である。30

【0041】

真に一様な接触面積を達成するために、任意の所与の多要素アセンブリの部材は、頂点において正接であるが非交差であるべきである。このことは、図 5 に示されている。多要素アセンブリ 500 の高さに沿った任意の高度で、可能性のある総接触面積は、要素 502 の数を乗じた、水平面の（すなわち研磨の平面に対して平行な）一つの要素 502 の断面積である。頂点 510 で交わる要素の断面が重複することにより、可能性のある総接触面積が減少する。しかし、現実的には、良好な構造的完全性のために、要素 502 を頂点 510 である程度統合することが望ましい。このことが、図 5A に示されている。したがって、これらの特徴は、適度に一定な断面を保つと同時に、頂点での強力な連結を可能にするように均衡させる必要がある。これに代えて、要素 502 は、頂点 512 に接近している端で広がるようにしてもよく、これによりそれらの断面が部分的に重複するにもかかわらず、水平面に示される総接触面積が、高度によらずほぼ一定になる。40

【0042】

図 6 及び図 6A には、各々の多要素アセンブリに 4 つの要素を有する、本発明の代替の実施形態が示されている。格子状研磨テクスチャ 600 は、それぞれ連結点又は頂点 604 で交わる 4 つの要素 602 からなる単位セル 606 で構成される。各連結点又は頂点 604 は、一組の他の連結点 604 に分岐し、これがより広範な組等へと順番に分岐する。好ましくは、研磨部材は、各々の多要素連結点で、階層から階層に整列している。格子構50

造 6 0 0 の最上階層上の連結点又は頂点 6 0 4 に加えられる荷重は、それぞれの下の階層で、形状寸法的に拡がる数の連結点又は頂点 6 0 4 に分散される。たとえば、ピラミッド型の格子構造 6 0 0 では、最上階層上の連結点又は頂点 6 0 4 に加えられる荷重は、4つの要素 6 0 2 を通して、次の階層の4つの連結点又は頂点 6 0 4 に伝達される。これらのそれだから、4つの部材セル又は全部で16個の研磨要素 6 0 2 を通して、次の階層の9個の連結点又は頂点 6 0 4 に荷重が伝達される。これら9個の連結点又は頂点 6 0 4 から、36個の研磨要素 6 0 2 を通して、次の階層の16個の連結点又は頂点 6 0 4 に荷重が伝達される等である。この荷重分散の特徴により、格子構造 6 0 0 が全体として望ましく剛性になり、高い平坦化効率に役立つ。しかし、最上階層では、細長い部材は、局所的に可撓であり、被加工物との良好な接触及び優れた欠陥性性能を可能にする。

10

【 0 0 4 3 】

図7には、6個の部材を備える多要素アセンブリが示されている。アセンブリ 7 0 0 は、連結点又は頂点 7 1 0 で交わる6個の部材 7 0 2 で構成される。図5及び図6にそれぞれ示された格子構造 5 0 0 及び 6 0 0 から類推すると、アセンブリ 7 0 0 は、要素 7 0 2 が下の階層の連結点又は頂点 7 1 0 上に置かれた下端を有し、格子を通して好ましい荷重伝達を提供するような階層状構造に好適である。

【 0 0 4 4 】

本発明は、流体機構から接触機構を分離させる利点を提供する。具体的には、研磨屑を容易に除去するような、パッド内での効果的な流体の流れが可能になる。加えて、研磨要素の剛性、高さ及びピッチを調節して、基板との接触機構を制御することが可能になる。さらに、研磨要素の形状は、コンディショニングを低減及び除去を可能にし、研磨パッドの寿命を増大する。また、均一な断面積は、多層基板、たとえば同様の研磨特性を備えるパターニングされたウェーハの研磨を可能にする。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 5 】

【図1】本発明の使用に好適な2軸ポリッシャーの一部の斜視図である。

【図2】本発明の相互接続された多要素格子網状構造の、拡大率50倍のSEM顕微鏡写真である。

【図3】本発明の相互接続された多要素格子網状構造の、拡大率25倍のSEM顕微鏡写真である。

30

【図4】本発明の、連結点ごとに3つの研磨要素を有する3階層の相互接続された多要素格子網状構造の概略図であり、説明のために階層が分離されている。

【図4A】図4の、連結点で接続された研磨要素を有する3階層の相互接続された多要素格子網状構造の概略図である。

【図5】交差せずに頂点を形成する3つの研磨要素の概略図である。

【図5A】連結点又は頂点を形成するための変更された端を有する3つの研磨要素の概略図である。

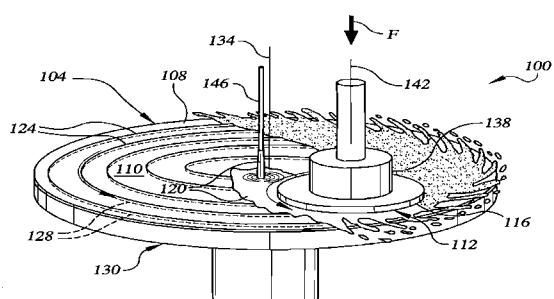
【図6】本発明の、連結点ごとに4つの研磨要素を有する3階層の相互接続された多要素格子網状構造の概略図であり、説明のために階層が分離されている。

【図6A】図4の、連結点で接続された4つの研磨要素を有する3階層の相互接続された多要素格子網状構造の概略図である。

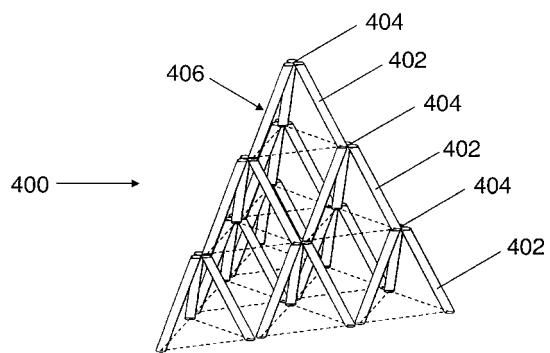
40

【図7】交差せずに頂点を形成する6つの研磨要素の概略図である。

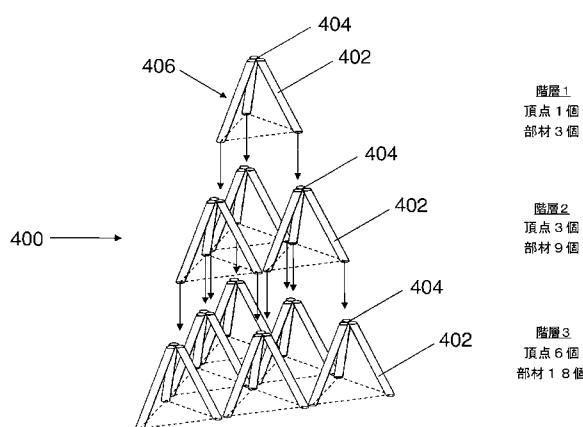
【図1】



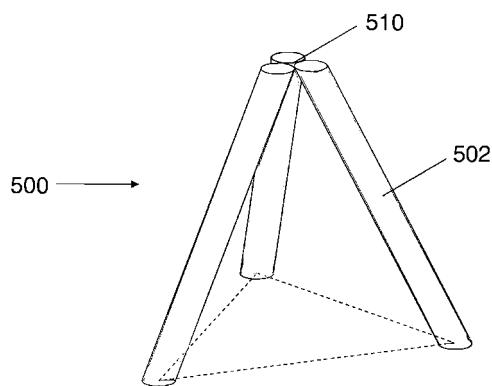
【図4 A】



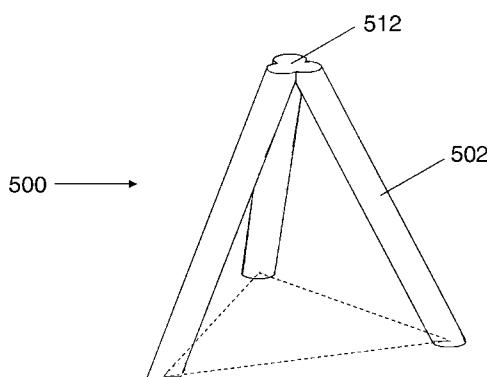
【図4】



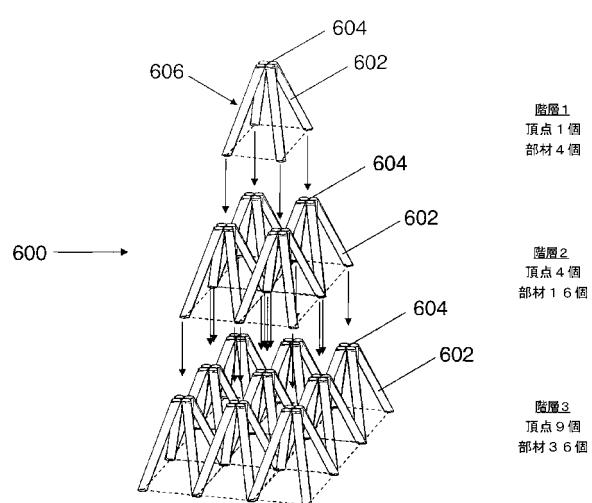
【図5】



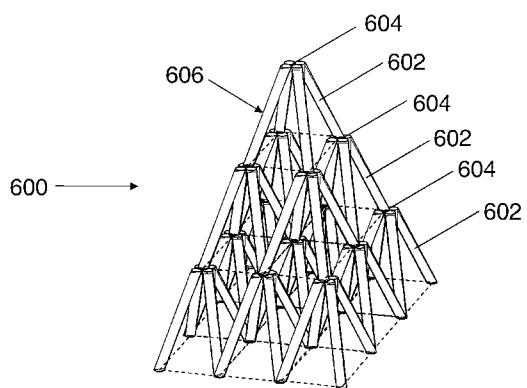
【図5 A】



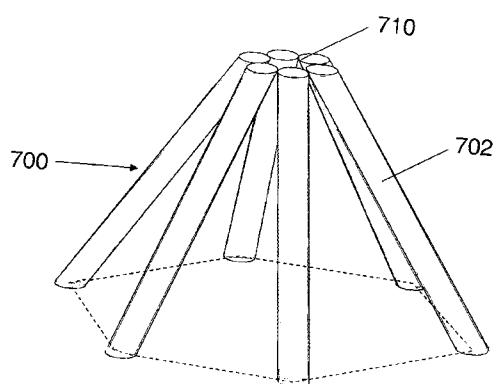
【図6】



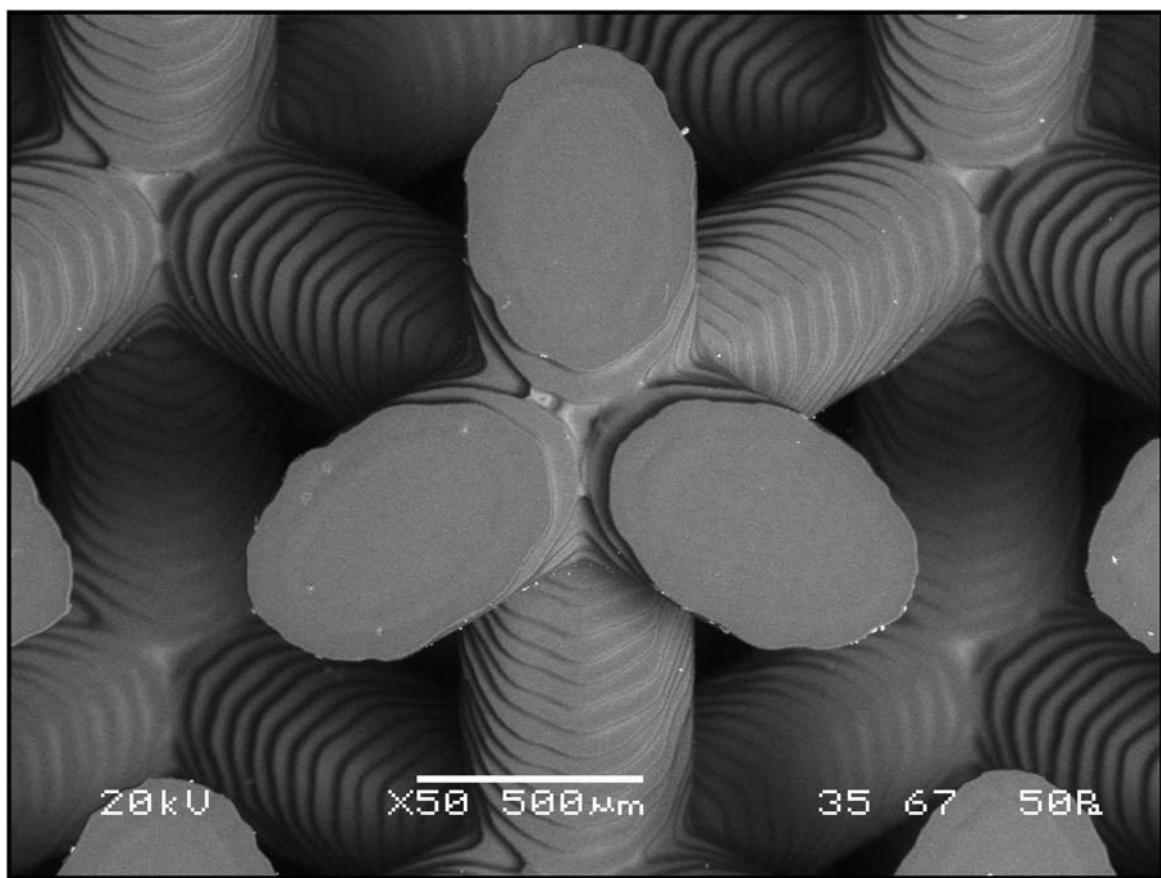
【図 6 A】



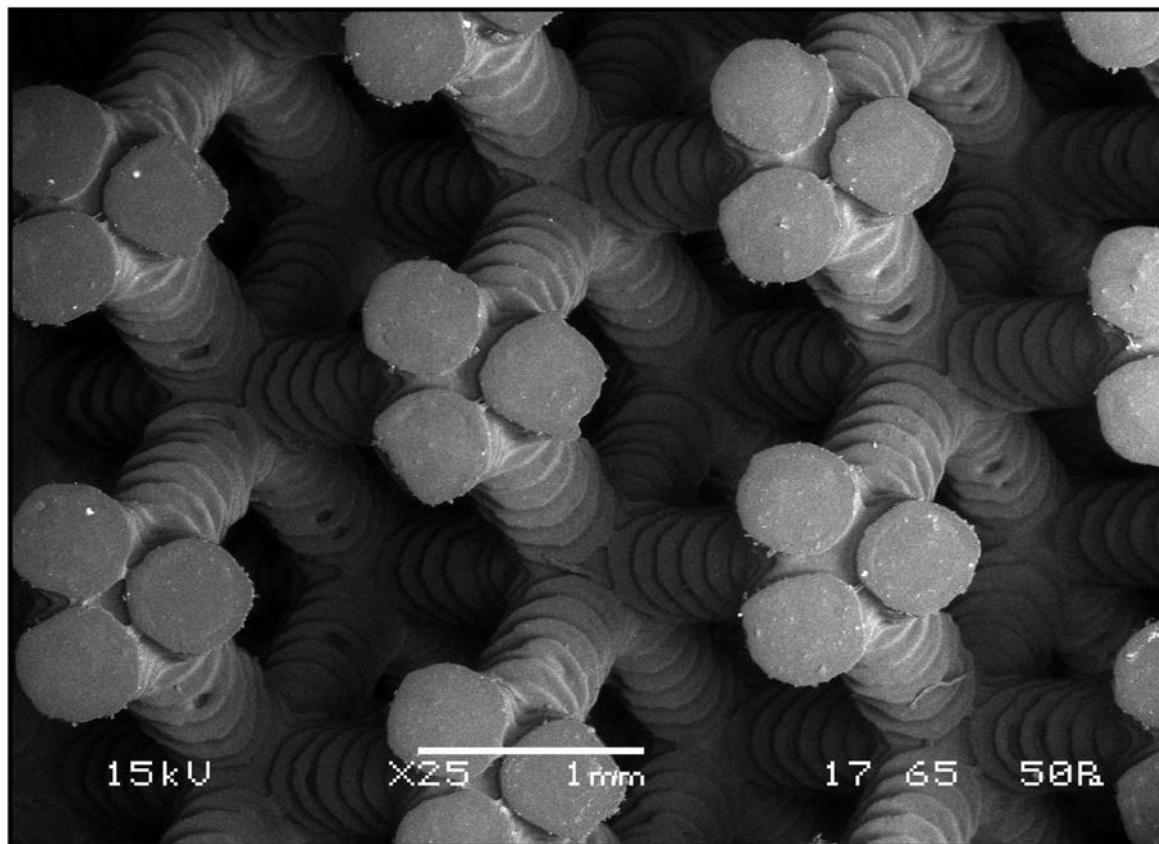
【図 7】



【図 2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ボ・ジャン

アメリカ合衆国、デラウェア 19702、ニューアーク、パレー・ストリーム・ドライブ 81
6

(72)発明者 グレゴリー・ピー・ムルダウニー

アメリカ合衆国、メリーランド 21919、アールヴィル、イースト・ティール・ポイント・ロード 3

審査官 五十嵐 康弘

(56)参考文献 特開2000-024911(JP,A)

特開平11-099468(JP,A)

特開平03-098759(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 37/00 - 37/34

B24D 11/00

H01L 21/304