

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6028124号
(P6028124)

(45) 発行日 平成28年11月16日(2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日(2016.10.21)

(51) Int.Cl. F I
HO 1 L 21/304 (2006.01) HO 1 L 21/304 6 2 1 Z

請求項の数 12 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2016-516041 (P2016-516041)	(73) 特許権者	516069247 シャー, カンミン アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 2 8 2 1 1, シャーロット, プロビデンス ロード 3 5 2 7
(86) (22) 出願日	平成26年8月26日(2014.8.26)	(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/052759	(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(87) 国際公開番号	W02015/041813	(74) 代理人	100117189 弁理士 江口 昭彦
(87) 国際公開日	平成27年3月26日(2015.3.26)	(74) 代理人	100134120 弁理士 内藤 和彦
審査請求日	平成28年3月7日(2016.3.7)		
(31) 優先権主張番号	14/095,926		
(32) 優先日	平成25年12月3日(2013.12.3)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	14/095,937		
(32) 優先日	平成25年12月3日(2013.12.3)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/879,080		
(32) 優先日	平成25年9月17日(2013.9.17)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面を研磨するシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスチャンバ内に配置された物体の表面を研磨する方法であって、
 前記ガスチャンバに所定の圧力まで放電媒質を充填することと、
 電極と前記表面との間に電圧を印加することと、

1 以上の電気絶縁破壊しきい値判定基準を定めるために、前記表面に対する前記電極の高さを調整することと、

前記電極を前記表面上の複数の位置に順番に位置づけるために、前記表面に対して前記電極をスキャンすることとであって、各前記位置は表面誤差によって特徴づけられる、スキャンすることと、を含み、

前記複数の位置の各位置が、前記電気絶縁破壊しきい値判定基準を満たす表面誤差を有する時、電気絶縁破壊が発生し、

前記電気絶縁破壊は、前記表面を研磨する放電パルスを形成する、方法。

【請求項 2】

前記複数の位置の各位置の前記表面誤差は表面高さを含み、

前記表面高さが、前記電極と前記表面との間の距離が前記電圧に前記放電媒質の電気絶縁破壊電圧を超えさせるようになっている時、前記電気絶縁破壊しきい値判定基準が満たされる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記電圧の印加は、前記放電パルスの一時的な持続時間を制御するためにゲートでコン

トロールされる、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記電圧の印加は、ガス入り管を使ってゲートでコントロールされる、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記電極と前記表面との間の領域にプライオン化信号をかけることをさらに含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記プライオン化信号はレーザ又は紫外線ランプから提供される、請求項 5 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記電極は、先端を有する針状電極であり、前記先端は、前記表面の近くに配置される末端を有するとともに、

前記末端の第 1 所定範囲内の曲率半径と、

第 2 所定範囲内の夾角と、によって特徴付けられる、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 所定範囲は、10 nm ~ 100 nm、50 nm ~ 500 nm 及び 100 nm ~ 2000 nm のいずれか 1 つであり、

前記第 2 所定範囲は、15 度 ~ 20 度、5 度 ~ 45 度及び 10 度 ~ 30 度のいずれか 1 つである、請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記電極は電極配列内の各電極であり、前記電極配列は複数の電極を含む、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

ガスチャンバ内に配置された物体の表面を研磨する装置であって、

電極と、

ガスチャンバであって、前記物体が前記ガスチャンバ内に配置される、ガスチャンバと

、

前記表面に対して前記電極を位置づけるように構成されたスキャンプラットフォームと

30

、

前記ガスチャンバに所定の圧力まで放電物質を充填するように構成されたガス吸気システムと、

前記電極と前記表面との間に電圧を印加するように構成された電源と、

1 以上のプロセッサ、メモリ、及び、前記メモリに格納された 1 以上のプログラムを含むコンピュータシステムであって、前記 1 以上のプログラムは、前記 1 以上のプロセッサによって実行された時に当該装置に請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の方法を実行させる指令を含む、コンピュータシステムと、を備える装置。

【請求項 11】

ガスチャンバ内に配置された物体の表面を研磨する方法において、

40

前記表面の画素マップを生成することであって、前記画素マップは、第 1 画素及び第 2 画素を含む複数の画素を含み、前記第 1 画素は、前記表面上の第 1 位置に関連する第 1 表面誤差に対応し、及び、前記第 2 画素は、前記表面上の第 2 位置に関連する第 2 表面誤差に対応する、前記表面の画素マップを生成することと、

前記ガスチャンバに所定の圧力まで放電媒質を充填することと、

電極が前記第 1 位置の近くにあるように前記電極を前記表面に対して位置決めすることと、

前記第 1 表面誤差が 1 以上の所定の研磨判定基準を満たすかどうかを決定することと、

前記第 1 表面誤差が前記所定の研磨判定基準を満たすという決定に基づいて、前記電極と前記第 1 位置との間の前記放電媒質の電気絶縁破壊を引き起こし、これによって当該電

50

気絶縁破壊が、前記表面を研磨する放電パルスを形成することと、

前記第 1 表面誤差が前記所定の研磨判定基準を満たさないという決定に基づいて、前記放電媒質の前記電気絶縁破壊を引き起こすことを控えることと、

前記電極が前記第 2 位置の近くにあるように前記電極を前記表面に対して新たに位置決めすることと、を含む方法。

【請求項 1 2】

物体の表面を研磨する装置であって、

電極と、

ガスチャンバであって、前記ガスチャンバ内に前記物体が配置される、ガスチャンバと

、

前記表面に対して前記電極を位置決めするように構成されたスキャンプラットフォームと、

前記ガスチャンバに所定の圧力まで放電物質を充填するように構成されたガス吸気システムと、

1 以上のプロセッサ、メモリ、及び、前記メモリに格納された 1 以上のプログラムを含むコンピュータシステムと、を備え、前記 1 以上のプログラムは、前記 1 以上のプロセッサによって実行された時に当該装置に請求項 1 1 に記載の方法を実行させる指令を含む、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本発明は、表面を研磨するのに用いる方法及び装置に関するものであり、具体的には、速い放電で表面を研磨する方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

[0002] 複数の半導体装置や集積回路はリソグラフィプロセスで製造されている。このようなプロセスでよく見かけるのは、光学イメージングスキャナ/ステッパシステム(「スキャナシステム」)を使用して、フォトマスク(時にはレチクルと呼ばれる)から半導体ウエハに回路設計が転写される。高い製造歩留まり及び製作された回路の品質は、スキャナシステムの精度によるだけでなく、使用されたフォトマスクや半導体ウエハの品質にもよる。複数のエラーソースがフォトマスク及び半導体ウエハの品質に影響を与えるが、それらのうちのキーソースはフォトマスクや半導体ウエハの表面の平面度及び粗度である。

【0003】

[0003] フォトマスク及び半導体ウエハの表面平面度及び粗度についての問題は重要であり、通常のリソグラフィ技術がその物理の限界(例えば、回折限界)に達したので、近い将来のみならず、通常リソグラフィ技術制限を超えるために必要とされる非在来型リソグラフィプロセスについても同様に重要である。例えば、模索している極端紫外線(EUV)/軟X線リソグラフィプロセスは、従来のリソグラフィに代わる又は補充する 1 種の方法である。EUV/軟X線リソグラフィでは非軸対称の結像配置が頻繁に使われる。この非軸対称の結像配置は、例えばイメージング収差、ひずみ及び重畳誤差などの誤差原因に対して厳格な制限を設け、誤差原因は、光学部品(マスクを含む)及びウエハの表面の平面度及び粗度に対する要求をナノメートル級まで上げる。

【0004】

[0004] 現在、半導体産業において、表面研磨は主に化学機械平面化/ラッピング方法(CMP)によって実現される。このような方法の技術の制限によって、使用中ではそれがそれらのミクロン級又はちょっとより良い峰-穀平面度偏差に耐えることができることに限られる装置を製作することに用いるようである。さらに、CMPは一種の全体の研磨技術であり、即ち、チップ全体又はウエハ全体が通常は一度に研磨されることを意味している。従って、CMPは、「全体の弓型」の特徴を生じさせ、その他の誤差を小さくする

10

20

30

40

50

と同時に新たな表面誤差を生じさせることが知られている。その他の存在する表面研磨方法（例えば、機械研磨、磁気流体、又はイオンビーム爆撃方法、など）は、冗長で時間がかかり、大規模生産の環境に容易には移動させられない。

【 0 0 0 5 】

[0005] 従って、必要なのは1種の改善のラッピング方法であり、それは化学機械平面化/ラッピング法と結びついている問題がなくてまたそれと同時に受け入れることができる生産性と高精度の表面研磨を提供することができる。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 6 】

[0006] 上述の問題を解決するために、いくつかの実施態様は、ガスチャンバ内に置かれた物体の表面を研磨する方法を提供する。この方法は、前記表面の画素マップを生成することを含む。この画素マップは複数の画素を含んでいて、その中に第1画素と第2画素とを含む。第1画素は、表面上の第1位置と関連する第1表面誤差に対応し、第2画素は、表面上の第2位置と関連する第2表面誤差に対応する。この方法は放電媒質を所定の圧力までガスチャンバに充填することと、電極が第1位置に近づくように当該電極を表面に対して位置決めすることと、そして第1表面誤差が所定の研磨判定基準を満足するかどうかを決定することと、をさらに含む。この方法は、第1表面誤差が所定の研磨判定基準を満足するという決定に基づいて放電媒質の電気絶縁破壊を引き起こすことを含んでおり、それによって、電気絶縁破壊は表面を研磨する放電パルスを形成する。この方法は、第1表面誤差が所定の研磨判定基準を満足しないという決定に基づいて放電媒質の電気絶縁破壊を引き起こすことを控えることと、電極を第2位置に近づくように表面に対して新たに位置決めすることと、を含む。

【 0 0 0 7 】

[0007] いくつかの実施において、電気絶縁破壊を引き起こすことは電極と表面の間に電圧を印加することを含む。この電圧は放電媒質の絶縁破壊電圧より大きい。いくつかの実施において、電極と表面との間に電圧を印加することは、放電パルスの時間期間を制御するために、ゲートでコントロールされる。いくつかの実施において、電極と表面との間の電圧を印加することは、ガス入り管を使って、ゲートでコントロールされる。

【 0 0 0 8 】

[0008] いくつかの実施において、電気絶縁を引き起こすことは電極と表面との間の領域に1つのプライオン化信号をかけることを含む。いくつかの実施において、プライオン化信号は、あるレーザや紫外線光源から提供される。

【 0 0 0 9 】

[0009] いくつかの実施において、電極は先端のある針状電極である。この先端は、表面に近づいて配置される末端を有し、末端で第1所定範囲内の曲率半径と第2所定範囲内の夾角とによって特徴づけられている。いくつかの実施において、第1所定範囲は、10ナノメートル~100ナノメートル、50ナノメートル~500ナノメートル、及び、100ナノメートル~2000ナノメートルから構成された群のうちの1つである。また、第2所定範囲は、15度~20度、5度~45度及び10度~30度から構成された群のうちの1つである。

【 0 0 1 0 】

[0010] いくつかの実施において、画素マップは表面高度測定センサを使用してリアルタイムで生成される。いくつかの実施において、画素マップは、前記充填、位置決め及び決定の各工程の前に、計測機器から生成される。

【 0 0 1 1 】

[0011] いくつかの実施において、電極は電極配列の中の各電極である。電極配列は複数の電極を含む。

【 0 0 1 2 】

[0012] 前述の問題を解決するために、いくつかの実施においては、ガスチャンバ中に置かれた物体の表面を研磨する別の方法を提供する。この方法は、放電媒質をガスチャン

10

20

30

40

50

バに所定の圧力まで充填すること、電極と表面との間に電圧をかけること、電気絶縁破壊しきい値の判定基準を定めるために、表面に対する電極高さを調整すること、及び、電極を表面の複数の位置に順番に位置付けるために電極と表面との間の相対スキャンをすることを含み、この各位置は表面誤差によって特徴づけられている。前記複数の位置の各位置が電気絶縁破壊しきい値判定基準を満足する表面誤差をもっている時、電気絶縁破壊が発生し、それによって電気絶縁破壊が表面を研磨する1つの放電パルスを形成する。

【0013】

[0013] 本発明の別の態様においては、ここに説明する表面研磨方法のいずれかを実行するシステム(例えば装置)が提供される。

【図面の簡単な説明】

10

【0014】

[0014] より一層よく理解するために、添付図面と一緒にその後の詳細な説明を参考すべきである。

【0015】

【図1-1】いくつかの実施による、マイクロ速放電環境の概略透視図である。

【図1-2】いくつかの実施による、マイクロ速放電環境の概略側面図である。

【図2】いくつかの実施による、マイクロ速放電研磨(MFDP)システムの機能ブロック図である。

【図3】いくつかの実施による、図2の中に引用し述べたMFDPシステムのMFDP作業台の機能ブロック図である。

20

【図4】いくつかの実施による、マイクロ速放電をベースとする表面研磨プロセスの機能ブロック図である。

【図5】いくつかの実施による、1つのMFDPチャンバを略図である。

【図6-1】いくつかの実施による、能動触発モードを示す。

【図6-2】いくつかの実施による、受動触発モードを示す。

【図6-3】いくつかの実施による、速放電のための信号を制御するために使用されるブリオン化メカニズムを示す。

【図7】いくつかの実施による、共通のコントロールセンターを備えた単一のシステムに統合された複数のMFDPシステムの略図である。

【図8】いくつかの実施による、さまざまな研磨仕様を備えた複数のMFDPシステムを順番に使うプロセスを示す。

30

【図9】いくつかの実施による、一次元の「針状」電極配列を示す。

【図10-1】いくつかの実施による、電極配列の四角形や矩形形状を備える物体に対するスキャン経路の一例を示す。

【図10-2】いくつかの実施による、電極配列の丸い形形状を備える物体に対するスキャン経路の一例を示す。

【図11】いくつかの実施による、標定区域を備える1つのスキンプラットフォームの配置を示す。

【図12】いくつかの実施による、気体媒質流動ループを示すフロー図である。

【図13】いくつかの実施による、複数の充電と放電の電子ユニットを含む電気エネルギー貯蔵倉庫を示す。

40

【図14-1】いくつかの実施による、1つの「針状」電極ライブラリの俯瞰図を示す。

【図14-2】いくつかの実施による、1つの「針状」電極ライブラリの側面図を示す。

【図15-1】いくつかの実施による、表面研磨の方法を示すフローチャートである。

【図15-2】いくつかの実施による、表面研磨の方法を示すフローチャートである。

【図16-1】いくつかの実施による、表面研磨の方法を示すフローチャートである。

【図16-2】いくつかの実施による、表面研磨の方法を示すフローチャートである。

【図17】いくつかの実施による、MFDP研磨を使用する半導体プロセスを示すプロセス図である。

【0016】

50

すべての添付図をとおして同様の参照符号と名称が、対応する部品に参照されている。

【発明を実施するための形態】

【0017】

[0038] ここで、添付の図面に例示された各種の実施及び例を詳細に参照する。後の詳細な説明で、大量の特定の詳細は陳述されて、これは本発表とその説明の実施の1つの徹底的な理解を提供するためである。しかし、その説明の実施にこれらの特定の詳細がないことも実現することができる。他の状況の下で、これらの周知の方法、プログラム、部品及び機械装置も詳しく説明されなくて、必要がないで実施のテーマを曖昧することができない。

【0018】

[0039] ここで説明する発明は、研磨される表面（ここで「表面」と称する）を備える物体（ここで「物体」と称する）を研磨するシステム及び方法を提供する。

【0019】

[0040] 現代半導体チップと集積回路はしばしばリソグラフィプロセスから製造される。それらのプロセスの中で鍵の手順の1つは、一種の光学イメージングシステムを使用してフォトマスクや光マスクの上の回路の設計を半導体ウエハ上に転送することである。製造完成品率と形成回路の品質は光学システムシステムの精度によるだけでなく光マスクや半導体ウエハの品質にもよる。例えば、フォトマスクの上の回路の輪郭の均一度と位置精度及び異なるウエハ層の重なり精度は重要な要素の中のあるものであり、その半導体チップとその上の回路の最終の品質を決定することができる。多くのエラーソースも以上の説明する精度に影響して、現代ウエハの生産の総誤差予算に貢献することができるにもかかわらず、しかし少数のいくつかの重要なエラーソースは特別に決定的な作用を發揮している。これらのエラーソース中の1つはフォトマスクやウエハ上の表面の平坦度と粗誤差であり、これらはすべてパターン形成に重なり度と均一度の問題をもたらすことができる。

【0020】

[0041] 技術の変遷とより小さく、より速く、及び効果のより強大な装置の増加の需要につれて、半導体製造やチップ設計分野はナノメートルの領域に入っている。これは、現代装置の代表的な線幅を表徴して、ある時空間の幅と言い、ナノ又は数十ナノの級にあるのである。いくつかの予測によると、ウエハ上の回路の最小特徴のサイズはやがて10～20ナノメートルの範囲に達しようとしている。1つの期待できる時間にこの傾向は続けることができると期待されて、そのためには高い歩留りの要求するウエハ生産中に総誤差予算はやがて極めて大きく圧縮されようとしている。しかも、光学収差や回折限界に制限されるために、通常光学イメージングシステムはただ限りがある能力だけを持って、半導体産業は非在来型リソグラフィシステム（例えば、極端紫外線（EUV）やソフトx線リソグラフィシステム）を探索することができると期待されて、その中に1つの非軸対称の結像配置を需要する。このイメージング方法は次には光学に対する収差、ひずみと重なり誤差のより厳しい要求をもたらして来たので、表面精度の平坦度などと粗度の厳しい要求をも暗黙した。これらの表面精度要求は以下の表面には適用されようとしていて、例えばフォトマスクの表面（例えば、フォトマスクパターン表面）、画像の表面（ウエハ図形の表面や基板の表面）とリソグラフィシステム内部に位置する光学部品の表面。例えば、1つの表面の平坦度誤差（1つの表面輪郭誤差を代表する低空間周波数や中間周波数部分）と表面粗度誤差（表面輪郭誤差を代表する中間周波数と高い空間周波数の部分）は総誤差予算で相当なスコアを占めて、特に重なり誤差にとって言うのである。甚だしきに至っては小幅値のウエハ表層の平坦度誤差は装置の性能及びプロセスの変化を衝撃することができて、そしてこのために生産歩留りに影響する。ウエハ生産がナノ線幅或いは小さな領域に入る時、このようなエラーソースはいっそう明らかとより深刻に変わることができる。

【0021】

[0042] 一例として、未来の半導体製造のいくつかの典型的な要求データを検査するこ

10

20

30

40

50

とができる。ある工業界の予測によると、半導体ウエハの16ナノ線幅代の肝心な層にとって、フォトマスク基板と多層膜板の最大の許可平坦度誤差（峰-穀誤差）の期待されることは10～15nm（ナノ）である。16ナノメートル幅代のフォトマスク基板の二乗平均（RMS）の粗度誤差はナノメートル級にあると期待される。ウエハ基板とプロセスを経たウエハにとって、その表面の平坦度と粗度の要求も厳しく制限される。これらの要求は半導体産業の未来成功に対して巨大な挑戦をかけた。

【0022】

[0043] 現在、半導体産業で表面研磨は主に化学エッチング機械研磨（CMP）の方法で実現するのである。この方法の技術原因のために、CMP方法の表面研磨を採用し表面の平坦度誤差（峰-穀）に対する処理は約ミクロン或いは百ナノの級に制限することに期待されるCMPが1種の全体研磨の方法（例えば、全体のウエハやチップ、又は少なくとも大部分は使い捨て研磨される）であるためにCMP研磨は、一種の「全体の弓型」のマーキングを生じてそして他の誤差を減らしてみる同時にまた新たな表面誤差を生じる傾向がある。違う分野で実施している他の表面研磨方法（例えば、機械研磨、磁気流体、又はイオンビーム爆撃方法など）は、冗長と時間を消耗するので、例えば半導体産業などの高いスループットの生産環境に容易に転換されることができない。つまり、高精度表面研磨の通過時間を改善するために、1種の新しいタイプの研磨技術を必要とする。

10

【0023】

[0044] 本発明は1種の小区域に対して高速の放電を利用してマイクロ尺度の表面起伏（時にはその文に「丘」と称する）を除去する。放電は1つの「針状」電極の鋭い先端と研磨される物体の表面（ここでは「表面」と称する）との間で発生して、両者の間には強い電界が建立される。電極の先端の鋭い形状の本質のために、電極と表面の間の電界は表面の起伏の変化に対して非常に敏感である。1つの放電回路は非常に短い放電パルスが発生することに用いて、その時間スケールの範囲はナノ秒からマイクロ秒まで（時には「速い放電」と称する）であることができる。放電が電極トップと表面の間で発生してそしてそれが非常に短い時間内だけに継続するので、放電が時間的に及び空間的にの両方で局在化され、これによって高精度研磨がもたらされる。放電エリアでは電極設計と回路によって特別制御すると同時に、研磨される表面に対して1つのプラットフォームを使って連続スキャンして、又は並進して或いは回転することができて、全体の表面が生産価値のある通過時間内で研磨されることができ、表面研磨の改善は次期の表面の表面精度によるので、この方法は繰り返されることができ、これは、重複の反復法を通じてより良い表面の平坦度と粗度の指標を得ることを意味する。

20

30

【0024】

[0045] また、その説明の方法は平表面研磨や曲の表面研磨（例えば、球形又は他の形の表面研磨）に適用する。曲の表面を研磨するために、適切な電極配列はテンプレートの形（例えば、研磨される表面のテンプレート）やスキャン/回転構造によって設計すべきである。また、本方法の原理は他の領域にも広く開拓されることができて、例えば局在化の表面の浸食や表面修復で、そして異なるタイプのパルス（例えば、非電源類のもの）を使用することに広まって表面研磨又は修理に従事する。本発明は例えば電極配列設計を変えることによって、大規模生産に拡張可能であるとともに、支持ユニットを備えた互換性を持つモジュールの方式に設計される。

40

【0025】

[0046] 本発明の一方面は一種の新型の平表面や曲の表面に適用する高精度表面研磨システムを提供して、その中に高圧ガスチャンバ（例えば、1atm（大気圧）より大きい）に位置するナノ秒パルス持続時間を備えるマイクロ尺度の速い放電方式を使用する。一般的に言えば、本システムは広範な材料のカバーと応用する表面研磨に用いることができ、前記材料は導体材料、半導体材料、及び付着してある導電塗装や液体膜の絶縁材料を含む。その高精度表面研磨に適用される理由はこの新しい方法がナノ尺度まで引き下げる区間内の研磨能力を提供して、その上時間域上でナノ秒パルス持続時間の範囲内にコントロールすることができる。

50

【 0 0 2 6 】

[0047] 本発明の一方面は1つの高位置決め精度を備えてスキャン物体に用いる回転や並進プラットフォームを含んで、いくつかの実施中、このプラットフォームは1つの高圧ガスチャンバ内(時には「速い放電チャンバ」と称する)に位置して、そしてそれは光学干渉計および/或いは空気ベアリングシステムによってモニタリングと制御する。プラットフォームはx-y平面内での可制御運動とz方向での高精度の水基準面を提供する。速い放電チャンバは表面研磨の環境を提供して、それは真空条件を支持することができてまたチャンバに放電媒質を封入する時の高圧条件を支持することもできて、気体圧力値の範囲はいくつかの大気圧(ATM)から数十大気圧(ATM)までできる。気体圧力値は放電パルス幅と放電媒質の電気絶縁破壊電圧の要求によって決める。一般的に言えば、短いパルス幅は高い圧力を需要して同時に急速なスイッチメカニズム(その後説明)の助けを借りる必要がある。プラットフォームのほか、システムは1つ又は複数の電極を含んで、それは「電極配列」(つまり、電極配列は1つ又は複数の電極である)と総称される。システムはまた1つの放電媒質の流れと循環サブシステムを含んで均一の放電性能を維持してまた放電媒質の寿命を延長して、1つの速い放電回路サブシステム、及び放電モニタリングと制御サブシステムに用いる。装置は「能動」速い放電モード或いは「受動」速い放電モードで操作することができて、毎種のモードもみんな違う手配があつて非常に短い放電パルスの発生を支持する。

10

【 0 0 2 7 】

[0048] 本発明の長所はその独特の速い放電方法が研磨を速い放電の放電区間に制約することができることであり、それによって表面研磨は時間的に及び空間的に局在化される。原理上、放電は1つの電極先端(例えば、電極配列内で)と表面の丘の間に発生する。電界強度が急に変化するために、放電強度は表面の高さに対して極端に敏感であるので、丘の位置に局在化される。放電過程はいくつかのナノ秒又は数十ナノ秒だけで持続して、これは効果的に近隣領域に放電拡張し入ることを阻止することができる。電極の幾何学的设计、放電パルスのパルス幅、放電の触発メカニズム、放電媒質の圧力と混合、及びその他によって、局在化された速い放電の実現は、時間的に及び空間的に、コントロールされかつ最適化されることができる。したがって、これらの要素はプロセスの処方箋の広い範囲と調整システムを提供し、さまざまな応用に伸ぶ能力を実現する。

20

【 0 0 2 8 】

[0049] 本発明のもう1つの長所は、放電媒質の圧力値を調整することを通じて放電媒質の電気絶縁破壊電圧を改正することができることである。そこで表面丘に注入する電気エネルギー振幅値を改正することができて、放電過程で生じた注入強度を調節されることができる。放電媒質の圧力値と触発スイッチのスイッチ時間を調整することを通じて異なる材料と目的に用いる電気絶縁破壊電圧とパルス幅を調節し最適化することができる。表面の平坦度と粗度の入力データによって、参考平面の助けを借りて電極と表面の起伏の間の放電距離を標定することができる。「針状」電極の鋭い先端の放電の敏感な本質をめぐって、表面の高さの数パーセントの変化によって電極と表面の丘の間の電界強度の数パーセント或いはさらに大きな変化をもたらすことができ、これから自動的に放電過程を触発することができる。短い放電パルスの切り立った上昇縁はさらにこの過程を拡大することができる。

30

40

【 0 0 2 9 】

[0050] 本発明のもう1つの側面において、速い放電レイアウトは1つの1次元電極配列又は二次元電極配列を採用して、研磨効率と生産取扱量を改善する。これは、大規模な生産にとって重要である。電極配列は等距離電極或いは非対称の電極の配置を使用する。いくつかの実施中、電極の非対称配置は、隣接する電極の間隔から表徴して来るのであり、しかしこの間隔は単位距離の素数積から区分(例えば、1単位距離、3単位距離、5単位距離、7単位距離、11単位距離など、その中の単位距離はいかなる適切な単位から測ることができて、例えばナノメートル、ミクロン、ミリ、など)して来るのであり、プラットフォームが回転スキャンのモード、又は並進スキャンのモード、或いは両者の結

50

合のモードからスキャンする時違うスキャン電極からのスキャン経路に重ねさせない。図9に示すように、電極配列の中のすべての電極は電気エネルギー貯蔵ライブラリのその自身の回路に接続されて、充電、触発及び放電のために独立して制御される。

【0030】

[0051] マイクロ速放電の触発メカニズムは能動放電メカニズム（又はモード）や受動メカニズム（又はモード）であることができる。アクティブモードでは、システムは、例えば、1つの表面計測システム（例えば、平坦度計測システム）は表面の起伏データを受信して入力データとする。それからシステムは入力データをスキャンプラットフォームのスキャン経路にマッチする画素データに変換してなる。ピクセルサイズは最小研磨エリアと研磨過程の精細度を定める。そしてピクセルサイズは計量データの最小ピクセルサイズと電極のデザインする画素重畳から決めるのである。スキャン経路は画素から画素まで或いはユニットからある画素値を含む次のユニットまで任意であり得る。超精密研磨にとって、もし測定データの単一画素が表面の誤差のローカルエリアに比べてかなり大きい時、スキャンユニット或いは放電ユニットはスキャン経路のデザインで分解することができる。測定データの使用は、每一画素ポイントの放電条件を決定することができ、放電は1つの触発信号から触発（例えば、1つの電信号及び/或いは光信号）することができる。

【0031】

[0052] いくつかの環境の中で、計量データ或いは存在しない又はいくらの利点もない時に受動モードを使える。この場合、1つの所定のしきい値条件によって放電すれば自己触発（例えば、電極の先端と表面の丘の間のしきい値距離）されることができる。スキャン経路に沿って、表面パラメータがしきい値を破壊する位置所で放電が発生しようとしている。いくつかの実施中、所定のしきい値条件は表面地形変動の最大の受け入れることができる程度を代表して、次期材料条件の下で出力物体の表面研磨性能の指標から決定される。各画素位置で所定しきい値条件と表面パラメータ間の比較を執行する。いくつかの実施中、表面パラメータ（例えば、先端と表面の間の距離）は各種の方法を覚えてリアルタイム計測（例えば、1つの光学高さセンサ或いは電極先端をめぐっての電界強度の変化を測定する）をすることができる。電極の幾何学の構造のために、電極の先端をめぐっての電界強度の変化は表面の平坦度と粗度の変化に対して相対的に敏感であり、それゆえ超精密表面研磨に対する極大の能力を備える。

【0032】

[0053] 本発明のもう1つの側面は放電チャンバ内の放電媒質（気体混合物）の流れと循環であり、これは放電で発生した熱が消されて、放電媒質の寿命は延長されてきて、そして放電品質は改善される。放電が起こると同時に放電媒質の流れと循環過程も表面の残滓をクリアすることができる。ガス流れ速率の確定は放電繰り返し率によって決めるのである。すべての循環の中で、少量の新鮮な放電媒体はチャンバの流れの通路に注入されて同量で使った放電媒質は排出されてそして処理容器に貯蔵して濾過処理をして再使用を用意する。放電媒質のリアルタイムモニタリングとフィルタは連続の大量生産に使用されている。

【0033】

[0054] 研磨前と研磨する過程の中の表面の高精度を考慮して、いくつかの実施中、研磨過程前及び/或いは研磨過程の中で電極と/又は電極配列は校正されなければならない。プラットフォームのいくつかの実施はこの部品を含んで、それは表面に用いるレベルの基準の確定と電極配列の動態標定や微調整の測定や校正の能力を提供することができる。いくつかの実施中、表面上のプリ確定する複数の点はモニタリングされて、プラットフォームのスキャン運動の前及び/或いは運動の中に光学干渉計又は高さセンサを利用して、各点の対応するz座標は測定される。これらの点のz座標（例えば、高さ）は確定することに用いられて、例えば、表面が参考面（例えば、基準面）の1つ又は複数のピッチ、1つのスクロール、1つのたわみ、及び総高度失調度に相対する。それからこれらの量はリアルタイムモードでは校正と調整に用いることができる。いくつかの実施中、プラットフォームのエッジに沿って、（ただし、研磨中の物体から分離する）、1つ又は複数の非常

10

20

30

40

50

に高い表面精度を備える校正パネルがあって、これらは電極配列校正の参考区域を充当する。研磨前とプラットフォームのスキャンのすべての循環後に選択的に電極配列の校正を執行することができる。この原因のため、電極配列は1つの電極のヘッドにインストールされて、それはz方向の調整を執行することができて、例えば、超精密のスクリーユニットを使用する。

【0034】

[0055] 放電に電極先端をめぐる非常に強い電界強度のために、電極の先端の形状はある時浸食したり変えることができ、研磨品質の劣化をもたらす。研磨過程の品質と効率を改善するために、本発明は1つの電極ライブラリ（例えば、1つの電極箱或いは電極ボックス）を提供して、その中に1種の使用中の電極の退化度が所定の判定基準（例えば、1つのユーザーの設置した所定判定基準）以下まで下がった時に快速に電極を交換する方式を提供する。電極を交換した後、新しい電極は校正パネルで校正されることができる。大きい電極配列を使用する時に電極ライブラリは、特別に価値があり、上記のように、これは極大に研磨過程の生産量を増加することに用いることができる。

10

【0035】

[0056] 本発明のもう一側面として、複数のマイクロ速放電研磨（MFDP）システムは串次接続形式によって接続して、第1システムの出力物に第2システムの入力物であるようならせる。同様に、第2システムの出力物に第三システムの入力物であるようならせる、など。この方式によって、各システムはただ表面誤差の有限的と所定の範囲だけに対して研磨すべきで、システムの校正と安定性の向上の運行する調整に簡単にならせる。また、1つ又は複数のMFDPシステムは単一中央制御ユニットから制御する複数の放電チャンバを持つことができ、このように極大に研磨プロセスの効率とスループットを増加することができて、特にそれらの類似の表面の品質（例えば、類似の峰-穀の平坦度範囲）と同じ研磨要求を備える物体に対する。システムが受け止める真空条件や物体搭載と取り外し期間に放電媒質の充填を経験して、研磨過程のサイクルを減らしてシステムの生産性を強化するために、1つの物体格納庫（例えば、ウエハを収容する箱やボックス）は、いくつかの実施中、放電チャンバに付着される。物体格納庫は放電チャンバと同じの気体圧力条件下（選択的にガスの流れがないにもかかわらず）で操作する。この方法によって、放電チャンバは格納庫の中のすべての物体の研磨され済みまでその操作条件を維持することができる。

20

30

【0036】

[0057] 製造環境の中に高い生産性を獲得し維持するために、いくつかの実施中に高速スキャンと高い放電繰り返し率を採用する。そのため、いくつかの実施中、システムは相応する急速充電と放電システムを含む。単一放電に用いる回路（例えば、繰り返し充電しない）とその応用は周知でありそして異なる分野に応用される。しかし、場合によっては、1つの単一の充電/放電ユニットは高スキャン速度に対して、ダウンの研磨ピクセルサイズと複数の電極を実施する需要を満足して足りない。これらの要求を満たすためには、いくつかの実施は一種のMFDPシステム上に付着するエネルギーのライブラリを提供して、それは高速の電気エネルギー充電と放電を実現するよう設計される。いくつかの実施中、エネルギーライブラリは一組の柱状対称配置を備えるエネルギー貯蔵ユニットのレイを含んで、しかし他のレイアウト形式も可能なものであり、そしてすべてのユニットは互いに独立する。エネルギーライブラリに二つの電力システムが存在している。つまり：1つの充電サブシステムと1つの放電サブシステムである。これらのサブシステムはエネルギーライブラリまで独立的に接続することができる。放電過程の中で、電極配列の単一ごとの電極はすべて1種の交換できる方式によって1つの対応するエネルギーライブラリユニットまで接続される。システムが相応的なエネルギーライブラリユニットのエネルギー貯蔵レベルが1つの所定の制限以下まで下がったことを探知する場合、この対応するエネルギーライブラリユニットまで接続する電極は1つの新しいエネルギーライブラリユニットに変換される一方、消費したエネルギーライブラリユニットは充電過程に接続される。

40

50

【 0 0 3 7 】

[0058] MFDシステムとそれをめぐるほかのプロセス設備の間の妨害を避けるために、いくつかのMFDシステムの実施は環境制御密閉室を提供して、その中に、多重の環境制御能力を含んで、例えば電磁(EM)場シールド、厳格な振動の隔離、騒音の隔離や温度変化制御を含む。ろ過粒子に用いる放電媒質浄化も環境制御密閉室中に含まれる。

【 0 0 3 8 】

[0059] とにかく、MFDシステムは一種の高精度表面処理に用いる新しい方法と技術態様を提供する。多くのパラメータとシステムの機能はみんなこの新能力に対して貢献をあげることができるが、少数のいくつかのキーパラメータは基本的な実現可能な能力を決定する。これらは電極の先端の最小の寸法、電極の先端と表面の間の最小距離、スキャンメカニズム(例えば、スキャンプラットフォーム)の精確制御位置の能力、及び放電パルスの最小実現可能な電気時間域のパルス幅を含む。一例として、その特徴サイズは何十ミクロン又はいくつかミクロン級の電極の先端にあり、放電パルスの時間のパルス幅は数百ナノ秒級にあり、ミクロン或いはサブミクロン表面研磨過程に適切する。もう1つの例として、使用特徴サイズがいくつかのナノ(例えば、最多は数十ナノメートルである)である電極と放電パルスの時間域のパルス幅がいくつかのナノ秒の級である時、(例えば、測定峰-穀の平坦度誤差或いは低-中空間周波数表面誤差を通じて)、ナノメートルレベルの研磨は実現可能である。

【 0 0 3 9 】

[0060] 現在の理解の通り、 / 100表面研磨精度はいわゆる従来技術の經典の極限であり、その中に、 は計量に用いる光の特徴波長(例えば、ヘリウムネオン(HeNe)レーザ発射波長、すなわち632.8nm)である。これは現在の經典の限界が約何百平方センチの表面の範囲内で約6~7ナノの峰-穀表面精度であると意味する。そして、これはただ1種の緩慢で消耗時間の方式だけで実現することができるので、ただ小ロット生産だけに適用する。本文の描くMFDシステムと技術はこの制限を克服して、これは空間的及び時間的な局在化本質のためであり、放電媒質の電界の作用の下の電気絶縁破壊による発生する放電パルスの場合はその本質はポイント対ポイントの表面研磨を許可する。この方法は高速物体スキャンの使用を合わせて大規模な製造に用いることができる。

【 0 0 4 0 】

[0061] 今は各種の実施に対して詳しい説明を行おうとしていて、述べた例は挿し絵に展示された。後での詳細な説明で、述べてきた複数の特徴細部は本開示とここで説明する実施に対して1つの徹底的な理解を提供する。しかし、これらの特定の細部がなければ本文の記載する実施も実現可能である。その他の状況の下で、あれらの熟知する方法、プログラム、部品、機械装置は詳しく説明されないように、不必要に実施のテーマを混淆したことを避けるためである。

【 0 0 4 1 】

工程の原理

[0062] 今各製図に言及して、いくつかの実施によって、図1-1及び図1-2はマイクロ速放電研磨システム(MFD)の工程原理を展示する。1つの電極100は、研磨される物体103の表面102をスキャンする。電極100と表面102の間の空間領域は放電チャンバ104を画定する。放電媒質(例えば、気体混合物)は放電チャンバに導入されて、1つの電圧は電極100と表面102の間にかけられて、放電チャンバ104内に電界強度Eから表徴する1つの電界を形成する。電極100と表面の102の間の距離が変化して又は電極100と表面102の間にかかる電圧の変化による放電媒質の電気絶縁破壊をもたらす時放電パルスを形成する。いくつかの実施中、電極100はx-y平面内に運動しなくて、それはただz方向に沿っての高さ調整だけを執行して、同時に搭載物体103のスキャンのプラットフォームはx方向及びy方向のスキャン運動を完成する。

【 0 0 4 2 】

[0063] いくつかの実施中、電極100は一種の「針状」電極であり、これは電極10

0 が表面に近づく鋭い先端を持っていることを意味する。電極 100 の鋭い先端のために、電極の先端をめぐる電界強度は表面 102 の地形形貌の変化に対して非常に敏感である。電極 100 の先端付近電界の電界強度は E に正比例して、その中に r は先端とフィールド (field) 点 106 との間の距離であり、 θ は先端の外側角である。 r が 2 に近づいて、 r が 0 に近づく時、電界の電界強度が非常に大きくなって、そして r の変化に対して敏感である。つまり、電極 100 と表面の間の距離の少量の変化は著しく電界強度を変更することができる。もし電極の先端が表面 102 に近づけばこの効果はもっと厳しくなる。このため、この幾何学の構造は高精度表面処理の極大な潜在力を備え、その形成された表面処理は主に獲得できる電極の先端の寸法及び電極の先端と表面 102 の間の最小距離によって制限される。いくつかの実施中、1つの研磨用参考面は放電を引き起こすしきい値距離 108 につながられる。表面 102 と電極 100 の間隔はしきい値距離 108 位置所より狭くて、速い放電パルスから発生する電界強度はさらに強くなることのできる。放電パルスから表面 102 の丘 110 (例えば、丘の 110 - a と丘 110 - b) まで伝達する力も穀地 112 まで伝達する力よりさらに強い。この力の増加する特別敏感はまずかける電圧による電界であり、次に電極の先端からの電気絶縁破壊放電の本質であり、これらは距離変化と電界強度の増加に対する敏感性は 1 種のノンリニアリティの方式が現れる。本発明の技術は表面誤差の高さによって研磨強度を自ら調整する。言い換えれば、割合に高い丘 110 (例えば、電極先端に相対する) は割合に強い研磨力を得ようとしていて、割合に低い丘 110 は前者より弱い研磨力を得ようとしていて、もし電極先端が z 方向に不変の高さを保つならば。放電パルスが電極の先端と丘 110 の間では縛られるために、この研磨ルートはある時「ポイント対ポイント」の表面研磨と呼ばれることができる。本質的にとって、それは極大な潜在力を持って丘 110 を「砕く」、非常に高い表面研磨精度を獲得する。

【0043】

[0064] 研磨チャンバ内に、放電媒質 (例えば、一種の高圧ガスの混合物) は充入されてそして連続流動する。放電媒質の電気絶縁破壊を経由して放電パルスが発生する。放電パルスは次の通りに表徴する。つまり：放電媒質特徴 (例えば、成分、圧力、など) パルス幅、放電チャンバ特徴 (例えば、電極形状、電極と表面の間の距離、など)、及びその後の説明する速い放電回路の特徴による。このように、起こる放電パルスは非常に短いパルス幅 (例えば、いくつかのナノ秒 ~ 数十ナノ秒) を備える。この間、速い放電ルートに貯蔵する電気エネルギーは「針状」電極の鋭い先端に限定される非常に小さな空間領域に放出された。そこで、放電過程は上手に表面に平坦斑点をめぐる領域に制約されて、また時間的に及び空間的に、甚だしきに至っては過度の研磨および / 或いは近隣領域の損傷を避けることができる。

【0044】

[0065] 複数のユーザーに調整されたシステムパラメータが存在して別の応用と性能規格 (例えば、平坦度の要求) に適用するためである。例えば、放電媒質の圧力と成分組み合わせ、電極のサイズと形状、電極の成分、放電触発とコントロールメカニズム、エネルギー積放速率とパルス持続時間は、これらのすべてのこともデバッグされて又はその他の方法によって調整される。このような柔軟性によって、この新しい技術は広大な能力の範囲を提供して、それは各分野の異なる応用に適用される。わずが数例を挙げて、ここで述べたシステム、方法、及びプロセスは半導体産業に対して使用するウエハ、フォトマスク基板及びパターン化表面の超精密表面研磨或いは処理を提供した。その他、ここで述べたシステム、方法、及びプロセスも光学部品製造、或いはその他の需要の高精度表面領域に用いる表面研磨を提供することができる。システム、方法、及びプロセスは各種材料 (例えば、導体、或いは半導体、又は導電塗装層の塗布してある絶縁材料) を研磨することができる。各種の金型、ツール、及び異なるスキャンメカニズムを使用することによって、この表面研磨能力は平表面から曲面表面まで延びることができる。例えば、ボールの表面研磨にとって、物体は球心をめぐってスキャン又は回転を行って、同時に一組電極配列は物体と公的球心を備えるもう一つのボールの表面の上にインストールされることのできる

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

工程の構造と配置

【0066】 図2は本発明のマイクロ速放電研磨(MFDP)システム200のブロック図を展示した。システムは200の研磨工程を執行する主作業台202といくつかの支持サブシステムを含む：(1)放電媒質の清浄度と配分比を保証する真空サブシステム204(例えば、物体のアップロード及び/或いはアンロードの後)；(2)放電媒質の封入と循環子システム206；(3)充電と放電支持用のエネルギー貯蔵サブシステム208。(4)クリーンと環境制御サブシステム210；(5)放電残物整理と残留電荷除去に用いる後プロセスサブシステム212、(6)任意に搭載機、クリーンルームロボットなどを
10
含む物体のアップロード/アンロード/伝送サブシステム214、(7)ソフトウェアとオートメーション化に用いるコンピュータサブシステム216；及び(8)動力、付属設備や電力制御サブシステム218。本発明の構造やレイアウトは実際統合で大規模な製造環境の中に入ることができるよう設計される。

【 0 0 4 6 】

【0067】 図3は主作業台202の機能ブロックダイアグラムを展示する。主作業台の中核部品は1つの高圧ガスの速い放電チャンバ302である。他の選択性のサブユニットは次の通り含む。つまり：(1)放電タイミング/オフ制御及びしきい条件確定の速い放電制御子ユニット304；(2)物体の表面の参考面を校正、レベル化及び決定するための物体校正、レベル化及び参考面標定の子ユニット306；(3)研磨、スキャン、及びそ
20
の他の運動の自動化に用いるリアルタイムモニタリング、補償や記録の子ユニット308。(4)物体を制御する運動と例えば標定や自調整任務を執行することに用いる1つの回転及び/或いは並進プラットフォームユニット310；(5)データ入力/出力(I/O)ユニット312、それは復取り、貯蔵及びデータ処理(例えば、データ測定、放電電流と時間、など)に用いる；(6)コンピュータアルゴリズム、作業台制御とソフトウェアの子ユニット314；及び(7)電極(配列)標定サブユニット316。

【 0 0 4 7 】

【0068】 図4は研磨方法400のフローチャートである。いくつかの実施中、研磨方法400はシステム200に実施される。システム200上で入力と出力物体は通常すべて高精度表面や、場合によって、物体は極端に高い清潔要求の下で、いくつかの実施中、方法
30
400のすべての工程は無接触(例えば、触れない表面)であって及び機械手に処理される。

【 0 0 4 8 】

【0069】 方法400は(402)1つ又は複数の物体をシステムの積載庫まで転送することを含む。いくつかの実施中(例えば、大規模生産環境に用いる)、複数の物体は単一の箱やボックスの中に保存されて、同時に積載ライブラリ(例えば、システムがそれらを積載(貯蔵)ライブラリまでアップロードして、また配列方式又はパラレル方式によって、それらに対して加工する)に伝送される。

【 0 0 4 9 】

【0070】 物体(例えば、ウエハ)をアップロードして或いはアンロードする必要があるために、放電チャンバ302は乾燥空気と放電媒質の間で循環する。そのため、方法400は放電チャンバ302を正常(例えば、大気)の圧力まで調節(例えば、排気)(404)することを含む。いくつかの実施中、放電チャンバは、一種の不活性ガス例えば窒素ガスの正圧で排出する。
40

【 0 0 5 0 】

【0071】 方法400はさらに(406)チャンバの扉を開いて1つ又は複数の物体(例えば、積載ライブラリの中にあるあれらの物体)を平台上(例えば、物体を搭載するのをプラットフォームの治具の上までアップロードする)までアップロードすることを含む。方法400はまた(408)チャンバのドアを閉鎖して、正常な(例えば、大気)圧力の下でプラットフォームの初期校正を執行することを含む。いくつかの実施中、初期校正は
50

ざっと校正である。いくつかの実施中、電極配列は初期標定を経ようとしている。

【 0 0 5 1 】

[0072] 方法 4 0 0 もチャンバの真空引き (4 1 0) (例えば、清潔度のために) を含む。真空条件でプラットフォームの再校正を完成して、また電極配列に対して第 2 次標定を行う。

【 0 0 5 2 】

[0073] 方法 4 0 0 もまた開始 (4 1 2) 放電媒質のガス流れを含む。この方法によってチャンバは放電媒体が仕事の圧力まで封入される。

【 0 0 5 3 】

[0074] 方法 4 0 0 はさらに (4 1 4) 最終のプラットフォームの校正 (例えば、1つの精密校正) を実行して、動態修正を起動して、及び第三次電極配列の標定を完成することを含む。

10

【 0 0 5 4 】

[0075] 方法 4 0 0 も研磨に用いるソフト (例えば、制御、ユーザーインターフェイスのソフトなど) とデータ (例えば、アクティブモード中の測定データ) をアップロード (4 1 6) することを含む。いくつかの実施によって、部品、クロノグラフや原点設置検査も実行される。

【 0 0 5 5 】

[0076] 方法 4 0 0 もまたプラットフォームのスキャン運動 (4 1 8) によって研磨を執行するために、そして座標、レベル、電極配列の位置や状態の動態修正を伴うことを含む。いくつかの実施中、座標の動態改正は1種の x - y 平面内や z 方向に執行するリアルタイム修正である。いくつかの実施中、ある特定の経路でスキャンされた後で動態修正 (例えば、横断物体の「列によってスキャン」の終点所) を執行する。いくつかの実施中、経路スキャンが完成した後動態標定と修正を執行すると同時に、電極先端の位置は測定し調整された。必要であれば、電極配列の中の1つの電極は置き換えられてそして目標物に相対する正確な位置に戻る。

20

【 0 0 5 6 】

[0077] プラットフォームスキャンの後、ガス流れはクリーニングのために引き続く (4 2 0) 。1つの予定の条件が満たされた後 (例えば、予定の引き続きガス流れの時間量の後) 、チャンバは真空レベルまで真空排気する。

30

【 0 0 5 7 】

[0078] 最後、方法 4 0 0 は、(4 2 2) 物体を1つの積載器 (例えば、1つのレール、それは物体をウエハ箱、ボックスなどまで運ぼうとしていて、ダウンロードを準備する) までダウンロードすることを含む。

【 0 0 5 8 】

[0079] 場合によっては、毎種のガスが転換される前と後 (例えば、工程 4 1 0 は繰り返される) 放電チャンバ 3 0 2 は真空引かれた。しかし、場合によっては、物体のアップロード/ダウンロードの工程過程に用いる放電チャンバ 3 0 2 の真空レベルは非常に高くない。サイクル時間を節約して生産性を改善するために、いくつかの状況で、1つの複数の物体 (例えば、ウエハ箱、ボックスなど) を収容できる内蔵貯蔵ライブラリを持っていると有益である。貯蔵ユニットが放電チャンバ 3 0 2 と同じのガス条件を備える時、研磨過程は続けて放電媒体や換気条件の間に転換する必要がなくて、ライブラリの中にアップロードしたすべての物体に処理され済までである。ここから発生した研磨プロセスの品質はいくつかの要素に依存する。つまり：電極配列標定の品質、物体の校正や電極配列と表面の地形 (例えば、「丘」) 間に対する相対的な位置の修正を完成するリアルタイムの能力。

40

【 0 0 5 9 】

[0080] 方法 4 0 0 から与えられた細部を参照することはただ研磨表面の方法だけを提供するための一例であり、その後の特許の公言を制限するためではない。例えば、標定と校正の要求やプログラムは変化の可能性がある。

50

【 0 0 6 0 】

主放電チャンバ

【0081】 いくつかの実施によって、図5は放電チャンバ302の原理図を展示する。放電チャンバ302は高精度表面研磨に用いる環境を提供してそして放電プロセスを隔離して、放電チャンバ302内部の過程と放電チャンバ302外部の活動に相互干渉させることができない。放電チャンバ302は多くのサブユニットを含む。つまり：(1)ユーザー定義のプログラムに基づいて物体103(例えば、真空チャックを備える)を保持するとともに物体103を移動させるスキャンプラットフォーム500、(2)電極配列や運動制御を含む電極のヘッダ502、(3)電極交換用の電極配列ライブラリ、(4)ガス流れ制御サブユニット、(5)過程の検査、調整やその他の仕事に用いるモニタリングサブユニット。いくつかの実施中、プラットフォームは電気接地されて、同時に電極のヘッダはマイナス電圧に保持される。

10

【 0 0 6 1 】

【0082】 いくつかの実施案では、プラットフォーム500は、また1つ又は複数の標定パネル504(例えば、校正パネル504-aと標定パネル504-b)を含んで、これらはあとでもっと詳しく説明される。

【 0 0 6 2 】

【0083】 いくつかの実施案で、放電チャンバ302は1つ又は複数のガス入口506(例えば、ガス入口506-a、ガス入口506-b、及びガス入口506-c)を含む。いくつかの実施案で、放電チャンバ302は1つ又は複数のガス出口508(例えば、ガス出口508-a、ガス出口508-b、ガス出口508-c)を含む。ガス入口506は1つ又は複数のガス配管にカップリングし合う可能性があって(例えば、毎個は1種の違うガスを提供する)、同時にガス出口508は排気システムにカップリングする可能性がある。ガス入口506とガス出口508を通じて、ガスの流れはガス(放電媒質、空気、窒素、など)を放電チャンバ302に導入し放電チャンバ302から取り除くことに用いる。ガス入口506とガス出口508を通じて、いくつかの実施案では、ガスの流れは、ガス流れ制御サブユニットからコントロールする。

20

【 0 0 6 3 】

【0084】 放電チャンバ302は各種の機械、電磁(EM)と環境制御要求によって構築される。高品質の研磨技術放電媒質と高品質の放電を得るために、放電チャンバ302は真空環境を支持して、それは通常インフレータブル前に使用(図4、方法400、工程410と412を参照する)する。放電チャンバ302はさらに高圧環境を支持し、そこでは放電媒質が放電チャンバ302に封入され、研磨過程中の使用のために高圧に達する。また、物体のアップロードとダウンロードに用いる正常圧(例えば、1つの大気圧)下の乾燥空気(例えば、窒素)環境を支持する。ナノ秒速い放電にとって1つの典型的な圧力範囲はいくつかの大気圧から数十大気圧までである。一般的に言えば、短いほどの放電パルスは高いほどの放電媒質圧力を使用しなければならない。従って、放電チャンバ302の機械的強度やガス密封性能の指標は指定の放電パルス時間によって設計しなければならない。MFD P過程が繰り返し充電と放電使う事実によって、放電チャンバ302は良い伝導性能と絶縁を提供して、及びいくつかの実施中、電磁遮蔽や筐体接地をも提供する。

30

40

【 0 0 6 4 】

【0085】 放電チャンバ302内の放電過程は強いオーディオ騒音を生むことができる。そのため、いくつかの実施中、騒音の低減や屏蔽は提供される。

【 0 0 6 5 】

【0086】 放電過程は熱を生成しようとしているために、甚だしきに至ってはガスの流れの状況の下で、放電チャンバ302のデザインしたいいくつかの実施計画は熱量の排出、冷却と温度制御を含む。放電チャンバ302のこれらの元素は1種の高精度表面の平坦度規範の必要の研磨過程と一緻の安定と信頼できる環境を保持する。例えば、放電チャンバ302のこれらの元素は1種の環境を提供して、その中にプロセス偏差によるエラーソースはガス流れ速率の起伏、物体と電極配列間の電圧起伏、プラットフォームの定位精度の変

50

化、温度起伏などを含んで、形成した誤差は表面精度と表面の平坦度規範の小さな割合（例えば、10%）しか占めない。

【0066】

速い放電モード

[0087] 二つの研磨モード（例えば、研磨制御モード）が提供される：1）触発マイクロ速放電のアクティブモード、それは表面の測定（例えば、研磨が始まる前に表面メトリック測定システムで完成した測定）から得た平坦度および/又は粗度データによって制御するもの（例えば、触発的）及び2）マイクロ速放電の受動モード（自一緻調和モードや自適応モードともいえる）、それは表面輪郭の変化に触発される。いずれの場合も、1つのプリオン化信号は放電パルスの触発を促進することに用いる。

10

【0067】

アクティブモード：

[0088] 図6-1はマイクロ速放電研磨アクティブモード（A-MFDP（時には制御モードと呼ばれる））を表示する。このモードの速い放電は制御は低～中空間週波数表面誤差帯に位置する平坦度メトリック測定データ及び/或いは中～高空間週波数表面誤差帯に位置する表面粗度計量測定データ（例えば、原子力顕微鏡（AFM））データやスキャン電子顕微鏡（SEM）データ）に制御される。電極100が表面102の1つの区域に到着して及びこの領域がしきい値以上の相応データ画素の場合、システムは起動信号を送り出して速い放電を起動するためであり、同時に表面誤差の振幅値（例えば、峰-穀振幅値）を使用して放電電界強度を決める。例えば、いくつかの実施中、1つのデータ値のしきい値の超過する量値は放電電界強度を決定することに用いられる。そのため、1つの測定データファイルは入力ファイルとしてスキャンメカニズムに基づいて（例えば、リニアスキャン、円形スキャン及び/又は局域化スキャン）の画素データに変換されることに用いられる。ただいくつかの必要研磨の小エリアだけがある時に、局域化スキャンは特別に役立つ。放電のしきい値は各種パラメータに依存して、ユーザーの規範要求、原材料の表面の条件、放電媒質の構成や圧力、その他を含む。電極100と研磨される表面102とは1つの速い放電回路から充電して、その中に電極100と表面102の間の電圧は、いくつかの実施中、しきい値条件（オプション1）よりちょっと低い。或いはもう一種の方法は、放電前に電極と表面は同じ電圧（オプション2）に保持される。いくつかの実施中、表面は接地するのであり、そして1つのマイナス電圧は電極配列にかけられる。

20

30

【0068】

[0089] オプション1の中で、輸入した入力画素の表示が間もなく到来する点の表面パラメータが、所定しきい値より高い時に、1つの触発信号600は送り出されて、プリオン化の弱い放電を触発する。これは主放電を触発する。このオプションの中で、速い放電は1種のスイッチ602でコントロールする（例えば、1種のインフレータブルのサイラトロン又はその他の高速応答時間を備えるスイッチ）。例えば、放電前にスイッチ602の通常的位置は「常開」の位置であり、表面放電が終わった時にそれは閉鎖されて、パルス持続時間をコントロールするためである。メトリック測定データに基づく第2信号が到達する前に、スイッチ602は「常開」の位置に戻られて、放電回路は再充電されて及び放電回路の準備済状態は復元される。

40

【0069】

[0090] オプション2の中で、放電前に電極100と表面102は同じ電圧に保たれて、表面の測定データを含む入力ファイルから来るデータによってスイッチを制御して、スイッチ602が開かれる時には、1つの非常に短い高電圧パルスは放電回路までかけられる。放電チャンバに高圧に達した放電媒質（例えば、ヘリウム、又は窒素、及び/又はその混合物）を満ちたため、1つのナノ秒級を備える速い放電は獲得される。放電は放電媒質の破壊された結果であり、伝送線理論でそれを理解することができる。つまり、スイッチ602が突然開かれた時は、電磁（EM）場波は電極100まで伝送される。EM場波が電極での反射するために、電極100と表面102の間の電界は強められる（例えば、電界は倍加されて或いはいちじるしく増強される）から1つのもっと切り立った放電パル

50

スを形成する。触発メカニズムのアクティブモードにとって、オプション 2 は実施されやすい利点を持つ。これはある時に「Blumlein」タイプの速い放電と呼ばれる。

【 0 0 7 0 】

[0091] さらに高精度の研磨を達成するため、この研磨プログラムを繰り返すことができる。そこで、現在の研磨過程の結果は、その後の研磨過程のあらかじめ処理とする。しかし、いくつかの実施中、その後の研磨過程は放電条件を改正する必要があるが、しきい値を触発しなければならない。いくつかの実施中、その後の研磨過程は 1 つの分かれのチャンバ中で完成したのである。もう一方では、その後の研磨過程は、例えば 1 つの異なるプロセスの処方を使って、同じチャンバ中で行われる。場合によっては、ナノ秒速い放電はとても強くて、表面の損害しきい値を決定することはプロセスの開発とテストの一部
10
部分であり、これは適切な放電パラメータを弁別することに用いる。述べた通りのように、2 つのオプションでは、繰り返しの放電の過程の中で、充電、放電速度とスイッチも十分高く設計して、スキャン速度と画素密度とを一致させる。そのために、本発明は 1 種のこの目的のためのエネルギーのライブラリを提供して、これは後続の章で説明しようとしている。

【 0 0 7 1 】

受動モード：

[0092] 図 6 - 2 に示すように、受動モード（自己調和モード）マイクロ速放電研磨（P - M F D P）は、表面の地形誤差（例えば、非平坦度誤差や粗誤差）の変化から制御する。受動マイクロ速放電研磨は本文である時「受動と自適応速い放電」と呼ばれる。この
20
方法の物理原理は、電極 1 0 0 と表面 1 0 2 の間に放電電圧をかける場合、毎個の丘 1 1 0 の先端（例えば、丘 1 1 0 - c）や尖った表面の地形の変化の強い電界をめぐって、放電パルス自己触発する。放電物理によれば、電極 1 0 0 と表面 1 0 2 の間の距離の何パーセントの変化によって大きい電界変化をもたらすことができ、その範囲は何十パーセントから初期値を倍加することまでにいたる。電極 1 0 0 と表面 1 0 2 の間の電圧がやや電気絶縁破壊電圧以下に設置される場合、この強い電界変化は突然放電を触発する。電極の先端が小さいほど数百ナノや放電距離がサブミクロンレベルまで抑えられることができるために、この方法は精度の高い研磨を実施することができて、範囲はミクロンからナノ程度まで、それは原始の表面の平坦度と粗度のレベルと電極 1 0 0 および / 或いは電極配列
30
の品質及びプラットフォームの運動の中のプラットフォームの水平度や位置制御精度による。

【 0 0 7 2 】

[0093] いくつかの実施中、電極 1 0 0 と表面 1 0 2 は 1 つの低インダクタンスを持つコンデンサ回路からそれらの相対電圧まで充電する。いくつかの実施中、回路は 1 つの放電終了スイッチ（図 6 - 1 中のスイッチ 6 0 2 に類似する）を含んで、放電が発生しない時それは通常、「常開」の位置にある。放電が発生して自放電回路から来るセンサ（探査機）が 1 つのフィードバック信号をこのスイッチまで送り出して放電を終了する時、放電
40
終了スイッチは非常に迅速に切断されて、これは前に述べたオプション 1 の触発メカニズムである。いくつかの実施中、スイッチは一種の「放電型」スイッチであり、そのうちに高圧ガス（ヘリウム或いは窒素及び / 又はそれらの混合物）を満ちてスイッチ速度を増加するためである。いくつかの大気圧の下で、スイッチ速度はナノ秒レベルまで制御されることができて非常に短いパルス放電までとうとう実現できてしまった。放電で終了後、スイッチは通常の「常開」の位置に戻って、回路は新たに充電過程を始める。スキャン期間で電極 1 0 0 が表面地形上の 1 つの鋭い丘 1 1 0 に遭遇する時、それはまたすぐもう 1 つの速い放電事件を触発することができて、上述のプログラムは再び発生しようとしている。このデザインにスキャン経路はいくつかのオプション（例えば、円形スキャン、x - y スキャン及び / 又は局域化スキャン）の 1 つであることができて、物体の幾何形状と表面の誤差分布の条件から決定される。受動モードもオプション 2 触発メカニズムを使用することができて、そのうちに、放電チャンバの両側は放電前に同じ電圧を維持して、
50
通常に設置する「閉鎖」スイッチを開いて放電過程を開始するためである。放電終了時に

、スイッチは「閉鎖」状態に戻る。オプション2の設置で、触発信号は表面地形の変化から来て、それは、例えば、1つの高さセンサ604から測定して与えることができる。

【0073】

材料及び導電率

[0094] もし研磨される材料が高い導電率を備えれば、速い放電研磨過程の有効性は増加する。半導体或いは低電導材料、例えば絶縁体にとって、導電材料を使用する速い放電よりその速い放電状況は違いであり、従って、異なるプロセスパラメータを使用しなければならない。言い換えれば、材料の導電率の違いはさまざまな放電しきい値とパルス輪郭を決定しようとしていて、このためにその他の技術方法も放電の有効性と安定性を改善することに用いることができる。例えば、異なる材料に対して違う放電パラメータを備える異なるプロセス処方を定義することができる。また(もう一方面)で、1種の導電膜コーティング(例えば、数ナノナノ~数十ナノの厚みを備える)は表面102に塗られることができ、研磨プロセスに用いる有効導電率を増加するためであり、それから研磨過程が終わった後にそれを除去(例えば、スパッタを通じて)する。もう1つの例として、表面上に回転塗装する一層の精製水のフィルムを使うことができ、その中に適切な導電添加物があって、そして研磨プロセスの後に次につれてそれを洗浄して及び/又は蒸発した。表面102が複雑なパターン或いは異なる材料の混合物を備える時(例えば、すでにパターン化した半導体ウエハ表面)、グラフィックデータと導電率分布を含む材料のパラメータは統合されてアクティブモード中のデータ準備ファイルに入ることができて、そして放電条件はこれによって、プリ配置(例えば、プリオン化の時機、放電パルス持続時間と放電締め切り時間など)することができる。もう一方、或いはそのほか、表面102の上にかける1種の補助コーティングを使用することを通じてプロセスを簡略化することができる。

10

20

【0074】

スキャンメカニズム

[0095] 複数の電極100或いは電極符号(一次元或いは二次元)とプラットフォーム上に取り付ける物体103の間にスキャンメカニズムに相対する選択が存在している。いくつかの実施中、電極配列はただz方向に動いて及び物体103はプラットフォーム上にインストールされて、プラットフォームはx-y運動(例えば、直線運動或いは回転運動又は局域化運動)を提供する。

30

【0075】

[0096] 図9は1次元(1-D)配列を構成する複数の「針状」電極を展示する。配列の中の毎個の「針状」電極100(例えば、電極100-a~100-n)は表面の平坦度の変化による表面との接触を避けるためみんな独立的に調整することができる。一次元電極配列は多種の方式によって設計することができる。例えば、(1)隣接する電極100の間の距離(或いは距離の比)は1つの素数或いは非整数でありスキャン経路に交錯させてしかし重なることができなくて、又は(2)隣接する電極100の間の距離は1つの定常の第1距離であり、その中にこの定常の第1距離は表面メトリック測定データから提供する最小ピクセルサイズ(放電衝撃密度を増加することによって研磨要求を満たして、もし物体の幾何学のサイズが割合に大きくて測定データのピクセルサイズも割合に大きければこれは役立つのである)より小さくて、又は(3)隣接する電極100の間の距離は1つの所定の第2定常距離であり、その中に最小ピクセルサイズは所定の第2定常距離より小さい。後者の手配はすべてのスキャン経路後のステップ運動と結び付けることに用いることができ、その電極配列以内にあるステップ電極の間の距離の1つの小さい部分は、領域の表面を覆わせることができる。

40

【0076】

[0097] これらの選択はただ例として提供されるだけで、本発明に対して徹底的に理解するために助けて、その後の特許の公言を制限することを意味しない。そして、いかなるスキャンメカニズム、ステップ運動と電極の配列の手配の組み合わせ、その他は、みんな使用することができるのであり、それを同じ位置の多重速い放電事件とポイントの逃しの

50

事件の最小限に抑えれば。

【 0 0 7 7 】

[0098] 電極 1 0 0 も研磨過程の生産性（例えば、時間減少）を増加するため二次元配列に配されてなることができる。二次元配列の中で、電極 1 0 0 の異なる列は近隣列に相対して位置の移動（例えばすべての列が、みんな同じの電極の間の距離を持てば）することができる。例えば、ある三列の配列の中に（第 1 列、第 2 列と第 3 列、電極 1 0 0 の各列の中に毎個の電極も列の方向に沿って配置する）、電極 1 0 0 の第 2 列は第 1 列に相対して列の方向に沿って隣接する電極 1 0 0 のピッチの三分の 1 つを移動することができて、及び第 3 列は第 2 列に相対して列の方向に沿ってもう 1 つのピッチの三分の一を移動する。測定データの最小ピクセルサイズが電極 1 0 0 間の距離より遠く小さい時に、この態様はすべての循環の中に表面上のさらに多くの位置を覆って効果的に研磨時間を減少しようとしている。最小ピクセルサイズが二つの電極 1 0 0 のピッチより割合に大きい状況は、この態様も有効研磨面積を減少して表面研磨の全体的な品質を増加することができる。

10

【 0 0 7 8 】

物体の運動

[0099] 図 1 0 - 2 に示すように、いくつかの実施中、物体 1 0 0 2 は回転プラットフォーム 1 0 0 4 を通じて 中心軸（z 軸に平行する）をめぐって回転して、同時に 1 つの並進プラットフォーム 1 0 0 6 は所定の方向に並進運動を同期に実行して、電極のヘッドに物体 1 0 3 の中心を越えさせる。この選択は丸い形の物体 1 0 0 2（例えば、半導体ウエハ）に対して適切である。回転と並進速率の異なる比率は電極配列 1 0 1 2 の表面に相対するスキャン経路を定義してそして表面処理の精細度を定めることができる。能動研磨モードを使用する時に、この比率は測定データのピクセルサイズにマッチしなければならない。そのほか、プラットフォームの並進運動は連続して或いはステップすることができてそしてこのために物体 1 0 0 2 の最終スキャン軌跡を定義し出す。いくつかの実施中、電極配列 1 0 1 0 / 1 0 1 2 の設計はすべての電極からの軌跡にいかなるその他の電極からの軌跡を重ねさせることができない。

20

【 0 0 7 9 】

[00100] 図 1 0 - 1 に示すように、四角形或いは矩形形状の物体 1 0 0 8 にとって、物体 1 0 0 8 の運動は 1 つの典型的なリアスキャンシステムが使用するように類似する。この設置の中に、二次元電極配列 1 0 1 0 は、その他の設置より、より簡単に実施しやすい。

30

【 0 0 8 0 】

[00101] もし物体 1 0 0 2 / 1 0 0 8 は表面研磨の必要の孤立したエリア（例えば、まばらな区域）を備えれば、局域化スキャンは役に立つのである。このメカニズムを使って、プラットフォーム上の物体は所定の順番によってローカルエリアまで運動して、研磨を完成する。

【 0 0 8 1 】

電極及び電極配列の設計

[00102] 材料「針状」電極に適する多くの潜在的な材料がある。たとえば、タンゲステン、銅、モリブデン、ジルコニウム、タンタル、及び / 又はそれらの組み合わせや合金である。その他の材料や合金も可能である。大規模な製造中で安定と持続可能な製造プロセスを維持するために、選択された材料は電極に十分な能力を持って電気磨耗を抵御して放電パルスの高い繰り返し率とそれに伴う発生熱量に耐えることができるためである。いくつかの実施中、電極の側表面（例えば、「針状」電極先端の付着する面）は高い平滑度まで研磨しなければならないし鋭い突出及び / 或いは凹みを避けるためである。いくつかの実施中、電極の先端の形状はボール形或いはその他の方法で形成する滑らかな形であり、鋭角ではない。これは鋭い角をめぐっての「爆発」式の放電が電極の先端に対する損傷を避けるためである。

40

【 0 0 8 2 】

[00103] いくつかの実施中、研磨過程の生産性や改善効率を増やすために、複数の「

50

針状」電極は1次元配列或いは二次元配列に配置される。いくつかの実施中、すべての電極は等しくて相互的に交換することができる。いくつかの実施の中で、すべての同じ電極の先端の形状は「針状」に近づいて、1つの鋭くない角度で表徴（例えば、1つの30度の角度と先端での100 - 500ナノのボール曲率半径から電極先端を表徴する）する。ガス放電理論によると、電極の先端は放電パルスの均一性、安定性、及び形状に影響を与えることができる。電極先端があんまり鋭くなる時、放電パルスの中の電子流は発散角甚だしきに至っては表面上の爆撃領域が広がることができる。MFD Pシステムが高圧の環境の中で仕事するので、電極の清潔を保って放電パルスからの発生する汚染の方面にとって、電極配列に安定の近隣領域よりやや高い温度を維持することは助けがあるのである。

【0083】

[00104] いくつかの実施中、電極の間の距離は1つの定数である。もう一方面、隣接する電極の不同対の間のピッチは違う。いくつかの実施中、電極の間の距離は1つの方向に（例えば、x方向）第1定数距離であり、しかし違う方向に（例えば、y方向）は第2定数距離であり、例えば、スキャンメカニズム設計と物体で決定される。

【0084】

[00105] 場合によっては、単独制御電極配列のすべての電極は適切なものである。それはすべての電極が表面上には違う測定データの異なる領域を備えてそしてだから違う放電条件を受けることを直面しようとしている。

【0085】

電極ライブラリ

[00106] いくつかの実施中、MFD P過程は高い繰り返し率の放電過程である。高い繰り返し率は大規模な製造業のスループットの需要を満足する助けがある。放電過程の繰り返し率は数千ヘルツ～几十千ヘルツであることができ、1つの放電ごとの及ぶエネルギーは電極の先端から快速的に強く釈放する。これは、電極の先端に対する浸食さ或いは破損をもたらすことができそしてこのために表面研磨品質及び/或いはシステム工程の中断（例えば、システムの停止時間）をもたらすかもしれない。可強化電極の適切な電極材料を選択するほかに、リアルタイムモニタリングと電極のz方向での調整はこれらの問題を助けることができる。ある電極が損なわれた又はその形状がそれに機能を発揮させることができないう変更されて、もう一步電極の判定基準を調整することができないように達した時に、電極の交換は執行される。システムの効率を改善してシステムの停止時間を減らすために、いくつかの実施は、主放電チャンバ内に位置する電極配列ライブラリを提供してシステムが素早く損傷の電極を交換して正常化プロセスを回復することを許可する。図14は一種の電極ライブラリ設計の例（図14-1は電極ライブラリ1400の俯瞰図であり、しかし図14-2は電極ライブラリ1400の側面図である）を表示する。例示の電極ライブラリの設計の中で、すべての電極100は同じで使用できる状態である。その他、電極100はチェーン接続形式に配置される。各電極100はできる機械手で鎖輪の中に挿入して又はその中から取り出すことができる。いくつかの実施中、便利のために電極交換の位置は固定的であり、しかしその他の選択も可能である。電極100が交換された後、鎖輪運動（例えば、ライブラリ回転器1402を使用する）及び次の新しい電極100に交換位置でよく準備し入れ替わらせる。電極ライブラリの状態は記録されてまたリアルタイムで表示されて、ライブラリに可利用電極100がない時に全体の電極ライブラリは置換されることができる。このルートを使って、ユーザーは単一の電極交換のために、システムを「停止状態」に設置する必要がない。これは非常に役立つのであり、システムを「停止状態」に置いて、さらに具体的に言えば更にシステムに「停止状態」を解除させて、状況によっては複雑でまた時間を消耗する過程を及ぶことができ、真空引き、空気のバランス、部品の交換、高圧ガス再封入、システムのバランスともう一度標定などを含む。

【0086】

パネルの標定及び調整

[00107] 図11に示すように、いくつかの実施中、プラットフォームの上や研磨エリ

10

20

30

40

50

ア 1 1 0 0 の外に、1 つ又は複数の標定パネル 1 1 0 2 (例えば、標定パネル 1 1 0 2 - 1 と標定パネル 1 1 0 2 - 2) があって、それらは参考平面と表面の標準とする。いくつかの実施中、研磨過程に用いる多くのレベルの標定が存在している。標定パネル 1 1 0 2 は十分な表面の高精度によって製造して、高精度研磨性能規範(例えば、峰-穀誤差によって、標定パネルは研磨性能規範より 3 倍高くする精度を備えるべきである)を満たすためである。標定期間で、電極の先端と表面の間の最小の許可することができる放電距離(或いは間隔)を創立しなければならない。例えば、最小の許可することができる放電距離は表面の 2 - 4 倍である特徴峰-穀誤差の範囲に設置される。場合によっては、システムがプロセスを開始する前に標定パネル 1 1 0 2 は標定されレベル化されて、そしてシステムが停止してメンテナンスや修理作業をする時に再び標定しなければならない。いくつかの実施中、標定の完成は一種のプロブ(例えば、原子力顕微鏡やスキャン電子顕微鏡)を使用して標定パネル 1 1 0 2 の高さ図が発生してその傾斜角を表徴して必要な調整することができるためである。システムに標定された以後、標定パネル 1 1 0 2 を参考するように物体を標定して及び/又は調整する。表面 1 0 2 の所定のグリッドの点を使って標定を執行して、この標定方法を使って測定データ或いはグリッド測定の平均値の助けを借りて、システムは表面 1 0 2 の参考面或いは「 $z = 0$ 」の平面を決定することができる。いくつかの実施中、研磨過程を開始する前に標定パネル 1 1 0 2 を比較して電極配列 1 0 1 0 / 1 0 1 2 は標定されて、電極配列 1 0 1 0 / 1 0 1 2 中のすべての電極 1 0 0 は「 $z = 0$ 」平面を参照してあらかじめ決める高さに位置することを確保するためである。いくつかの実施中、表面 1 0 2 はスキャン経路に分割されて、正方形の区域に対してそれは条帯であることができ、円形区域に対してそれは環帯であることができる。いくつかの実施中に、毎個のスキャン経路はスキャンされた後に繰り返し標定すべきであり、そして電極の先端は参考平面を参照して調整しなければならない。高精度研磨に対して、プロセス処理期間にリアルタイムモニタリングと調整を執行することができて、これは電極配列 1 0 1 0 / 1 0 1 2 移動の助けを借りて標定パネルに戻って、電極先端高度の変化を測定して、それから補償変動によって実現するのである。その他、放電パルスは熱量と音波を生成することができて、これらは電極先端付近の化学反応を触発する可能性もあって、さらに電極 1 0 0 の先端を磨耗し破損する。せめては少なくともこれらの理由のために、電極高さの先端は z 方向で調整することができるはずである。

【 0 0 8 7 】

充電と放電用のエネルギーライブラリ

[00108] システムが連続的に運行して高安定度と精度の研磨過程を備えることを許すために、いくつかの実施は一種の電気エネルギーを貯蔵するエネルギーライブラリを提供する。生産環境で物体が、その過程を通過する急速なスループットのために、通常システムはプラットフォームの高いスキャン速度及び/或いは放電パルスの高い繰り返し率を維持することができる。貯蔵する電気エネルギーは相応の全過程を貫く安定エネルギーレベルがあるはずである。常規のエネルギーライブラリは特に大きな電極配列が使用される時にこれらの要求を満足しにくい。

【 0 0 8 8 】

[00109] このために、本発明は一種の新型エネルギーライブラリを提供する。いくつかの実施中、エネルギーライブラリは円筒状対称構造 1 3 0 0 を備えて、図 1 3 に示すようである。いくつかの実施中、エネルギーライブラリは、別の対称タイプ(例えば、円柱状以外のもの)から表徴する構造を備える。エネルギーライブラリは複数のコンデンサユニットに分けられて及び各ユニットはみんな独立的に全体の電極配列を支持することができる。いくつかの実施の中、すべてのコンデンサユニットは電気エネルギー貯蔵に用いる複数のコンデンサを含んでそして各コンデンサは独立的に電極配列でのシングル電極を支持することができる。一組のコンデンサユニットが放電を支持する電極配列と接続する同時に、その他のコンデンサユニットは帯電過程におけることができる。電極配列の相応するコンデンサユニットまで接続する充電速度がすでに研磨スキャンのペースについて足りない時(例えば、コンデンサユニットの中の 1 つ又は複数のコンデンサの電気量が低過ぎ

る)、システムは異なって、完全に充電したコンデンサユニットまで変換して流れを継続するためである。一般原則として、もし相応のコンデンサユニットが放電パルスの千ヘルツ或いはそれ以上の繰り返し率を支持することができれば、その他のコンデンサユニットは完全に充電するスタンバイ状態を保持しようとしている。

【0089】

速い放電回路

[00110] 目的が点火してコンデンサからの放電を維持して及びそれが再充電することを支持する回路とスイッチは一項の成熟した技術であり、それはさまざまな分野ですでに利用された(例えば、高圧ショート電流パルスの発生、アクセル技術、エキシマレーザで使用するBlumlein回路、など)。原則として、このような回路はコンデンサを使用して高圧電気エネルギーを貯蔵してそしてさらに一種の快速触発メカニズムと低インダクタンスの回路を使用して速い放電を実現する。通常Blumlein速い放電回路は一種の放電制御スイッチを使用する。放電制御スイッチは「閉鎖」の位置に保持されて、2つの電極は一種のインダクタンスを通じて、同じような電位を接続して、同時に充電回路は高電圧まで充電される。放電チャンバ内で(従って、電極の間にも位置する)高圧の気体混合物は放電チャンバの電気絶縁破壊電圧を増えることができることによって、形成した放電パルスの形状は険しくなって、パルス幅を短縮する。いくつかの速い放電が発生することができる回路設計或いは配置は上記の領域での既知のものである。しかし、放電過程にとって、本発明と過去の応用の間の区別は、本発明の中で、最も理想的なのが放電媒体内でエネルギー励起或いは無用のエネルギーの損失のメカニズムを避けることができる。従って、励起/発射或いは非弾性エネルギーの損失を誘発する潜在力を持つガスの種類に対して使用を避けるべきであり、ほとんどの放電エネルギー移動に電極と表面の間に発生させることができる。

【0090】

[00111] 本発明で、研磨の力は電界強度Eの電界から来るのであり、電界強度は $10^4 - 10^6$ V/cmの範囲内で或いは甚だしきに至っては更に高い。いくつかの実施中、電極と表面の間の距離はかなり小さくて、充電電圧はきつと非常に高い必要ではない($10^2 - 10^3$ ボルトの範囲はいくつかの実際のプロセスに対して十分である)。いくつかの実施中、速い放電過程は高電圧しかし大変低い電流を利用する。そのため、電界の電界強度Eは、 10^6 V/cm以下に抑えられた(場合によっては、 10^8 V/cmレベルに接近して或いはそれより高い電界の電界強度は大電流を生む可能性があって、とうとう表面を損壊する可能性がある)。

【0091】

ブレイオン化と放電性能

[00112] 速い放電過程は電気絶縁破壊に及んでそしてを放電パルスの切り立った最先端を利用して。放電前で1つのブレイオン化過程を導入すれば放電パルス形成期間に放電チャンバ内の電界形成の安定性の助けがある(例えば、放電チャンバ内の各点の電界の分散性を減少する)。すると、ブレイオン化過程は電気絶縁破壊を緩和して放電パルスの可制御性を増加することに用いる。過去には、異なるタイプのブレイオン化過程(例えば、エキシマレーザの中で)が存在していた。本発明の中で、1つの紫外線光源ランプ(又は短波長ダイオードレーザレイ)とマイクロレンズアレイはブレイオン化源として使用することができる。いくつかの実施中、紫外線ライト光は複数のビームに分けられて及び各ビームは1つの伝送光ファイバを通じてそれから1つのマイクロレンズを通じて放電チャンバに入ってそして電極の先端付近にフォーカスして、図6-3に示すようである。ダイオードレーザレイの場合、1つのレーザダイオードと1つのマイクロレンズは1対1の配置を形成することができる。ブレイオン化過程から生じた弱い電子ビーム流は放電パルスの形成と発展に役割を果たすことができそして放電経路の形状と放電パルスの持続時間及び上昇時間に対して影響が発生することができる。そのため、ブレイオン化と放電パルス上昇最先端の間のタイミング及びブレイオン化パルスの持続時間と強度はみんな研磨プロセス処方の一部として定義や研究開発することができる。これらの値はこのためにユー

ザーの使える調整パラメータを構成して研磨過程の柔軟性、品質や能力を強化する。

【 0 0 9 2 】

多重放電チャンバの配置

[00113] いくつかの実施中、複数の放電チャンバ702（例えば、放電チャンバ702-1、702-2、702-3、702-4、702-5）は単一のMFDPシステムに統合されて、図7に示すようである。複数の放電チャンバ702は、そのどれもみんな1つの電極のヘッドとプラットフォームを含んで、同じであることができ（例えば、同じ規範指標を備える物体の平行処理に用いる）、或いは違うこともできる（例えば、物体に対する串次接続処理、その中のすべてのチャンバは1組の異なる規範に調整されて、例えば異なる材料を研磨したり、或いは違う放電パラメータと/又は異なるプロセス条件を使用する）。製造環境での生産性を増やすために、この方法は平行研磨過程に強化の生産能力を提供してまた違う応用とプロセスに対して柔軟性を提供した。複数の702チャンバは1つの中央制御ユニットから操作することができて、又は独自のユニットから操縦する。物体は単一の貯蔵ユニットの中に或いは分立のユニットに保存することができて、これは指定の応用から決定される。同じプロセスチャンバを採用して類似の表面の品質の同じの（又は類似の）表面精度規範に入る物体を処理する場合には、自動化程度の高い単一貯蔵空間と中央制御ユニットを利用すると大量な産出を獲得することができる。

10

【 0 0 9 3 】

串次接続の多重MFDPシステム

[00114] 電極の先端と表面の参考平面（又は $z = 0$ 平面）の間の最小の許すことができる放電距離（或いはピック）は表面の最大の峰-穀（P-V）誤差測定から決定するのである。単一の研磨過程にとって最大の能力が存在していて、それは表面に入る精度に制限される。最初に低い表面精度（例えば、研磨前）を備える表面の上に高い表面精度を獲得するために、順序の研磨過程は適切なものであり、その中に第1MFDPシステムの出力物体は第2MFDPシステムの入力物体になる。もし2つ以上のシステムがあれば串次接続の中に同じの手配に従うことができる。例えば、図8に示すように、1つの物体の表面は、「規範#0」から標記した初期規範値を備えて、これはMFDPシステム800-1に「規範#1」から標記した表面規範まで研磨された。今規範#1まで研磨した物体はそれからMFDPシステム800-2に伝えてそして「規範#2」から標記した表面規範まで研磨する。この過程は類似の方式によって続けMFDPシステム800-3

20

30

【 0 0 9 4 】

[00115] 単一MFDPシステムに対して1つの研磨比率を設置すれば適切なものである（ここで指す研磨比率は表面出力精度と入力表面精度の比を意味する）。一例として、最大峰-穀値を利用して表面精度量値としてそして比率を25% - 40%の範囲に設置することができる。もう1つの例として、1つの30%の比率はプロセスの工程及び設備の研究と開発の開始点に用いることができる。物体の校正と電極の先端の標定のために、また電極の損壊のリスク又は電極形状が鋭い先端をめぐっての浸食を減らすために、固定の研磨比率を使用することは有利なのである。

40

【 0 0 9 5 】

放電媒質の循環とろ過

[00116] 図1-2はプロセスガス流動回路を展示した。回路はガスチャンバ302、真空条件を提供してガスチャンバ302からガスを取り除く真空システム1200、ガスを清潔して再び使用するフィルタ1202、各種のガスパイプラインとガス貯蔵システム1206の間にカップリングの吸気を提供して/充填ユニット1204、及び制御ガスチャンバ302内の気体の流れの流れ制御1208を含む。放電パルスの後で放電媒体の回復時間はナノ秒～数十ナノ秒の範囲内であり、これは十分に千ヘルツや高い放電繰り返し率を支持するのである。しかし、処理期間に放電混合物は汚染される可能性がある。放電パルスの品質を改善して放電媒質の中の汚染を除去するために、いくつかの実施によって

50

、循環とろ過は執行される。その他、いくつかの実施中、放電媒体は安定であるため、放電媒体は循環方式の使用を通じて長時間を持続することができて再充填の必要がない。研磨過程の中で、放電媒質はしきい値制御を破壊してそして表面に電気エネルギーを伝える役割を果たす。そこで、いくつかのガス、特にあれらの割合に低い励起準位を備えるガスは、使用されることを避けるべきである。選択されたガスの流れ方向は電極及び / 或いは電極配列の振動に最小化させることができ及び電極に加える力に最小化させるべきである。

【 0 0 9 6 】

研磨後表面上の残留電荷

[00117] マイクロ速放電研磨の性質のために、物体が研磨過程前と研磨過程期間に接地していたとしても、研磨プロセスの後、いくつかの電荷は表面上で保留されてもよい。表面から残った電荷を取り除くために、いくつかの実施によって、研磨後1つの緩衝期があるべきであり、その期間に物体は一定の時間内に接地を保持しなければならない。

10

【 0 0 9 7 】

[00118] 放電期間に電極の先端と表面の間の電界の電界強度 E は非常に強いが、電極の先端と表面の間の放電距離はかなり小さい(例えば、亜ミリ或いは数十ミクロン又はさらに小さい範囲内)ため、電極と表面の間にかかる電圧は通常数百ボルトの範囲内にある。したがって、放電研磨後表面に残った電荷からの電圧はキロボルトよりかなり低い。これは、表面の残留電圧は解消されるべきであるものの、静電触発表面損傷のための重要なしきい値である。

20

【 0 0 9 8 】

後処理

[00119] 速い放電研磨過程は表面の「丘」を打ち砕くことができそして残りかすが発生する。いくつかの残りかすが放電媒質の流れに持ち帰られる一方、いくつかの残りかすは表面に保留され得るので、取り除かれることが必要である。それと同時に、たとえプロセス処理期間に物体が接地するのであっても、放電過程はいくつかの電荷が表面には蓄積されることを招くかもしれなくて、すでに研磨した物体に対して希望しない効果を生じようとしていて、そして後続の加工段階を衝撃しようとしている。これらの問題は、またその他のものに加えて、例えば、非均質熱蓄積或いは応力分布は、後処理技術から対応しようとしている。研磨過程を完成してまた物体がチャンバから移動されだした後に、それに物体格納ライブラリに戻る前に、物体は1つの分離したユニットに転送されて後処理することができる。表面に相対して払いの入射の加圧する乾燥空気流を使って残りかすをクリアすることができる。研磨表面に残った電荷を取り除くために、電気接続の極性を反転することができる。この場合、物体は依然として接地してしかし1つの陽極性の板は物体のエッジや外部区域を届くことができる。

30

【 0 0 9 9 】

[00120] 選択的にして、後処理期間に、もう1つの表面応力を釈放する工程がある。サブミクロン或いはナノメートルのレベルの高精度表面研磨にとって、任意の研磨過程の中から蓄積した残存する表面応力、又は放電研磨過程から生じた非均質熱は表面のひずみを起こす可能性があり、そしてこのために速い放電研磨の最終品質に影響することができる。残留応力を減少し取り除くために、物体は一定時間で予熱された後に徐々に冷却することができる。この後処理技術はあれらの材料熱処理や焼鈍に用いる熟知した技術が類似して、そしてこの手順は同時に全体の表面の表面応力と非均質熱の蓄積を釈放することができる。

40

【 0 1 0 0 】

環境制御

[00121] 若干の環境制御は提供されて様々な任務を完成するためであり、選択的に：電磁場シールドと接地、温度制御、振動の隔離、及び騒音隔離を含む。すべてのMFD Pシステム環境制御に対する要求は、騒音隔離のほか、あれらの典型的な光学や電子ビームイメージング/リソグラフィシステム又はその他の精密なプロセスの設備に対する要求が

50

類似すべきである。雑音制御は高い繰り返し率放電過程で生じた騒音を屏蔽してそれに近隣の設備を妨害することができない。

【0101】

表面研磨の方法

[00122] 図15-1及び図15-2は、いくつかの実施によって、研磨表面の方法1500を展示するフローチャートである。

【0102】

[00123] 方法1500は(1502)表面の発生する画素マップを含む。画素マップは複数の画素を含んで、1つの第1画素と第2画素を含む。第1画素は表面上で第1位置と関連する第1個の表面誤差に対応して及び第2画素は表面上で第2位置と関連する第2の表面の誤差に対応する。

10

【0103】

[00124] いくつかの実施中、画素マップは表面高度測定センサ(例えば、光学干渉計、高さセンサを使って、又はMFDPSシステムの電磁探査機に統合し入る)を使用してリアルタイムで発生(1504)するのである。もう一方面、画素マップは一種のメトリック測定ツール(例えば、MFDPSシステムに独立する)を使用して、充填、定位、及び確認する前に生み出され(1506)て、それらの工程は次のように説明されて(工程1508、1510と1516に基づく)。或いはまた、いくつかの実施中、画素マップは、MFDPSシステムに統合し入るメトリック測定ツールから発生するのである(例えば、位置決め工程1510の前に)。

20

【0104】

[00125] 方法1500はさらに一種の放電媒質を使って(1508)ガスチャンバを充填して1つの予定の圧力までを含む。例えば、いくつかの実施中、放電媒質はヘリウム、又は窒素、及び/又はその混合物を含み、所定の圧力は1つの大気圧~数十大気圧の範囲にある。

【0105】

[00126] 方法1500も表面に相対する電極の位置決め(1510)を含んで、電極を第1位置に近づかせる。いくつかの実施中、電極(1512)は電極配列での1つの個別の電極である。電極配列は複数の電極を含む。電極を表面に対して位置決めすることは、いくつかの方法で達成できることに理解すべきである。つまり、表面(例えば、表面を備える物体)を移動させながら電極を1つの固定的な位置に保持すること、電極を移動させながら表面を1つの固定的な位置に保持すること、又は表面と電極をともに移動させるといった方法である。言い換えれば、電極の表面に相対する位置決めは任意のタイプの機械運動を指すと理解されるべきであり、それは述べた表面と電極の相対位置を招来することができる。

30

【0106】

[00127] いくつかの実施中、電極(1514)は、先端を備える針状電極である。先端は表面に近づくよう設置された末端を備え、当該末端で第1所定の範囲内の曲率半径と、第2所定の範囲内の夾角とによって特徴付けられている。内角は、と記されて、そして公式 $\theta = 2 \cdot \alpha$ から提供される。は図1-1と1-2を参照して描く外角である。いくつかの実施中、第1所定範囲は次の構成したグループの中の1つである。つまり、10nm~100nm、50nm~500nm、100nm~2000nmである。第2所定範囲は構成したグループの中の1つである。つまり、15度~20度、5度~45度、及び10度~30度である。

40

【0107】

[00128] 方法1500も(1516)が第1表面誤差の所定の研磨判定基準を満足するかどうか確定することを含む。もし第1表面誤差が(1518)所定の研磨判定基準を満足することを確定すれば、方法1500は放電媒質の電気絶縁破壊を引き起こすことを含んで、それによって、電気絶縁破壊は1つの放電パルスを形成して、それは表面研磨に用いられる。

50

【 0 1 0 8 】

[00129] いくつかの実施中、電気絶縁破壊を引き起こすことは(1520)が電極と表面の間にかかる1つの電圧を含む。電圧は放電媒質の電気絶縁破壊電圧より高い。いくつかの実施中、電極と表面の間に電圧をかけることは制御される(1522)であり、放電パルスの時間期限を制御することができるためである。いくつかの実施中、電極と表面の間に電圧をかけるのは、ガス入り管から制御するのである(例えば急速スイッチとしてのインフレータープサイリスタを使用する)。あるいは、高速応答時間を備える異なるタイプのスイッチを使用してガス入り管に代わることができる。

【 0 1 0 9 】

[00130] いくつかの実施中、電気絶縁破壊を引き起こすことは電極と表面の間の領域で(1524)の1つのプリアオン化信号をかけることを含む。いくつかの実施中、プリアオン化信号は、ある種のレーザ(1つ又は複数のレーザを意味する)或いは1つの紫外線(UV)燈源から提供する(1526)。いくつかの実施中、照明或いはレーザ(例えば、相応的に紫外線ランプ或いは1つ又は複数のレーザから来る)は複数のビームに分解されて及びすべてのビームは1つの伝送光ファイバを通じてそして1つのマイクロレンズからフォーカスされて放電チャンバに入って、電極先端付近(例えば、電極配列の中の1つの相応の電極)にフォーカスする。

10

【 0 1 1 0 】

[00131] 第1表面誤差が研磨所定判定基準(1528)を満たしていないとの決定に基づいて、方法1500は(1530)放電媒質の電気絶縁破壊を引き起こすことを控えることと、電極を表面に対して新たに位置決めして(1532)、電極を第2位置に近隣させることを含む。

20

【 0 1 1 1 】

[00132] 図15-1及び図15-2中に描く工程の特定順番がただの例でしかないと理解すべきであり、描く順番が工程を執行できる唯一の順序であると表明することと意図しない。本分野の普通の技術者は各種の方式がこの説明する工程に対して再配列を認識することができる。

【 0 1 1 2 】

[00133] 図16-1及び図16-2は、いくつかの実施によって、研磨表面の方法1600を展示するフローチャートである。

30

【 0 1 1 3 】

[00134] 方法1600は電極と表面との間に電圧をかけることを含む(1602)。いくつかの実施中、電極は(1604)が先端の針状電極を備える。先端は一表面に近くよう設置された末端を備え、当該末端で第1所定の範囲内の曲率半径と、第2所定範囲内の1つの夾角とによって特徴付けられている。内角は、と表記されて、公式 $\theta = 2 \cdot \alpha$ から提供される。は図1-1及び図1-2を参照して描く外角である。いくつかの実施中、第1所定範囲は次の構成するグループの中の1つである。つまり、10nm~100nm、50nm~500nm、100nm~2000nmである。第2所定範囲は次の構成するグループの中の1つである。つまり、15度~20度、5度~45度、及び10度~30度である。いくつかの実施中、電極(1606)電極配列の中の1つの相応の電極である。電極配列は複数の電極を含む。

40

【 0 1 1 4 】

[00135] 方法1600はさらに、電気絶縁破壊のしきい値標準を建立するために表面に相対する電極の高さを標定することを含む(1608)。場合によっては、標定工程1608の結果は電極先端が表面に相対する平均高さの第1高さに位置づけられる。このような状況の下で、第1の高さにかかる電圧は、電気絶縁破壊(例えば、加けた電圧が電気絶縁破壊電圧より低い)を招来して足りない。しかし、表面は、相応の高さを備える位置を含んでもよく、その結果、次の工程1616を参照して記述するように、印加電圧が電気絶縁破壊を招来するのに十分で、それによって放電パルスを釈放する。

【 0 1 1 5 】

50

[00136] いくつかの実施中、方法1600は電極と表面（例えば、放電チャンバ）の間の領域でかけるプライオン化信号を含む（1610）。いくつかの実施中、プライオン化信号は、あるレーザ（つまり1つ又は複数のレーザ）又は1種の紫外線（UV）ライトソースから（1526）提供する。いくつかの実施中、照明或いはレーザ（例えば、相応的に紫外線ランプから又は1つ或いは複数のレーザ～から来る）は複数のビームに分かれて及び各ビームは1つの伝送光ファイバを通じてそして1つのマイクロレンズにフォーカスされて放電チャンバに入って、電極先端の付近（例えば、電極配列の中の1つの相応電極）にフォーカスする。

【0116】

[00137] 方法1600はさらに、電極を表面上の複数の位置に順番に位置づけるために、電極を表面に対してスキャンすることを含む（1614）。この各位置は表面誤差によって特徴づけられている。電極を表面に対してスキャンすることは、いくつかの方法で達成できることに理解すべきである。つまり、表面（例えば、表面を備える物体）を移動させながら電極を固定位置で保持すること、電極を移動させながら表面を固定位置で保持すること、或いは表面と電極をともに移動させるといった方法である。言い換えれば、電極の表面に相対するスキャンはいかなる形式の機械運動を指すことを理解すべきであり、それは表面と電極の相対的な位置の変化を形成することができる。

【0117】

[00138] 場合によっては、複数の位置における各位置の表面誤差は1つの表面の高さを含む（1616）。表面の高さが電極と表面の間の距離に電圧が放電媒質の電気絶縁破壊電圧を超えるようにもたらさせる場合は、電気絶縁破壊のしきい値判定基準は満たされる。

【0118】

[00139] いかなる状況の下で、複数の位置での1つの相応の位置が電気絶縁破壊しきい値判定基準を満足する表面誤差を備える時、電気絶縁破壊は（1618）発生して、電気絶縁破壊の結果は研磨表面に用いる放電パルスが発生する。いくつかの実施中、電圧の印加は放電パルスの時間期間を制御するためにゲートでコントロールされる（1620）。印加電圧を制御することは（1622）のガス入り管を使用して、或いはその他のタイプの高速応答時間を備えるスイッチを使用してゲートでコントロールすることである。

【0119】

[00140] 図16-1及び図16-2中の描く工程の特定順序がただの例であることを理解すべきであり、描く順序が工程を執行することができる唯一順序であることを表明するためでない。本分野の普通の技術者は各種の方式を認識することができてここに説明の工程に対して再配列する。

【0120】

[00141] 図17は、いくつかの実施によって、MFDPを使用して研磨する半導体プロセス1700を展示するプロセス図である。いくつかの実施中、半導体過程1700はその他の既知の過程と組み合わせてチップ上の半導体デバイスを製造することに用いる。

【0121】

[00142] 過程1700は選択的に1つの金属化工程1702と1つの絶縁体の成長工程1704を含む。要するに言うと、金属化工程1702と絶縁体の成長工程1704は半導体デバイスの相応の層を製造することに用いる。場合によっては、層は下記の構造を含むことができる。例えば電界効果トランジスタのスルーホール、接触、インターネット、ソース電極とドレイン区域、金属構造、メムス（MEMS）構造、などである。いくつかの実施中、金属化と絶縁体成長以外の既知の工程は別々に工程1702及び1704の1つ或いは2つが代わることができる。いくつかの実施中、プロセス1700は複数の絶縁体成長の工程1704を含むことができ、すべての工程もみんな含まれて、例えば、パターン化やエッチング。

【0122】

[00143] この層の堆積した後、過程1700は選択的に化学機械研磨工程1706を

10

20

30

40

50

含んで、これは本分野での既知の常規の化学機械研磨（CMP）の方法を使って完成することができる。

【0123】

[00144] CMP工程1706の結果を改善するために、チップは続いてMFDP工程1708を使って研磨する。もしMFDP工程1708の後で表面規範（1710-No）が理想ではないなら、別のMFDP工程1708を執行することができる。場合によっては、一貫してのMFDP工程1708は同じMFDPシステムを使ってしかし異なるパラメータまで調整して執行するのであり、しかし別のいくつかの実施中、一貫のMFDP工程1708中の毎個はみんな異なるMFDPシステムを使って執行する（例えば、図8の描くのを参照する）のである。

10

【0124】

[00145] もし表面規範が満足し（1710-Yes）、これ以上製造されるべきデバイス層（1712-No）がなければ、プロセス1700は（1714）を完成する。逆に言うと、もし複数の製造されるべき層（1712-Yes）があれば、過程1700はもう一度金属化工程1702の所で開始する。

【0125】

[00146] 以上の説明は、解釈する目的のために、特定の実施を参考して描くのである。しかし、上記の説明式の討論は尽きること或いは開示を制限する正確な形式に対する実施が意図しない。上述の案内に言うと、複数の修正とバリエーションは可能である。選んで説明した実施は本開示の原理とその実際応用をより一層よく解釈するためであり、本分野のその他の技術者に最高にさまざまな修正を備える違う実施を利用して、これらの修正は仮想の特定用途に適切する。

20

【0126】

[00147] 理解すべきで、用語の「第1」、「第2」などは、時々ここに様々な素子を説明することに用いてけど、これらの素子はこれらの用語に限るべきではない。これらの用語はただ1つの素子と別の部品の区分することに用いる。例えば、第1素子は第2素子と命名されることができて、同様に、第2素子も第1要素と命名されることができて、説明の意味が変わることができなくて、「第1素子」のすべての出現は一緻して命名されて及び第2素子のすべて出現は一緻して命名される。第1要素と第2素子はみんな素子であり、それらは同じ素子ではない。

30

【0127】

[00148] ここに使用される用語はただ特定の実施の目的だけを説明するためであり、特許請求の範囲を制限することを意図しない。実施の説明と添付の特許請求の範囲で使用されるように、単数形式「a」、「an」と「the」も複数形式を含むことを意味してコンテキストで別途に明確に説明しない限り。本文の用語「及び/或いは（又は）」とは、1つ又は複数の関連する項目の任意とすべての可能な組み合わせを理解すべきである。さらに用語「含む：「及び/或いは（又は）」を「含む」を理解すべきであり、本稿では使用する時、説明の特徴、整数、工程、素子、及び/或いは（又は）が存在しているを「含む」ということを指して、しかし1つ又は複数の他の特徴、整数、工程素子、モジュール、及び/或いは（又は）というそれらの組み合わせの存在或いは添加を排除しない。

40

【0128】

[00149] 本文に使うように、用語「もし」は、コンテキストによって、「いつ」や「によって」や「決定に回答して」や「決定によって」や「決定に回答して」を指すと解釈されることができて、1つの述べた先決条件は真実である。同様に、語句「もし確定されれば（1つの述べた先決条件は真実である）」或いは「もし（1つの述べる先決条件が真実であれば）」又は「（1つの述べた先決条件は真実である）の時」は次のように解釈されることができて、つまり、コンテキストによっては、「決定によって」或いは「決定に回答して」或いは「決定によって」或いは「検知によって」或いは「検知に回答して」を指して、1つの述べた先決条件は真実である。

【0129】

50

[00150] 全体の前の叙述の中で、説明する各実施範囲はウエハ、チップ、マスク、などに及ぶ。これは純粹に便利に解釈するためであり、その後の特許請求の範囲を制限するつもりではない。

【要約】

ガスチャンバ内に配置された物体の表面を研磨する方法が提供される。この方法は、ガスチャンバに所定の圧力まで放電媒質を充填すること、電極と表面との間に電圧を印加すること、表面に対する電極の高さを調整して電気絶縁破壊しきい値判定基準を確立すること、表面に対して電極をスキャンして、表面上の複数の位置に順番に電極を位置決めすることであって、角位置は表面誤差によって特徴付けられる、位置決めすること、を含む。複数の位置のうちの各位置が、電気絶縁破壊しきい値判定基準を満たす表面誤差を有する時、電気絶縁破壊が発生し、それによって、電気絶縁破壊は、表面を研磨する放電パルスを形成する。

10

【選択図】 図 1 - 1

【図 10 - 2】

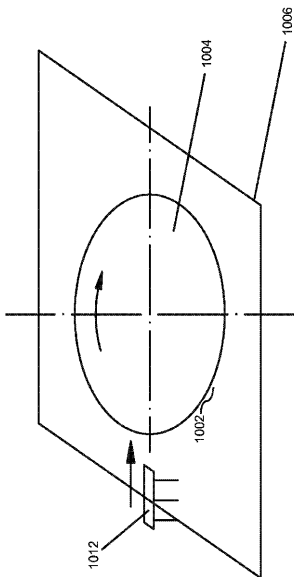


FIG. 10-2

【図 14 - 1】

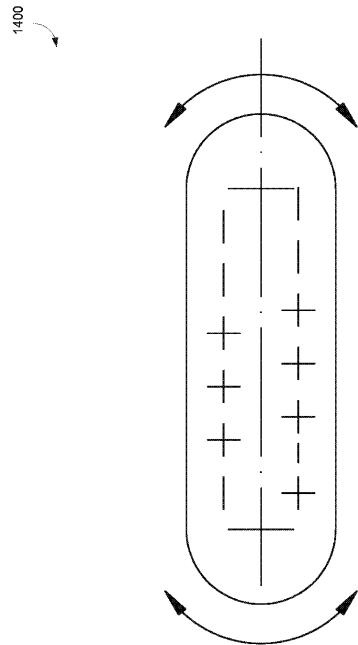


FIG. 14-1

【図14-2】

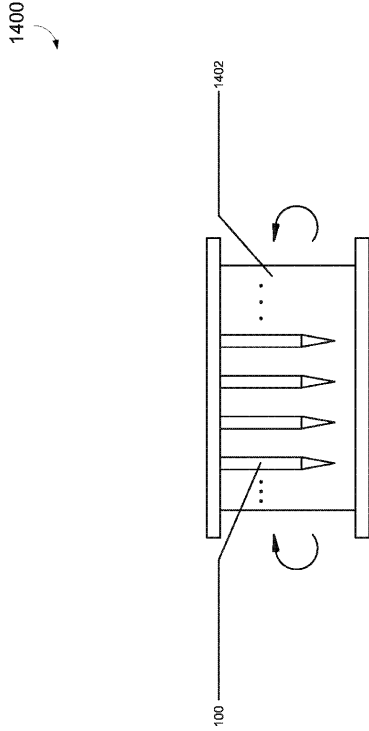
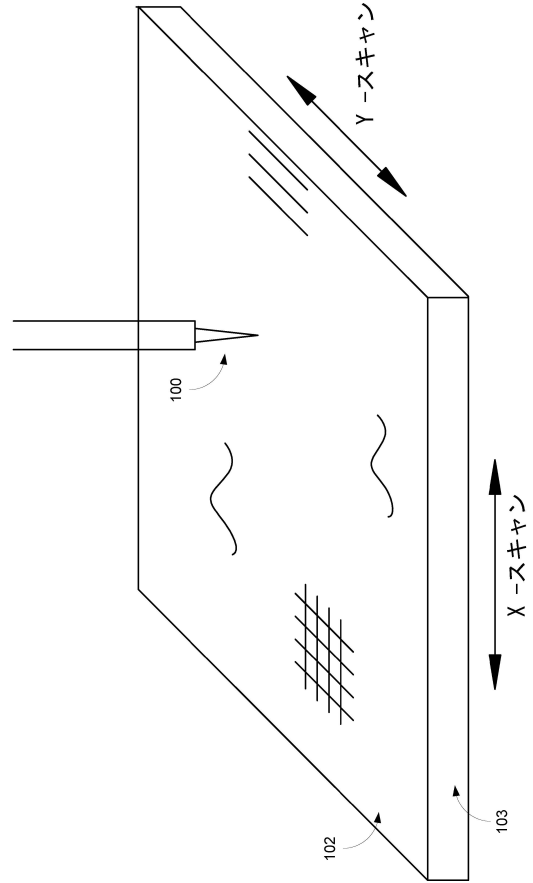
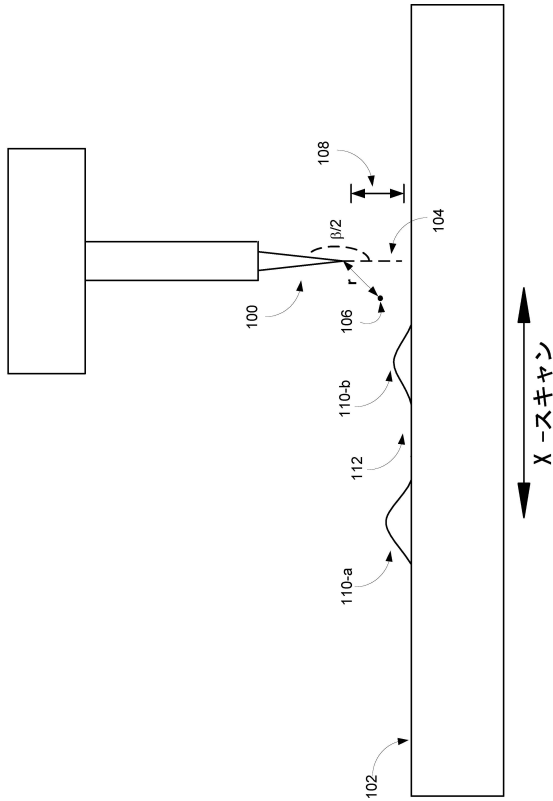


FIG. 14-2

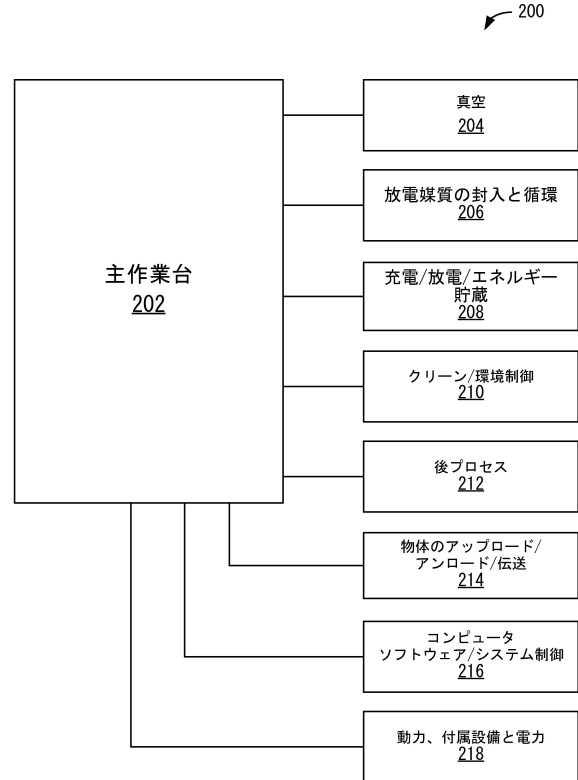
【図1-1】



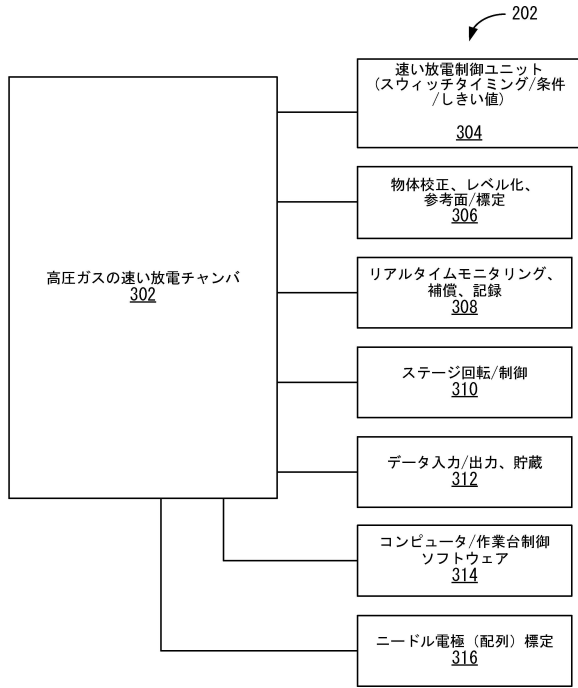
【図1-2】



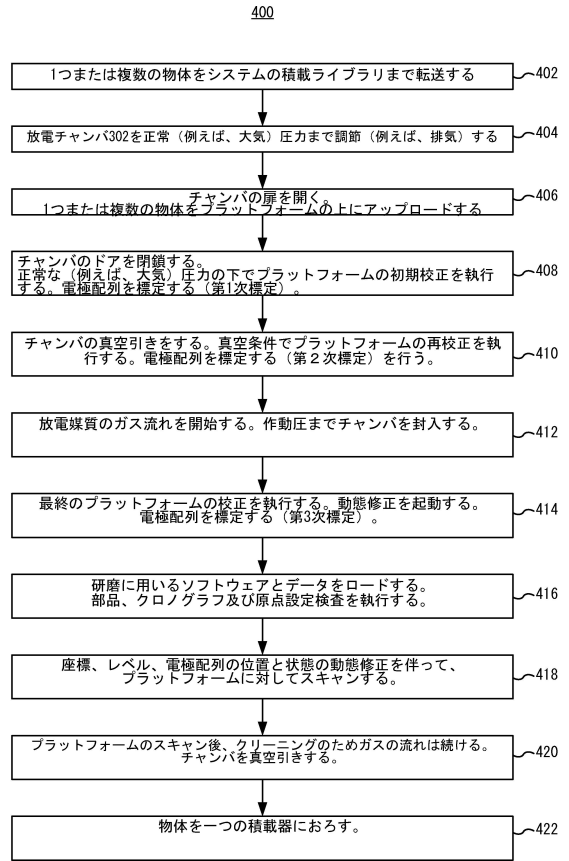
【図2】



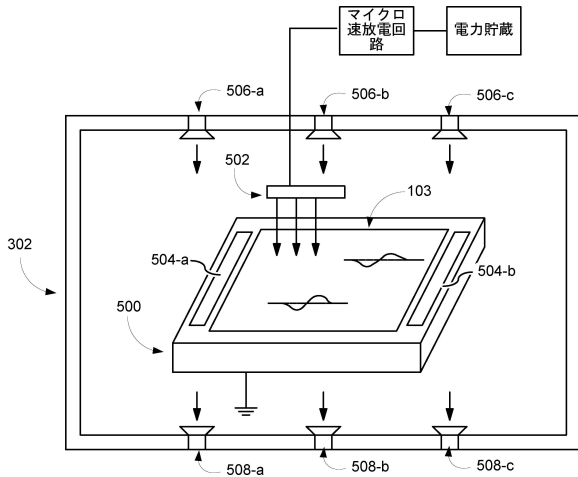
【図3】



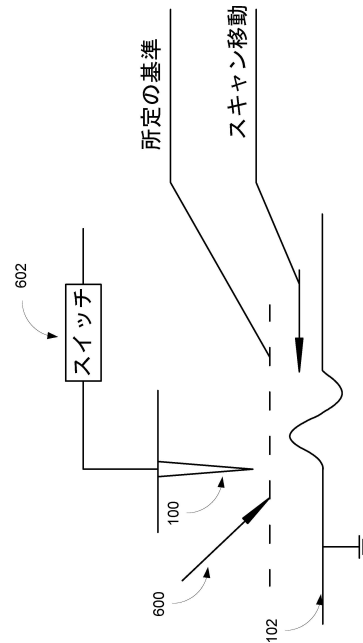
【図4】



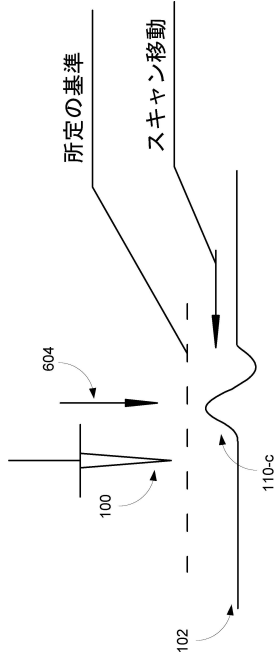
【図5】



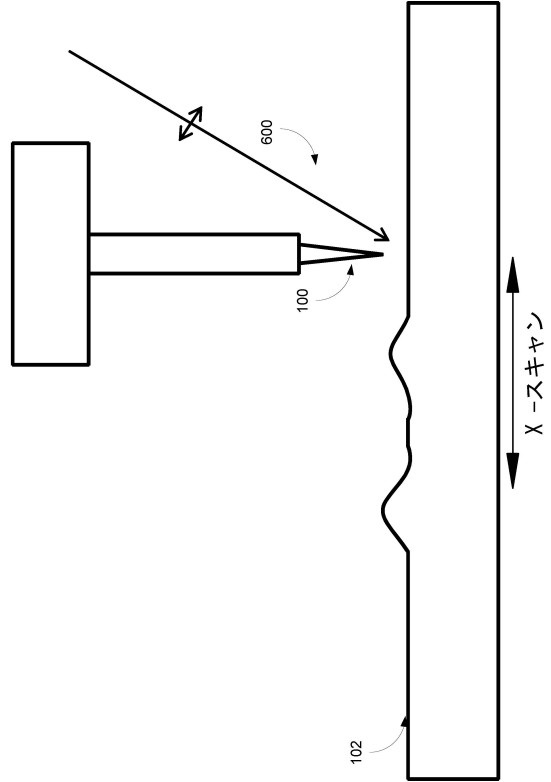
【図6 - 1】



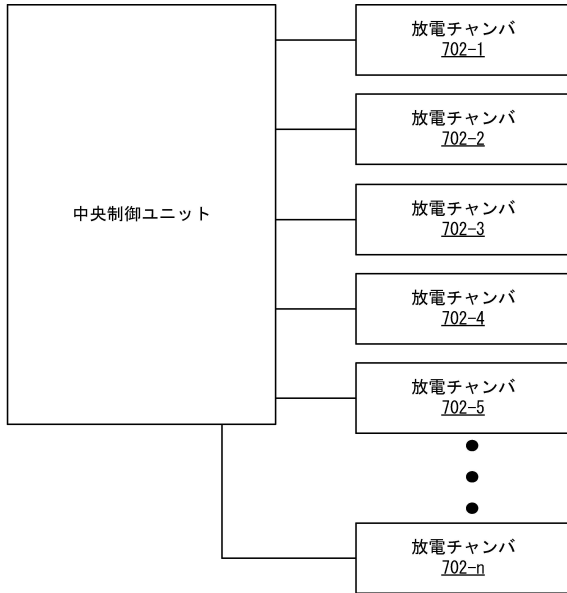
【図 6 - 2】



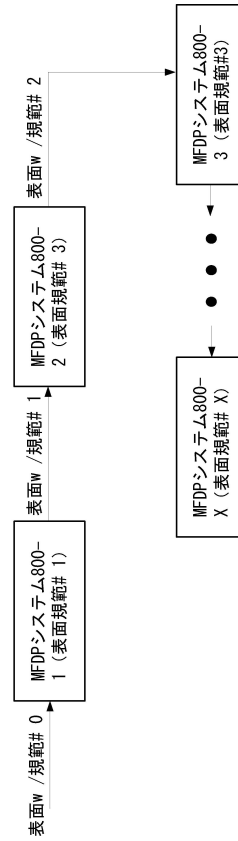
【図 6 - 3】



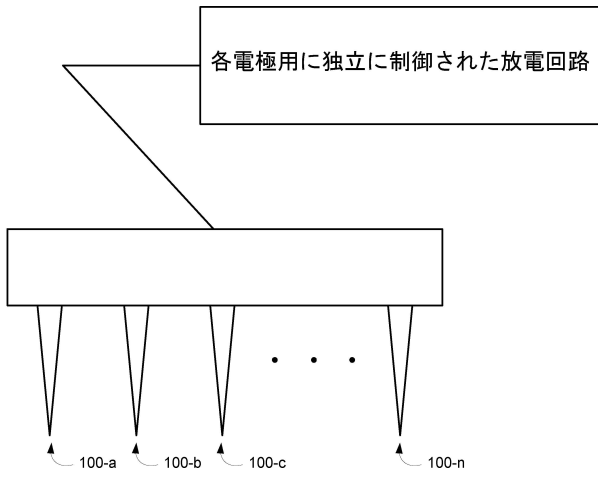
【図 7】



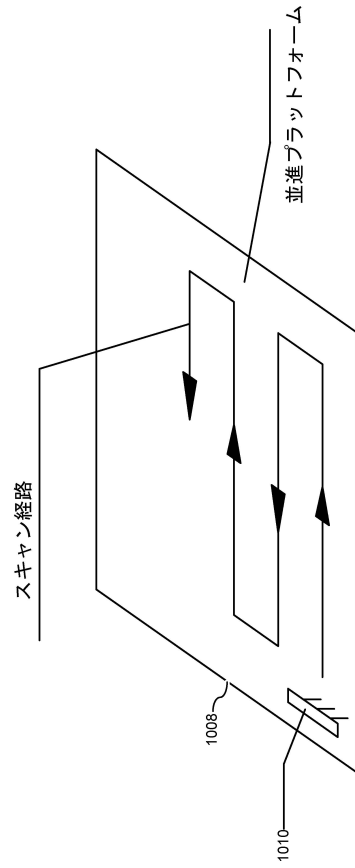
【図 8】



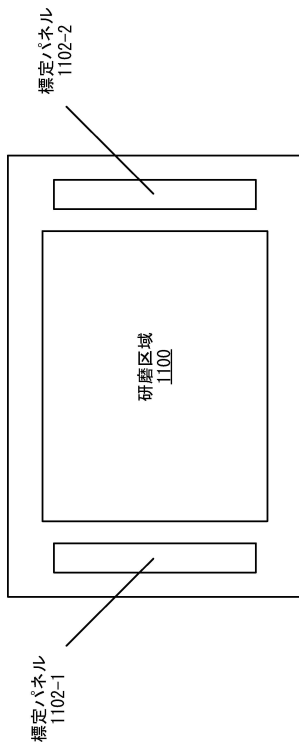
【図9】



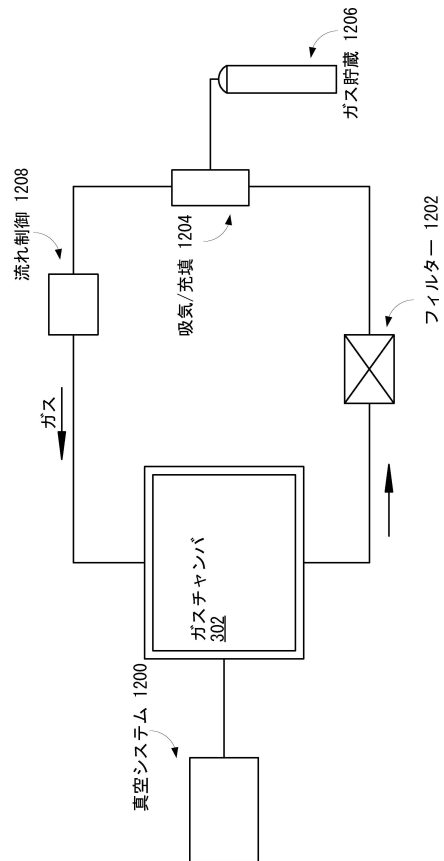
【図10-1】



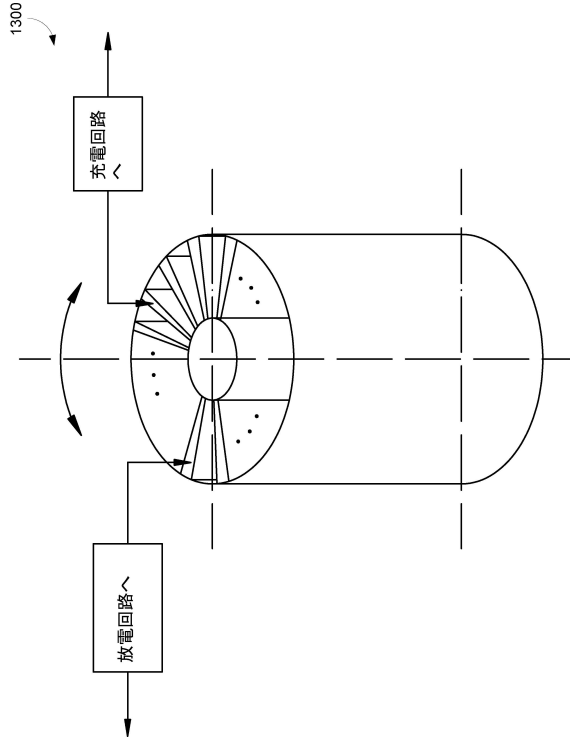
【図11】



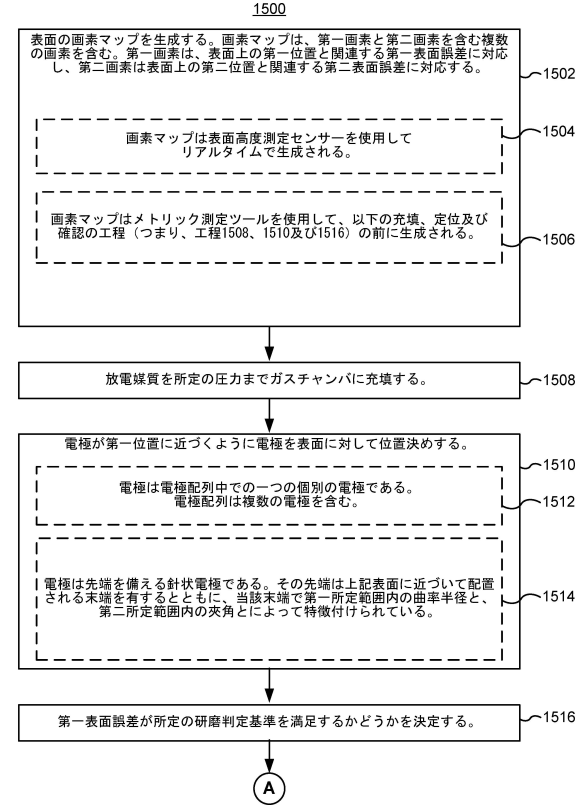
【図12】



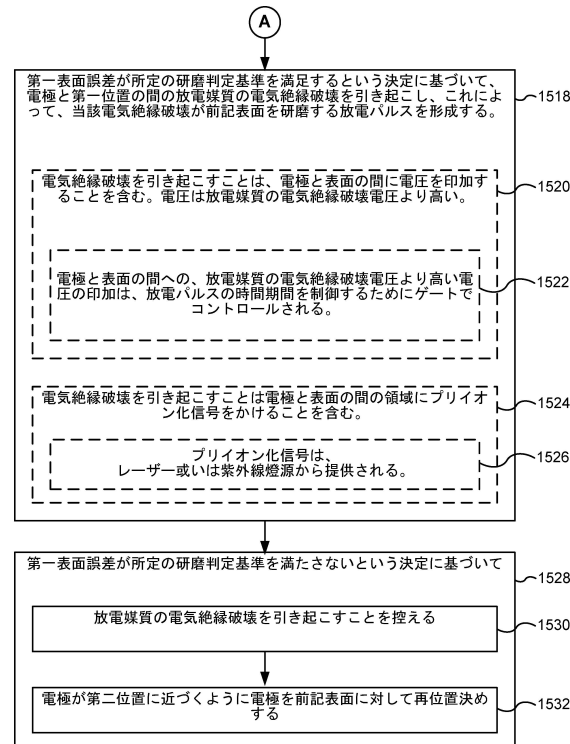
【図13】



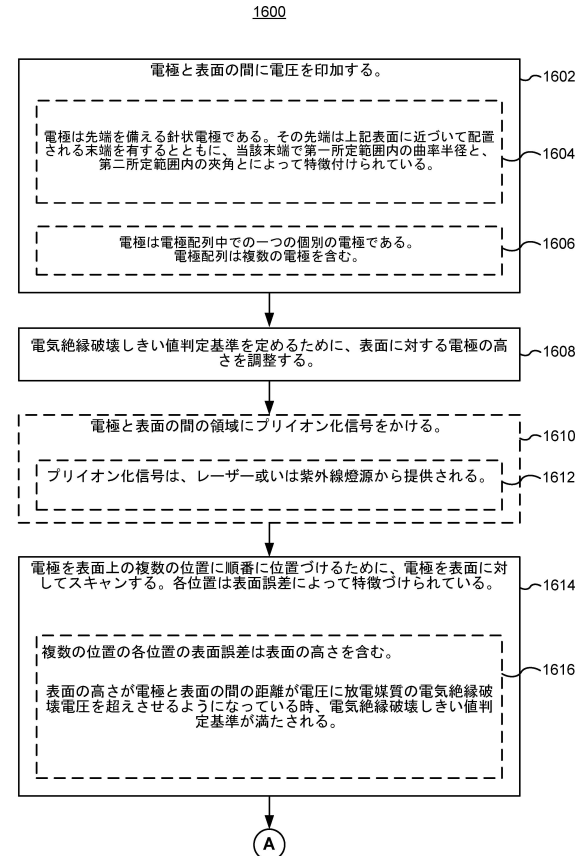
【図15-1】



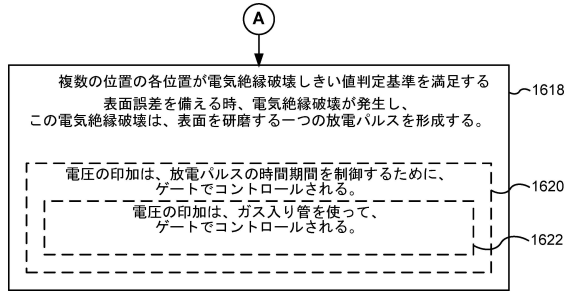
【図15-2】



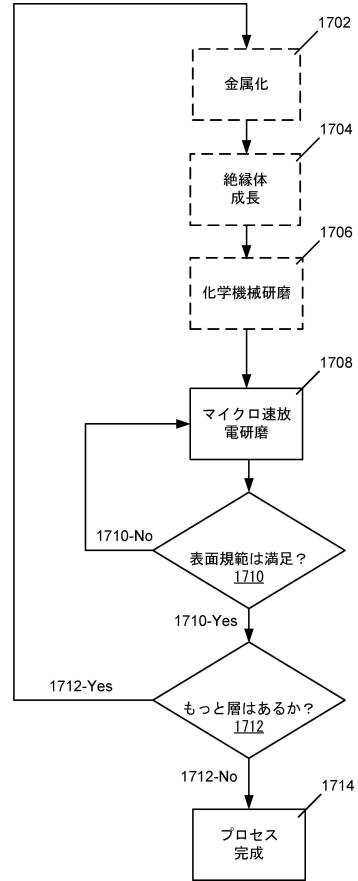
【図16-1】



【図 16 - 2】



【図 17】



フロントページの続き

早期審査対象出願

(72)発明者 シャー, カンミン

アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 28211, シャーロット, プロビデンス ロード 35
27

審査官 中田 剛史

(56)参考文献 特開2003-191132(JP, A)

特開2005-166801(JP, A)

特開2004-111948(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304