(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5149568号
(P5149568)
(45)発行日　平成25年2月20日(2013.2.20)　(24)登録日　平成24年12月7日(2012.12.7)

(51)Int.Cl.　　F I
B24C 5/02 (2006.01)　　B24C 5/02 C
B24C 3/12 (2006.01)　　B24C 3/12

請求項の数 16　(全 30 頁)

(21)出願番号　特願2007-229377(P2007-229377)
(22)出願日　平成19年9月4日(2007.9.4)
(65)公開番号　特開2009-61516(P2009-61516A)
(43)公開日　平成21年3月26日(2009.3.26)
審査請求日　平成22年8月25日(2010.8.25)

(73)特許権者　000154129
株式会社不二製作所
東京都江戸川区松江５丁目２番２４号
(74)代理人　100081695
弁理士　小倉　正明
(72)発明者　間瀬　恵二
東京都江戸川区松江５丁目２番２４号株式会社不二製作所内
(72)発明者　月田　盛夫
東京都江戸川区松江５丁目２番２４号株式会社不二製作所内

審査官　中野　裕之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】研削加工方法及び研削加工装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ワークの表面に噴射ノズルで研磨材を噴射して行う研削加工方法において，
前記ワークを所定の回転軌跡上で移動させると共に，
前記回転軌跡の外周線内を該回転軌跡の中心を中心とする同心円によって複数の等面積領域に画成し，
所定の軸支位置を支点とした揺動により前記噴射ノズルを往復移動させるスイングアームと，前記スイングアームに外接して回転することにより前記スイングアームを所定のパターンで揺動するカムを設け，
前記スイングアームに設けた噴射ノズルを，該噴射ノズルが所定のタイミングで配置されるべき位置にそれぞれ配置したときの，前記スイングアームの前記カムとの接触部分が配置される位置をそれぞれ基準入力点とし，
前記カムの外形形状を，前記タイミングに対応した回転角度毎に前記基準入力点を順次通過する形状と成すと共に，
回転する前記カムと前記スイングアームとの接触により，一定の加工条件で，研磨材を噴射する前記噴射ノズルを，前記各等面積領域の横断時間を一定として，前記各等面積領域に交差する方向に移動させることを特徴とする研削加工方法。
【請求項２】
前記ワークの回転軌跡が前記外周線と同心円の内周線とを有し，前記外周線と内周線間の間隔を前記各等面積領域に画成することを特徴とする請求項１記載の研削加工方法。

【請求項３】
前記等面積領域の面積をdsとしたとき，回転軌跡の内周側から外周側方向に移動する噴射ノズルが，前記回転軌跡の中心から半径ｒ$_{n}$の任意の点において所定時間内に，次式，
【数１】

$$dx = \sqrt{r_n^{\,2} + \frac{ds}{\pi}} - r_n$$

で示す移動距離dxに近似するように，前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項２記載の研削加工方法。
【請求項４】
前記等面積領域の面積をdsとしたとき，回転軌跡の外周側から内周側方向に移動する噴射ノズルが，前記回転軌跡の中心から半径ｒ$_{n}$の任意の点において所定時間内に，次式，
【数２】

$$dx = r_n - \sqrt{r_n^{\,2} - \frac{ds}{\pi}}$$

で示す移動距離dxに近似するように，前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項２記載の研削加工方法。
【請求項５】
前記ワークの回転軌跡の外周線内を同心円状に等面積に画成して，前記等面積領域とすることを特徴とする請求項１記載の研削加工方法。
【請求項６】
前記回転軌跡を複数個の等面積領域に画成したときの最小径の同心円の半径をｒ$_{1}$とし，中心からｎ番目の同心円上にある噴射ノズルが，所定時間内に外周方向に移動する距離dxが，
【数３】

$$dx = \sqrt{n}r_1 - \sqrt{n-1}r_1$$

に近似するように前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項５記載の研削加工方法。
【請求項７】
前記回転軌跡を複数個の等面積領域に画成したときの最小径の同心円の半径をｒ$_{1}$とし，中心からｎ番目の同心円上にある噴射ノズルが，所定時間内に内周方向に移動する距離dxが，
【数４】

$$dx = \sqrt{n+1}r_1 - \sqrt{n}r_1$$

に近似するように前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項５記載の研削加工方法。
【請求項８】
前記噴射ノズルの移動を前記回転軌跡の前記外周線と内周線の等面積領域範囲内で行うことを特徴とする請求項２～４いずれか１項記載の研削加工方法。
【請求項９】
前記噴射ノズルの移動を前記回転軌跡を外周線－中心方向－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間を横断して行うことを特徴とする請求項１～７いずれか１項記載の研削加工方法。
【請求項１０】

ワークに研磨材を噴射する噴射ノズルと，
前記ワークを所定の回転軌跡上で移動させる回転・搬送手段と，
前記噴射ノズルを，前記回転軌跡の外周線内を該回転軌跡の中心を中心とする同心円によって画成した複数の等面積領域の横断時間が一定として，前記各等面積領域に交差する方向に移動させる噴射ノズル移動制御手段を備え，
前記噴射ノズル移動制御手段が，所定の軸支位置を支点とした揺動により前記噴射ノズルを往復移動させるスイングアームと，前記スイングアームに外接して回転することにより前記スイングアームを所定のパターンで揺動するカムを備え，
前記スイングアームに設けた噴射ノズルを，該噴射ノズルが所定のタイミングで配置されるべき位置にそれぞれ配置したときの，前記スイングアームの前記カムとの接触部分が配置される位置をそれぞれ基準入力点とし，
前記カムの外形形状を，前記タイミングに対応した回転角度毎に前記基準入力点を順次通過する形状としたことを特徴とする研削加工装置。

【請求項１１】
前記スイングアームが，前記噴射ノズルを前記回転軌跡の前記外周線と該外周線と同心円の内周線間に往復移動させることを特徴とする請求項１０記載の研削加工装置。

【請求項１２】
前記スイングアームを，前記ワークの回転軌跡の面に対して直交する面で揺動させることを特徴とする請求項１１記載の研削加工装置。

【請求項１３】
前記ワークの回転軌跡が外周線と内周線とを有し，該外周線と内周線間の間隔を面積がdsである前記等面積領域に画成すると共に，
前記噴射ノズル移動制御手段が，前記回転軌跡の中心から半径r_nの任意の点において，回転軌跡の内周側から外周側方向に移動する噴射ノズルの所定時間内に移動する距離dxが，

【数５】

$$dx = \sqrt{r_n^{\,2} + \frac{ds}{\pi}} - r_n$$

と近似するように前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項１０～１２いずれか１項記載の研削加工装置。

【請求項１４】
前記ワークの回転軌跡が外周線と内周線とを有し，該外周線と内周線間の間隔を面積がdsである前記等面積領域に画成すると共に，
前記噴射ノズル移動制御手段が，前記回転軌跡の中心から半径r_nの任意の点において，回転軌跡の外周側から内周側方向に移動する噴射ノズルの所定時間内に移動する距離dxが，

【数６】

$$dx = r_n - \sqrt{r_n^{\,2} - \frac{ds}{\pi}}$$

と近似するように前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項１０～１２いずれか１項記載の研削加工装置。

【請求項１５】
前記ワークの回転軌跡の外周線内を同心円状に等面積に画成してｎ個の前記等面積領域を形成し，前記等面積領域を画成する最小径の同心円の半径をr_1としたとき，
前記噴射ノズル移動制御手段が，中心からｎ番目の同心円上にある噴射ノズルを，所定時間内に外周方向に，

【数７】

$$dx = \sqrt{n}r_1 - \sqrt{n-1}r_1$$

で規定される移動距離dxに近似した移動距離で移動するように前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項１０～１２いずれか１項記載の研削加工装置。

【請求項１６】

前記ワークの回転軌跡の外周線内を同心円状に等面積に画成してｎ個の前記等面積領域を形成し，前記等面積領域を画成する最小径の同心円の半径をｒ１としたとき，

前記噴射ノズル移動制御手段が，中心からｎ番目の同心円上にある噴射ノズルを，所定時間内に内周方向に，

【数８】

$$dx = \sqrt{n+1}\,r_1 - \sqrt{n}\,r_1$$

で規定される移動距離dxに近似した移動距離で移動するように前記噴射ノズルを移動させることを特徴とする請求項１０～１２いずれか１項記載の研削加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は，砥粒や各種研磨材（本発明において，これらを総称して「研磨材」という。）の噴射によって，被処理対象ないし被加工対象面（本発明において，「ワーク」という。）を研磨，切削，クリーニング等（本発明において，これらを総称して「研削」という。）を行う研削加工方法及び研削加工装置に関し，例えばシリコンウエハー等のウエハーを処理対象とし，このウエハー上に形成された膜や汚れの研削に用いることができる研削加工方法及び前記研削方法に使用する研削加工装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

例えば，ウエハー等，半導体デバイス材料としては，例えば，単結晶シリコンウエハーに多数の工程から成る加工を施すことで製造されているが，このような半導体デバイスの製造に際し，各工程の状態をモニタリングし，各プロセスにおける条件等の検討を行うために，所謂，テストウエハーと呼ばれるテスト用のウエハーを製造工程にかけることが行われる。

【０００３】

以下，テストウエハーを例として，技術的背景，及び課題について説明する。

【０００４】

このようなテストウエハーは，実際に販売等される製品の製造に使用されるウエハー（プライムウエハー）の生産量の約１／３程度の量が使用されているとも言われる程，多量に使用されているが，このような検査用のテストウエハーは，半導体デバイスの製造工程にかけられるものの，最終的に製品として出荷されるものではないために，プライムウエハーと同様の平滑面を備えるものであれば再生品であっても使用上差し支えがない。

【０００５】

そこで，このようなテストウエハーは，一旦，半導体デバイスの製造工程にかけて各種テストに使用した後，表面に形成された被膜や汚れをエッチングにより除去して繰り返し使用されており，このようなウエハーの再生使用によって高価であるシリコンウエハーの使用量の減少と製造コストの低減が図られている。

【０００６】

このような使用済みテストウエハーを再生するために，表面に形成された被膜等を除去する方法としては，従来，化学的なエッチング法が用いられてきたが，化学的エッチングにより被膜の除去を行う場合，材質により腐蝕の速度が異なるために，異なる材質で構成された被膜が混在するテストウエハーをエッチング液に浸漬すると，この材質の相違によ

る腐蝕速度の相違によってエッチング後のテストウエハーの表面には凹凸が生じる。
【０００７】
そのため，このようにして生じた凹凸を，プライムウエハーと同様の平坦面に加工しようとすれば，次工程のポリッシングによる削りしろを大きくとる必要があり，その結果，テストウエハーは一度の使用で厚みが大幅に減少し，これにより再生使用回数が制限されるものとなっている。
【０００８】
また，前述した化学的エッチングによる場合，エッチング液の使用が不可欠であるため，エッチング液やエッチング後のシリコンウエハーの洗浄に使用した洗浄水などはこれをそのまま廃棄できず，エッチング液を無害化するための処理が必要となり，このような処理のための設備等が必要となる。
【０００９】
そのため，近年では，薬液等を使用した化学的処理から，薬液等を使用しないドライ方式への転換が求められている。
【００１０】
このようなドライ方式によりシリコンウエハーのエッチングを行う方法として，シリコンウエハーの被膜形成面に粉体を吹き付けることにより被膜を研磨除去する方法も提案されている（特許文献１参照）。
【００１１】
上記ウエハーには，テストウエハーの他，再生に供されるダミーウエハー，プライムウエハーをも含む。
【００１２】
この発明の先行技術文献情報としては次のものがある。
【特許文献１】特開２００１－１６２５３５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１３】
以上のように，研磨材の粉体を吹き付けることによりシリコンウエハー上の被膜を除去する方法において，例えば１回の処理により多数のシリコンウエハーを同時に処理しようとすれば，ターンテーブル上に所定数のシリコンウエハーを，例えば，ターンテーブルの外周側に隣接して並べて配置し，このターンテーブルを該ターンテーブルの中心を回転中心として回転（公転）・搬送させることによりシリコンウエハーを回転移動させ，この移動するシリコンウエハー上に研磨材を噴射することが効率的である。
【００１４】
また，単一のシリコンウエハーを処理する場合であっても，このシリコンウエハーが大型である等，定点に対する粉体の吹き付けによっては全体の加工ができない場合，このシリコンウエハーをターンテーブル上に載置して該ターンテーブルの中心を回転中心として回転（自転）させながら研磨材の噴射を行うことが必要となる。
【００１５】
そして，このようにターンテーブル上を移動するシリコンウエハーの全面に対して研磨材を噴射しようとすれば，シリコンウエハーＷの回転（公転）・搬送軌跡をターンテーブルの外周線－内周線間を横断するように噴射ノズルを反復して往復移動させたり〔図１５（Ａ）参照〕，又は一の自転するシリコンウエハーないしターンテーブル上のワークを外周線－中心方向－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間を横断するように噴射ノズルを反復して往復移動〔図１５（Ｂ）参照〕させたりする処理が行われる。
【００１６】
しかし，上記の方法で噴射ノズルを移動する場合，噴射ノズルの移動速度を一定速度とすれば，図１５（Ａ），（Ｂ）どちらの場合にも，これによって加工されるシリコンウエハーは，回転（・搬送）軌跡の外周側において加工度が低く，中心側において加工度が高くなる。

【００１７】
すなわち，図１６に示すように，半径ｒの微小な円と，これに対して半径が２，３，４，５倍と増加する半径２ｒ，３ｒ，４ｒ，５ｒの同心円とすると，面積比で，半径ｒの円に対し，半径２ｒの円は４倍，３ｒの円は９倍，半径４ｒの円は１６倍，半径５ｒの円は２５倍と，各円の面積は，半径の倍数の自乗ずつその面積を拡大し，半径ｒの中心円の面積に対し，その外周に形成された各無端環状の帯状部分の面積は，外周方向に向かうに従って，３，５，７，９・・・倍とその面積を増加する。
【００１８】
従って，単位時間あたり角度θの一定速度で回転するターンテーブル上に載置されたシリコンウエハーを，例えば，単位時間あたり距離ｒの一定速度で前記外周線と該外周線と同心円の内周線間に移動する噴射ノズルによって，回転中心から外周方向に向かって加工すると，単位時間あたりの加工面積も，中心からの移動距離が増えるに従って，図中黒塗り部分に示すように上記倍率で増加する。逆に言えば，単位面積あたりの加工時間は内周側から外周側に向かうに従って減少する。
【００１９】
そのため，噴射ノズルより噴射される研磨材の材質，単位時間あたりの研磨材の噴射量，アークハイトないし噴射圧力や噴射速度，噴射距離（噴射ノズルとワーク間距離）等の他の加工条件が一定であれば，上記のように噴射ノズルを定速で移動させる場合，上述したように一のワークの回転軌跡ないし複数のワークをターンテーブルに同心円上に載置した場合のターンテーブルの回転軌跡の外周側において加工度が低く，内周側において加工度が高くなるという問題が生じシリコンウエハーの表面全体を均一に研削することができない。
【００２０】
その結果，加工度の低い外周側を基準として，加工時間等の加工条件を設定すると，加工度の高い内周側では過剰に研削が行われることとなり，また，加工度の高い内周側にあわせて加工条件を設定すると，加工度の低い外周側では被膜を完全に除去できずに残してしまうこととなる。
【００２１】
特にシリコンウエハーのサイズは，５，６，８インチと大型化し，さらに現在においては１２インチに移行しているように，年々大型化していることから，このような大型化に伴い，前述の加工ムラはより一層顕著に現れることとなる。
【００２２】
複数のワークをターンテーブルに同心円上に載置した場合に，このような回転軌跡の内周側と外周側とにおける加工度の差を無くそうとすれば，前述の研磨装置によって一旦シリコンウエハーの研削を行った後，ターンテーブル上の治具等から加工後のシリコンウエハーを取り外し，このシリコンウエハーを前回の加工時とは内外周方向の向きを逆向きに並べ替えて治具に再固定して，再度，研削処理を行う等，シリコンウエハーの全面が均一となるように数回に分けて加工する作業が必要となり，研削作業が繁雑となる。
【００２３】
なお，以上の説明では，テストウエハーを再生する場合を例に挙げて説明したが，このような問題は，テストウエハーを再生する場合に限られず，例えばシリコンウエハーの表面を研磨，研削したり，所定の粗さで凹凸付けをしたり，さらには，スリットの形成，切り出し（ダイシング）を研磨材の噴射により行う場合等，円周軌跡上を移動するシリコンウエハーの表面に研磨材を噴射することにより行う研削作業全般について同様に生じる問題である。
【００２４】
また，加工対象をシリコンウエハーとする場合に限定されず，蒸着治具や金型のクリーニング等の研削，その他如何なるワークを対象とした研削加工であっても，回転軌跡上を移動するワークに対して加工を行う場合には，前述のような加工むらが生じるおそれがある。

【００２５】
そこで本発明は，前述のように回転軌跡上を移動するワークに研磨材を噴射する場合に生じる前述のような問題を解消するためになされたもので，研磨材の噴射により行うワークの研削において，比較的簡単な方法により回転軌跡上を移動するワークの全面を，均一に研削することができる研削加工方法及び前記方法を実現するための研削加工装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００２６】
上記目的を達成するために，本発明の研削加工方法は，ワークＷの表面に噴射ノズル２０で研磨材を噴射して行う研削加工方法において，
前記ワークＷを所定の回転軌跡上で移動させると共に，
前記回転軌跡内を該回転軌跡の中心を中心とする同心円によって複数の等面積領域に画成し，
所定の軸支位置を支点とした揺動により前記噴射ノズル２０を往復移動させるスイングアーム３１と，前記スイングアーム３１に外接して回転することにより前記スイングアーム３１を所定のパターンで揺動するカム３５を設け，
前記スイングアーム３１に設けた噴射ノズル２０を，該噴射ノズル２０が所定のタイミングで配置されるべき位置にそれぞれ配置したときの，前記スイングアーム３１の前記カム３５との接触部分が配置される位置をそれぞれ基準入力点ｐ１～ｐ７とし，
前記カム３５の外形形状を，前記タイミングに対応した回転角度毎に前記基準入力点ｐ１～ｐ７を順次通過する形状と成すと共に，
回転する前記カム３５と前記スイングアーム３１との接触により，一定の加工条件で，研磨材を噴射する前記噴射ノズル２０を，前記各等面積領域の横断時間を一定，すなわち，前記回転軌跡の中心側に向かうに従い相対的に速く，外周側に向かうに従い相対的に遅くなるよう移動を制御して，各等面積領域に交差する方向に移動ないし揺動させることを特徴とする（請求項１；図８，１０，１１参照）。また，前記移動ないし揺動を反復することも必要に応じて可能である。
【００２７】
このような等面積領域の画成において，例えば（ターンテーブルの）外周線側に外周縁が位置するウエハーから成る複数のワークを対象とするとき，前記ワークの回転軌跡が前記外周線と，この外周線から前記ワークの直径と同一の距離でなる，同心円の内周線とを有する場合，該外周線と内周線間の間隔を前記等面積領域に画成することができ（請求項２；図８，１０参照），または，単一のワークを自転させるときには，前記ワークの回転軌跡の外周線内の空間を，前記等面積領域に画成しても良い（請求項５；図１１参照）。なお，ワークＷが，図８，１０に示すように内周線を有する環状の回転軌跡を有するものである場合においても，この外周線内を図１１に示すように等面積に画成しても良い（請求項１）。
【００２８】
回転軌跡の内外周線間を，面積をdsの複数の等面積領域に画成した場合，前記回転軌跡の中心から半径ｒ$_n$の任意の点において所定時間内に噴射ノズルが外周方向に向かって移動する移動距離dxは，これを，
【数９】

$$dx = \sqrt{r_n^{\,2} + \frac{ds}{\pi}} - r_n$$

と近似するように制御することができ（請求項３），
また，内周方向に向かって移動する移動距離dxは，これを，

【数１０】

$$dx = r_n - \sqrt{r_n^2 - \frac{ds}{\pi}}$$

と近似するように制御することができる（請求項４）。

【００２９】

さらに，前記回転軌跡の外周内を，同心円状に複数の等面積領域に画成したときの最小径の同心円の半径をｒ$_1$とし，中心からｎ番目の同心円上にある噴射ノズルが，所定時間内に外周方向に移動する距離dx$_n$が，

【数１１】

$$dx_n = \sqrt{n}r_1 - \sqrt{n-1}r_1$$

内周方向に移動する距離dx$_n$が，

【数１２】

$$dx_n = \sqrt{n+1}r_1 - \sqrt{n}r_1$$

と近似するように，前記噴射ノズルを移動させることができる（請求項６，７）。

【００３０】

このような噴射ノズル２０の移動は，これを前記回転軌跡の外周線－内周線間の範囲内で行うものとしても良く（請求項８），又は，前記移動ないし揺動を外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間方向に横断して行うものとしても良い（請求項９）。

【００３１】

更に，上記研削加工方法による処理は，前記回転軌跡の中心を中心として公転するワークＷを対象としても良く，又は，前記回転軌跡の中心を中心として自転するワークＷを対象とするものであっても良い。

【００３２】

また，本発明の研削加工装置は，ワークＷに研磨材を噴射する噴射ノズル２０と，前記ワークＷを所定の回転軌跡上で移動させる，ターンテーブル１１等を備えた回転・搬送手段１０と，前記噴射ノズル２０を，前記回転軌跡内を，該回転軌跡の（回転）中心を中心とする同心円によって画成された複数の等面積領域に画成すると共に，前記噴射ノズル移動制御手段３０を，前記各等面積領域の横断時間が一定となるように前記噴射ノズル２０の移動を制御し，前記回転軌跡の中心側に向かうに従い相対的に速く，外周側に向かうに従い相対的に遅くなるように移動速度を制御しながら前記各等面積領域に交差する方向に移動させる噴射ノズル移動制御手段３０を備え，

前記噴射ノズル移動制御手段３０が，所定の軸支位置を支点とした揺動により前記噴射ノズル２０を往復移動させるスイングアーム３１と，前記スイングアーム３１に外接して回転することにより前記スイングアーム３１を所定のパターンで揺動するカム３５を備え，

前記スイングアーム３１に設けた噴射ノズル２０を，該噴射ノズル２０が所定のタイミングで配置されるべき位置にそれぞれ配置したときの，前記スイングアーム３１の前記カム３５との接触部分が配置される位置をそれぞれ基準入力点（ｐ１～ｐ７）とし，

前記カム３５の外形形状を，前記タイミングに対応した回転角度毎に前記基準入力点を順次通過する形状としたことを特徴とする（請求項１０）。

【００３３】

前記スイングアーム３１は，前記噴射ノズル２０を前記回転軌跡の前記外周線と該外周線と同心円の内周線間に往復移動させることができる（請求項１１；図８，１０，１１参照）。

【００３４】

前記構成の研削加工装置において，前記スイングアーム３１は，これを前記ワークＷの回転軌跡の面に対して直交する面で揺動させるようにしても良い（請求項１２；図１３参照）。

【００３５】

なお，前記ワークＷの回転軌跡が外周線と内周線とを有し，該外周線と内周線間の間隔を前記等面積領域に画成すると共に，

前記噴射ノズル移動制御手段が，前記回転軌跡の中心から半径ｒ$_n$の任意の点において，回転軌跡の内周側から外周側方向に移動する噴射ノズルの所定時間内に移動する距離dxが，

次式

【数１３】

$$dx = \sqrt{r_n^{\,2} + \frac{ds}{\pi}} - r_n$$

内周側方向に移動する噴射ノズルの所定時間内に移動する距離dxが，

次式

【数１４】

$$dx = r_n - \sqrt{r_n^{\,2} - \frac{ds}{\pi}}$$

と近似するように前記噴射ノズルを移動させることもできる（請求項１３，１４）。

【００３６】

また，前記ワークＷの回転軌跡の外周線内を同心円状に等面積に画成してｎ個の前記等面積領域を形成し，前記等面積領域を画成する最小径の同心円の半径をｒ１としたとき，

前記噴射ノズル移動制御手段が，中心からｎ番目の同心円上にある噴射ノズルを，所定時間内に外周方向に，次式

【数１５】

$$dx_n = \sqrt{n}r_1 - \sqrt{n-1}r_1$$

内周方向に，次式

【数１６】

$$dx_n = \sqrt{n+1}\,r_1 - \sqrt{n}\,r_1$$

で規定する移動距離dxｎと近似した距離で移動するように前記噴射ノズルを移動させるものとしても良い（請求項１５，１６）。

【発明の効果】

【００３７】

本発明の研削加工方法及び研削加工装置によれば，以上説明した本発明の構成により，噴射ノズル２０を移動させる際，回転移動するワークＷの回転軌跡の外周側から内周側に向かうに従い相対的に移動速度を速くし，また，逆に内周側から外周側に向かうに従い移動速度を相対的に遅く変化させ，回転軌跡の内周側と外周側で生じる加工度の変化を減少することができた。

【００３８】

その結果，例えばテストウエハーの再生において，ターンテーブル上に対するテストウエハーを並べ代えて複数回に亘って処理する等の作業が不要となり，一回の処理によってテストウエハーを均一に研削することができると共に，テストウエハーの研削量（厚みの減少）を減らすことができ，これにより，テストウエハーの再生使用回数を増加させることができた。

【００３９】

又，噴射ノズル２０が前記各等面積領域を等速度で横断するように噴射ノズル２０の移動速度を前述のように制御するカム３５を設けることで，回転軌跡上を移動するワークＷのいずれの部分においても単位面積あたりの加工時間が一定となり，回転軌跡の内外周側で生じる加工ムラを略完全に無くすことができた。

【００４０】

このような噴射ノズル２０の移動は，例えば前記ワークＷが前記ターンテーブルの回転軌跡の中心を中心とした公転移動をしている等，回転軌跡の中心部に対する研磨材の噴射が必要でない場合には前記噴射ノズルの移動範囲を，前記回転軌跡の外周線－内周線間の範囲内すなわち，ワーク直径内で行うことにより達成される。

【００４１】

一方，前記噴射ノズルの移動を，前記回転軌跡の外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間で行うことで，例えば自転する単一のワークＷに対して研削加工を行う場合であっても，ワークに対して均一な加工を行うことができた。

【００４２】

噴射ノズル２０の移動をスイングアーム３１によって行う場合，このスイングアームの移動ないし揺動方向を，ワークＷの回転軌跡の面に対して直交する面で行うことで，噴射ノズルをワークの外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間を移動する直線移動とすることができた。その結果，ワークＷの回転方向と平行に揺動させて噴射ノズルを弧状に移動させる場合に生じる，等面積領域の幅と，この等面積領域の横断に必要な噴射ノズルの移動距離との差が生じず，噴射ノズル２０の移動の制御を正確に行うことができた。

【００４３】

なお，前述した各数式で求めた移動距離dx（dx_n）で噴射ノズルを移動させる場合には，いずれの等面積領域に対する噴射ノズルの横断時間が共に一定となるよう，噴射ノズルを移動させることができた。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４４】

次に，本発明の実施形態につき以下説明する。

【００４５】

なお，以下の実施形態にあっては，研削加工の対象であるワークＷをいずれもウエハーとした場合を例として説明するが，本発明におけるワークＷは，前述したようにウエハーないしシリコンウエハーに限定されず，金型や治具等，各種のものを対象とすることができる。

【００４６】

本発明の研削加工装置は，ワークＷ（ここでは，一例として，シリコンウエハーＷ）の表面に研磨材を噴射するブラスト加工装置１であり，シリコンウエハーＷを所定の回転軌跡上で移動させる回転・搬送手段１０と，この搬送されるシリコンウエハーＷに対して研磨材を噴射する噴射ノズル２０，及び前記噴射ノズル２０を所定の移動方向に，所定の制御された移動速度で移動させる噴射ノズルの移動制御手段３０を少なくとも備える（図４参照）。

【００４７】

図１～図３に示すブラスト加工装置１は，金属板等によって形成されたキャビネット２の内部に，ブラスト加工を行うための加工室３が形成されていると共に，このキャビネット２の下部を，下方に向かって幅を狭める逆角錐状に形成して加工室３内で噴射された研磨材を回収することができるように構成している。

【００４８】

このキャビネット２内に形成された加工室３内には，加工対象であるシリコンウエハーＷを載置して回転することで，所定の回転軌跡で前記シリコンウエハーＷを加工室３内で移動させる，ターンテーブル１１等によって構成された回転・搬送手段１０と，この回転・搬送手段１０に取り付けられたシリコンウエハーＷに対して研磨材を噴射する噴射ノズ

ル２０が配置されていると共に，この噴射ノズル２０を所定の移動方向に，制御された移動速度で移動させる噴射ノズル移動制御手段３０が，前記キャビネット２内外に跨って設けられている。

【００４９】

前述の回転・搬送手段１０は，本実施形態にあってはキャビネット２内に形成された加工室３内で水平方向に回転するターンテーブル１１を備え，図示の実施形態にあってはこのターンテーブル１１を平面視において中央部分を開口した無端環状に形成している（図５参照）。

【００５０】

加工対象とするシリコンウエハーWは，このターンテーブル１１上に直接載置して搬送するものとしても良いが，本実施形態にあっては，前記ターンテーブル１１上に加工対象とするシリコンウエハーWをそれぞれ個別に取り付け可能と成す複数の治具１２を設け，この治具１２上にそれぞれにシリコンウエハーWを剥離可能な接着又は後述真空チャック等の固定手段で固定できるように構成した（図４参照）。

【００５１】

ここでは，この治具１２は，本実施形態にあっては，加工対象とするシリコンウエハーWを載置可能なサイズの円盤状を成し，この治具１２上に載置されたシリコンウエハーWが，加工中，噴射ノズル２０より噴射される研磨材や圧縮空気等によって吹き飛ばされ，または位置ずれを起こすことがないよう，これを固定する手段，例えば載置されたシリコンウエハーWを真空吸着する真空チャック又は，静電的に固着する静電チャック等を設けることが好ましい。

【００５２】

この治具１２は，前述のターンテーブル１１上に位置決めされて固定され，これにより各治具１２上のシリコンウエハーWは，ターンテーブル１１上に安定した状態で固定されると共に，ターンテーブル１１の回転に伴い，このターンテーブル１１の回転中心を中心として公転する。

【００５３】

前記ターンテーブル１１及びこのターンテーブル１１に設けられた治具１２から成る前記回転・搬送手段１０によって移動するシリコンウエハーWに対して研磨材を噴射する前述の噴射ノズル２０は，この噴射ノズル２０をシリコンウエハーWの回転軌跡を横断する方向に移動，本実施形態では反復移動させる，噴射ノズル移動制御手段３０に取り付けられており，この噴射ノズル移動制御手段３０によって噴射ノズル２０は，前記シリコンウエハーWの回転軌跡を横断する方向に反復移動すると共に，ターンテーブル１１の中心側に向かうに従い速く，外周側に向かうに従い遅くなるようにその移動速度が制御される。

【００５４】

このような噴射ノズル２０の移動と，移動速度の制御を行うための，前記噴射ノズル移動制御手段３０は，図５に示すように，前記噴射ノズル２０を揺動させるスイングアーム３１（３１ａ～３１ｃ）と，このスイングアーム３１を揺動させるカム３５を備えており，このカム３５の形状を本願発明による形状とすることによって，噴射ノズル２０の移動速度を前述したように，内外周方向における位置に対応して可変とする速度制御が可能となる。

【００５５】

本実施形態にあっては，前述のカム３５や，このカム３５を回転駆動するモータ３６，該モータ３６の回転を前記カムに伝達する動力伝達機構３７（図６及び図７に示す例では，プーリ３７ａ，３７ｂ及びプーリベルト３７ｃ）を，研磨材や粉塵等の影響が比較的少ない加工室３外に配置することができるようするために，前記キャビネット２の天板にキャビネット２内外を貫通する軸受３８を設け，この軸受３８に，キャビネット２内外を貫通して設けられた回転軸３２を回転自在に軸承し，キャビネット２外で前記回転軸３２に与えられた回転力を，キャビネット２内に伝達する構成としている。

【００５６】

そして，キャビネット２内でこの回転軸３２に直交方向に取り付けた噴射ノズル取付アーム３４と，前記キャビネット２外で前記回転軸３２に対して直交するよう取り付けて，前記カム３５と接触してカム３５の外周形状に従って揺動されるカムアーム３３を設け，前記回転軸３２，噴射ノズル取付アーム３４及びカムアーム３３によって，前述したスイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）がそれぞれ形成されている。

【００５７】

図５に示す実施形態にあっては，このスイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）を，１つのブラスト加工装置１に対して３つ設け，このうちの２つのスイングアーム３１ａ，３１ｂに設けたカムアーム３３，３３を，後述するカム３５を挟むように配置することで（図６，７参照），２つのスイングアーム３１ａ，３１ｂを揺動すると共に，前記２つのスイングアームのうちの一方のスイングアーム３１ａの回転軸３２と，残りの１つのスイングアーム３１ｃの回転軸３２をリンク３９によって連結することで，３つのスイングアーム３１ａ，３１ｂ，３１ｃを単一のカム３５の回転によってシリコンウエハーWの移動軌跡を横断するように揺動することができると共に，この揺動による噴射ノズル２０の移動速度を前述したように回転軌跡の中心側に向かうに従って速く，外周側に向かうに従って遅くなるように制御している。

【００５８】

なお，図示の実施形態にあっては，前述したように１つのブラスト加工装置１に３つのスイングアーム３１ａ，３１ｂ，３１ｃを設けた例を説明したが，ブラスト加工装置１のサイズ，１バッチあたりに処理するシリコンウエハーWの数などに応じて，噴射ノズル２０の数及びこれを移動させるスイングアーム３１の数は，これを増減することが可能である。

【００５９】

また，図示の実施形態にあっては，各スイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）に設けた噴射ノズル取付アーム３４にそれぞれ２個ずつ噴射ノズル２０を取り付けているが（図４及び図５参照），各スイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）に取り付ける噴射ノズル２０の数は，１つであっても良く，又は２個以上の噴射ノズル２０を設けるものとしても良い。

【００６０】

このスイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）は，シリコンウエハーWの回転軌跡を横断するように前記噴射ノズル２０を往復動させることができるものであればその取り付け位置は特に限定されず，キャビネット２のいずれの位置に取り付けても良く，図示の実施形態にあっては，スイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）の揺動における支点となる回転軸３２が，平面視においてターンテーブル１１の外周側となるように配置していると共に，カム３５をこの回転軸３２に対してターンテーブル１１の内周側に配置しているが（図５参照），これとは逆に，スイングアーム３１の支点となる回転軸３２が内周側，カム３５が外周側となるように配置するものとしても良く，図示の実施形態に限定されない。

【００６１】

前記シリコンウエハーWの回転軌跡に交差する前記噴射ノズル２０の移動は，前述のように，ターンテーブル１１の外周側から内周側に向かうに従って相対的に速度が速く，内周側から外周側に向かうに従って相対的に速度が遅く変化するように制御される。

【００６２】

このような噴射ノズル２０の移動速度制御は，図８に示すように，シリコンウエハーWの回転軌跡，同心円によって面積が一定となるように複数の等面積領域に区画し，各等面積領域に対する噴射ノズル２０の横断時間が一定となるように制御する。従って，結果として，外周側から内周側に移動するに従い噴射ノズル２０の移動速度が速く，内周側から外周側に向かうに従い移動速度が遅く変化するように移動速度を制御することになる。かようにして，同一加工条件における研磨材の噴射により単位時間あたりに加工できる加工面積が，この軌跡の内周側と外周側で一定となるようにすることができる。

【００６３】
図８に示した例では，説明の便宜上，シリコンウエハーＷの回転軌跡，無端環状の帯状に形成された６つの等面積領域に区画した例を示しているが，このシリコンウエハーＷの回転軌跡を更に多数の等面積領域に区画することにより，より好ましくは，シリコンウエハーＷの回転軌跡を，無数の微小な等面積領域の連続として捉え，各等面積領域の横断時間を一定時間τとするように噴射ノズル２０の移動を制御することで，より正確に単位時間あたりの加工面積を一定にすることが可能となる。
【００６４】
このように，回転軌跡の内周側と外周側とにおいて加工むらを無くすことのできる噴射ノズル２０の移動速度の変化は，一例として以下のようにして算出することができる。
【００６５】
ワークＷが，内周の半径がｒ，外周の半径がＲである環状の回転軌跡上を移動している場合において，噴射ノズルが，ワークＷの回転軌跡の中心側から外周側へ向かってこの回転軌跡の外周線－内周線間を横断する場合には，この回転軌跡の中心から半径r_nの任意の点において，噴射ノズルが所定時間τの間に移動する距離をdx，所定時間τにおける加工面積をdsとすると，次式
【数１７】

$$ds = \pi\left\{(r_n + dx)^2 - r_n^{\,2}\right\} = \pi\left(2r_n dx + dx^2\right)$$

$$dx^2 + 2r_n dx - \frac{ds}{\pi} = 0$$

$$dx^2 + 2r_n dx = (dx + r_n)^2 - r_n^2 = \frac{ds}{\pi}$$

$$dx + r_n = \sqrt{r_n^2 + \frac{ds}{\pi}}$$

dxに関する２次方程式とし，負の解は無視して下記の解を得る。
【数１８】

$$dx = \sqrt{r_n^{\,2} + \frac{ds}{\pi}} - r_n \quad \cdots\text{式（１）}$$

【００６６】
ここで，ワークＷの回転軌跡を，ｎ個の等面積領域に分割した場合においては，
【数１９】

$$ds = \frac{\pi\left(R^2 - r_n^2\right)}{n} \quad \cdots\text{式（２）}$$

よって，上記式（１）中のdsに，上記式（２）を代入すると共に，任意の点r_nの値を代入することにより，前記任意の点r_nから外周方向へ移動する噴射ノズル２０が，所定時間τあたりに移動する距離dxを算出することができる。
【００６７】
以上の式（１），式（２）を使って，外径（外周線の径）がφ１４００㎜，内径（内周線の径）がφ１０００㎜のターンテーブル上に載置されたワークＷ（直径４００㎜）を研削加工する際の，噴射ノズルの所定時間τ毎の移動距離を求めると，このターンテーブルの内周及び外周を，ワークＷの回転軌跡の外周及び内周とすると，上記式（２）における
Ｒ＝７００㎜，ｒ＝５００㎜ とし，また，前記ワークＷの回転軌跡を，１８個の等面積

領域に区画した場合（ｎ＝１８）を例に挙げると，
上記式（２）より，
【数２０】

$$ds = \frac{\pi\left(R^2 - r^2\right)}{n} = \frac{\pi\left(700^2 - 500^2\right)}{18} = 41888(mm^2)$$

従って，ターンテーブルの内周縁を出発点ｒ$_0$（ｒ$_0$＝ｒ＝５００㎜）とし，この出発点ｒ$_0$から所定時間τの間に外周方向に移動する噴射ノズルの移動距離dx$_1$，及び所定時間τ経過後の噴射ノズルの位置（回転軌跡の中心からの半径）をｒ$_1$とすると，式（１）より，
【数２１】

$$dx_1 = \sqrt{r_0^2 + \frac{ds}{\pi}} - r_0 = \sqrt{500^2 + \frac{41888}{\pi}} - 500 = 13.2$$

$$r_1 = r_0 + dx_1 = 500 + 13.2 = 513.2$$

同様にして，上記ｒ$_1$を式（１）におけるｒ$_n$（噴射ノズル２０の出発点）とし，所定時間τ間に移動する距離をdx$_2$，所定時間τ経過後の噴射ノズルの位置（回転軌跡の中心からの半径）ｒ$_2$を求め，同様の作業を等面積領域の分割数（ｎ＝１８）で繰り返してdx$_2$～dx$_{18}$，ｒ$_2$～ｒ$_{18}$を求めると，各等面積領域の幅，即ち，所定時間τ毎の噴射ノズルの移動距離を求めることができる。
【００６８】
一例として，上記方法によって求めた所定時間τ毎の噴射ノズルの移動距離dx$_1$～dx$_{18}$，及び回転軌跡の中心からの距離ｒ$_0$～ｒ$_{18}$は，それぞれ下記の表１に示す通りとなる。
【００６９】
【表１】

移動距離(mm)	中心からの半径(mm)	移動距離(mm)	中心からの半径(mm)
	ｒ$_0$＝500	dx$_{10}$＝10.9	ｒ$_{10}$＝619.3
dx$_1$＝13.2	ｒ$_1$＝513.2	dx$_{11}$＝10.7	ｒ$_{11}$＝630.0
dx$_2$＝12.8	ｒ$_2$＝526.0	dx$_{12}$＝10.5	ｒ$_{12}$＝640.5
dx$_3$＝12.5	ｒ$_3$＝538.5	dx$_{13}$＝10.3	ｒ$_{13}$＝650.8
dx$_4$＝12.2	ｒ$_4$＝550.8	dx$_{14}$＝10.2	ｒ$_{14}$＝661.0.
dx$_5$＝12.0	ｒ$_5$＝562.8	dx$_{15}$＝10.0	ｒ$_{15}$＝670.8
dx$_6$＝11.7	ｒ$_6$＝574.5	dx$_{16}$＝9.9	ｒ$_{16}$＝680.7
dx$_7$＝11.5	ｒ$_7$＝586.0	dx$_{17}$＝9.7	ｒ$_{17}$＝690.4
dx$_8$＝11.3	ｒ$_8$＝597.3	dx$_{18}$＝9.6	ｒ$_{18}$＝700.0
dx$_9$＝11.1	ｒ$_9$＝608.4		

【００７０】
以上の説明では，噴射ノズル２０が回転軌跡の中心側から，外周側に向かって移動する場合の所定時間τ毎の噴射ノズル２０の移動距離及び中心からの半径をそれぞれ求めたが，これとは逆に，噴射ノズル２０が，回転軌跡の外周側から，内周側に移動する場合であっても，同様の結果を得ることができる。
【００７１】
すなわち，任意半径r_nの位置で，噴射ノズルが所定時間τあたりに移動する距離dx，加工面積をdsとすると，次式
【数２２】

$$ds = \pi\left\{r_n^{\,2} - (r_n - dx)^2\right\} = \pi\left(2r_n dx - dx^2\right)$$

$$dx^2 - 2r_n dx + \frac{ds}{\pi} = 0$$

dxに関する２次方程式とし，負の解は無視して下記の解を得る。
【数２３】

$$dx = r_n - \sqrt{r_n^{\,2} - \frac{ds}{\pi}}$$

【００７２】
ここで，噴射ノズルが，ターンテーブルの外周（r_{18}＝R＝７００mm）を出発点として，所定時間τの間に移動する距離dx_{18}は，次式
【数２４】

$$dx_{18} = r_{18} - \sqrt{r_{18}^{\,2} - \frac{ds}{\pi}} = 700 - \sqrt{700^2 - \frac{41888}{\pi}} = 9.6$$

よって，噴射ノズルの移動開始から所定時間τ経過後における噴射ノズルの位置（回転軌跡中心からの半径r_{17}）は，次式
【数２５】

$$r_{17} = r_{18} - dx_{18} = 700 - 9.6 = 690.4$$

となり，所定時間τ毎に移動する距離及び移動後の回転軌跡中心からの距離は，いずれも中心側から外周側に噴射ノズルを移動する場合に求めた結果（表１参照）と同様の結果となる。
【００７３】
以上のようにして求めた各r_1～r_{17}を半径とした同心円によって，ターンテーブル上を分割して等面積領域を画成し，画成された各等面積領域を，噴射ノズルが前述した一定時間τで横断するように，噴射ノズルの移動速度を制御することで，単位時間あたりの加工面積が一定となるように，噴射ノズルの移動速度を制御することができた。
【００７４】
このように，噴射ノズル２０を制御された速度で移動可能とするためのカム３５は，一例として図６に示すように，ハート型をした，「ハートカム」と呼ばれるカムを使用することができ，その外形形状を下記のように特定することで，前述したように，シリコンウエハーWの回転軌跡等面積に分割して得た各等面積領域の横断時間を一定とする噴射ノズル２０の移動を実現することが可能である。
【００７５】

図８は，前述した噴射ノズル２０の移動速度制御を可能とするカム３５の外径形状の特定方法を説明するための説明図であり，図中で二つの円を繋ぐ直線は，スイングアーム３１の噴射ノズル取付アーム３４とカムアーム３３とをそれぞれ示し，この図では，説明の便宜上，噴射ノズル取付アーム３４とカムアーム３３とを，支点（回転軸３２；二つの円の略中間に示す）を中心に反対方向に直線状に配置した状態を想定しているが，カムアーム３３と噴射ノズル取付アーム３４の配置は，図５に示すＶ字状のように，角度を伴った配置とすることができる。

【００７６】

図中右側の同心円は，シリコンウエハーＷの回転軌跡所定数（図示の例では６個）の等面積領域に区画した同心円であり，噴射ノズル２０をこの各等面積領域の通過時間が一定となるように前記スイングアーム３１を揺動させるカム形状を図中左側に示している。

【００７７】

図８において，点Ｐ１～Ｐ７は，噴射ノズル取付アーム３４に取り付けられた噴射ノズル２０の移動軌跡と前記シリコンウエハーの移動軌跡の外周線及び内周線，並びに前記内外周線間に形成された，前記等面積領域を区画する線（等面積線）との交点，すなわち，噴射ノズル２０が所定時間τ毎に位置すべき場所を示し，点ｐ１～ｐ７は，噴射ノズル２０が前記点Ｐ１～Ｐ７にあるときの，前記カムアーム３３のカムの外周との接触点（入力点）の位置（基準入力点）であり，Ｐ，ｐにおいて同一数字の各点が相互に対応関係にある。

【００７８】

なお，噴射ノズル取付アーム３４に複数の噴射ノズル２０が取り付けられている場合には，このうちのいずれか１の噴射ノズル２０の移動軌跡，又は，噴射ノズル２０の配置区間における噴射ノズル取付アーム３４上の任意の点の移動軌跡と前記内・外周線及び等面積線との交点をそれぞれ前述の点Ｐ１～Ｐ７として設定しても良い。

【００７９】

なお，ターンテーブル１１，スイングアーム３１，及びカム３５の位置関係は，カム３５の回転に伴って噴射ノズル２０を所定の速度変化で移動させることができるものであれば如何なる配置としても良いが，本実施形態にあっては，カム３５の外形形状を特定するにあたって，一例として，ターンテーブル１１，スイングアーム３１，及びカム３５を図９に示す配置とした。

【００８０】

図９において，前述のスイングアーム３１は，噴射ノズル取付アーム３４と，カムアーム３３とを，支点Q_0（回転軸３２）を通る同一直線上に配置したものであり，揺動範囲の中間位置にある前記スイングアームを，前記ターンテーブルの内外周間の中間円（ターンテーブルの回転中心を中心として，（Ｒ＋ｒ）/２を半径とする円）P_Cの接線上に配置すると共に，前記中間円P_Cと前記接線との接点を通る前記接線に直角な線と，前記ターンテーブル１１の外周及び内周との交点を，それぞれ噴射ノズル取付アーム３４に取り付けられた噴射ノズル２０の移動範囲の終端としている。

【００８１】

また，前記カムアーム３３の，前記カム外周との接触点（入力点）の移動範囲の両端，すなわち，噴射ノズル２０がターンテーブルの外周線上にあるときと，ターンテーブルの内周線上にあるときの前記入力点（基準入力点ｐ１，ｐ７）を結ぶ直線の延長上であって，前記入力点（基準入力点ｐ１，ｐ７）のうち，いずれか近い方に対しカムの最小半径C_{min}離れた位置，図示の例では，噴射ノズル２０がターンテーブル１１の内径上にあるときの移動端側で，カムの最小半径C_{min}分離れた位置に，カムの回転中心Ｏを配置している。

【００８２】

従って，ターンテーブルの回転中心P_0に対する，カム３５の回転中心Ｏの配置は，次式

【数２６】

$$L_x = L_1\cos\theta + L_2\cos\theta = (L_1 + L_2)\cos\theta$$

$$L_y = r_1 + C_{\min} + (L_1 + L_2)\sin\theta$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{r_c - r_1}{L_1}\right)$$

となる。

【００８３】

なお，カムの回転中心Ｏの配置は，図８，図９に示す例に限定されず，例えば，図６に示すように，カムアームとカム外周との接触点の移動軌跡が描く円弧の延長上に配置するものとしても良い。

【００８４】

図８において，カム３５の外周は，このカム３５が所定の回転方向に０°～１８０°回転する間に入力点ｐ１～ｐ７に順次接触し，残りの１８０°～３６０°（０°）回転する間にｐ７～ｐ１と順次接触する形状とすることで，カムの一回転で噴射ノズル２０を，Ｐ１～Ｐ７に至り，Ｐ７で折り返して再度Ｐ１に戻る反復運動を行わせることができるように構成している。

【００８５】

そして，前記カム３５の外周を，カム３５の所定回転角度毎（シリコンウエハーＷの回転軌跡６つの等間隔領域に分割した図示の実施形態では，２倍の１２分割する３０°毎）に順次ｐ１～ｐ７を通過する形状とすることにより，噴射ノズル２０がＰ１～Ｐ７の各点を一定時間毎に通過するよう制御することができる。

【００８６】

このようなカムの外形形状は，前述したカム３５の回転中心Ｏを中心とし，各基準入力点ｐ１～ｐ７をそれぞれ通る同心円を描くと共に，この同心円を３０°毎の等角度に等角線で区画し，この等角線の１つを基準等角線Ｌ１と，前記基準入力点ｐ１を通る円との交点を通り，前記基準等角線Ｌ１から時計回り，半時計回りにそれぞれ３０°離間する等角線Ｌ２，Ｌ１２と基準入力点ｐ２を通る円との交点，等角線Ｌ３，Ｌ１１と基準入力点ｐ３を通る円との交点，等角線Ｌ４，Ｌ１０と基準入力点ｐ４を通る円との交点，等角線Ｌ５，Ｌ９と基準入力点ｐ５を通る円との交点，等角線Ｌ６，Ｌ８と基準入力点ｐ６を通る円との交点を通り，前記基準等角線Ｌ１に対して１８０°位相した位置にある等角線Ｌ７で，基準入力点ｐ７を通る最小円の交点に至る，略ハート型の外周，カム面形状に形成することにより，噴射ノズル２０の反復移動と，前述した移動速度の制御を行うことができる。

【００８７】

なお，前述した方法によるカム３５の外形形状の特定は，カムアーム３３に対するカム３５の回転中心Ｏの配置を変更した場合であっても適用することができ，図８を参照した説明では，基準入力点ｐ７側にカムの回転中心Ｏを配置した例について説明したが，これとは逆にカムの回転中心Ｏを，基準入力点ｐ１側に設けた場合であっても，これに対応した形状のカムの外形を容易に特定することができる（図１０参照）。

【００８８】

なお，図８を参照した説明では，説明の便宜上，シリコンウエハーＷの移動軌跡を６つの等面積領域に区画した場合を例として説明したが，シリコンウエハーＷの移動軌跡を，例えば，１８個，３６個とこれをさらに細かい等面積領域に区画すると共に，等角度線を１８個の等面積領域に区画した場合には１０°毎，３６個の等面積領域に区画した場合に

は５°毎に設ける等，より細かく設定することで，カム３５の外周形状をより詳細に特定することが可能であり，実施に際し，前記分割数の選択は適宜任意に行うことができる。

【００８９】

以上図８～図１０を参照した説明では，噴射ノズル２０の反復運動を，ターンテーブルの回転軌跡における外周線と内周線間の各等面積領域（無端環状の軌跡の幅）に交差する方向で横断するものとして説明したが，回転するターンテーブルを外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間に横断するように噴射ノズル２０を反復移動する場合にも，ターンテーブルを複数の等面積領域に画成し，噴射ノズル２０が各等面積領域を所定時間τで横断するように噴射ノズルの移動を制御することで，単位時間あたりの加工面積が一定となる切削加工を実現することができる。

【００９０】

一例として，噴射ノズル２０をターンテーブルを上記のように移動させる場合，ターンテーブルの回転中心から任意の距離r_nの位置にある噴射ノズルの移動速度（所定時間τの間に移動する距離dx）は，次式に基づいて得ることができる。

【００９１】

ターンテーブルの外径（ワーク直径）をＲ，ターンテーブル上の面積（総加工面積）をＳとすると，次式

【数２７】

$$S = \pi R^2$$

従って，このターンテーブル上を，ｎ個の等面積領域に画成した場合における，各等面積領域の面積dsは，次式

【数２８】

$$ds = \frac{S}{n} = \frac{\pi R^2}{n}$$

となる。

【００９２】

ここで，ターンテーブル上をｎ個に分割する同心円のうちの最小円の半径をr_1とし，前記最小円に対して１サイズ大きい同心円の半径をr_2，２サイズ大きい同心円の半径をr_3……とすると，ｎ番目の円の半径r_n，及び半径r_nの位置から所定時間τにおいて噴射ノズルが外周方向に移動する距離dxは，それぞれ次式の通りとなる。

【数２９】

$$\pi r_1^2 = ds$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{ds}{\pi}}$$

$$\pi r_2^2 = 2ds$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{2ds}{\pi}} = \sqrt{2}r_1$$

$$dx_1 = \sqrt{2}r_1 - \sqrt{\frac{ds}{\pi}}$$

$$\pi r_n^2 = nds$$

$$r_n = \sqrt{\frac{nds}{\pi}} = \sqrt{n}r_1$$

$$dx_n = \sqrt{n}r_1 - \sqrt{n-1}r_1$$

【００９３】

なお，回転軌跡上の所定の位置ｒ$_n$から，噴射ノズル２０が内周方向に所定時間τで移動する移動距離dx$_{n-1}$は，次式

【数３０】

$$dx_{n-1} = \sqrt{n+1}r_1 - \sqrt{n}r_1$$

となる。

【００９４】

一例として，直径が１４００㎜（Ｒ＝７００㎜）のターンテーブルを，等面積領域の分割数ｎを１８とした場合において，噴射ノズルの任意の位置ｒ（ｒ$_1$～ｒ$_{18}$）と，この位置において所定時間τに噴射ノズル２０が外周方向に移動する距離dx（dx$_1$～dx$_{18}$）は，それぞれ，次式のようにして求めることができる（但し，ｒ$_4$～ｒ$_{18}$，dx$_4$～dx$_{18}$の計算は省略）。

【数３１】

$$S=\frac{\pi}{4}1400^2=1539380 \quad (\mathrm{mm}^2)$$

$$ds=\frac{S}{n}=\frac{1539380}{18}=85521 \quad (\mathrm{mm}^2)$$

$$\pi r_1^{\,2}=ds$$

$$r_1=\sqrt{\frac{ds}{\pi}}=\sqrt{\frac{85521}{\pi}}=165 \quad (\mathrm{mm})$$

$$r_n=\sqrt{n}r_1$$

より，

【数３２】

$$r_2=\sqrt{2}r_1=\sqrt{2}\times 165=233.3 \quad (\mathrm{mm})$$

$$dx_1=r_2-r_1=233.3-165=68.3 \quad (\mathrm{mm})$$

$$r_3=\sqrt{3}r_1=\sqrt{3}\times 165=285.8 \quad (\mathrm{mm})$$

$$dx_2=285.8-233.3=52.5 \quad (\mathrm{mm})$$

【００９５】

以上のような，ターンテーブルの外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間に対する噴射ノズル２０の移動は，図１５（Ｂ）を参照して説明したように，ターンテーブルの回転方向と平行方向にスイングアーム３１を揺動させて，噴射ノズル２０がターンテーブルを弧状に横断するように構成しても良いが，図１３に示すようにターンテーブルの回転軌跡の面に対して直交する面でスイングアーム３１を揺動させることで，噴射ノズル２０を，例えばターンテーブルの直径上を直線的に移動させることが可能である。

【００９６】

図１３に示す，ターンテーブルの回転軌跡の面に対して直交する面で揺動するスイングアーム３１による噴射ノズル２０の移動速度を制御する際に使用するカム形状の特定方法の一例が図１１に示されており，図中左側に示す破線の同心円内にカムの外形形状，図中右側の実線の同心円が複数の等面積領域に分割したワークの回転軌跡をそれぞれ表すと共に，両者を結ぶ直線がスイングアーム３１を模式的に表したものである点は，図８，図１０を参照して説明したカム形状の特定方法の説明図と同様である。

【００９７】

しかし，図８，図１０を参照して説明したカム形状にあっては，噴射ノズル２０が等面積線上にあるときのカムアームの入力点との接触位置でカムの外形上の位置をプロットし

，このプロットした点をつなぎ合わせてカム形状を特定するものとして説明したが，図１１に示す実施形態にあっては，噴射ノズル２０がその移動方向における両端にあるときのカムアーム３３の位置（Ｐ１，Ｐ１４），及び，各等面積領域の幅方向の中間点における噴射ノズル２０の位置（Ｐ２～Ｐ１３）に対応する位置でカムの外形上を通る点をプロットすると共に，このプロットした点を結んでカムの外形形状を特定したものである点で，図８，１０を参照して説明したカムの外形形状の特定方法とは異なっている。

【００９８】

すなわち，図示の例において各等面積領域を噴射ノズル２０が横断するカムの回転角（１５°）において，その中間点である７．５°の回転時に，噴射ノズルが，等面積領域の幅方向の中間点に在るように，カム３５の外形形状の特定を行っている。

【００９９】

また，前述の図８，１０を参照して説明したカムにあっては，所定の方向に対する１８０°の回転によって，ターンテーブルの前記外周線と該外周線と同心円の内周線間に外周方向から内周方向内への移動，残りの１８０°の回転により，内周方向から外周方向への移動を規制するものであったが，本実施形態のカムにあっては，前述のようにターンテーブルを外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間に横断する噴射ノズルの移動を規制するものであることから，所定方向に対する９０°の回転により，ターンテーブルの外周側から回転中心までの移動，９０～１８０°の回転で，回転中心から外周までの移動を行い，噴射ノズルの往路の移動速度を規制し，その後，１８０°から３６０°（０°）の回転で，ターンテーブルの外周から，中央を通って再度外周に至る，噴射ノズル２０の復路の移動速度を制御し得る形状に構成されていることから，ワークの回転軌跡を等面積に画成した等面積領域に形成された数に対し，４倍以上のポイントでカムの外形形状をプロットしている点で，図８，１０を参照して説明したカムに比較して，プロット数が多くなっている。

【０１００】

なお，噴射ノズル２０がターンテーブルの外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間を横断する場合であっても，図８，１０を参照して説明したように，各等面積領域を画成する等面積線上に噴射ノズル２０があるときの，カムアーム３３の位置に対応して，カム３５の外形形状をプロットしてカム形状を特定するものとしても良い。

【０１０１】

噴射ノズル２０がターンテーブルの回転軌跡の面に対して直交方向に揺動する図１３の場合におけるカム形状の特定方法を説明した図１１の実施形態におけるターンテーブル，スイングアーム３１，カム３５の各配置の関係は，一例として図１２に示す通りである。

【０１０２】

図１２に示すように，本実施形態のスイングアーム３１は，回転軌跡の外周線－中心－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間でその揺動範囲の中心位置が，ターンテーブルの回転中心Ｐを通る直線上に配置されるように構成すると共に，カム３５の回転中心Ｏを，基準入力点ｐ１とｐ１４を結ぶ延長線上に配置し，かつ，カムの中心Ｏ側の基準入力点ｐ１４より，カムの最小半径C_{min}分，離れた位置に配置しており，ターンテーブルの回転中心Ｐに対し，カムの回転中心Ｏが，以下で示すＬｙ，Ｌｘ離れた位置となっている。

【数３３】

$$L_y = (L_1 + L_2)\cos\theta$$

$$L_x = L_2 \sin\theta + C_{\min}$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{r}{L_1}\right)$$

【０１０３】
以上説明した図１１の構成において，カム３５の外形形状は，下記のようにして特定される。
【０１０４】
まず，カムアーム３３のカム３５外周と接触する位置（入力点）の移動軌跡上に，噴射ノズル２０を前述のＰ１～Ｐ１４の位置に配置したときの前記入力点の対応位置を，基準入力点ｐ１～ｐ１４として特定し，この基準入力点ｐ１～ｐ１４を通る同心円を図中左側の円内に描く（図１１中に破線で示す同心円）。
【０１０５】
そして，ワークＷの円周軌跡の分割数（図１１の実施形態では６）の４倍数（図１１の例では，１５°毎に２４本），図中左側の円を等角度に分割する等角度線Ｌ１～Ｌ２４を描くと共に，カムの回転中心Ｏを通り，等角度線Ｌ１とＬ２４間，及び等角度線Ｌ１２とＬ１３間を，等角度（図１１の例では７．５°）に分割する基準線Ｌ０を設ける。
【０１０６】
そして，基準線Ｌ０と，基準入力点ｐ１を通る同心円との交点を該カムの最大径C_{max}の位置と，基準入力点ｐ１４を通る同心円との交点を，該カムの最小径C_{min}の位置としてプロットする。
【０１０７】
また，前記最大径C_{max}のプロット位置を起点として，回転方向に前記基準線Ｌ０より等角度線が離れるに従って，Ｌ１，Ｌ２４とｐ２を通る同心円の交点，Ｌ２，Ｌ２３とｐ３を通る同心円，Ｌ３，Ｌ２２とｐ４を通る同心円……Ｌ１２，Ｌ１３とＰ１３を通る同心円の交点というように，１段階ずつ小径となる同心円と，前記等角度線との交点をプロットし，各プロットした点を結んでカムの外形形状としている。
【０１０８】
なお，以上のように構成されたブラスト加工装置１には，前記ターンテーブル１１上に面したいずれかの位置において，シリコンウエハーＷ上に堆積した研磨材等を除去するためのエアブロー用の噴射ノズルを設けるものとしても良い。
【実施例】
【０１０９】
以下，各種ワークについて異なる加工方法での１サイクルの実施例を示す。

【表２】

（実施例１；加工方法：図１５（Ａ））

ワーク	シリコンウエハー（テストウエハー） 6 inch ×20 枚
ターンテーブル	φ1330　　30rpm
研磨材	C－1000　　粒径　10～15 μm（＃1000）
噴射圧力	0.2～0.4　MPa
噴射ノズル（径）	φ9　×　6本／１アーム×3
噴射距離	100　mm
処理時間 サンドブラスト機	180　秒　　5 往復 SCM－6ATV－NE－406 （株式会社 不二製作所製） 重力式

【０１１０】

テストウエハー表面に形成された膜を除去してウエハー表面が加工ムラの無い均一な平滑鏡面となり，ポリシング装置により鏡面研磨をする必要が認められなかった。従って，ウエハーの研磨に要する時間を極めて大幅に短縮できると共に，ポリシング装置が不要となった。また，ウエハーに形成された膜を有効に除去できるために、ウエハーを再生することができた。

【０１１１】

【表３】

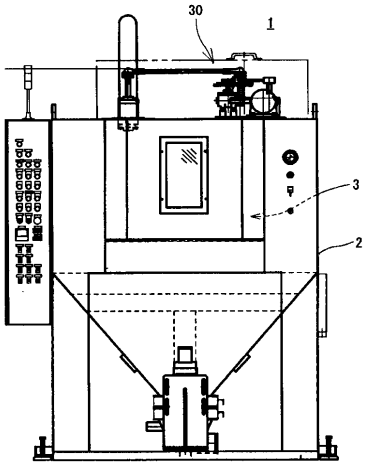
（実施例２；加工方法：図１５（Ｂ））

ワーク	真空蒸着治具　φ1200 mm ×1
ターンテーブル	φ1300　　20rpm
研磨材	WA－80　粒径　200～150　μm（＃80）
噴射圧力	0.4 MPa
噴射ノズル径	φ7　×　4　本／１アーム
噴射距離	150mm
処理時間 サンドブラスト機	300　秒　　3往復 SG－7ATCM－304 （株式会社不二製作所製） 重力式

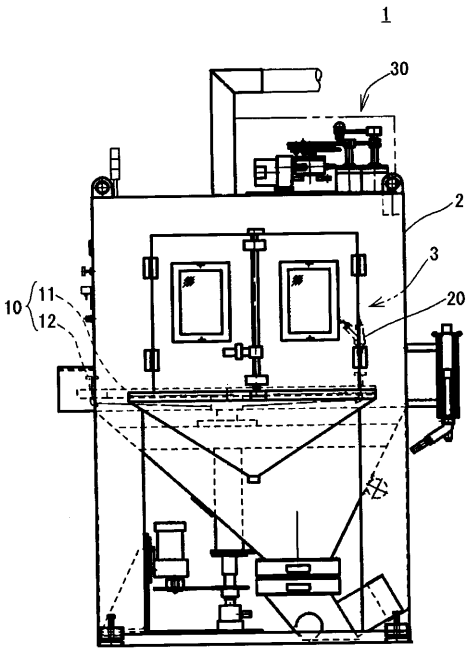
【０１１２】
以上のように構成されたブラスト加工装置１は，エアコンプレッサ等の図示せざる圧縮空気供給源，加工室３内で噴射された研磨材や切削の際に生じた粉塵等を吸引するダストコレクタ５０，該ダストコレクタ５０により加工室３内より吸引された，粉塵交じりの研磨材中より，粉塵の除去された研磨材を回収するためのサイクロン６０等が連結されて，図１４に示すようにシリコンウエハーＷをブラスト加工するための加工システムが構築される。
【０１１３】
そして，前記ブラスト加工装置１のキャビネット２に設けられた開閉扉を開放すると共に，キャビネット２内に配置されたターンテーブル１１上の治具１２にシリコンウエハーＷを取り付けて，ブラスト加工装置１を始動すると，スイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）に取り付けられた噴射ノズル２０より研磨材が噴射されると共に，このスイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）に設けられたカムアーム３３に外周と接触したカム３５が，モータ３６等の駆動源からの回転駆動力を受けて定速度で一定方向に回転する。
【０１１４】
このカム３５の回転により，カム３５の外周にカムアーム３３を接触させたスイングアーム３１ａ，３１ｂ及び，前記スイングアーム３１ａ，３１ｂのうちの一方３１ａに設けた回転軸３２に対してリンク３９を介して回転軸３２が連結されたスイングアーム３１ｃがいずれも揺動を開始する。
【０１１５】
このスイングアーム３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）の揺動により，噴射ノズル２０は，無端環状を成すシリコンウエハーＷの移動軌跡を横断するように反復移動すると共に，ターンテーブル１１の外周側から内周側に移動する際には移動速度が相対的に速くなるように速度制御され，内周側から外周側への移動に際しては，移動速度が相対的に遅くなるように移動速度が制御され，これにより，噴射ノズル２０を一定の速度で移動させる場合に生じていた，ターンテーブル１１の外周側と内周側における加工度の違いが生じることが防止されている。
【０１１６】
特に，シリコンウエハーＷの移動軌跡が等面積となるように同心円状に区画した等面積領域を想定し，各等面積領域を横断する噴射ノズル２０の横断時間が一定となるように制御したことにより，シリコンウエハーＷがターンテーブル１１上のいずれの位置に配置されているかに拘わらず，単位時間あたりの加工面積を一定とすることができた。
【０１１７】
その結果，処理対象としたシリコンウエハーＷを，ターンテーブル１１上のいずれの位置に載置したかに拘わらず，いずれの位置においても均一な加工度で加工を行うことができた。
【０１１８】
以上のようにして，本発明の方法で研削が行われたシリコンウエハーは，前記研削の目的が例えばテストウエハーの表面に形成された被膜を除去して，テストウエハーを再生するためのものである場合には，研磨材の噴射によってシリコンウエハーＷの表面には１８μｍ程度の深さでクラック等が生じることから，これを既知の機械研磨，機械－化学研磨等によってラッピングして除去する等，加工の目的に応じて後処理を行う。
【図面の簡単な説明】
【０１１９】
【図１】ブラスト加工装置の正面図。
【図２】ブラスト加工装置の右側面図。
【図３】ブラスト加工装置の平面図。
【図４】ブラスト加工装置の正面透視図（噴射ノズル移動制御手段の説明図）。
【図５】ブラスト加工装置の平面透視図（噴射ノズル移動制御手段の説明図）。

【図６】噴射ノズル移動制御手段（カム及びカムアーム部分）の拡大平面図。
【図７】噴射ノズル移動制御手段（カム及びカムアーム部分）の拡大背面図。
【図８】カム形状の特定方法の説明図。
【図９】カムとターンテーブルの位置関係を示した説明図。
【図１０】カム形状の特定方法の説明図。
【図１１】カム形状の特定方法の説明図。
【図１２】カムとターンテーブルの位置関係を示した説明図。
【図１３】ターンテーブルの回転方向とスイングアームの揺動方向との果敢形を示した説明図。
【図１４】本発明のブラスト加工装置を組み込んだシリコンウエハー研削システムの構成例を示す正面図。
【図１５】回転するワークに対する噴射ノズルの移動方向を示した説明図であり，（Ａ）は，ワークの回転軌跡の前記外周線と該外周線と同心円の内周線間，（Ｂ）はワークの回転軌跡の外周線－中心方向－前記外周線の中心を介して対峙する外周線間に噴射ノズルを移動させた例。
【図１６】ワークの回転軌跡の外周線－内周線（半径方向）に一定の移動速度で移動する噴射ノズルと，加工面積の変化の関係を表した説明図。
【符号の説明】
【０１２０】
１　ブラスト加工装置（シリコンウエハーの研削装置）
２　キャビネット
３　加工室
１０　シリコンウエハー回転・搬送手段
１１　ターンテーブル
１２　治具
２０　噴射ノズル
３０　噴射ノズル移動制御手段
３１（３１ａ，３１ｂ，３１ｃ）　スイングアーム
３２　回転軸
３３　カムアーム
３４　噴射ノズル取付アーム
３５　カム
３６　モータ（カム回転用）
３７　動力伝達機構
３７ａ，３７ｂ　プーリ
３７ｃ　プーリベルト
３８　軸受
３９　リンク
５０　ダストコレクタ
６０　サイクロン
Ｗ　ワーク（シリコンウエハー）

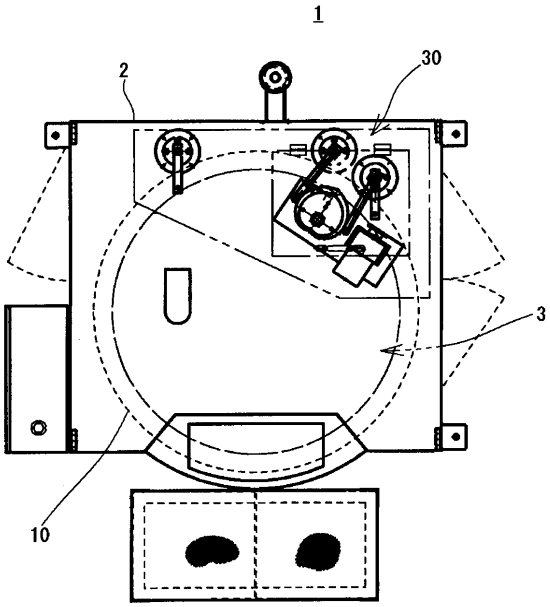
【図１】


30
1
3
2

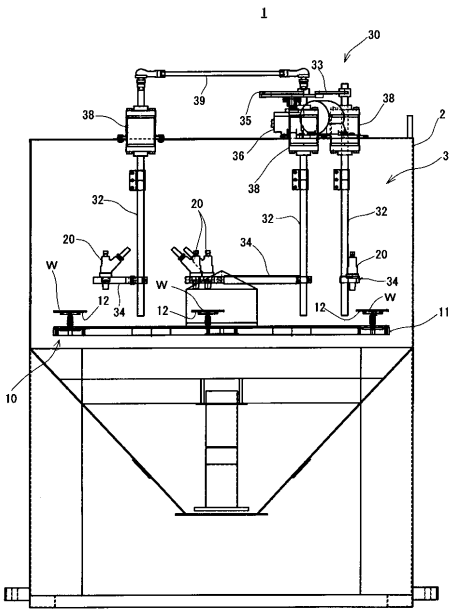
【図２】


1
30
2
3
20
10
11
12

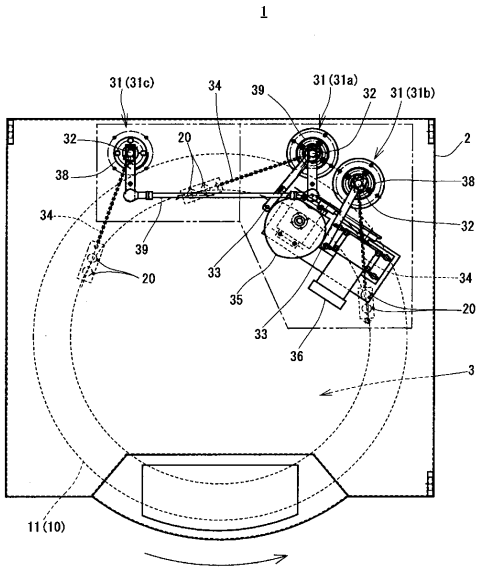
【図３】


1
2
30
3
10

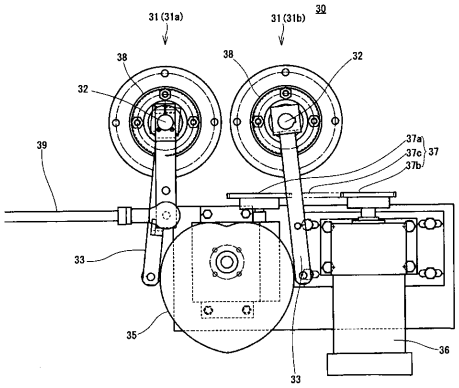
【図４】


1
30
33
39
38
35
36
38
38
2
3
32
32
32
20
20
34
20
34
W
W
W
12
12
12
34
11
10

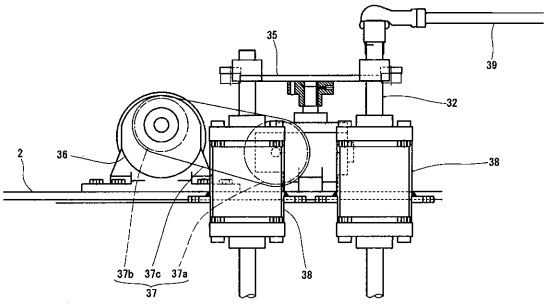
【図５】


1
31 (31c)
34
39
31 (31a)
32
31 (31b)
2
38
32
20
38
34
32
39
34
20
33
35
20
33
36
3
11 (10)

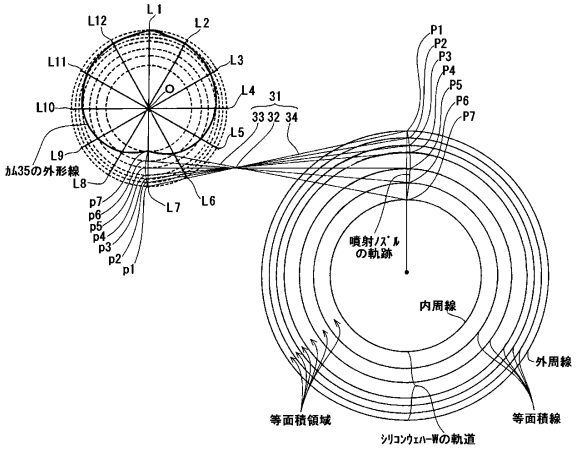
【図６】


31 (31a)
31 (31b)
32
38
38
32
32
39
37a
37c
37
37b
33
35
36
33

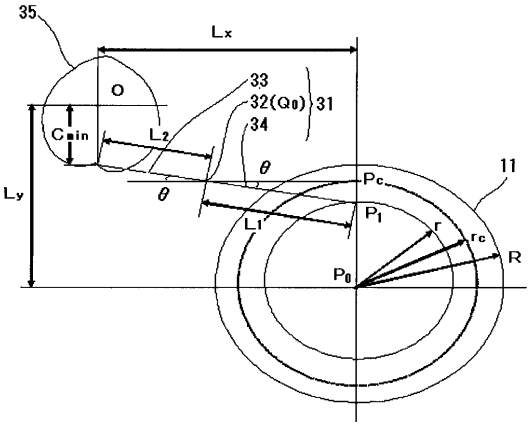
【図７】


35
39
32
2
36
38
37b
37c
37a
37
38

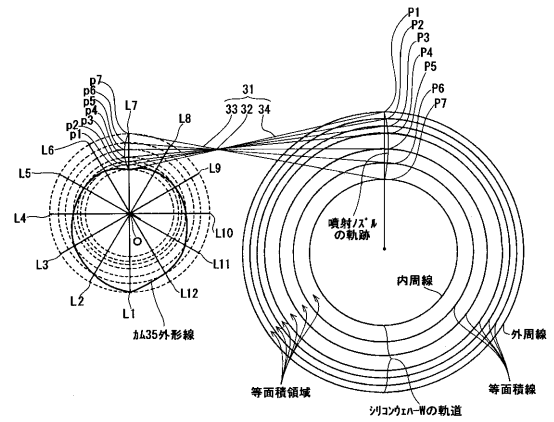
【図８】


L1
L12
L2
L11
L3
O
L4
31
L10
33 32 34
L5
L9
カム35の外形線
L8
L7
L6
p7
p6
p5
p4
p3
p2
p1
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
噴射ノズルの軌跡
内周線
外周線
等面積領域
等面積線
シリコンウェハーWの軌道

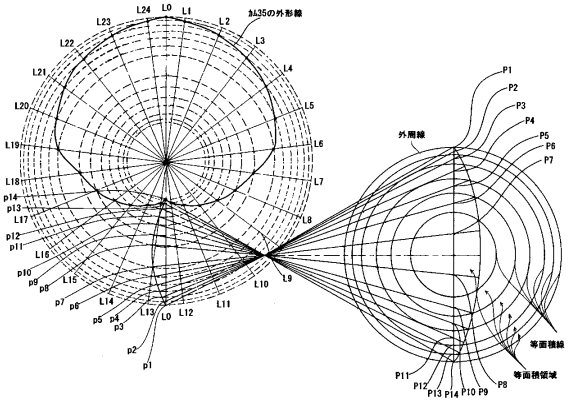
【図９】


35
Lx
O
33
32(Q0)
31
34
Cmin
L2
θ
θ
Pc
11
Ly
P1
L1
r
rc
R
P0

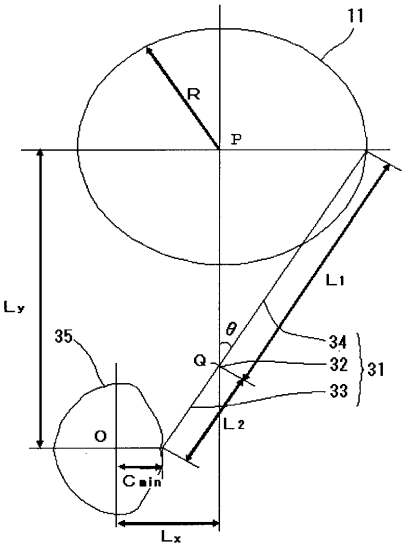
【図１０】



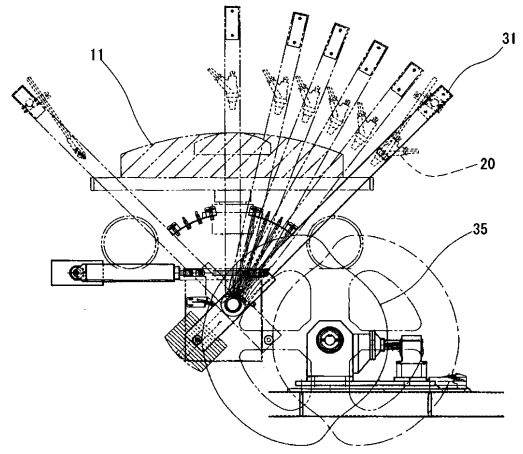
【図１１】



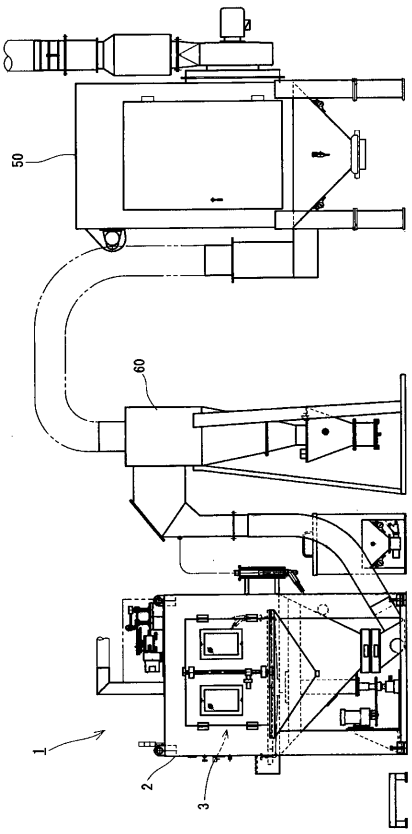
【図１２】



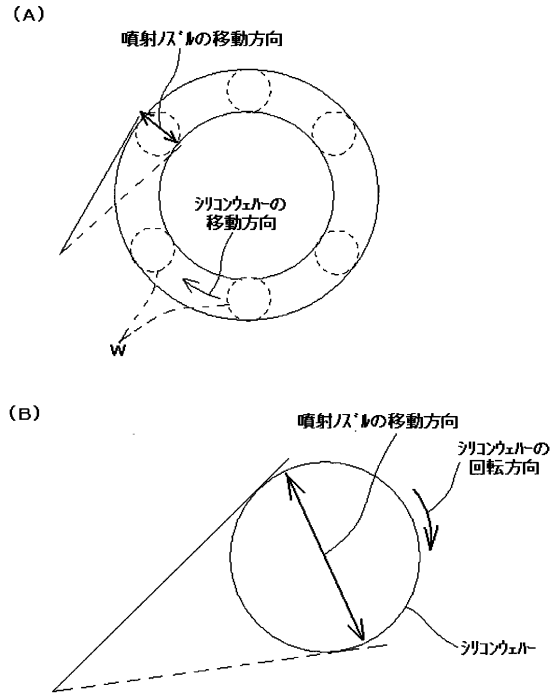
【図１３】



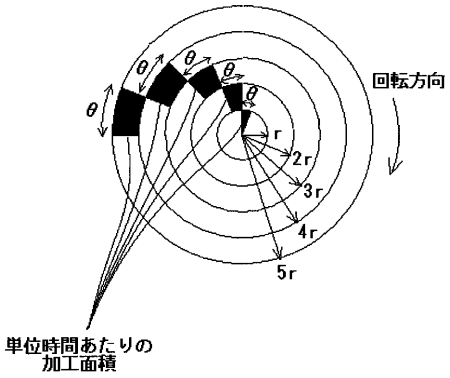
【図１４】



【図１５】


(A)
噴射ﾉｽﾞﾙの移動方向
ｼﾘｺﾝｳｪﾊｰの
移動方向
W
(B)
噴射ﾉｽﾞﾙの移動方向
ｼﾘｺﾝｳｪﾊｰの
回転方向
ｼﾘｺﾝｳｪﾊｰ

【図１６】


θ
θ
θ
θ
θ
回転方向
r
2r
3r
4r
5r
単位時間あたりの
加工面積

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００２－１１３６６２（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０５５４５０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２１８５２４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２４Ｃ　　３／１２
Ｂ２４Ｃ　　５／０２