

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7296410号
(P7296410)

(45)発行日 令和5年6月22日(2023.6.22)

(24)登録日 令和5年6月14日(2023.6.14)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 21/66 (2006.01) H 0 1 L 21/66 J

請求項の数 15 (全31頁)

(21)出願番号	特願2020-572986(P2020-572986)	(73)特許権者	504151804 エーエスエムエル ネザーランズ ビー . ブイ . オランダ国 ヴェルトホーフェン 5 5 0 0 エーエイチ , ピー . オー . ボックス 3 2 4
(86)(22)出願日	令和1年7月11日(2019.7.11)	(74)代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(65)公表番号	特表2021-530865(P2021-530865 A)	(74)代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(43)公表日	令和3年11月11日(2021.11.11)	(74)代理人	100117189 弁理士 江口 昭彦
(86)国際出願番号	PCT/EP2019/068637	(74)代理人	100134120 弁理士 内藤 和彦
(87)国際公開番号	WO2020/016087	(72)発明者	ゴーセン , ジェロエン , ジェラルド 最終頁に続く
(87)国際公開日	令和2年1月23日(2020.1.23)		
審査請求日	令和3年2月22日(2021.2.22)		
(31)優先権主張番号	62/699,643		
(32)優先日	平成30年7月17日(2018.7.17)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	62/869,986		
(32)優先日	令和1年7月2日(2019.7.2)		

(54)【発明の名称】 粒子ビーム検査装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ウェー八を支持するように構成された複数の支持構造と、前記ウェー八の温度を調節するように構成された第1の熱交換素子を含む第1の調節プレートと、前記第1の調節プレートと前記ウェー八との間にガスを供給するように構成された第1のガス通気孔と、プロセッサ及びメモリを有し前記第1の熱交換素子の制御を支援するように構成されたコントローラと、を備えるロードロックシステムであって、
前記第1の熱交換素子は、ヒーター及び/又はクーラーに結合されている、ロードロックシステム。

【請求項 2】

前記第1の調節プレートは、前記ウェー八の上方に配置される、請求項1に記載のロードロックシステム。

【請求項 3】

前記第1の調節プレートは、前記ウェー八の下方に配置される、請求項1に記載のロードロックシステム。

【請求項 4】

前記複数の支持構造は、前記第1の調節プレートに結合されている、請求項1に記載のロードロックシステム。

【請求項 5】

前記第1のガス通気孔は、前記第1の調節プレートに取り付けられている、請求項1に

記載のロードロックシステム。

【請求項 6】

前記コントローラは、ウェーハステージの温度に基づいて前記第 1 の熱交換素子の前記制御を支援するように更に構成されている、請求項 1 に記載のロードロックシステム。

【請求項 7】

前記ウェーハの前記温度を調節するように構成された第 2 の熱交換素子を含む第 2 の調節プレートを更に含む、請求項 6 に記載のロードロックシステム。

【請求項 8】

ウェーハを支持するように構成された前記複数の支持構造は、前記第 1 の調節プレートと前記第 2 の調節プレートとの間に配置されている、請求項 7 に記載のロードロックシステム。 10

【請求項 9】

前記第 2 の調節プレートと前記ウェーハとの間に前記ガスの一部を供給するように構成された第 2 のガス通気孔を更に含む、請求項 7 に記載のロードロックシステム。

【請求項 10】

前記コントローラは、前記ウェーハステージの温度に基づいて前記第 2 の熱交換素子の制御を支援するように更に構成されている、請求項 7 に記載のロードロックシステム。

【請求項 11】

前記第 1 の調節プレートと前記複数の支持構造と前記ウェーハとを封入するように構成されたロードロックチャンバを更に含む、請求項 1 に記載のロードロックシステム。 20

【請求項 12】

それぞれが前記ロードロックチャンバに接続された、第 1 の真空ポンプ及び第 2 の真空ポンプを更に含む、請求項 11 に記載のロードロックシステム。

【請求項 13】

前記コントローラは更に、
前記第 1 の真空ポンプが前記ロードロックチャンバ内部の圧力を第 1 の圧力レベルまで下げることが可能にし、
前記第 2 の真空ポンプが前記ロードロックチャンバ内部の圧力を第 2 の圧力レベルまで下げることが可能にする、
ように構成され、 30

前記第 2 の圧力レベルは、前記第 1 の圧力レベルよりも低い、請求項 12 に記載のロードロックシステム。

【請求項 14】

前記第 2 の真空ポンプは、メインチャンバに接続された第 3 の真空ポンプと排気経路を共有する、請求項 13 に記載のロードロックシステム。

【請求項 15】

一組の命令を含む非一時的なコンピュータ可読媒体であって、
前記一組の命令は、コントローラの 1 つ又は複数のプロセッサによって実行可能であり、前記コントローラに、ウェーハの熱調節を行う方法を実施させ、
前記方法は、 40

ウェーハがロードロックシステムのロードロックチャンバに装填された後で、前記ロードロックチャンバをポンプダウンするように第 1 の真空ポンプに指示することと、

前記ロードロックチャンバにガスを供給するようにガス供給部に指示することと、
前記ガスを介して前記ウェーハに熱を伝達するために、第 1 の調節プレートの温度を調節するように前記第 1 の調節プレート内の第 1 の熱交換素子に指示することと、を含み、
前記第 1 の熱交換素子は、ヒーター及び/又はクーラーに結合されている、非一時的なコンピュータ可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】 50

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2018年7月17日に出願された米国仮特許出願第62/699,643号及び2019年7月2日に出願された米国仮特許出願第62/869,986号の優先権を主張するものであり、これらの出願は両方とも、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0002】

[0002] 本明細書で提供する実施形態は、粒子ビーム検査装置、より具体的には、改良されたロードロックユニットを含む粒子ビーム検査装置について開示する。

【背景技術】

【0003】

[0003] 半導体集積回路（IC）チップを製造する際、製造プロセスの間にウェーハ又はマスク上にパターン欠陥及び/又は招かれざる粒子（残留物）が不可避免的に発生し、それによって歩留まりが大きく低下する。例えば、招かれざる粒子は、ICチップの一段とより高度化した性能要件を満たすために採用されてきた、重要フィーチャ寸法がより小さなパターンにとって、問題となり得る。

【0004】

[0004] 荷電粒子ビームを用いたパターン検査ツールを使用して、欠陥又は招かれざる粒子を検出してきた。これらのツールは通常、走査電子顕微鏡（SEM）を採用している。SEMでは、比較的高いエネルギーを有する一次電子のビームを減速させて、比較的に低いランディングエネルギーでサンプルに入射させ、集束させてサンプル上にプローブスポットを形成する。一次電子のこの集束したプローブスポットに起因して、表面から二次電子が生成される。サンプル表面に渡ってプローブスポットをスキャンさせ二次電子を収集することにより、パターン検査ツールはサンプル表面の画像を取得することができる。

【0005】

[0005] 検査ツールの動作中、ウェーハは通常、ウェーハステージによって保持される。検査ツールは、電子ビームに対してウェーハステージ及びウェーハを位置決めするためのウェーハ位置決めデバイスを含むことがある。これを使用して、ウェーハ上のターゲットエリア、即ち、検査されることになるエリアを、電子ビームの動作範囲内に位置決めすることができる。

【発明の概要】

【0006】

[0006] 本明細書で提供する実施形態は、粒子ビーム検査装置、より具体的には、改良されたロードロックユニットを含む粒子ビーム検査装置について開示する。実施形態によっては、改良されたロードロックシステムは、ウェーハ及び第1の調節プレートを支持するように構成された複数の支持構造を含む。第1の調節プレートは、ウェーハの温度を調節するように構成された第1の熱交換素子を含む。改良されたロードロックシステムは、第1の調節プレートとウェーハとの間にガスを供給するように構成された第1のガス通気孔も含む。更に、改良されたロードロックシステムは、プロセッサとメモリとを含むコントローラを含む。コントローラは、第1の熱交換素子の制御を支援するように構成される。

【0007】

[0007] 実施形態によっては、ロードロックシステムにおいてウェーハの熱調節を行う方法が提供される。この方法は、ロードロックシステムのロードロックチャンバにウェーハを装填することと、ロードロックチャンバをポンプダウンすることと、を含む。この方法は、ロードロックチャンバにガスを供給することを更に含む。この方法は、第1の調節プレート内の第1の熱交換素子が、ガスを介してウェーハに熱を伝達するように、第1の調節プレートの温度を調節できるようにすることも含む。

【0008】

[0008] 実施形態によっては、非一時的なコンピュータ可読媒体が提供される。非一時的なコンピュータ可読媒体は、一組の命令を含み、この一組の命令は、コントローラの1つ又は複数のプロセッサによって実行可能であり、コントローラに、ウェーハの熱調節を

10

20

30

40

50

行う方法を実施させる。この方法は、ウェーハがロードロックチャンバに装填された後で、ロードロックシステムのロードロックチャンバをポンプダウンするように真空ポンプに指示することを含む。この方法は、ロードロックチャンバにガスを供給するようにガス供給部に指示することと、ガスを介してウェーハに熱を伝達するために、第1の調節プレートの温度を調節するように第1の調節プレート内の第1の熱交換素子に指示することと、も含む。

【0009】

【0009】実施形態によっては、ロードロックチャンバをポンプダウンする方法が提供される。この方法は、ガスを第1の排気システムに排気するように構成された第1の真空ポンプを用いてロードロックチャンバからガスを排気することと、ガスを第2の排気システムに排気するように構成された第2の真空ポンプを用いてロードロックチャンバからガスを排気することと、を含む。

10

【0010】

【0010】本発明の他の利点が、添付の図面と併せて解釈される以下の説明から明らかになるであろう。添付の図面には、図示及び例示の目的で、本発明の特定の実施形態が記載されている。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【0011】本開示の上記の及び他の態様が、添付の図面と併せて解釈される例示的な実施形態の説明により、一層明らかになるであろう。

20

【0012】

【図1A】【0012】本開示の実施形態と一致した、例示的な荷電粒子ビーム検査システムを示す概略図である。

【図1B】【0013】本開示の実施形態と一致した、図1Aの荷電粒子ビーム検査システムにおける例示的なウェーハ装填シーケンスを示す概略図である。

【図1C】【0014】荷電粒子ビーム検査システムにおける例示的なウェーハ変形効果を示す概略図である。

【図2】【0015】荷電粒子ビーム検査システムにおける経時的なウェーハ温度変化を示す例示的なグラフである。

【図3A】【0016】本開示の実施形態と一致した、例示的なロードロックシステムを示す概略図である。

30

【図3B】【0016】本開示の実施形態と一致した、例示的なロードロックシステムを示す概略図である。

【図3C】【0017】本開示の実施形態と一致した、ロードロックシステムにおけるウェーハ温度の調節中の経時的なウェーハ温度変化を示す例示的なグラフである。

【図3D】【0018】本開示の実施形態と一致した、例示的なロードロックシステムを示す概略図である。

【図3E】【0018】本開示の実施形態と一致した、例示的なロードロックシステムを示す概略図である。

【図3F】【0019】本開示の実施形態と一致した、ロードロックシステムにおけるガス圧力レベルに対する熱伝達効率の変化を示す例示的なグラフである。

40

【図4】【0020】本開示の実施形態と一致した、機器フロントエンドモジュール(EFEM)内の例示的なプリアライナの概略図である。

【図5】【0021】本開示の実施形態と一致した、ウェーハ調節システムの例示的な構成を示す概略図である。

【図6A】【0022】本開示の実施形態と一致した、ウェーハ調節システムの例示的な構成を示す概略図である。

【図6B】【0023】本開示の実施形態と一致した、図6Aのウェーハ調節システムの例示的な支持構造を示す概略図である。

【図6C】【0024】本開示の実施形態と一致した、ウェーハ調節システムにおける調節プロ

50

セス中の温度変化を示す例示的なグラフである。

【図 6 D】[0025]本開示の実施形態と一致した、ウェーハ調節システムの例示的な制御回路を示す概略図である。

【図 7】[0026]本開示の実施形態と一致した、ウェーハ温度を調節するための例示的な方法を示す流れ図である。

【図 8 A】[0027]本開示の実施形態と一致した、真空ポンプシステムを備えた例示的な荷電粒子ビーム検査システムを示す概略図である。

【図 8 B】[0027]本開示の実施形態と一致した、真空ポンプシステムを備えた例示的な荷電粒子ビーム検査システムを示す概略図である。

【図 9】[0028]本開示の実施形態と一致した、荷電粒子ビーム検査システムのメインチャンバにおける圧力変化を示す例示的なグラフである。

10

【図 10】[0029]本開示の実施形態と一致した、真空ポンプシステムを備えた例示的な荷電粒子ビーム検査システムを示す概略図である。

【図 11】[0030]本開示の実施形態と一致した、図 10 の荷電粒子ビーム検査システムのロードロックチャンバの真空レベルを制御するための例示的な方法を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

[0031] ここで、例示的な実施形態を詳細に参照する。これらの実施形態の例が、添付の図面に示されている。以下の説明は添付の図面を参照し、異なる図面中の同じ番号は、特に断りのない限り、同じ又は同様の要素を表す。例示的な実施形態の以下の説明文中に記載される実装は、本発明と一致する全ての実装を表すものではない。その代わり、それらは、添付の特許請求の範囲に列挙されるような本発明に関連する態様と一致する装置及び方法の単なる例にすぎない。

20

【0014】

[0032] 電子デバイスは、基板と呼ばれるシリコン片上に形成された回路から構成される。多数の回路が、同じシリコン片上に一緒に形成されることがあり、集積回路又は IC と呼ばれる。多数のより多くの回路を基板上に収めることができるように、これらの回路の寸法は劇的に減少された。例えば、スマートフォン内の IC チップは、親指の爪程小さいことがありながら、20 億個を超えるトランジスタを含むことができ、各トランジスタの寸法は、人間の髪の毛の寸法の $1/1000$ よりも小さい。

30

【0015】

[0033] これらの極端に小さな IC を製造することは、複雑で時間がかかり高価なプロセスであり、しばしば数百にのぼる個別ステップを含む。たった 1 つのステップでのエラーが、完成した IC における欠陥をもたらし、その IC を使い物にならなくする可能性がある。従って、製造プロセスの 1 つのゴールは、そのような欠陥を回避して、プロセスにおいて作製される機能的 IC の数を最大化すること、即ち、プロセスの全体的歩留まりを向上させることである。

【0016】

[0034] 歩留まりを向上させる 1 つの構成要素は、チップ作製プロセスを監視して、十分な数の機能的集積回路が製造されていることを確認することである。プロセスを監視する 1 つの方法は、チップ回路構造を形成する様々な段階において、チップ回路構造を検査することである。検査は、走査電子顕微鏡 (SEM) を使用して実行することができる。SEM を使用すると、これらの非常に小さな構造を撮像する、要するに、これらの構造の「写真」を撮ることができる。この画像を使用して、構造が適切に形成されたかどうか、及び構造が適切な位置に形成されたかどうかを判断することができる。構造に欠陥がある場合、欠陥が再び発生する可能性が低くなるようにプロセスを調節することができる。

40

【0017】

[0035] IC チップ製造設備においては製造工程の歩留まりが高いことが望ましいが、1 時間あたりに処理されるウェーハの数として定義されるウェーハスループットを高く維持することも必須である。高い製造工程の歩留まり及び高いウェーハスループットは、と

50

りわけ欠陥を点検するためにオペレーターの介在がある場合には、欠陥の存在によって影響されることがある。従って、高い歩留まり及び低コストを維持するためには、検査ツール（SEMなど）によるマイクロ及びナノサイズの欠陥の、高いスループットの検出及び特定が必須である。

【0018】

【0036】 本開示の一態様は、検査システム全体のスループットを高める改良されたロードロックシステムを含む。改良されたロードロックシステムは、従来の粒子ビーム検査システムと比較すると、検査プロセスを速める態様で、ウェーハを準備する。例えば、従来の粒子ビーム検査システムを使用してウェーハを検査しているオペレーターは、検査を開始する前に、ウェーハが温度安定化するのを待つ必要がある。温度が変化するとウェーハのサイズが変化し、それにより、ウェーハが膨張又は収縮するにつれて、ウェーハ上の素子が移動することになるので、この温度安定化は必要である。例えば、図1Cは、温度変化に起因してウェーハ160が膨張すると、素子180、182、184、及び186が、新しい位置170、172、174、及び178に移動することがあることを示す。ウェーハを検査するための精度がナノメートル単位である場合、この位置の変化は重大である。従って、オペレーターがウェーハ上の素子を正確に位置特定し検査するためには、オペレーターはウェーハが温度安定化するまで待たなければならない。

10

【0019】

【0037】 改良されたロードロックシステムは、ウェーハの温度が、ウェーハを保持することになる検査ウェーハステージの温度に近くなるように、ウェーハを調節する。改良されたロードロックシステムは、ウェーハがウェーハステージ上に配置される前に、ウェーハから又はウェーハへ熱を伝達する調節プレートを含むことにより、ウェーハを調節することができる。ウェーハがウェーハステージ上に配置される前にウェーハを調節することにより、はるかに少ない遅延を伴って検査を開始することができる。従って、オペレーターは、所与の期間内により多くのウェーハを検査することができ、それによって、スループットの向上を達成することができる。

20

【0020】

【0038】 図面における構成要素の相対的な寸法は、理解しやすいように誇張されていることがある。以下の図面の説明では、同じ又は同様の参照番号は、同じ又は同様の構成要素又はエンティティを指しており、個々の実施形態に関して異なる点のみが説明されている。本明細書で使用する場合、特段の断りがない限り、「又は」という用語は、実行不可能である場合を除いて、全ての可能な組み合わせを包含する。例えば、構成要素がA又はBを含むことがあると記載されている場合、特段の断りがない限り又は実行不可能でない限り、構成要素はA、又はB、又はA及びBを含むことがある。第2の例として、構成要素がA、B、又はCを含むことがあると記載されている場合、特段の断りがない限り又は実行不可能でない限り、構成要素はA、又はB、又はC、又はA及びB、又はA及びC、又はB及びC、又はA及びB及びCを含むことがある。

30

【0021】

【0039】 ここで図1Aを参照すると、図1Aは本開示の実施形態と一致した、例示的な荷電粒子ビーム検査システム100を示す概略図である。図1に示すように、荷電粒子ビーム検査システム100は、メインチャンバ10、ロードロックチャンバ20、電子ビームツール40、及び機器フロントエンドモジュール（EFEM）30を含む。電子ビームツール40は、メインチャンバ10内部に配置されている。説明及び図面は電子ビームに関係しているが、実施形態は、本発明を特定の荷電粒子に制限するために使用されるのではないことが、理解されよう。電子ビームツール40は、単一の電子ビームを利用するシングルビームツールであるか、又は複数の電子ビームを利用するマルチビームツールであり得ることが、更に理解されよう。

40

【0022】

【0040】 EFEM30は、第1のローディングポート30a及び第2のローディングポート30bを含む。EFEM30は、追加のローディングポートを含むことがある。第1

50

のローディングポート 30 a 及び第 2 のローディングポート 30 b は、例えば、検査されるべきウェーハ（例えば、半導体ウェーハ、又は他の材料で作られたウェーハ）又はサンプル（ウェーハ及びサンプルは、以降ではまとめて「ウェーハ」と呼ばれる）を収容するウェーハ F O U P（front opening unified pod）を受け取ることがある。E F E M 30 内の 1 つ又は複数のロボットアーム（例えば、図 1 B に示すロボットアーム）が、ウェーハをロードロックチャンバ 20 に運ぶ。

【0023】

[0041] ロードロックチャンバ 20 は、チャンバ間にゲート弁（例えば、図 1 B のゲート弁 26）を備えて、メインチャンバ 10 に取り付けられることがある。ロードロックチャンバ 20 は、1 つ又は複数のウェーハを保持することができるサンプルホルダー（図示せず）を含むことがある。ロードロックチャンバ 20 は、メインチャンバ 10 との間でウェーハを移動させるための機械式移送装置（例えば、図 1 B のロボットアーム 12）を含むこともある。ロードロックチャンバ 20 は、ロードロック真空ポンプシステム（図示せず）に接続されることがあり、このポンプシステムは、大気圧よりも低い第 1 の圧力に達するように、ロードロックチャンバ 20 内のガス分子を除去する。第 1 の圧力に達した後、1 つ又は複数のロボットアーム（図 1 B に示す）がウェーハをロードロックチャンバ 20 からメインチャンバ 10 に運ぶ。メインチャンバ 10 は、メインチャンバ真空ポンプシステム（図示せず）に接続され、このポンプシステムは、第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力に達するように、メインチャンバ 10 内のガス分子を除去する。第 2 の圧力に達した後、ウェーハは電子ビームツール 40 による検査にかけられる。

【0024】

[0042] コントローラ 50 は、電子ビームツール 40 に電子的に接続されている。コントローラ 50 は、荷電粒子ビーム検査システム 100 の様々な制御を行うように構成されたコンピュータであり得る。図 1 A では、コントローラ 50 は、メインチャンバ 10、ロードロックチャンバ 20、及び E F E M 30 を含む構造の外部にあるものとして示されているが、コントローラ 50 はこの構造の一部とすることもできることが理解されよう。本開示は、電子ビーム検査ツールを収容するメインチャンバ 10 の例を提供しているが、最も広い意味での本開示の態様は、電子ビーム検査ツールを収容するチャンバに限定されないことに、留意されたい。むしろ、前述の原理は、第 2 の圧力下で動作する他のツールにも適用され得ることが理解されよう。

【0025】

[0043] ここで図 1 B を参照すると、図 1 B は、本開示の実施形態と一致した、図 1 A の荷電粒子ビーム検査システム 100 における例示的なウェーハ装填シーケンスを示す概略図である。実施形態によっては、荷電粒子ビーム検査システム 100 は、E F E M 30 内に配置されたロボットアーム 11 と、メインチャンバ 10 内に配置されたロボットアーム 12 とを含むことがある。実施形態によっては、E F E M 30 は、ウェーハをロードロックチャンバ 20 に運ぶ前にウェーハを正確に位置決めするように構成されたプリアライナ 60 を含むこともある。

【0026】

[0044] 実施形態によっては、第 1 のローディングポート 30 a 及び第 2 のローディングポート 30 b は、例えば、ウェーハを収容するウェーハ F O U P（front opening unified pods）を受け取ることがある。E F E M 30 内のロボットアーム 11 は、位置決めを支援するために、ローディングポートの何れかからプリアライナ 60 へウェーハを運ぶことがある。プリアライナ 60 は、ウェーハを位置決めするために、機械式の又は光学式の位置合わせ方法を使用することがある。プリ・アライメントの後、ロボットアーム 11 は、ウェーハをロードロックチャンバ 20 に運ぶことがある。

【0027】

[0045] ウェーハがロードロックチャンバ 20 に運ばれた後、ロードロック真空ポンプ（図示せず）は、大気圧よりも低い第 1 の圧力に達するように、ロードロックチャンバ 20 内のガス分子を除去することがある。第 1 の圧力に達した後、ロボットアーム 12 は、

10

20

30

40

50

ウェーハを、ロードロックチャンバ 20 からメインチャンバ 10 内の電子ビームツール 40 のウェーハステージ 80 に運ぶことがある。メインチャンバ 10 は、メインチャンバ真空ポンプシステム（図示せず）に接続され、このポンプシステムは、第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力に達するように、メインチャンバ 10 内のガス分子を除去する。第 2 の圧力に達した後、ウェーハは電子ビームツールによる検査にかけられることがある。

【0028】

[0046] 実施形態によっては、メインチャンバ 10 は、検査の前にウェーハを一時的に格納するように構成されたパーキングステーション 70 を含むことがある。例えば、第 1 のウェーハの検査が完了すると、第 1 のウェーハはウェーハステージ 80 から外されることがあり、次いで、ロボットアーム 12 は、第 2 のウェーハをパーキングステーション 70 からウェーハステージ 80 に運ぶことがある。その後、ロボットアーム 12 は、第 3 のウェーハをロードロックチャンバ 20 からパーキングステーション 70 に運んで、第 2 のウェーハの検査が終了するまで、一時的に第 3 のウェーハを格納することがある。

10

【0029】

[0047] ここで図 2 を参照すると、図 2 は、荷電粒子ビーム検査システムの経時的なウェーハ温度変化を示す例示的なグラフである。縦軸は温度変化を表し、横軸は時間の経過を表す。このグラフは、ウェーハ装填シーケンスの複数の段階を通じてウェーハが処理される間に、ウェーハの温度が時間と共に変化することを示す。図 2 に示す例示的なデータによれば、検査されることになるウェーハを収容する F O U P が、第 1 のローディングポート 30 a 又は第 2 のローディングポート 30 b に装填されるとき、ウェーハの温度は約 22.5 度である。

20

【0030】

[0048] ウェーハがロードロックチャンバに運ばれた後、ロードロックチャンバが真空中にポンプダウンされると、ウェーハ温度は、ほぼ 1 度急速に低下する。この急激な温度低下は、ポンプダウン効果と呼ばれることがある。その後、ウェーハがウェーハステージに運ばれ装填されるとき、ウェーハとウェーハステージは温度が異なることがある。例えば、図 2 のグラフは、ウェーハがウェーハステージに装填されるとき（図 2 では 210 と注釈をつけられている）、ロードロックチャンバに配置されたウェーハ（図 2 では 220 と注釈をつけられている）とメインチャンバ内に配置されたウェーハステージ（図 2 では 230 と注釈をつけられている）との間にはおよそ 2.5 度の温度差が存在することがあることを示している。そのような状況下では、ウェーハとウェーハステージとの間で熱伝達が発生し、それによって、ウェーハ（又はウェーハステージ）の変形（例えば、図 1 C に示す熱膨張）が生じることがある。ウェーハステージ又はウェーハが熱変形を受けている間は、ターゲットエリアの検査はできないか、又は精度が低下することがある。従って、より正確な検査を実施するために、システムは、ウェーハの温度が安定化するまでかなりの期間待ってから、検査を開始することができる。この待ち時間により、検査システムのスループットが低下する。

30

【0031】

[0049] より迅速な温度安定化のためのウェーハステージの例が、2018年5月28日に出願され「PARTICLE BEAM APPARATUS」と題された欧州特許出願第 E P 1 8 1 7 4 6 4 2 . 1 号にみられ、該特許出願はその全体が参照により組み込まれる。この長い安定化時間に対処する別の方法は、ウェーハがウェーハステージに装填される前に、ウェーハを予熱又は予冷してウェーハステージの温度と一致させることにより、ウェーハ温度を調節することである。そのような実施形態では、調節ステップは、前のウェーハがウェーハステージ上で検査されている間に行われることがあり、従って、ウェーハがウェーハステージに装填された後で調節が行われるシステムと比べると、検査システムの全体的なスループットが向上することがある。

40

【0032】

[0050] 実施形態によっては、温度調節機能がロードロックチャンバに実装されることがあり、これは、スループットの向上並びに将来に備えた柔軟性ももたらすことがある。

50

ウェーハの温度調節がロードロックチャンバにおいて実施される場合、前のウェーハの検査の進行中に、パイプラインの次のウェーハをロードロックチャンバに装填することができる。例によっては、このシーケンスでは、ウェーハを調節するために利用可能な最大の時間は約5～10分間であると計算され、これは概ね、現在の範囲内の最短のユーザーケースでの最小のウェーハ検査時間である。従って、ロードロックチャンバにおいてウェーハ温度調節を実施する利点の1つは、ウェーハ調節時間を検査時間の陰に隠すことができることである、というのも、次のウェーハの調節と現在のウェーハの検査を同時に行うことができるからである。これにより、粒子ビーム検査システムの全体的なスループットが改善することができる。

【0033】

[0051] 実施形態によっては、荷電粒子ビーム検査システム(図1Bの荷電粒子ビーム検査システム100など)は、粗い温度調節器及び細かい温度調節器を含むことがある。例えば、プリアライナ(図1Bのプリアライナ60など)は、粗い調節器を含むことがあり、一方、ロードロックチャンバ(ロードロックチャンバ20など)は細かい調節器を含む。粗い調節器は、例えば、2度の粗いオフセットから500mKまでウェーハを調節することがあり、一方、細かい調節器は、例えば、500mKの細かいオフセットから50mKまでウェーハを調節することができる。

【0034】

[0052] ここで図3Aを参照すると、図3Aは、本開示の実施形態と一致した、例示的なロードロックシステム300aを示す。実施形態によっては、ロードロックシステム300aは、ウェーハ320に熱を伝達するように構成された調節プレート315及び複数の支持構造325を含むことがある。他の実施形態では、調節プレート315は、追加的に又は代替的にウェーハ320から熱を伝達するように構成されることがある。調節プレート315に結合された支持構造325は、ウェーハ320と調節プレート315との間に空間ができるように、ウェーハ320を支持することがある。ウェーハ320が調節プレート315のより近くに配置されると、より効率的な熱伝達を達成できることが理解されるが、実施形態によっては、ロボットアームがウェーハ320を持ち上げたり又は運んだりするための空間を提供するために、ウェーハ320と調節プレート315との間に十分な距離を設けることが望ましいことがある。実施形態によっては、ウェーハ320と調節プレート315との間の距離は、ウェーハを持ち上げたり又は運んだりする際の様々なロボットアームのサイズに対応するための空間を提供するために、1.5mmから10mmの範囲内であることがある。実施形態によっては、ウェーハ320と調節プレート315との間の距離は、ロボットアームの運搬のために特別な処置を必要とすることなく、より効率的な熱伝達をもたらしながらも特定のタイプのロボットアームに対応するための空間を提供するために、3mmから5mmの範囲内であることがある。実施形態によっては、ウェーハ320を持ち上げるための特別な機構を使用して、この距離をより狭めることがある。

【0035】

[0053] 更に、2つの支持構造325が図3Aに示されているとしても、システム300aは任意の数の支持構造325を含むことがあることが理解されよう。実施形態によっては、ウェーハ320は、何らかの能動的な結合手段(例えば、静電クランプ)を用いることなく、支持構造325の上部に受動的に載置されることがある。他の実施形態では、ウェーハ320は、静電クランプなどの能動的な保持手段を使用して支持構造325上に保持されることがある。

【0036】

[0054] ロードロックシステム300aは、図1Aのロードロックチャンバ20などのロードロックチャンバ310を含むことがある。実施形態によっては、ロードロックチャンバ310は、大気圧と真空との間で内圧を変化させるように構成されることがある。ターボポンプ(図示せず)などのポンプをロードロックチャンバ310に接続して、ウェーハ320の温度を調節するための適切なレベルに真空レベルを維持することがある。この

10

20

30

40

50

ポンプがロードロックチャンバ310内に真空を確立するのに適している限り、このポンプはターボポンプとは異なるタイプのポンプであってもよいことが理解されよう。

【0037】

[0055] 実施形態によっては、調節プレート315は、調節プレート315の温度を変えるように構成された熱交換素子340を含むことがあり、これは、次いで、ウェーハ320の温度に影響を及ぼす。熱交換素子340は、ヒーター/クーラー360に結合されることがある。実施形態によっては、ヒーター/クーラー360は、ロードロックチャンバ310の外部に配置されることがある。他の実施形態では、ヒーター/クーラー360は、ロードロックチャンバ310の内部に配置されることがある。

【0038】

[0056] ロードロックシステム300aは、ヒーター/クーラー360又は熱交換素子340を調節して調節プレート315の温度を変化させるように構成されたコントローラ350を更に含むことがあり、これは次いで、ウェーハ320の温度に影響を及ぼす。実施形態によっては、コントローラ350は、メインチャンバ390内のウェーハステージ395の温度に関するステージ温度データを受け取ることがある。例えば、実施形態によっては、コントローラ350は、ウェーハステージ395の温度を測定するように構成された温度センサ396から、ステージ温度データを伝える電気信号を受け取ることがある。そのような実施形態では、コントローラ350は、ウェーハステージ395の温度に関するステージ温度データに基づいて、調節プレート315の温度を調節するように、ヒーター/クーラー360を制御することがある。

【0039】

[0057] 実施形態によっては、コントローラ350は、ヒーター/クーラー360の出力の温度に関するヒーター温度データを受け取ることがある。そのような実施形態では、コントローラ350は、ヒーター温度データに基づいて、調節プレート315の温度を調節するように、ヒーター/クーラー360を制御することがある。例えば、実施形態によっては、ヒーター/クーラー360は温水装置又は冷水装置であり得る。そのような実施形態では、加熱された又は冷却された水が、調節プレート315内の熱交換素子340を通過して流れ、コントローラ350は、ヒーター/クーラー360の出力における水の温度に関するヒーター温度データを受け取ることがある。コントローラ350は、水の温度に基づいてヒーター/クーラー360を調節することがある。実施形態によっては、コントローラ350は、水の温度を測定するように構成された温度センサ365から、ヒーター温度データを伝える電気信号を受け取ることがある。実施形態によっては、コントローラ350は、ステージ温度データとヒーター温度データの両方を使用して、調節プレート315の温度を調節することがある。そのような実施形態では、例えば、コントローラ350は、ヒーター温度（例えば、ヒーター/クーラー360の出力における水の温度）をウェーハステージ395の温度に一致させるように、ヒーター/クーラー360を調節することがある。

【0040】

[0058] 実施形態によっては、コントローラ350は、追加の温度センサを用いて更に最適化されることがある。例えば、実施形態によっては、システムは、ウェーハ320及び調節プレート315の温度を測定するように構成された1つ又は複数の追加のセンサを含むことがある。

【0041】

[0059] 実施形態によっては、ロードロックシステム300aは、1つ又は複数のガス通気孔（例えば、ガス通気孔330又は335）を含んで、ガス供給部からロードロックチャンバ310へガス338を供給することがある。そのような実施形態では、ガス338がウェーハ320と調節プレート315との間の熱伝導を高め、ウェーハ320が安定温度に達するための時間を短縮することにつながる可能性がある。例えば、ウェーハ320と調節プレート315との間の熱伝達は、放射及びガス338によって生じることがある。ガス338は、窒素、ヘリウム、水素、アルゴン、CO₂、又は圧縮乾燥空気であり得

10

20

30

40

50

る。ガス 338 は、熱伝達に適した他の任意のガスであってもよいことが理解されよう。ガス供給部とロードロックチャンバ 310 との間には、弁 370 及び 375 が配置されることがある。ガス通気孔 330 及び 335 は、ガス供給部から孔 330 及び 335 まで延びるガス管を介して、ガス供給部に接続されることがあり、これらの孔は、ロードロックチャンバ 310 へと通じており、ウェーハ 320 と調節プレート 315 との間にガスを供給することができる。実施形態によっては、ガス通気孔 330 及び 335 は、ロードロックチャンバが真空レベルまでポンプダウンされた後に開かれることがある。実施形態によっては、ガス 338 がロードロックチャンバ 310 に供給されている間に、ロードロック真空ポンプ（例えば、ターボポンプ）を有効にして、ガス 338 分子の一部を連続的に除去し、ウェーハ調節プロセス中に真空レベルを維持することがある。

10

【0042】

[0060] 図 3 F に示すように、ガス圧が増加すると、熱伝達の効率が高まる。しかしながら、ガス圧が一定の水準、例えば図 3 F では 100 Pa 以上に近づくと、効率はそれほど向上しないことがある。従って、実施形態によっては、ウェーハ 320 と調節プレート 315 との間の空間におけるガス圧を、ウェーハ 320 の調節中は 50 Pa から 5,000 Pa の範囲内にして、ガス圧レベルを十分に低く保ちながら、効率的な熱伝達を提供することがある。実施形態によっては、ガス圧を、ウェーハ 320 の調節中は 100 Pa から 1,000 Pa の範囲内にして、ガス圧を真空に近い状態に保ちながら、熱伝達効率の間でバランスをもたらすことがある。

【0043】

[0061] 実施形態によっては、ガス 338 は、ガス分子自体がウェーハ 320 への熱伝達を提供できるように温度調節されることがある。例えば、ガス供給部、ガス弁 370 及び 375、又はロードロックシステム 300 a の任意の他の部分は、ヒーターを含んで、ガス 338 の温度を予備調節してからガス 338 をチャンバ 310 に提供することがある。

20

【0044】

[0062] 実施形態によっては、1 つ又は複数のガス通気孔 330 及び 335 は、図 3 A に示すようにロードロックチャンバ 310 内に含まれることがある。図 3 B に示すロードロックシステム 300 b などの他の実施形態では、ガス通気孔のうちの少なくとも 1 つ（例えば、図 3 B のガス通気孔 330）は、調節プレート 315 内に含まれ、ウェーハ 320 と調節プレート 315 との間の空間にガス 338 を直接的に供給することがある。例えば、そのような実施形態では、ガス通気孔 330 は調節プレート 315 内に含まれ、ウェーハ 320 の中央又はその近辺に配置されることがある。ガス通気孔は、通気孔がロードロックチャンバ 310 内のウェーハ 320 と調節プレート 315 との間の空間にガス 338 を供給するのに適している限り、他の任意の場所に配置されてもよいことが理解されよう。ロードロックシステム 300 a 及び 300 b は、任意の数のガス通気孔を含むことがあることも、理解されよう。実施形態によっては、コントローラ 350 は、ロードロックチャンバ 310 へのガス流量を変化させるようにガス通気孔 330 又は 335 を調節するように構成されることがある。

30

【0045】

[0063] 図 3 C は、ロードロックシステムでのウェーハ温度調節中の、経時的なウェーハ温度変化を示す例示的なグラフを示す。熱がウェーハに伝達されるにつれて、ウェーハの温度 (T_{wafer}) は、ウェーハステージの温度 ($T_{wafer\ stage}$) に徐々に近づく。ウェーハの温度が安定温度 (T_{stable}) に達したとき、調節プロセスは完了することがある。実施形態によっては、 T_{stable} は、ウェーハステージの温度と同じであることがある。他の実施形態では、 T_{stable} を、ウェーハステージ温度よりも約 100 mK 低い点 ($T_{wafer\ stage} - 100\ mK$) に設定して、効率的なスループットの改善をもたらすことがある。実施形態によっては、 T_{stable} は約 22 °C での設定値であり得る。他の例では、 T_{stable} は 20 ~ 28 °C の範囲内の設定値であり得る。

40

50

【 0 0 4 6 】

[0064] 実施形態によっては、図 6 C に示すように、 T_{wafer} が T_{stable} に近づくと、コントローラ（図 3 A のコントローラ 3 5 0 など）は、調節プレート温度を徐々に低減してウェーハ温度のオーバーシュートを防止できるように、ヒーター（図 3 A のヒーター/クーラー 3 6 0 など）を調節することがある。

【 0 0 4 7 】

[0065] ウェーハ 3 2 0 が T_{stable} に達した後、調節ステップは終了し、その後、ガス通気孔（図 3 A のガス通気孔 3 3 0 及び 3 3 5 など）を通るガス流は停止されることがある。実施形態によっては、ガス流を停止した後、ロードロック真空ポンプは、ロードロックチャンバ（図 3 A のロードロックチャンバ 3 1 0 など）内の圧力がメインチャンバ（図 3 A のメインチャンバ 3 9 0 など）内の圧力又はその近傍になるまで、動作し続けることがある。ロードロックチャンバ内部の圧力は、既に真空（例えば、 $10 \sim 10^{-6}$ Pa）に近い状態に維持されていることがあるので、ロードロックチャンバとメインチャンバとの間の圧力差は比較的小さいことがある。実施形態によっては、ヒーター（図 3 A のヒーター/クーラー 3 6 0 など）は、調節プレートからの残留放射が、ポンプダウン中にウェーハの温度を保つのに役立つことができるように、調節プレートの温度を維持することがある。

10

【 0 0 4 8 】

[0066] ロードロックチャンバ内のガス圧がメインチャンバ内の圧力又はその近傍に達すると、実施形態によっては、ウェーハは検査のためにウェーハステージ（図 3 A のウェーハステージ 3 9 5 など）まで運ばれることがある。ウェーハの温度は、ウェーハステージの温度又はその近傍であり得るので、検査は最小の待機期間で開始することができる。他の実施形態では、ウェーハは、パーキングステーション（図 1 B のパーキングステーション 7 0 など）に運ばれ、前のウェーハの進行中の検査が完了するまで、一時的に格納されることがある。

20

【 0 0 4 9 】

[0067] ここで図 3 D を参照すると、図 3 D は、本開示の実施形態と一致した、別の例示的なロードロックシステム 3 0 0 d を示す。実施形態によっては、ロードロックシステム 3 0 0 d は、ウェーハ 3 2 0 に熱を伝達するように構成された調節プレート 3 1 5 及び複数の支持構造 3 2 5 を含むことがある。実施形態によっては、調節プレート 3 1 5 は、熱交換素子 3 4 0 を含むことがある。

30

【 0 0 5 0 】

[0068] 実施形態によっては、図 3 D に示すように、調節プレート 3 1 5 はウェーハ 3 2 0 の上方に配置されることがある。そのような実施形態では、ウェーハ 3 2 0 は、支持プレート 3 1 9 に結合された支持構造 3 2 5 によって支持される。ウェーハ 3 2 0 が調節プレート 3 1 5 のより近くに配置されると、より効率的な熱伝達を達成できることが理解されるが、実施形態によっては、ロボットアームがウェーハ 3 2 0 を持ち上げたり又は運んだりするための空間を提供するために、ウェーハ 3 2 0 と調節プレート 3 1 5 との間に十分な距離を設けることが望ましいことがある。しかしながら、図 3 D に示す構成では、調節プレート 3 1 5 はウェーハ 3 2 0 の上方に配置されるので、調節プレート 3 1 5 をウェーハ 3 2 0 のはるかにより近くに配置することができる。実施形態によっては、ウェーハ 3 2 0 と調節プレート 3 1 5 との間で、距離は約 1 mm まで減らすことができる。

40

【 0 0 5 1 】

[0069] 実施形態によっては、ロードロックシステム 3 0 0 d は、ガス通気孔 3 3 0 及び 3 3 5 を含んで、ウェーハ 3 2 0 と調節プレート 3 1 5 との間の空間にガス 3 3 8 を供給することがある。実施形態によっては、少なくとも 1 つのガス通気孔が、調節プレート 3 1 5 内に含まれて、その空間にガス 3 3 8 を供給することがある。ガス通気孔 3 3 0 又は 3 3 5 は、ロードロックシステム 3 0 0 d の他の場所がロードロックチャンバ 3 1 0 内のウェーハ 3 2 0 と調節プレート 3 1 5 との間の空間にガス 3 3 8 を供給するのに適している限り、それらの他の場所に配置されてもよいことが理解されよう。ロードロックシ

50

テム 300d は、任意の数のガス通気孔を含むことがあることも、理解されよう。

【0052】

[0070] ここで図 3E を参照すると、図 3E は、本開示の実施形態と一致した、別の例示的なロードロックシステム 300e を示す。ロードロックシステム 300e は、複数の方向からウェーハ 320 に熱を伝達するように構成された複数の調節プレートを含むことがある。例えば、ロードロックシステム 300e は、下方向に熱を伝達するように構成された上側調節プレート 317 と、上方向に熱を伝達するように構成された下側調節プレート 318 と、を含むことがある。実施形態によっては、上側調節プレート 317 は、熱交換素子 340 を含むことがある。実施形態によっては、下側調節プレートは、熱交換素子 340 を含むことがある。下側調節プレート 318 は、ウェーハ 320 を支持するように構成された支持構造 325 に結合されることがある。ロードロックシステム 300e は、ガス通気孔 330 及び 335 を含んで、ウェーハ 320 と調節プレート 317 及び 318 との間の空間にガス 338 を供給することがある。実施形態によっては、少なくとも 1 つのガス通気孔が、上側調節プレート 317 内に含まれることがある。実施形態によっては、少なくとも 1 つのガス通気孔が、下側調節プレート 318 内に含まれることがある。

10

【0053】

[0071] ここで図 4 を参照すると、図 4 は、本開示の実施形態と一致した、機器フロントエンドモジュール (EFEM) 内の例示的なプリアライナの概略図である。実施形態によっては、プリアライナは、ウェーハ 420 を支持するように構成された 1 つ又は複数の支持構造 425 と、1 つ又は複数の空気通気孔 440 からの加熱された圧縮空気を介して熱を伝達するように構成された調節プレート 415 と、を含むことがある。実施形態によっては、調節プレート 415 は、空気を除去するように構成された 1 つ又は複数の真空チャンネル 450 を更に含む。そのような実施形態では、ウェーハ 420 と調節プレート 415 との間の熱伝達は、主に、1 つ又は複数の空気通気孔 440 を介して供給される温度調節された圧縮空気を介した対流によって、生じることがある。ウェーハの調節が、温度調節された圧縮空気の強制対流を通じて行われるので、熱がウェーハ 420 との間で効率的に伝達され、従って、ウェーハ温度を安定温度に素早く安定化することができる。

20

【0054】

[0072] ここで図 5 を参照すると、図 5 は、本開示の実施形態と一致した、ウェーハ調節システム 500 の例示的な構成を示す概略図を示す。実施形態によっては、ウェーハ調節システム 500 は、ウェーハ 520 に熱を伝達するように構成された調節プレート 515 及び複数の支持構造 525 を含むことがある。調節プレート 515 に結合された支持構造 525 は、ウェーハ 520 を支持し、熱をウェーハ 520 に伝導することがある。支持構造 525 は、支持及び熱の伝導に適した任意の形状であり得ることが、理解されよう。実施形態によっては、調節プレート 515 は、調節プレート 515 の温度を変えるように構成された熱交換素子 540 を含むことがあり、これは、次いで、ウェーハ 520 の温度に影響を及ぼす。熱交換素子 540 は、ヒーター 560 に結合されることがある。実施形態によっては、ヒーター 560 は、真空チャンバ 510 の外部に配置されることがある。他の実施形態では、ヒーター 560 は、真空チャンバ 510 の内部に配置されることがある。

30

40

【0055】

[0073] 実施形態によっては、調節プレート 515 は、静電クランプ 570 を更に含むことがある。静電クランプ 570 は、電荷を介してウェーハ 520 を調節プレート 515 に留めることがある。電源 (図示せず) が、ウェーハ 520 を静電クランプ 570 に接続する電荷を供給する。例えば、静電クランプ 570 は、調節プレート 515 の一部であるか、又は調節プレート 515 内に含まれていることがある。他の例では、静電クランプ 570 は、調節プレート 515 とは別個であり得る。実施形態によっては、調節プレート 515 は、ウェーハ 520 を持ち上げて、ウェーハ 520 を運ぶためのロボットアーム (図示せず) に対応するように構成された昇降構造 526 を含むことがある。

【0056】

50

[0074] 実施形態によっては、真空チャンバ510は、真空チャンバ510の温度を変化させるように構成された熱交換素子545を含むことがある。そのような実施形態では、(図5に示すように)放射を介して真空チャンバ510の内面からウェーハ520に熱が伝達されることがある。真空チャンバ510は、図1Bのロードロックチャンバ20、図1Bのパーキングステーション70の一部、又は図1Bのメインチャンバ10であり得る。

【0057】

[0075] ここで図6Aを参照すると、図6Aは、本開示の実施形態と一致した、ウェーハ調節システム600の別の例示的な構成を示す概略図を示す。システム600は、真空チャンバ610と、ウェーハ620を支持するように構成された1つ又は複数の支持構造625と、を含むことがある。実施形態によっては、ウェーハ調節システム600は、複数の方向からの放射を介して熱をウェーハ620に伝達するように構成された、1つ又は複数の加熱デバイスを含むことがある。例えば、図6Aに示すように、システム600は、上側加熱デバイス617及び下側加熱デバイス618を含むことがある。

10

【0058】

[0076] 実施形態によっては、加熱デバイス617又は618は、調節プレート、1つ若しくは複数の管、又はウェーハ620に熱を放射するように構成された1つ若しくは複数のコイルであり得る。実施形態によっては、システム600は、単一の加熱デバイスを含むことがあり、この加熱デバイスは、ウェーハ620の上方又は下方に配置されることがある。実施形態によっては、システム600は、ウェーハ620を基準にして配置される上側加熱デバイス617及び下側加熱デバイス618を含むことがある。実施形態によっては、システム600は、3つ以上の加熱デバイスを含むことがある。実施形態によっては、システム600は、加熱デバイス617又は618に熱を供給するように構成されたヒーター660を含むことがある。実施形態によっては、ヒーター660は、温水装置、又は加熱デバイス617若しくは618に熱を供給することができる任意の他のタイプのヒーターであり得る。

20

【0059】

[0077] 実施形態によっては、支持構造625は、ウェーハ620の温度を測定するように構成された温度センサ627を含むことがある。温度センサ627は、熱電対(TC)、NTCサーミスタ、PTCサーミスタ、抵抗温度計、赤外線温度計、又はウェーハ620の温度を測定するのに適した任意の他のデバイスを含むことがある。例えば、図6Bに示すように、支持構造625は、ウェーハ620の温度を測定するように構成された熱電対を含むことがある。ウェーハの温度を測定できるようにするために、支持構造625は、熱電対を押しつけてウェーハ620と接触させるようにするためのばね状構造を含むことがある。実施形態によっては、熱電対及びばね状構造は、支持構造625によって囲まれることがある。

30

【0060】

[0078] システム600は真空チャンバ610内で動作するので、ウェーハ温度を測定するための、ウェーハから熱電対への熱伝達は、伝導及び放射を介することがある。一部の実施形態の場合、ウェーハ620の温度をより正確に測定するために、熱電対への熱放射を最小限に抑えることが望ましいことがある。従って、熱電対がウェーハ620から伝導を介して熱を受け取ることができるように、ウェーハ620に接触する表面を除いて、熱電対の表面は、熱を伝達しない材料でできた1つ又は複数の構造体によって覆われていることがある。実施形態によっては、支持構造625は、熱伝達を防止する材料から作製されることがある。実施形態によっては、システム600は、ウェーハ620の複数の部分から温度情報を収集するために、複数の熱電対を含むことがある。そのような実施形態では、コントローラ(図6Eに示すコントローラ650など)は、ウェーハ620の温度分布特性を決定することがある。

40

【0061】

[0079] ここで図6Cを参照すると、図6Cは、調節プロセス中の温度変化を示す例示

50

的なグラフである。ウェーハ調節システムは、制御機構を含んで、ウェーハ調節が進行している間に加熱デバイスの温度をその場で変化させることがある。更に、実施形態によっては、ウェーハ調節システムは、システムの様々な部分の温度を測定するように構成された1つ又は複数の温度センサを含むことがある。実施形態によっては、ウェーハ調節システムは、ウェーハ自体の温度を測定するように構成された1つ又は複数の温度センサを含むことがある。図6Cは、そのような実施形態の一例における経時的な温度変化を示す。そのような実施形態では、加熱デバイスを高温（所望の安定温度、 T_{stable} よりいっそう高い）にして調節プロセスを開始し、その後、 T_{wafer} が T_{stable} に近づくにつれて、温度を所望の安定温度まで徐々に下げることが可能である。そのような実施形態では、このプロセスは、センサからの温度情報によって更に最適化されることがある。図6Cに示すように、そのような態様で温度を制御することにより、調節時間を大幅に短縮することができる。

10

【0062】

【0080】ここで図6Dを参照すると、図6Dは、本開示の実施形態と一致した、ウェーハ調節システムの例示的な制御回路を示す概略図である。実施形態によっては、図6Aのシステム600などのウェーハ調節システムは、コントローラと、システムの様々な部分を測定するように構成された1つ又は複数の温度センサと、を含むことがある。実施形態によっては、ウェーハ調節システムは、ウェーハの温度を測定するように構成された1つ又は複数の温度センサを含むことがある。例えば、コントローラ650は、機器フロントエンドモジュール（図1AのEFEM30など）内の温度センサ696から、入ってくるウェーハの温度に関する温度データを受け取ることがある。コントローラ650は、温度センサ627から、ウェーハの温度に関するウェーハ温度データを受け取ることがある。コントローラ650は、温度センサ665から、ヒーター660の出力（例えば、温水装置の出力における水）の温度に関するヒーター温度データを受け取ることがある。実施形態によっては、コントローラ650は、センサ696、627、及び665からの温度データのうちの少なくとも1つに基づいて、ヒーター660を制御することがある。例えば、ヒーター660は、熱を水に伝達するように構成された電気温水装置を含むことがある。温度フィードバックを用いて、コントローラ650は、ヒーター660に供給される電流を調節することがあり、それによって、熱交換素子（例えば、図6Aの加熱デバイス617又は618）の温度の変化がもたらされる。実施形態によっては、コントローラ650は、ウェーハのタイプ又は状態に基づいて、較正されることがある。

20

30

【0063】

【0081】制御機構が、機能を説明するために図6Aのシステム600の文脈で説明されたとしても、同じ制御機構を、本開示に示すウェーハ調節システムの実施形態の何れにも適用することができることが、理解されよう。

【0064】

【0082】ここで図7を参照すると、図7は、本開示の実施形態と一致した、ウェーハ温度を調節するための例示的な方法を示す流れ図である。この方法は、電子ビームシステム（例えば、図1Aの荷電粒子ビーム検査システム100）のロードロックシステム（例えば、図3A~図3Dのロードロックシステム300a、300b、300d、及び300e）によって実施されることがある。

40

【0065】

【0083】ステップ710では、ウェーハが、調節プレートを基準にしてロードロックチャンバ内に、ロボットアームによって装填される。実施形態によっては、ウェーハは、調節プレートの上に配置されることがある。他の実施形態では、ウェーハは、調節プレートの下方に配置されることがある。実施形態によっては、ウェーハは、2つの調節プレート間に配置されることがある。

【0066】

【0084】ステップ720では、ウェーハがロードロックチャンバ（例えば、図1Aのロードロックチャンバ20）に装填された後、コントローラ（例えば、図1Aのコントローラ

50

ラ 5 0) は、真空ポンプをオンにしてロードロックチャンバから空気を除去する。

【 0 0 6 7 】

[0085] ステップ 7 3 0 では、ウェーハステージ (例えば、図 3 A のウェーハステージ 3 9 5) の温度が決定され、コントローラに提供される。

【 0 0 6 8 】

[0086] ステップ 7 4 0 では、ガス供給部 (例えば、図 3 A のガス供給部) が、調節プレートとウェーハとの間の熱伝達のために、ロードロックチャンバにガスを供給する。ガスは、より効率的な熱伝達をもたらすために、ウェーハステージの測定温度と一致するように温度調節されることがある。

【 0 0 6 9 】

[0087] ステップ 7 5 0 では、コントローラは、ウェーハステージ温度データを受け取り、ウェーハステージの決定された温度に基づいて、加熱温度を調節する。

【 0 0 7 0 】

[0088] ステップ 7 6 0 では、ウェーハ調節が完了した後、ウェーハ調節システムは、ロードロックチャンバからメインチャンバ (例えば、図 3 A のメインチャンバ 3 9 0) 又はパーキングステーション (例えば、図 3 B のパーキングステーション 7 0) に、調節されたウェーハを移送する。実施形態によっては、ウェーハの温度を測定するために温度センサが存在する場合、コントローラは、ウェーハ温度を監視し、ウェーハ調節が完了したかどうかを判断することがある。

【 0 0 7 1 】

[0089] ウェーハ調節システムのコントローラは、ソフトウェアを使用して上述した機能を制御することができることが理解されよう。例えば、コントローラは、熱交換素子の温度を変えるように前述のヒーターに指示を送ることができる。コントローラは、ヒーターへの入力電圧又は電流を調節するための指示を送ることもできる。ソフトウェアは、非一時的なコンピュータ可読媒体に記憶されることがある。非一時的な媒体の一般的な形態としては、例えば、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、ソリッドステートドライブ、磁気テープ、又は他の任意の磁気データ記録媒体、CD-ROM、他の任意の光学データ記録媒体、穴のパターンを有する任意の物理的媒体、RAM、PROM、及びEPROM、クラウドストレージ、FLASH-EPROM若しくは他の任意のフラッシュメモリ、NVRAM、キャッシュ、レジスタ、他の任意のメモリチップ若しくはカートリッジ、及び前述のもののネットワーク化されたもの、が挙げられる。

【 0 0 7 2 】

[0090] ここで図 8 A 及び図 8 B を参照すると、これらの図は、本開示の実施形態と一致した、真空ポンプシステムを備えた例示的な荷電粒子ビーム検査システム 8 0 0 を示す概略図を示す。実施形態によっては、荷電粒子ビーム検査システム 8 0 0 は、メインチャンバ 8 9 0 及びロードロックチャンバ 8 1 0 を含むことがある。実施形態によっては、システム 8 0 0 は、ガス供給部 8 1 1、ガス通気弁 8 1 2、及びロードロックチャンバ 8 1 0 に接続されたガス通気孔拡散器 8 1 3 を含むことがある。ガス供給部 8 1 1 は、ウェーハ調節プロセス中にロードロックチャンバ 8 1 0 にガス (例えば、図 3 A のガス 3 3 8) を供給して、ウェーハ (例えば、図 3 A のウェーハ 3 2 0) と調節プレート (例えば、図 3 A の調節プレート 3 1 5) との間の熱伝導率を高めることがある。ガスは、窒素、ヘリウム、水素、アルゴン、CO₂、又は圧縮乾燥空気であり得る。ガスは、熱伝達に適した他の任意のガスであってもよいことが理解されよう。

【 0 0 7 3 】

[0091] 実施形態によっては、ロードロックチャンバ 8 1 0 の真空化は、2つの別々の経路を介して2段階で行われることがある。この第1の経路は、粗引き経路と呼ばれ、ロードロック粗引きライン 8 1 6 及びロードロック粗引き弁 8 5 3 を含むことがある。粗引き段階の間、ロードロックチャンバ 8 1 0 は大気状態から「粗い」真空レベル (例えば、 5×10^{-1} Torr) までポンプダウンされる。第1段階では、ロードロック粗引き弁 8 5 3 は、他の経路が閉じている間にロードロック粗引きライン 8 1 6 を介してロードロ

10

20

30

40

50

ックチャンバ 810 を初めにポンプダウンするように開かれている。

【0074】

[0092] 第2の経路は、ターボポンプ経路と呼ばれ、ロードロックターボ弁 814、ロードロックターボポンプ 815、ロードロックターボポンプライン 817、及びロードロックターボポンプバックリング弁 851 を含むことがある。ロードロックチャンバ 810 の粗引きが完了した後、ロードロックターボポンプ 815 が引き継いで、ロードロックチャンバ 810 をより深い真空レベル（例えば、 1.5×10^{-6} Torr 未満）までポンプで排気する。この第2の段階では、ロードロック粗引き弁 853 がまず閉じられる。次いで、ロードロックターボ弁 814 及びロードロックターボポンプバックリング弁 851 が開かれ、その結果、ロードロックターボポンプ 815 がロードロックチャンバ 810 をポンプ

10

【0075】

[0093] メインチャンバ 890 は、同様の方法で真空化されることがある。まず、メインチャンバ 890 は、メインチャンバ粗引き経路（メインチャンバ粗引きライン 896 及びメインチャンバ粗引き弁 854 を含む）を介して、大気状態から「粗い」真空レベル（例えば、 5×10^{-1} Torr）までポンプダウンされる。粗引き段階が完了した後、メインチャンバターボポンプ 895 が引き継いで、メインチャンバターボポンプ経路（メインチャンバターボ弁 894、メインチャンバターボポンプ 895、メインチャンバターボポンプライン 897、及びメインチャンバターボポンプバックリング弁 852 を含む）を介して、より深い真空レベル（例えば、 1.5×10^{-6} Torr 未満）まで更にポンプダ

20

【0076】

[0094] 図 8 A は、システム 800 が、ロードロックチャンバ 810 のための1つの粗引き経路及び1つのターボポンプ経路を有する様子を示しているが、システムは、任意の数の粗引き経路及びターボポンプ経路を利用して、ロードロックチャンバ 810 を真空化することがあることが、理解されよう。例えば、システム 800 は、ロードロックチャンバ 810 に並列に接続された2つ以上の粗引き経路を有することがある。粗引き経路の数に関わらず、システム 800 は、ロードロックチャンバ 810 に並列に接続された2つ以上のターボポンプを有することがある。同様に、システムは、任意の数の粗引き経路及びターボポンプ経路を利用して、メインチャンバ 890 をポンプダウンすることがあることが理解されよう。

30

【0077】

[0095] 実施形態によっては、システム 800 は、全ての粗引きライン（例えば、ロードロック粗引きライン 816 及びメインチャンバ粗引きライン 896）及び全てのポンプライン（例えば、ロードロックターボポンプライン 817 及びメインチャンバターボポンプライン 897）が一つにまとめられる、中央マニホールドボックス 850 を含むことがある。中央マニホールドボックス 850 は、真空化プロセスを制御するための複数の弁を収容することがある。例えば、中央マニホールドボックス 850 は、ロードロック粗引き弁 853、メインチャンバ粗引き弁 854、ロードロックターボポンプバックリング弁 851、及びメインチャンバターボポンプバックリング弁 852 を含むことがある。これらの個々の弁の後方で、全てのラインは前部ライン 858 に結合される。乾式真空ポンプ 860 を介した最終的な排気は、乾式真空ポンプ 860 の前に配置されることがある前部ライン 859 によって制御される。

40

【0078】

[0096] 図 3 A に関して前の章で説明したように、実施形態によっては、ウェーハ温度調節プロセス中に、ロードロックチャンバ 810 を粗引きライン 816 又はターボポンプ 815 を介して連続的にポンプダウンしてガス分子（例えば、図 3 A のガス 338）の一部を連続的に除去し、ウェーハ調節が完了するまでロードロックチャンバ 810 の真空レベルを維持することがある。

50

【 0 0 7 9 】

[0097] 図 8 B に示すように、実施形態によっては、ロードロックチャンバ 8 1 0 のこの連続的なポンプダウンにより、共有された前部ライン（例えば、前部ライン 8 5 8）内に一時的な圧力ジャンプが持ち込まれ、それにより、メインチャンバ 8 9 0 における検査プロセスが中断されることがある。例えば、前の章で説明したように、前のウェーハがメインチャンバ 8 9 0 において検査されるのと同時に、ウェーハ温度調節プロセスがロードロックチャンバ 8 1 0 において実施されることがある。しかしながら、ロードロック粗引き弁 8 5 3 を開いて連続的なポンプダウンプロセスを開始すると、前部ライン 8 5 8 内部の圧力が高くなる可能性がある、というのも、ロードロック粗引きライン 8 1 6 を介して確立されたオープン接続に起因して、ロードロックチャンバ 8 1 0 内の高圧状態が前部ライン 8 5 8 に曝されるからである。前部ライン 8 5 8 内の圧力が増加すると、メインチャンバターボポンプ 8 9 5 に対してより高い背圧が生成されることがある。実施形態によっては、メインチャンバターボポンプ 8 9 5 は、ロードロックチャンバ 8 1 0 においてウェーハ温度調節が行われているときに、前のウェーハの検査中に、メインチャンバにおいて低圧レベルを維持するために同時に動作していることがあるので、背圧の突然の増加は、ターボポンプ 8 9 5 の動的挙動に影響を及ぼすことがある。結果として、システム 8 0 0 で突然の振動が発生することがある。この突然の振動は、検査エラーを引き起こすことがある。従って、振動レベルが検査エラーのマージンよりも高い場合、背圧がなくなり振動が静まるまで、検査プロセスを中断する必要があることがある。検査プロセスのこの中断により、システムのスループットが損なわれることがある。また、背圧が増加すると、ターボポンプ 8 9 5 の実効ポンプ速度が低下し、それによってメインチャンバ 8 9 0 内の圧力が一時的に上昇することがある。このメインチャンバ圧力の一時的な上昇は、システムのスループット及びシステム性能全体に影響を及ぼすこともある。これらの影響については、図 9 に関して次章でより詳細に説明する。

10

20

【 0 0 8 0 】

[0098] ここで図 9 を参照すると、図 9 は、荷電粒子ビーム検査システム（例えば、図 8 A 及び図 8 B の荷電粒子ビーム検査システム 8 0 0）のメインチャンバ（例えば、図 8 A 及び図 8 B のメインチャンバ 8 9 0）における圧力の変化を示す例示的なグラフである。図 8 A に関して上述したように、メインチャンバは 2 つの段階、粗引き段階 9 1 1 及びターボポンプダウン段階 9 1 2 に渡って、ポンプダウンされる。粗引き段階 9 1 1 の間、メインチャンバは、粗引き経路を介して、大気状態から「粗い」真空レベル 9 1 0（例えば、 5×10^{-1} Torr）までポンプダウンされる。メインチャンバ圧力が「粗い」真空レベル 9 1 0 に達した後、粗引き弁（例えば、図 8 A のメインチャンバ粗引き弁 8 5 4）が閉じられ、メインチャンバターボポンプ（例えば、メインチャンバターボポンプ 8 9 5）が引き継いで、メインチャンバ圧力をより深い真空レベルまで更に下げる。メインチャンバ圧力が「検査準備のできた」真空レベル 9 2 0（例えば、 1.5×10^{-6} Torr）よりも低くなると、ウェーハ検査プロセスを開始することができる。実施形態によっては、メインチャンバターボポンプ 8 9 5 は、メインチャンバ圧力レベルを「検査準備のできた」レベル 9 2 0 の近くに維持するように動作し続けることがある。

30

【 0 0 8 1 】

[0099] 第 1 のウェーハの検査が完了すると、実施形態によっては、期間 9 2 3 でウェーハ交換が行われることがある。ウェーハ交換の間、メインチャンバ圧力は一時的に上昇することがある、というのも、ロードロックチャンバ（例えば、図 8 A のロードロックチャンバ 8 1 0）とメインチャンバ（例えば、図 8 A のメインチャンバ 8 9 0）との間のゲート弁（例えば、図 1 B のゲート弁 2 6）が開かれるからである。ウェーハ交換の後、一旦メインチャンバターボポンプがメインチャンバ圧力を「検査準備のできた」真空レベル 9 2 0 まで戻すと、検査プロセスが再開することがある。

40

【 0 0 8 2 】

[00100] ウェーハ交換の前、第 1 のウェーハがメインチャンバ内で検査されている間に、第 2 のウェーハがウェーハ温度調節プロセスにかけられることがあり、上述したよう

50

に、メインチャンバ圧力が、メインチャンバターボポンプに印加される背圧に起因して、一時的に上昇することがある。一時的な圧力ジャンプ950の例がグラフに示されている。

【0083】

[00101] 一時的な圧力ジャンプ950が依然として「検査準備のできた」真空レベル920を下回っている場合、第1のウェーハの検査は、振動レベルがエラーのマージン内に留まる限り、中断することなく継続することができる。しかしながら、メインチャンバ圧力が一時的なジャンプ950の間に「検査準備のできた」真空レベル920よりも高くなった場合、メインチャンバ圧力が「検査準備のできた」レベルまで戻るまで、第1のウェーハの検査を中断する必要がある。結果として、システムのスループットがこの中断によって影響を受けることがある。

10

【0084】

[00102] ここで図10を参照すると、図10は、本開示の実施形態と一致した、改良された真空ポンプシステムを備えた例示的な荷電粒子ビーム検査システム1000を示す概略図を示す。実施形態によっては、メインチャンバ890における振動及び圧力ジャンプを防止するために、ロードロックチャンバ810に別個のポンプ経路を追加することがある。例えば、実施形態によっては、荷電粒子ビーム検査システム1000は、ロードロックブースター粗引き弁1010、ロードロックブースター粗引きポンプ1011、及び補助排気システム1012を含むことがある。システム1000の他の全ての部分は、図8Aのシステム800と同じである。

【0085】

20

[00103] そのような実施形態では、ウェーハ温度調節の間、ロードロックブースター粗引きポンプ1011は、連続的に動作して、ガス分子（例えば、図3Aのガス338）を除去することがある。しかしながら、ロードロック粗引き弁853及びロードロックターボポンプパッキング弁851はこの期間中は閉じたままであるので、前部ライン858には圧力上昇はなく、従って、メインチャンバターボポンプ895には背圧が生じないことがある。

【0086】

[00104] 従って、実施形態によっては、ロードロックチャンバ810のためのポンプダウンプロセスは、3つの段階に分類することができる。第1に、ロードロックブースター粗引きポンプ1011は、ウェーハ温度調節のために、（EFEM（例えば、図1AのEFEM30）から新しいウェーハの組を受け取った後）大気状態から真空レベルまで動作することがある。第2に、（ロードロック粗引きライン816を介した）正規のロードロック粗引き経路は、ウェーハ温度調節真空レベルから「粗い」真空レベルまで動作することがある。最後に、ロードロックターボポンプ815が、「粗い」真空レベルからより深い真空レベルまで動作することがある。大気状態の近くでポンピングを開始する際に、前部ライン858が粘性領域に曝されるときに、背圧の問題が最も大きくなる。結果として、ロードロックチャンバ圧力レベルが別個のブースターポンプ（例えば、ロードロックブースター粗引きポンプ1011）によってウェーハ温度調節真空レベルまで引き下げられた後、正規のポンプ機構（例えば、ロードロック粗引きライン816又はロードロックターボポンプ815）を、過剰な背圧を生成することなく、使用することができる。

30

40

【0087】

[00105] ここで図11を参照すると、図11は、本開示の実施形態と一致した、図10の荷電粒子ビーム検査システムのロードロックチャンバの真空レベルを制御するための例示的な方法を示す流れ図である。この方法は、図10の荷電粒子ビーム検査システムによって実施することができる。

【0088】

[00106] ステップ1110では、ウェーハ（又は複数のウェーハ）が、ロボットアーム（例えば、図1Bのロボットアーム11）によって、ロードロックチャンバ（例えば、図10のロードロックチャンバ810）に装填される。

【0089】

50

[00107] ステップ 1 1 1 1 では、ガス供給部（例えば、図 1 0 のガス供給部 8 1 1）が、ウェーハ温度調節のために、ロードロックチャンバへのガス（例えば、図 3 A のガス 3 3 8）の供給を開始する。

【 0 0 9 0 】

[00108] ステップ 1 1 1 2 では、全てのゲート（例えば、図 1 B のゲート弁 2 5 及び 2 6）を、真空化プロセスの準備として閉じる。実施形態によっては、ステップ 1 1 1 1 は、ステップ 1 1 1 2 で全てのゲートが閉じられた後で行われることがある。

【 0 0 9 1 】

[00109] ステップ 1 1 1 3 では、ブースターポンプ弁（例えば、ロードロックブースター粗引き弁 1 0 1 0）が開かれ、ブースターポンプ（例えば、ロードロックブースター粗引きポンプ 1 0 1 1）は、ロードロックチャンバのポンプダウンを開始する。図 1 0 に関して上述したように、この第 1 の段階では、ロードロックチャンバは、大気状態からウェーハ温度調節に適した真空レベルまでポンプダウンされる。ブースターポンプラインは別個の排気システム（例えば、図 1 0 の補助排気システム 1 0 1 2）に接続されており、マニホールドボックス（例えば、図 1 0 の中央マニホールドボックス 8 5 0）内の共有前部ライン（例えば、図 1 0 の前部ライン 8 5 8）を形成するために正規の粗引き経路に結合されていないので、ブースターポンピングは、前部ラインにおける背圧を引き起こさない。従って、システムのスループットには影響を及ぼさないことがある。

【 0 0 9 2 】

[00110] ステップ 1 1 1 4 では、ウェーハ調節フローが開始する。このステップは、メインチャンバ（例えば、図 1 0 のメインチャンバ 8 9 0）内のウェーハステージ（例えば、図 3 A のウェーハステージ 3 9 5）の決定された温度に基づいて、調節プレート（例えば、図 3 A の調節プレート 3 1 5）の加熱温度を調節することを含むことがある。ウェーハ温度調節が行われている間、ブースターポンプは、ウェーハ温度調節に適した真空レベルを維持するように、動作し続ける。ステップ 1 1 1 5 では、ウェーハの温度が安定温度（例えば、図 3 C の T_{stable} ）に達したとき、調節プロセスは完了する。

【 0 0 9 3 】

[00111] ステップ 1 1 1 6 では、ウェーハ温度調節が完了した後、ガス通気孔弁（例えば、図 1 0 のガス通気孔弁 8 1 2）が閉じられ、ガス供給部が停止する。ステップ 1 1 1 7 では、ポンプダウンプロセスの第 1 の段階が完了し、ブースター弁（例えば、ロードロックブースター粗引き弁 1 0 1 0）が閉じられる。

【 0 0 9 4 】

[00112] ステップ 1 1 1 8 では、ポンプダウンプロセスの第 2 の段階が、ロードロック粗引き弁（例えば、図 1 0 のロードロック粗引き弁 8 5 3）を開くことにより、開始する。この第 2 の段階の間、実施形態によっては、ロードロックチャンバは、ウェーハ調節真空レベルから「粗い」真空レベル（例えば、 $5 \times 10^{-1} \text{ Torr}$ ）までポンプダウンされることがある。「粗い」真空レベルに達した後、ステップ 1 1 1 9 で、ロードロック粗引き弁が閉じられる。

【 0 0 9 5 】

[00113] ステップ 1 1 2 0 では、ポンプダウンプロセスの第 3 の段階が開始し、ターボポンプ（例えば、ロードロックターボポンプ 8 1 5）が引き継いで、ロードロックチャンバ 8 1 0 を、メインチャンバ圧力に近いより深い真空レベルまでポンプで排気する。

【 0 0 9 6 】

[00114] ステップ 1 1 2 1 では、前のウェーハのウェーハ検査が完了した後、前のウェーハはメインチャンバから取り除かれ、温度調節済ウェーハがロードロックチャンバからメインチャンバに移送される。ステップ 1 1 2 2 では、ウェーハ交換が完了すると、ロードロックターボポンプ弁が閉じられる。

【 0 0 9 7 】

[00115] ステップ 1 1 2 2 の後、ステップ 1 1 1 0 を実施して、新しいウェーハの組をロードロックチャンバに装填することができる。未調節で未検査のウェーハがロードロ

10

20

30

40

50

ックチャンバ内に依然として存在する場合、システムはステップ 1 1 1 1 に進んで、検査プロセスの準備として別のウェーハを調節することがある。

【 0 0 9 8 】

[00116] ウェーハ調節システムのコントローラは、ソフトウェアを使用して上述した機能を制御することができることが理解されよう。例えば、コントローラは、前述の弁及びポンプに指示を送って、ポンプダウン経路を制御することができる。ソフトウェアは、非一時的なコンピュータ可読媒体に記憶されることがある。非一時的な媒体の一般的な形態としては、例えば、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、ソリッドステートドライブ、磁気テープ、又は他の任意の磁気データ記録媒体、CD-ROM、他の任意の光学データ記録媒体、穴のパターンを有する任意の物理的媒体、RAM、PROM、及びEPROM、クラウドストレージ、FLASH-EPROM若しくは他の任意のフラッシュメモリ、NVRAM、キャッシュ、レジスタ、他の任意のメモリチップ若しくはカートリッジ、及び前述のもののネットワーク化されたもの、が挙げられる。

10

【 0 0 9 9 】

[00117] 実施形態については、以下の条項を使用して更に説明することができる。

条項 1 . ロードロックシステムであって、

ウェーハを支持するように構成された複数の支持構造と、

ウェーハの温度を調節するように構成された第 1 の熱交換素子を含む、第 1 の調節プレートと、

第 1 の調節プレートとウェーハとの間にガスを供給するように構成された第 1 のガス通気孔と、

20

プロセッサ及びメモリを含むコントローラであって、第 1 の熱交換素子の制御を支援するように構成されたコントローラと、を含むロードロックシステム。

条項 2 . 第 1 の調節プレートはウェーハの上方に配置される、条項 1 に記載のロードロックシステム。

条項 3 . 第 1 の調節プレートはウェーハの下方に配置される、条項 1 に記載のロードロックシステム。

条項 4 . 複数の支持構造は第 1 の調節プレートに結合されている、条項 3 に記載のロードロックシステム。

条項 5 . 第 1 のガス通気孔は第 1 の調節プレートに取り付けられている、条項 1 ~ 4 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

30

条項 6 . コントローラは、ウェーハステージの温度に基づいて第 1 の熱交換素子の制御を支援するように更に構成されている、条項 1 ~ 5 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 7 . コントローラは、第 1 のガス通気孔を通るガス流量を制御するように更に構成されている、条項 1 ~ 6 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 8 . ウェーハの温度を調節するように構成された第 2 の熱交換素子を含む第 2 の調節プレートを更に含む、条項 1 ~ 7 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 9 . ウェーハを支持するように構成された複数の支持構造は、第 1 の調節プレートと第 2 の調節プレートとの間に配置されている、条項 8 に記載のロードロックシステム。

40

条項 10 . 第 2 の調節プレートとウェーハとの間にガスの一部を供給するように構成された第 2 のガス通気孔を更に含む、条項 9 に記載のロードロックシステム。

条項 11 . 第 2 のガス通気孔は第 2 の調節プレートに結合されている、条項 10 に記載のロードロックシステム。

条項 12 . コントローラは、ウェーハステージの温度に基づいて第 2 の熱交換素子の制御を支援するように更に構成されている、条項 8 ~ 11 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 13 . コントローラは、第 2 のガス通気孔を通るガス流量を制御するように更に構成されている、条項 10 ~ 12 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 14 . ガスは窒素、ヘリウム、水素、アルゴン、CO₂、又は圧縮空気を含む、条項

50

1 ~ 13 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 15 . 第 1 の調節プレートと複数の支持構造とウェーハとを封入するように構成されたロードロックチャンバを更に含む、条項 1 ~ 14 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 16 . ロードロックチャンバに接続された第 1 の真空ポンプを更に含む、条項 15 に記載のロードロックシステム。

条項 17 . コントローラは、第 1 の真空ポンプを制御してウェーハ調節プロセス中にガスをポンプで排気するように更に構成される、条項 16 に記載のロードロックシステム。

条項 18 . コントローラは、ウェーハ調節プロセス中に、ロードロックチャンバ内部の圧力を $50 \sim 5,000 \text{ Pa}$ の範囲内に維持するように更に構成される、条項 17 に記載のロードロックシステム。

10

条項 19 . ロードロックチャンバに接続された第 2 の真空ポンプを更に含む、条項 16 ~ 18 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 20 . コントローラは更に、

第 1 の真空ポンプがロードロックチャンバ内部の圧力を第 1 の圧力レベルまで下げることが可能にし、

第 2 の真空ポンプがロードロックチャンバ内部の圧力を第 2 の圧力レベルまで下げることが可能にするように構成され、第 2 の圧力レベルは第 1 の圧力レベルよりも低い、条項 19 に記載のロードロックシステム。

条項 21 . 第 2 の真空ポンプは、メインチャンバに接続された第 3 の真空ポンプと排気経路を共有する、条項 20 に記載のロードロックシステム。

20

条項 22 . 第 1 の真空ポンプが有効になっている間、第 2 の真空ポンプは無効になっている、条項 20 及び 21 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 23 . 第 1 の真空ポンプと第 3 の真空ポンプが同時に有効にされる、条項 20 ~ 22 の何れか一項に記載のロードロックシステム。

条項 24 . ロードロックシステムにおいてウェーハの熱調節を行う方法であって、

ロードロックシステムのロードロックチャンバにウェーハを装填することと、

ロードロックチャンバをポンプダウンすることと、

ロードロックチャンバにガスを供給することと、

第 1 の調節プレート内の第 1 の熱交換素子が、ガスを介してウェーハに熱を伝達するために、第 1 の調節プレートの温度を調節できるようにすることと、を含む方法。

30

条項 25 . ロードロックチャンバにガスを供給することは、ロードロックチャンバにガスを供給する前に、ガスの温度を調節することを更に含む、条項 24 に記載の方法。

条項 26 . ロードロックチャンバにガスを供給することは、第 1 の調節プレートとウェーハとの間の空間にガスを供給することを更に含む、条項 24 及び 25 の何れか一項に記載の方法。

条項 27 . メインチャンバ内のウェーハステージの温度を決定することを更に含む、条項 24 ~ 26 の何れか一項に記載の方法。

条項 28 . 第 1 の熱交換素子が第 1 の調節プレートの温度を調節できるようにすることは、ウェーハステージの決定された温度に基づいて、第 1 の熱交換素子を調節することを更に含む、条項 24 ~ 27 の何れか一項に記載の方法。

40

条項 29 . 第 2 の調節プレート内の第 2 の熱交換素子が、ガスを介してウェーハに熱を伝達するために、第 2 の調節プレートの温度を調節できるようにすることを更に含む、条項 24 ~ 28 の何れか一項に記載の方法。

条項 30 . ガスは窒素、ヘリウム、水素、アルゴン、 CO_2 、又は圧縮空気を含む、条項 24 ~ 29 の何れか一項に記載の方法。

条項 31 . ロードロックチャンバをポンプダウンすることは、ロードロックチャンバに接続された第 1 の真空ポンプを使用してロードロックチャンバからガスを排気することを含む、条項 24 ~ 30 の何れか一項に記載の方法。

条項 32 . ロードロックチャンバをポンプダウンすることは、更に、

50

第 1 の真空ポンプがロードロックチャンバ内部の圧力を第 1 の圧力レベルまで下げることが可能にすることと、

ロードロックチャンバに接続された第 2 の真空ポンプがロードロックチャンバ内部の圧力を第 2 の圧力レベルまで下げることが可能にすることと、を含み、第 2 の圧力レベルは第 1 の圧力レベルよりも低い、条項 3 1 に記載の方法。

条項 3 3 . 第 2 の真空ポンプは、メインチャンバに接続された第 3 の真空ポンプと排気経路を共有する、条項 3 2 に記載の方法。

条項 3 4 . 第 1 の真空ポンプが有効になっている間、第 2 の真空ポンプは無効になっている、条項 3 2 及び 3 3 の何れか一項に記載の方法。

条項 3 5 . 第 1 の真空ポンプと第 3 の真空ポンプが同時に有効にされる、条項 3 2 ~ 3 4 の何れか一項に記載の方法。

10

条項 3 6 . 非一時的なコンピュータ可読媒体であって、一組の命令を含み、この一組の命令は、コントローラの 1 つ又は複数のプロセッサによって実行可能であり、コントローラに、ウェーハの熱調節を行う方法を実施させ、この方法は、

ウェーハがロードロックチャンバに装填された後で、ロードロックシステムのロードロックチャンバをポンプダウンするように第 1 の真空ポンプに指示することと、

ロードロックチャンバにガスを供給するようにガス供給部に指示することと、ガスを介してウェーハに熱を伝達するために、第 1 の調節プレートの温度を調節するように第 1 の調節プレート内の第 1 の熱交換素子に指示することと、を含む、コンピュータ可読媒体。

20

条項 3 7 . コントローラの 1 つ又は複数のプロセッサによって実行可能であり、コントローラが、更に、

メインチャンバ内のウェーハステージの温度を決定するように温度センサに指示するようにする、一組の命令である、条項 3 6 に記載のコンピュータ可読媒体。

条項 3 8 . 第 1 の調節プレート内の第 1 の熱交換素子に指示することは、ウェーハステージの決定された温度に基づいて、第 1 の熱交換素子を調節することを更に含む、条項 3 7 に記載のコンピュータ可読媒体。

条項 3 9 . コントローラの 1 つ又は複数のプロセッサによって実行可能であり、コントローラが、更に、

ガスを介してウェーハに熱を伝達するために、第 2 の調節プレートの温度を調節するように第 2 の調節プレート内の第 2 の熱交換素子に指示するようにする、一組の命令である、条項 3 6 ~ 3 8 の何れか一項に記載のコンピュータ可読媒体。

30

条項 4 0 . 第 2 の調節プレート内の第 2 の熱交換素子に指示することは、ウェーハステージの決定された温度に基づいて、第 2 の熱交換素子を調節することを更に含む、条項 3 9 に記載のコンピュータ可読媒体。

条項 4 1 . コントローラの 1 つ又は複数のプロセッサによって実行可能であり、コントローラが、更に、

ロードロックチャンバを第 1 の圧力レベルまでポンプダウンするように第 1 の真空ポンプに指示し、

ロードロックチャンバを第 2 の圧力レベルまでポンプダウンするように第 2 の真空ポンプに指示するようにする、一組の命令であり、第 2 の圧力レベルは第 1 の圧力レベルよりも低い、条項 3 6 ~ 4 0 の何れか一項に記載のコンピュータ可読媒体。

40

条項 4 2 . ロードロックチャンバをポンプダウンする方法であって、

ガスを第 1 の排気システムに排気するように構成された第 1 の真空ポンプを用いてロードロックチャンバからガスを排気することと、

ガスを第 2 の排気システムに排気するように構成された第 2 の真空ポンプを用いてロードロックチャンバからガスを排気することと、を含む方法。

条項 4 3 . 第 1 の真空ポンプがロードロックチャンバ内部の圧力を第 1 の圧力レベルまで下げることが可能にすることと、

第 2 の真空ポンプがロードロックチャンバ内部の圧力を第 2 の圧力レベルまで下げること

50

を可能にすることと、を更に含み、第 2 の圧力レベルは第 1 の圧力レベルよりも低い、条項 4 2 に記載の方法。

条項 4 4 . 第 2 の真空ポンプは、メインチャンバをポンプダウンするように構成された第 3 の真空ポンプと第 2 の排気システムを共有する、条項 4 3 に記載の方法。

条項 4 5 . 第 1 の真空ポンプが有効になっている間、第 2 の真空ポンプは無効になっている、条項 4 2 ~ 4 4 の何れか一項に記載の方法。

条項 4 6 . 第 1 の真空ポンプと第 3 の真空ポンプが同時に有効にされる、条項 4 4 ~ 4 5 の何れか一項に記載の方法。

【 0 1 0 0 】

[00118] 開示される実施形態について、好ましい実施形態に関して説明してきたが、以降で特許請求される主題の趣旨及び範囲を逸脱することなく、他の修正及び変更を加えることができることを、理解されたい。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

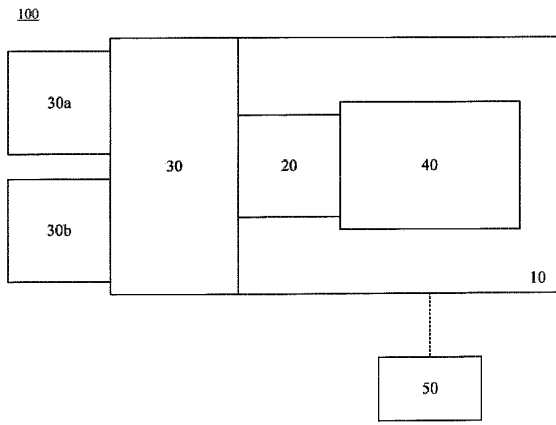


FIG. 1A

【図 1 B】

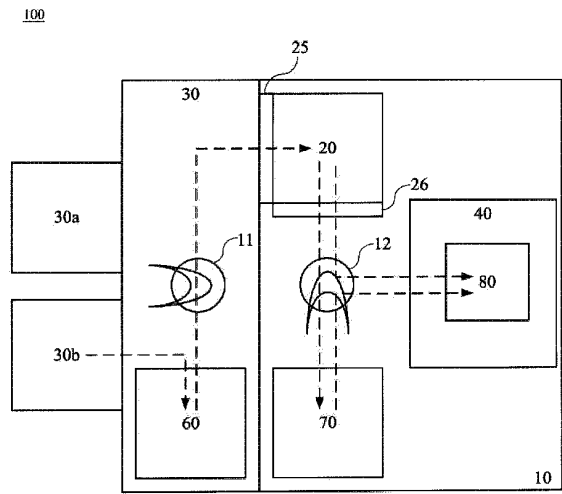


FIG. 1B

【図 1 C】

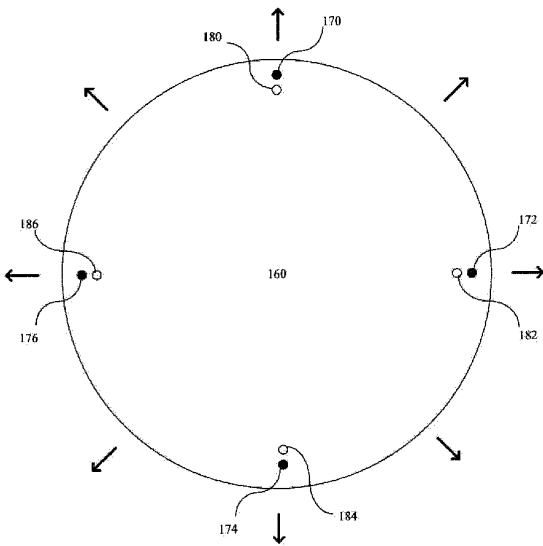
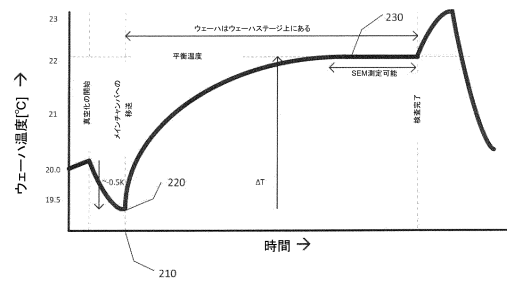


FIG. 1C

【図 2】



10

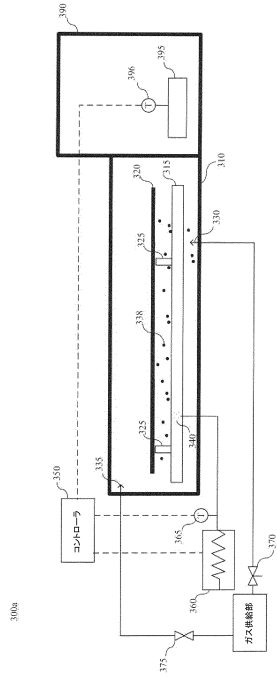
20

30

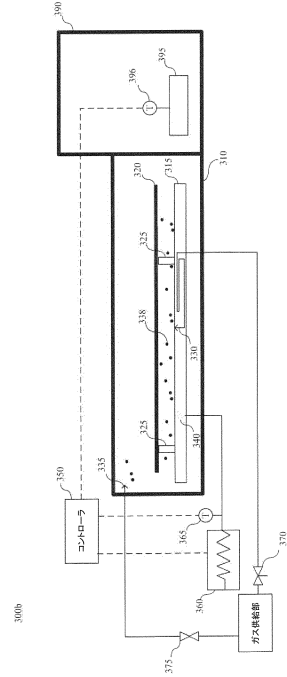
40

50

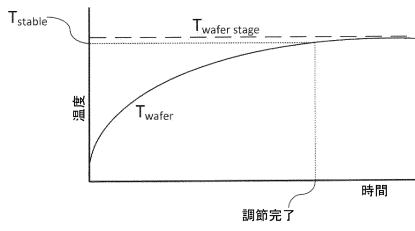
【図 3 A】



【図 3 B】



【図 3 C】



【図 3 D】

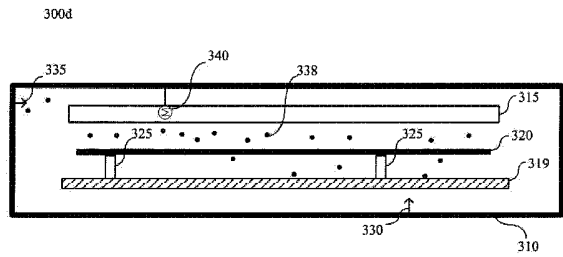


FIG. 3D

10

20

30

40

50

【図 3 E】

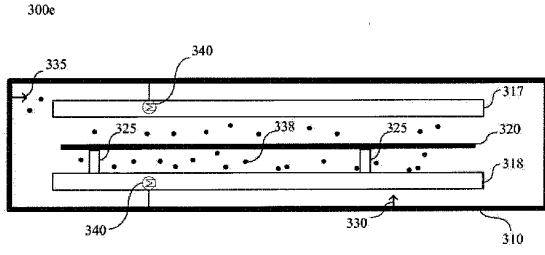
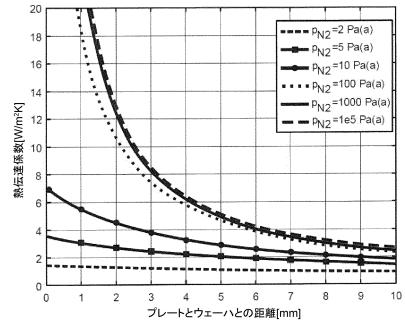


FIG. 3E

【図 3 F】



10

【図 4】

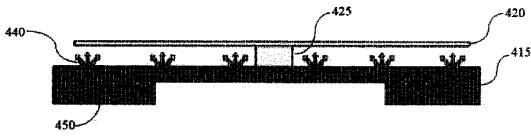
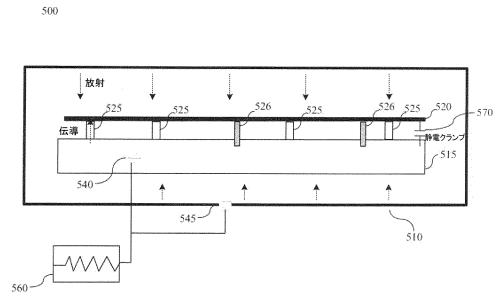


FIG. 4

【図 5】



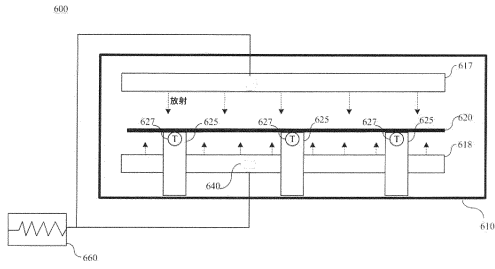
20

30

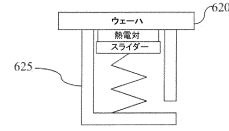
40

50

【図 6 A】

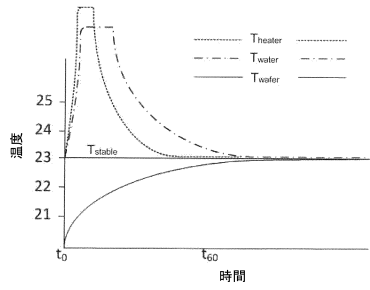


【図 6 B】

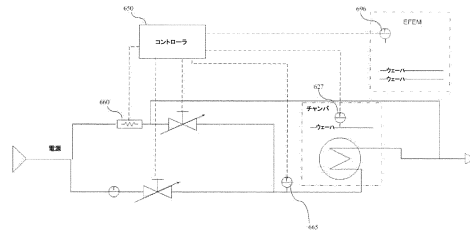


10

【図 6 C】



【図 6 D】



20

30

40

50

【図 10】

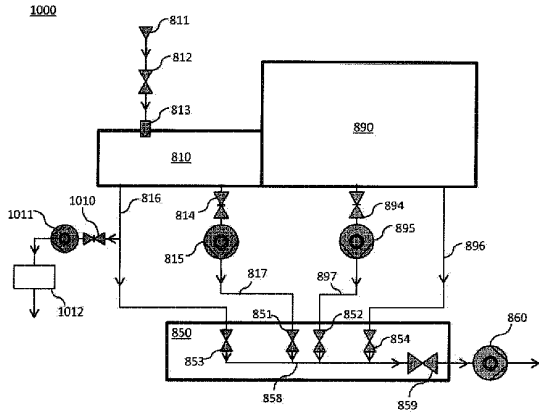
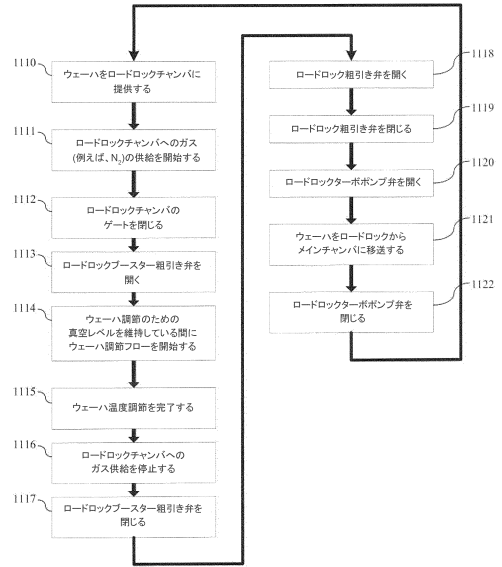


FIG. 10

【図 11】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

前置審査

アメリカ合衆国, コネチカット州 06897 ウィルトン, ダンベリー ロード 77

(72)発明者

チェン, テ - ユ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95131, サンノゼ, オートメーション パークウェイ 1762

(72)発明者

ヴァン バニング, デニス, ハーマン, キャスパー

オランダ国, ヴェルトホーフエン 5500 エーエイチ, ピー . オー . ボックス 324

(72)発明者

カダイク, エドウィン, コルネリス

オランダ国, ヴェルトホーフエン 5500 エーエイチ, ピー . オー . ボックス 324

(72)発明者

ヴァン フーメン, マーティン, ベトルス, クリスチアヌス

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95131, サンノゼ, オートメーション パークウェイ 1762

(72)発明者

ワン, アーハン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95131, サンノゼ, オートメーション パークウェイ 1762

(72)発明者

ヤコブス, ヨハネス, アンドレアス, ヘンリカス, マリア

オランダ国, ヴェルトホーフエン 5500 エーエイチ, ピー . オー . ボックス 324

審査官 河合 俊英

(56)参考文献

特開2001-222099(JP, A)

特開2009-124142(JP, A)

特開平07-193115(JP, A)

特開2006-273563(JP, A)

特開2006-303013(JP, A)

特表2009-540547(JP, A)

(58)調査した分野

(Int.Cl., DB名)

H01L 21/66