

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6924775号
(P6924775)

(45) 発行日 令和3年8月25日(2021.8.25)

(24) 登録日 令和3年8月4日(2021.8.4)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/205 (2006.01)

H01L 21/205

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/302

101H

C23C 16/44 (2006.01)

C23C 16/44

E

請求項の数 9 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2018-555590 (P2018-555590)
 (86) (22) 出願日 平成29年4月4日 (2017.4.4)
 (65) 公表番号 特表2019-518327 (P2019-518327A)
 (43) 公表日 令和1年6月27日 (2019.6.27)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2017/025999
 (87) 國際公開番号 WO2017/189194
 (87) 國際公開日 平成29年11月2日 (2017.11.2)
 審査請求日 令和2年4月3日 (2020.4.3)
 (31) 優先権主張番号 62/327,870
 (32) 優先日 平成28年4月26日 (2016.4.26)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
 APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, バウアーズ
 アヴェニュー 3050
 (74) 代理人 110002077
 園田・小林特許業務法人
 (72) 発明者 ヒルケン, マーティン エー.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 95020, ギルロイ, フェザント ドライブ 1353

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】排気堆積物の除去のための温度制御された遠隔プラズマ洗浄

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部で基板を処理するプロセスチャンバと、
 前記プロセスチャンバに連結された排気システムと、を備える処理システムであって、
 前記排気システムが、
 前記プロセスチャンバの下流で前記排気システムにイオン化洗浄ガスを供給するため
 の遠隔プラズマ源、ここで前記遠隔プラズマ源は、洗浄ガスを前記遠隔プラズマ源へと流
 す入口を備える、

前記プロセスチャンバの下流にある第1分離バルブ、
 前記遠隔プラズマ源の下流にある第2分離バルブ、

前記第1分離バルブ及び前記第2分離バルブの下流にある、圧力制御バルブ、
 前記第1分離バルブ及び前記第2分離バルブの下流、及び前記圧力制御バルブの上流
 において前記排気システムの温度を測定するように構成された第1のセンサ、
 前記圧力制御バルブの下流において前記排気システムの温度を測定するように構成さ
 れた第2のセンサ、並びに

前記第1のセンサと前記第2のセンサから温度データを受け取り、前記排気システム
 の温度が所定の限界値を超えたとコントローラが判定したときに、前記遠隔プラズマ源か
 ら出るイオン化洗浄ガスの流量を低減するように構成されたコントローラ、を備える、処
 理システム。

【請求項2】

10

20

前記第2のセンサの下流に配置された終点検出システムを更に備える、請求項1に記載の処理システム。

【請求項3】

前記終点検出システムの下流に配置された真空ポンプを更に備える、請求項2に記載の処理システム。

【請求項4】

前記第2のセンサが前記排気システムのT型部品に連結される、請求項1に記載の処理システム。

【請求項5】

前記コントローラが、

10

前記排気システムの測定された温度が第1の温度を超え、且つ第2の温度を下回ったときに、イオン化洗浄ガスの前記排気システムへの流れが減り、

前記排気システムの測定された温度が前記第2の温度を超えたときに、前記イオン化洗浄ガスの前記排気システムへの流れを止める

ように前記遠隔プラズマ源から出るイオン化洗浄ガスの流量を制御するように構成されている、請求項1に記載の処理システム。

【請求項6】

内部で基板を処理するプロセスチャンバと、

前記プロセスチャンバに連結された排気システムと、を備える処理システムであって、前記排気システムが、

20

前記プロセスチャンバの下流で前記排気システムにイオン化洗浄ガスを供給するための、遠隔プラズマ源、ここで前記遠隔プラズマ源は、洗浄ガスを前記遠隔プラズマ源へと流す入口を備える、

前記プロセスチャンバの下流にある第1分離バルブ、

前記遠隔プラズマ源の下流にある第2分離バルブ、

前記第1分離バルブ及び前記第2分離バルブの下流にある、圧力制御バルブ、

前記第1分離バルブ及び前記第2分離バルブの下流、及び前記圧力制御バルブの上流において前記排気システムの温度を測定するように構成された第1のセンサ、

前記圧力制御バルブの下流において前記排気システムの温度を測定するように構成された第2のセンサ、

30

前記第1のセンサと前記第2のセンサから温度データを受け取り、前記排気システムの温度が所定の限界値を超えたとコントローラが判定したときに、前記遠隔プラズマ源から出るイオン化洗浄ガスの流量を低減するように構成されたコントローラ、

前記圧力制御バルブの下流にある終点検出システム、並びに

前記終点検出システムの下流にある真空ポンプ、を備える、処理システム。

【請求項7】

前記第2のセンサが前記終点検出システムの上流にある、請求項6に記載の処理システム。

【請求項8】

前記第2のセンサが前記排気システムのT型部品に連結される、請求項7に記載の処理システム。

40

【請求項9】

前記コントローラが、

前記排気システムの測定された温度が第1の温度を超え、且つ第2の温度を下回ったときに、イオン化洗浄ガスの前記排気システムへの流れが減り、

前記排気システムの測定された温度が前記第2の温度を超えたときに、前記イオン化洗浄ガスの前記排気システムへの流れを止める

ように前記遠隔プラズマ源から出るイオン化洗浄ガスの流量を制御するように構成されている、請求項6に記載の処理システム。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】**【0001】**

本開示の態様は概して、エピタキシャルシリコンを形成するためのプロセスチャンバと共に使用される排気システムといった排気システムを洗浄するための、方法及び装置に関する。

【背景技術】**【0002】****関連技術の説明**

エピタキシャルシリコンは、ケイ素含有前駆体ガスを使用して、プロセスチャンバ内で堆積される。プロセスチャンバ内での所定の回数の堆積サイクルの後に、プロセスチャンバは、塩素含有ガスを使用して洗浄される。塩素含有ガスからの塩素ラジカルは、ケイ素と反応してクロロシランを形成し、このクロロシランはプロセスチャンバから排気される。クロロシランは、排気システムの内表面に堆積する可燃性物質であり、定期的に除去される必要がある。クロロシランを除去するための洗浄時間は、必要とされる除去の度合いに応じて、半日から最大1か月までの期間にわたりうる。加えて、クロロシランは、排気システムの解体時に周囲環境の酸素と反応することによって、接触爆発性のクロロシロキサンを形成しうる。クロロシロキサンの形成により、担当者が一層の注意を払うことになるため、洗浄及びメンテナンスに必要な時間は更に長くなる。

【0003】

したがって、排気システムを洗浄するための、改良型の方法及び装置が必要とされている。

【発明の概要】**【0004】**

一態様では、処理システムは、プロセスチャンバと、プロセスチャンバに連結された排気システムとを備える。排気システムは、プロセスチャンバの下流で排気システムにイオン化洗浄ガスを供給するための、遠隔プラズマ源と、排気システムの一又は複数の場所において排気システムの温度を測定するための、一又は複数のセンサとを備える。

【0005】

別の態様では、処理システムは、プロセスチャンバと、プロセスチャンバに連結された排気システムとを備える。排気システムは、プロセスチャンバの下流で排気システムにイオン化洗浄ガスを供給するための、遠隔プラズマ源と、排気システムの一又は複数の場所において排気システムの温度を測定するための、遠隔プラズマ源の下流にある一又は複数のセンサと、一又は複数のセンサの下流にある終点検出システムと、終点検出システムの下流にある真空ポンプとを、備える。

【0006】

別の実施形態では、排気システムを洗浄するためのプロセスは、プロセスチャンバの下流で排気システムに一又は複数のイオン化ガスを導入することと、排気システムの中の温度をモニタすることと、モニタされた温度に基づいて、一又は複数のイオン化ガスの流量を調整することとを、含む。

【0007】

本開示の上述の特徴を詳しく理解しうるよう、上記で簡単に要約した本開示のより詳細な説明が、態様を参照することによって得られる。一部の態様は、付随する図面に示されている。しかし、付随する図面は例示的な態様のみを示すものであり、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではなく、本開示は他の等しく有効な態様も許容しうることに、留意されたい。

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】本開示の一態様による処理システム100の概略図である。

【図2】洗浄サイクル中の排気システムの温度応答を示すグラフである。

【図3】本書に記載の態様による、洗浄後の排気システムの諸セクションの内部図を示す

10

20

30

40

50

。

【発明を実施するための形態】

【0009】

理解を容易にするために、可能な場合には、複数の図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。一態様の要素及び特徴は、更なる記述がなくとも、他の態様に有益に組み込まれうると想定される。

【0010】

本開示の態様は概して、エピタキシャルシリコンを形成するためのプロセスチャンバと共に使用される排気システムといった排気システムを洗浄するための、方法及び装置に関する。排気システムは、排気システムを通るイオン化ガスを供給するための遠隔プラズマ源と、遠隔プラズマ源の下流に配置された一又は複数の温度センサとを含む。本書に記載の方法及び装置の使用は、その他のエッチングなどのプロセス、又は、エピタキシャルシリコン以外の物質の堆積のためのものもあると想定されることに、留意されたい。

10

【0011】

図1は、本開示の一態様による処理システム100の概略図である。処理システム100は、排気システム102に連結されたプロセスチャンバ101(エピタキシャル堆積リアクタなど)を含む。排気システム102は、排気システム102の下流に配置されたスクラバー122に排出物を流すことを容易にするために、排気システム102の下流側端部で真空ポンプ103に連結される。排気システム102は、ベローズ105を介して排気システム102に連結された、終点検出システム104を含みうる。排気システム102及びベローズ105は、洗浄工程の終点の判定を容易にするために、真空ポンプ103の上流に配置されうる。

20

【0012】

洗浄ガス、バージガス、キャリアガス、又はその他のプロセスガスをイオン化するため、及び、排気システム102にイオン化ガスを提供するために、遠隔プラズマ源(RPS)106が、排気システム102に連結される。例えば、アルゴンなどの不活性ガス又は非反応性ガスを提供するために、第1ガス供給源107が、RPS106に、そしてこれを通じて排気システム102に、連結されうる。加えて、NF₃などの洗浄ガスを提供するために、第2ガス供給源108が、RPS106に、そしてこれを通じて排気システム102に、連結されうる。これ以外の想定される洗浄ガスは、NF₂、H₂、CHF₃、CF₄などを含む。その他の洗浄ガス及び非反応性ガスも想定されることに、留意されたい。イオン化ガスにより、排気システム102の内部からの蓄積堆積物の除去が容易になり、ひいては、洗浄のために排気システム102を解体する必要性が減少するか、又はなくなる。

30

【0013】

排気システム102は、プロセスチャンバ101内への排気の逆流を防止する、第1分離バルブ109を含む。プロセスチャンバ101は、壁120によって真空ポンプ103から分離されうる。RPS106は、ガス通路110を介して、第1分離バルブ109の下流で排気システム102に連結される。ガス通路110は、ガス通路110を通るガス流を制御するための、ひいては、RPS106から排気システム102へのガス流を制御するための、ガス通路110に配置された第2分離バルブ111を含む。分離バルブ109及び111は、コントローラ(図示せず)によって制御されうる。

40

【0014】

排気システム102は、温度を検知するための一又は複数のセンサ112a～112g(7つを図示している)も含む。第1温度センサ112aは、分離バルブ109及び111の下流の、圧力制御バルブ113の上流に配置されている。残りのセンサ112b～112gは、圧力制御バルブ113の下流の、ベローズ105の上流に配置されている。センサ112a～112gにより、排気システム102の種々の場所における排気温度のモニタリングが容易になる。一態様では、センサ112a～112gは、排気システム102内の排出物質の堆積が増大しやすい場所に配置される。例えば、バルブ、肘状部、T型

50

部品などでは、物質の堆積が増大しやすい。一例では、センサ 112a ~ 112g は熱電対でありうる。一例では、温度センサ 112e 及び 112f は床 121 の下に配置される。

【0015】

温度センサ 112a ~ 112g により、排気システム 102 における洗浄工程のモニタリングが容易になる。洗浄ガスからのフッ素ラジカルとクロロシラン堆積物との反応は、発熱性である。ゆえに、温度測定を通じて、反応の度合いが概略的に認定されうる。例えば、排気システム 102 内の温度を追跡することによって、洗浄工程の終点検出がモニタされうる。センサ 112a ~ 112g において高温であることは、洗浄ガスと堆積物質とが反応していることを示す一方、温度が、周囲温度（又は、RPS 106 から出る洗浄ガスの温度）とほぼ等しいこと、又はかかる温度に接近していることは、反応 / 堆積物質の除去が完了したことにより、洗浄工程が実質的に完了したことを示す。

【0016】

追加的又は代替的には、センサ 112a ~ 112g は、洗浄工程のモニタリング及び制御を容易にするために利用されうる。例えば、排気システム内での発熱性暴走反応を防止するために、センサ 112a ~ 112g が温度をモニタしうる。ある特定のセンサ 112a ~ 112g で測定された温度が所定の限界値に接近すると、信号がコントローラに中継されうる。コントローラは次いで、RPS 106 から出る洗浄ガスの流量を調整し（かつ / 又は、流量を停止させ）うる。洗浄ガスの量を減少させることで、排気システム 102 内での反応の度合いが制限され、ひいては、温度が望ましいレベルに維持される。

【0017】

センサ 112a ~ 112g の各々には同一の又は別々の温度限界値がプログラムされうると、想定される。例えば、圧力制御バルブ 113 は温度による影響を受けやすいことがあり、ゆえに、圧力制御バルブ 113 に隣接したセンサ 112a 及び 112b は、相対的に低い温度（例えば、摂氏約 70 度 ~ 摂氏約 80 度）に制限されうる。センサ 112c ~ 112g は、温度による影響を受けにくい、T 型部品や肘状部などの構成要素に隣接して配置されうる。かかる例では、センサ 112c ~ 112g のフィードバック信号は、相対的に高い温度（例えば、摂氏約 110 度 ~ 摂氏約 130 度）に設定されうる。

【0018】

コントローラが、温度センサ 112a ~ 112g うちの 2 つ以上のものの測定値に基づいて応答しうるということも、想定される。例えば、コントローラは、温度センサ 112a ~ 112g のうちの 1 つだけが高い温度を記録しても、一又は複数の追加の温度センサ 112a ~ 112g が高い温度を記録するまでは応答しないよう、設定されうる。

【0019】

別の例では、センサ 112a ~ 112g の各々は二段階の限界値を含みうる。例えば、第 1 限界値に到達すると、洗浄ガスの流れを減少させるよう信号が中継されうる。より高温の第 2 限界値に到達すると、排気システム 102 内のあらゆる反応を抑制するために、洗浄ガスの流れが完全に停止しうる。情報の伝達又はガス流の制御を容易にするために、センサ 112a ~ 112g は任意の好適な中継回線又は通信回線に連結されうると、想定される。一例では、排気システム 102 内でガス流を制御するために、スナップスイッチ及び / 又は連動スイッチが利用されうる。スナップスイッチ及び / 又は連動スイッチは、センサ 112a ~ 112g のそれぞれに隣接して配置されうるか、又は、センサ 112a ~ 112g のそれぞれに連結されうる。

【0020】

別の例では、コントローラは、センサ 112a ~ 112g のうちの一又は複数における温度上昇の速度が限界値を上回った場合に応答するよう、設定されうる。コントローラは、設定された時間間隔でセンサ 112a ~ 112g からの温度測定値をサンプリングし、温度変化を確認するためにセンサ 112a ~ 112g の次回測定値を比較し、かつ、この温度変化と限界値とを比較しうる。限界値は、センサ 112a ~ 112g の全てで同じでありうるか、又は、センサ 112a ~ 112g の一部若しくは全てで異なっていることも

10

20

30

40

50

ある。温度変化の一部又は全てがそれぞれの限界値を上回った場合には、コントローラが洗浄ガスの流れを調整しうる。

【0021】

洗浄工程は、所定の時間間隔を置いて（例えば、プロセスチャンバ101内で特定の数の基板を処理した後に）、排気システム内で実施されうる。洗浄プロセスにおいては、プロセスチャンバ内への洗浄ガスの逆流を防止するために、分離バルブ109は閉ざされる。分離バルブに漏れがないこと、ゆえに、プロセスチャンバへの洗浄ガスの望ましくない進入が不可能であることを確実にするために、プロセスチャンバ101の中の圧力はモニタされうる。その後、RPS106によってイオン化されたガスが排気システム102を通って移動することを可能にするために、第2分離バルブ111が開放され、それに加えて、圧力制御バルブ113が、プラズマストライクに適した圧力（例えば、約0.5 torr～約1.5 torr）を付与する位置に設定される。次いで、アルゴンが、約500標準立方センチメートル/分（scm）～約3000scmの範囲内の流量で、RPS106を通って流れることが可能になる。次いでプラズマは、RPS106内で着火され、例えば約5秒～約10秒間にわたり安定化することが可能になる。

10

【0022】

プラズマが安定化すると、NF₃などの洗浄ガスは、100scm～約500scmの範囲内の流量でRPS106に提供され、かつ、排気システム102を通って流れ、排気システム102の内部から蓄積物質を除去することが可能になる。一又は複数のセンサ112a～112gに連結された制御システムが、排気構成要素の温度をモニタする。排気構成要素が所定の閾値に到達すると、排気システム102の冷却を可能にするよう、洗浄ガスの流れは減少するか、又は停止される。温度が所定の設定点まで下降すると、洗浄ガス流は再開されるか、又は増大する。このプロセスは、排気システム102が十分に洗浄されるまで反復されうる。温度を継続的にモニタすることで、洗浄終点の特定が容易になる。構成要素の温度が周囲温度に接近することにより、洗浄終点が示される。あるいは、洗浄プロセスの終点検出は、例えば非分散型赤外線センサでありうる、終点検出システム104を使用して判定されうる。

20

【0023】

洗浄工程において、排気システム内の温度は、洗浄ガスに対するキャリアガスの可変流量比率を使用して制御されうる。例えば、洗浄工程の開始時に、RPS106内で、アルゴンとNF₃が、約2：1～約4：1という流量比率を使用してイオン化されうる。具体的な一態様では、約1標準リットル/分（slm）のアルゴンがRPS106に提供されると共に、250scmのNF₃もこのRPSに提供される。洗浄工程が継続するにつれ、NF₃の流量は、NF₃に対するアルゴンの比率が1：1になるまで（温度に照らしてそれが可能であれば）増大しうる。流量比率の変化により、プロセスパラメータに照らして可能な限り安全に、洗浄プロセスが促進されることが可能になる。

30

【0024】

別の代替例では、NF₃ガスの流れは、望ましいデューティサイクルにしたがってパルス化されうる。NF₃ガスをパルス化することで、排気システム102での温度上昇の速度が緩和されると、想定される。別の代替例としては、温度閾値に到達した場合に、洗浄ガスの流れを減少又は停止させるのではなく、RPS106内のプラズマが消火され（extinguished）うることが、想定される。かかる態様では、洗浄ガス流の反応性がRPS106によってイオン化されていない時には低いため、洗浄ガス流が継続的に流れることが可能になりうる。あるいは、プラズマが消火されると、NF₃ガスの流れも停止されうる。

40

【0025】

図2は、洗浄サイクル中の排気システムの温度応答を示すグラフである。センサ112b～112gの各々（例えば、圧力制御バルブ113の下流にあるセンサ）において測定された温度が示されている。温度の相対スパイクは、イオン化洗浄ガスが堆積物質と反応する際の発熱性反応による温度の上昇、及び、閾値温度に到達したことに応じて洗浄ガス

50

の流れが低減又は停止された際の温度の下降を、示している。温度が所定の設定点まで下降すると、後続の温度上昇によって示されているように、洗浄ガスの流れは再開する。図2に示しているように、約500秒のところで、センサ112cにおいて摂氏約100度という閾値温度に到達したことにより、洗浄ガス流量の低減が開始される。洗浄ガスの流量は、センサ112cにおける温度が摂氏30度に接近すると再開される。その後、およそ1100秒のところで、センサ112dにおいて約120度という閾値温度に到達したことにより、洗浄ガス流の低減が開始される。類似したピークイベントが、およそ1900秒、2500秒、3200秒、4000秒、5000秒、及び6000秒のところに図示されている。

【0026】

10

上述のように、洗浄ガス流のサイクルは、排気システムが十分に洗浄されるまで継続する。ピーク振幅の継続的な低減は、排気システム内の堆積物質の減少（例えば、クロロシランなどの反応体の減少）を示している。図示しているように、約7000秒のところで、全てのセンサの排気システム内温度が周囲温度に接近しており、このことはプロセス終点を示す。

【0027】

排気システム102が上述のように洗浄された後、洗浄ガスや反応副生成物を排気システム102から全て除去するために、排気システム102はページされうる。一例では、排気システム102は、洗浄プロセスのキャリアガス（アルゴンなど）を使用して、フラッシュ洗浄されうる。別の態様では、排気システム102は、分離バルブ109及び111が閉鎖位置にある状態で、窒素で再充填（backfill）され、かつフラッシュ洗浄されうる。排気システム102は、複数回（例えばおよそ5～10回）にわたり、再充填され、フラッシュ洗浄されうる。

20

【0028】

図3は、本書に記載の態様による、洗浄後の排気システムの諸セクションの内部図を示す。詳細には、図3は、圧力制御バルブ113の内部図を示している。図示しているように、本書に記載の態様により、圧力制御バルブ113は十分に洗浄されており、堆積物は見当たらない。洗浄は、圧力制御バルブ113に熱損傷を与えることなく行われている。

【0029】

本書に記載の態様の利点は、排気システムをより安全かつ迅速に洗浄することを含む。本書に記載の態様により、洗浄時間は、最大1か月から100分以下程度まで低減されうる。加えて、時間も費用もかかる予防保守の間の期間が延長されうる。更に、本書に記載の態様により、排気システムを解体する必要性が低減するか、又はなくなる（もし解体すれば、クロロシランが周囲酸素に暴露され、クロロシロキサンを形成することになる）。たとえ解体が必要になっても、この開示の態様によって洗浄された後であれば、露出される構成要素に存在するクロロシランは大幅に少なくなる。

30

【0030】

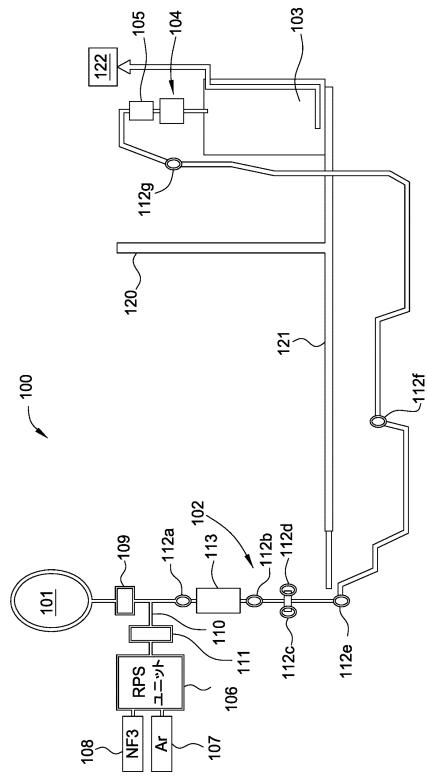
一例では、排気システムは、本書に記載の態様により洗浄される。解体時に、周囲環境において、1.5 ppmという濃度の塩酸（クロロシランが周囲酸素と反応する際にガス放出される）が測定されるが、これは、5 ppmという閾値よりも低い。対照的に、洗浄のために解体される従来型の排気システムは、周囲環境に暴露されると、5 ppmというHCl濃度を超過することが多い。

40

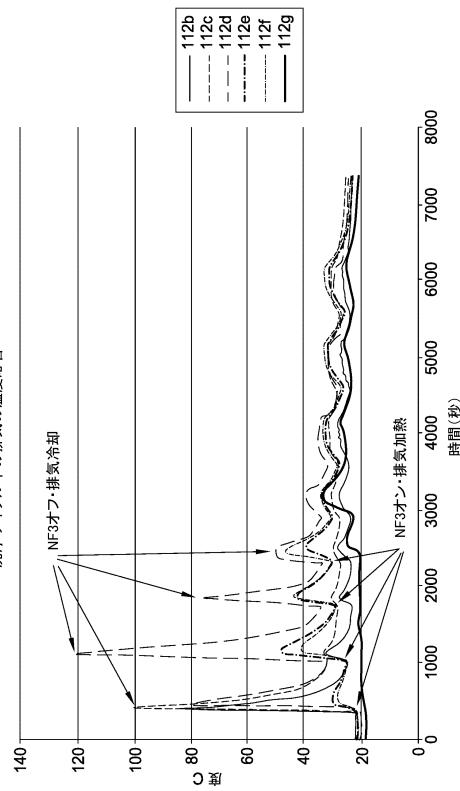
【0031】

以上の説明は本開示の態様を対象としているが、本開示の基本的な範囲を逸脱しなければ、本開示の他の態様及び更なる態様が考案されてよく、本開示の範囲は以下の特許請求の範囲によって決まる。

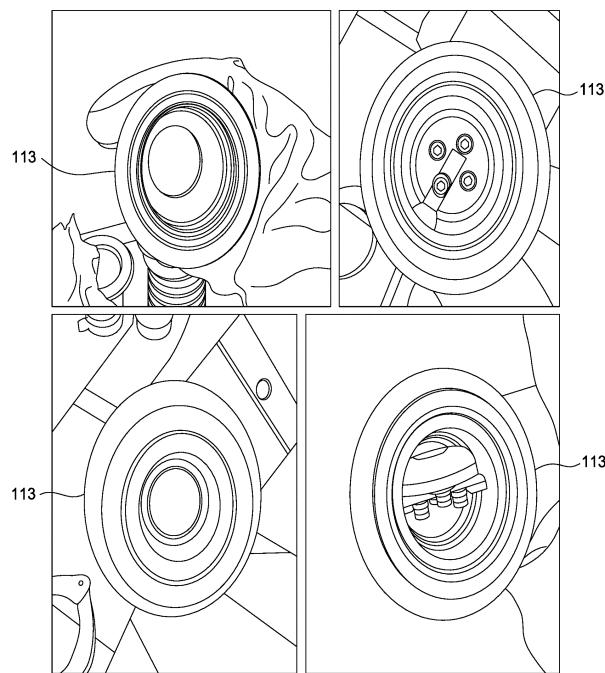
【 义 1 】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 カールソン, デーヴィッド ケー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95132, サンノゼ, クレイター ウェイ 4054

(72)発明者 スコットニー - キャッスル, マシュー ディー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95037, モルガン ヒル, ジョン テルファー ドラ
イブ 17045

審査官 田中 崇大

(56)参考文献 特開2006-004962 (JP, A)

特開2007-335823 (JP, A)

特開2007-165805 (JP, A)

特開2011-111655 (JP, A)

特開2013-153159 (JP, A)

特開2006-086156 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205

C23C 16/44

H01L 21/3065