

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7658963号
(P7658963)

(45)発行日 令和7年4月8日(2025.4.8)

(24)登録日 令和7年3月31日(2025.3.31)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 L 21/26 (2006.01)	H 0 1 L 21/26	T		
G 0 1 J 5/00 (2022.01)	H 0 1 L 21/26	J		
G 0 1 J 5/05 (2022.01)	G 0 1 J 5/00	1 0 1 C		
	G 0 1 J 5/05			

請求項の数 18 (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-524933(P2022-524933)	(73)特許権者	390040660
(86)(22)出願日	令和2年10月22日(2020.10.22)		アプライド マテリアルズ インコーポレ
(65)公表番号	特表2023-505009(P2023-505009		イテッド
	A)		APPLIED MATERIALS ,
(43)公表日	令和5年2月8日(2023.2.8)		INCORPORATED
(86)国際出願番号	PCT/US2020/056772		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0
(87)国際公開番号	WO2021/118695		5 4 , サンタ クララ , パウアーズ ア
(87)国際公開日	令和3年6月17日(2021.6.17)		ヴェニュー 3 0 5 0
審査請求日	令和5年10月23日(2023.10.23)		3 0 5 0 Bowers Avenue
(31)優先権主張番号	16/707,945		Santa Clara CA 9 5 0 5 4
(32)優先日	令和1年12月9日(2019.12.9)		U . S . A .
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	110002077
			園田・小林弁理士法人
		(72)発明者	フー , ジ - ディー
			アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 0
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エッジリング温度を測定するための方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理チャンバ内部の温度を測定するための装置であって、
ランプ放射源と光パイプとの間に配置されるように構成されたランプ放射フィルタリング窓であって、前記ランプ放射フィルタリング窓と前記ランプ放射源と前記光パイプが前記処理チャンバ内部にある、ランプ放射フィルタリング窓と、
赤外線放射を前記光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第1の端部を有し、かつ前記第1の端部に対して遠位の第2の端部を有する、前記光パイプと、
前記光パイプの前記第2の端部からの前記赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、
前記光パイプ及び前記光学アセンブリの少なくとも一部を包囲するハウジングであって、バックグラウンド熱放射を低減するために冷却剤を流すように構成された液体冷却チャネルを備えるハウジングと、
前記光学アセンブリから出力を受信し、かつ前記赤外線放射を表す少なくとも1つの信号を生成するように構成された光学検出器と、
前記少なくとも1つの信号を温度値に変換する温度回路とを備える、装置。

【請求項 2】

処理チャンバ内部の温度を測定するための装置であって、

ランプ放射源と光パイプとの間に配置されるように構成されたランプ放射フィルタリング窓であって、前記ランプ放射フィルタリング窓と前記ランプ放射源と前記光パイプが前記処理チャンバ内部にある、ランプ放射フィルタリング窓と、

赤外線放射を前記光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第 1 の端部を有し、かつ前記第 1 の端部に対して遠位の第 2 の端部を有する、前記光パイプと、

前記光パイプの前記第 2 の端部からの前記赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、

前記光学アセンブリから出力を受信し、かつ前記赤外線放射を表す少なくとも 1 つの信号を生成するように構成された光学検出器と、

10

前記少なくとも 1 つの信号を温度値に変換する温度回路とを備え、

前記ランプ放射フィルタリング窓は、約 2 . 7 ミクロンから約 2 . 8 ミクロンの波長を有する放射を吸収するウェットコート材料で作製される、装置。

【請求項 3】

前記ウェットコートが、約 1 0 0 0 百万分率 (p p m) から約 1 2 0 0 p p m の O H 含有量を有する、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記光パイプは、サファイア材料で作製される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

20

前記斜面は、約 4 5 度の角度を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記光パイプの前記第 1 の端部において、前記光パイプへの赤外線放射を可能にするように構成される開口部を設けつつ、前記光パイプを包囲するように構成されたシースであって、前記光パイプの汚染を低減するために、前記光パイプを包囲してパージガスを流すように構成されたパージチャンネルが設けられたシースを更に備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記光学アセンブリは、第 1 の非球面コンデンサレンズ、光学バンドパスフィルタ、及び第 2 の非球面コンデンサレンズを含む、請求項 1 に記載の装置。

30

【請求項 8】

前記光学アセンブリが、前記第 1 の非球面コンデンサレンズと前記第 2 の非球面コンデンサレンズとの間に介在する反射防止コーティングを備えるゲルマニウムレンズを更に含む、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

処理チャンバ内部の温度を測定するための装置であって、

前記処理チャンバ内部に配置されるように構成された光パイプであって、前記処理チャンバ内部のランプ放射フィルタリング窓が、前記光パイプと前記処理チャンバ内部のランプ放射源の間に配置され、前記光パイプが、赤外線放射を前記光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第 1 の端部を有し、かつ前記第 1 の端部に対して遠位の第 2 の端部を有する、光パイプと、

40

前記光パイプの前記第 2 の端部からの前記赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、

前記光パイプ及び前記光学アセンブリの少なくとも一部を包囲するハウジングであって、バックグラウンド熱ノイズを低減するために冷却剤を流すための液体冷却チャンネルを有するハウジングと、

前記光学アセンブリから出力を受信し、かつ前記赤外線放射を表す少なくとも 1 つの信号を生成するように構成された光学検出器と、

前記少なくとも 1 つの信号を温度値に変換する温度回路とを備える、装置。

50

【請求項 10】

処理チャンバ内部の温度を測定するための装置であって、

前記処理チャンバ内部に配置されるように構成された光パイプであって、前記処理チャンバ内部のランプ放射フィルタリング窓が、前記光パイプと前記処理チャンバ内部のランプ放射源の間に配置され、前記光パイプが、赤外線放射を前記光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第1の端部を有し、かつ前記第1の端部に対して遠位の第2の端部を有する、光パイプと、

前記光パイプの前記第2の端部からの前記赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、

前記光学アセンブリから出力を受信し、かつ前記赤外線放射を表す少なくとも1つの信号を生成するように構成された光学検出器と、

前記少なくとも1つの信号を温度値に変換する温度回路とを備え、

前記光パイプは、約2.7ミクロンから約2.8ミクロンの波長を有する放射を検出するように構成される、装置。

【請求項 11】

前記光パイプは、サファイア材料で作製される、請求項9に記載の装置。

【請求項 12】

前記光パイプは、約2ミリメートルの直径を有する、請求項9に記載の装置。

【請求項 13】

前記斜面は、約45度の角度を有する、請求項9に記載の装置。

【請求項 14】

前記光パイプの前記第1の端部において、前記光パイプへの赤外線放射を可能にするように構成される開口部を設けつつ、前記光パイプを包囲するように構成されたシースを更に備える、請求項9に記載の装置。

【請求項 15】

前記シースは、前記光パイプの汚染を低減するために、前記光パイプを包囲してパージガスを流すように構成されたパージチャンネルを有する、請求項14に記載の装置。

【請求項 16】

前記光学アセンブリは、第1の非球面コンデンサレンズ、光学バンドパスフィルタ、及び第2の非球面コンデンサレンズを含む、請求項9に記載の装置。

【請求項 17】

前記光学アセンブリは、反射防止コーティングを備えるゲルマニウムフィルタを更に含む、請求項16に記載の装置。

【請求項 18】

処理チャンバ内部の温度を測定するための装置であって、

前記処理チャンバ内部に配置されるように構成された光パイプであって、前記処理チャンバ内部のランプ放射フィルタリング窓が、前記光パイプと前記処理チャンバ内部のランプ放射源の間に配置され、前記光パイプが、赤外線放射を前記光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第1の端部を有し、かつ前記第1の端部に対して遠位の第2の端部を有する、光パイプと、

前記光パイプの前記第2の端部からの前記赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、

前記光パイプ及び前記光学アセンブリの少なくとも一部を包囲するハウジングであって、バックグラウンド熱放射を低減するために冷却剤を流すように構成された液体冷却チャンネルを備えるハウジングと、

前記光学アセンブリから出力を受信し、かつ前記赤外線放射を表す少なくとも1つの信号を生成するように構成された光学検出器と、

前記少なくとも1つの信号を温度値に変換する温度回路と、

前記温度値を受信し、前記温度値に基づいて前記処理チャンバの1つ又は複数のプロセ

10

20

30

40

50

スを調整するように構成されるコントローラとを備える、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本原理の実施形態は、概して、半導体製造プロセスにおける熱取得に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体プロセスは、種々の理由により、ウエハをプロセス温度まで上げるために加熱を使用することがある。いくつかのプロセスでは、ウエハは、処理チャンバの部品と接触する前に加熱される。ウエハと処理チャンバ部品との間の温度の不一致が大きくなると、ウエハを部品に接触させるときに、ウエハに熱衝撃を与える可能性がある。熱衝撃は、ウエハに、反り、及び／又は、ウエハが保持表面から飛び出すなどの望ましくない影響を与える可能性がある。本発明者らは、チャンバ部品及びウエハを同様の温度にすることにより、望ましくない影響を防止又は低減しうることを見出した。しかしながら、放射ランプによって供給される加熱によりチャンバで使用される部品を測定することは、ウエハを加熱するだけでなく、チャンバ部品の温度読み取り値に影響を及ぼすランプ放射のために、いくつかの課題を提起する。

10

【0003】

したがって、本発明者らは、半導体処理チャンバ内で使用される部品の温度を得るための改善された方法及び装置を提供した。

20

【発明の概要】

【0004】

本明細書において、半導体処理チャンバの内部アセンブリの熱情報を得るための方法及び装置が提供される。

【0005】

いくつかの実施形態では、処理チャンバ内部のアセンブリの温度を測定するための装置は、ランプ放射源とアセンブリとの間に配置されるように構成されたランプ放射フィルタリング窓と、ランプ放射フィルタリング窓とアセンブリとの間に配置されるように構成された光パイプであって、アセンブリから放出された赤外線放射を光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第1の端部を有し、かつ第1の端部に対して遠位の第2の端部を有する、光パイプと、光パイプの第2の端部からの赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、光学アセンブリから出力を受信し、かつ赤外線放射を表す少なくとも1つの信号を生成するように構成された光学検出器と、少なくとも1つの信号を温度値に変換する温度回路とを備えうる。

30

【0006】

いくつかの実施形態では、本装置は、ランプ放射フィルタリング窓が、約2.7ミクロンから約2.8ミクロンの波長を有する放射を吸収するウェットコート材料で作製され、光パイプが、サファイア材料で作製され、光パイプが、処理チャンバ内でアセンブリの上面に平行に設置されるように構成され、斜面が、約45度の角度を有し、本装置は、光パイプの第1の端部において、光パイプへの赤外線放射を可能にするように構成される開口部を設けつつ、光パイプを包囲するように構成されたシースであって、光パイプの汚染を低減するために、光パイプを包囲してパージガスを流すように構成されたパージチャンネルを有するシースと、光パイプ及び光学アセンブリの少なくとも一部を包囲して、バックグラウンド熱放射を低減するために冷却剤を流すように構成された、液体冷却チャンネルを備えるハウジングを更に備え、光学アセンブリが、第1の非球面コンデンサレンズ、光学バンドパスフィルタ、及び第2の非球面コンデンサレンズを含み、及び／又は光学アセンブリが、第1の非球面コンデンサレンズと第2の非球面コンデンサレンズとの間に介在する反射防止コーティングを備えるゲルマニウムレンズを更に含む。

40

50

【 0 0 0 7 】

いくつかの実施形態では、処理チャンバ内部のアセンブリの温度を測定するための装置は、ランプ放射フィルタリング窓とアセンブリとの間に配置されるように構成された光パイプであって、アセンブリから放出された赤外線放射を光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第1の端部を有し、かつ第1の端部に対して遠位の第2の端部を有する、光パイプと、光パイプの第2の端部からの赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、光学アセンブリから出力を受信し、かつ赤外線放射を表す少なくとも1つの信号を生成するように構成された光学検出器と、少なくとも1つの信号を温度値に変換する温度回路とを備える。

【 0 0 0 8 】

いくつかの実施形態では、装置は、光パイプが、約2.7ミクロンから約2.8ミクロンの波長を有するアセンブリの表面からの放射を検出するように構成され、光パイプが、サファイア材料で作製され、光パイプが、処理チャンバ内でアセンブリの上面に平行に設置されるように構成され、斜面が、約45度の角度を有し、本装置は、光パイプの第1の端部において、光パイプへの赤外線放射を可能にするように構成される開口部を設けつつ、光パイプを包囲するように構成されたシースであって、光パイプの汚染を低減するために、光パイプを包囲してパージガスを流すように構成されたパージチャンネルを有するシースと、光パイプ及び光学アセンブリの少なくとも一部を包囲するハウジングであって、バックグラウンド熱ノイズを低減するために冷却剤を流すための液体冷却チャンネルを有するハウジングを更に備え、光学アセンブリが、第1の非球面コンデンサレンズ、光学バンド

【 0 0 0 9 】

いくつかの実施形態では、処理チャンバ内部のアセンブリの温度を測定するための装置は、ランプ放射フィルタリング窓とアセンブリとの間に配置されるように構成された光パイプであって、アセンブリから放出された赤外線放射を光パイプを通すように方向転換するように構成された斜面を備える第1の端部を有し、かつ第1の端部に対して遠位の第2の端部を有する、光パイプと、光パイプの第2の端部からの赤外線放射をコリメートし、フィルタリングし、かつフォーカスするように構成された光学アセンブリと、光学アセンブリから出力を受信し、かつ赤外線放射を表す少なくとも1つの信号を生成するように構成された光学検出器と、少なくとも1つの信号を温度値に変換する温度回路と、温度値を受信し、温度値に基づいて処理チャンバの1つ又は複数のプロセスを調整するように構成されるコントローラとを備える。

【 0 0 1 0 】

以下に他の実施形態及び更なる実施形態が開示される。

【 0 0 1 1 】

上記で簡潔に要約され、以下でより詳細に論じられる本原理の実施形態は、添付図面に示された原理の例示的な実施形態を参照することによって理解することができる。しかし、本原理は他の等しく有効な実施形態を許容しうることから、添付図面は、本原理の典型的な実施形態のみを例示しており、ゆえに、範囲を限定するものと見なすべきではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 本原理のいくつかの実施形態による急速熱処理チャンバの断面図を示す。

【 図 2 】 本原理のいくつかの実施形態による、ウエハアウトオブポケット (w a f e r o u t o f p o c k e t) の断面図を示す。

【 図 3 】 本原理のいくつかの実施形態による、光パイプ高温計アセンブリを備えた急速熱処理チャンバの断面図を示す。

【 図 4 】 本原理のいくつかの実施形態による、光パイプ高温計アセンブリの断面図を示す。

【 図 5 】 本原理のいくつかの実施形態による光学アセンブリの側面図を示す。

【 図 6 】 本原理のいくつかの実施形態による、コントローラとインターフェースで接続す

10

20

30

40

50

る光パイプ高温計アセンブリを備えた急速熱処理チャンバの上面図を示す。

【図 7】本原理のいくつかの実施形態による、パージガスチャネルを備えた光パイプ高温計アセンブリの断面図である。

【図 8】本原理のいくつかの実施形態による、パージガス流を示す光パイプ高温計アセンブリの断面図である。

【図 9】本原理のいくつかの実施形態による、ビューポートのための光パイプ高温計アセンブリの等角図である。

【図 10】本原理のいくつかの実施形態による、冷却チャネルを備えた光パイプ高温計アセンブリの等角図である。

【図 11】本原理のいくつかの実施形態による、冷却チャネルを備えた光パイプ高温計アセンブリの等角図である。

10

【図 12】本原理のいくつかの実施形態による、処理チャンバ内のアセンブリの温度を検出する方法である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

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ために同一の参照番号を使用した。図面は縮尺どおりには描かれておらず、明確化するために簡略化されうる。1つの実施形態の要素及び特徴は、更なる記述がなくても、他の実施形態に有益に組み込まれうる。

【0014】

20

本方法及び装置は、例えば、ウエハ予熱中のエッジリングのような内部プロセスチャンバアセンブリの測定を可能にする。本方法及び装置は、有利には、例えば、急速熱処理 (RTP) チャンバなどにおける、例えば、ウエハとエッジリングとの間の、温度の不一致を最小限に抑える。RTP チャンバにおけるウエハアウトオブポケット (Wafer Out Of Pocket: WOOP) 問題に対する解決策を有益に提供するために、処理中の温度の不一致の低減が利用されうる。また、本方法及び装置は、処理チャンバに高価で時間のかかるチャンバ底部の変更を要求することなく、既存のチャンバを改造するための費用効果のある方法を提供する。

【0015】

いくつかの実施形態では、処理チャンバの内部アセンブリからの赤外線放射を集めるために、光パイプ高温計アセンブリが使用される。光パイプ高温計アセンブリは、ウエハ及び/又はプロセスキットの漏れに対して完全に耐性があり、安価で簡単な設置のために既存の処理チャンバビューポートを利用することができ、高価で時間のかかる処理チャンバ底部を修正する必要がなくなる。光パイプ高温計アセンブリはまた、フィードバックループの設定点を調整するのを容易にし、処理チャンバ内の温度を一致させるのを補助するために使用されうる。いくつかの実施形態では、光パイプ高温計アセンブリは、カリフォルニア州サンタクララの Applied Materials 社製の Radiance (登録商標) チャンバなどの RTP チャンバのエッジリング温度を測定するために使用される。エッジリングの上面は、処理チャンバの上部領域に設置された加熱ランプから強い放射を受け取る。ランプ放射は、温度測定値及び/又は高温計読み取り値の飽和に大きな誤差をもたらす可能性がある。本原理の方法及び装置は、ランプ放射に反応せず、かつウエハの温度を制御し、エッジリングの温度に一致させることができるように、ウエハ予熱のための設定点を調整するためにも使用できる光パイプ高温計アセンブリを提供する。

30

40

【0016】

以下の例は、RTP チャンバ及びエッジリングを利用するが、本原理の方法及び装置は、RTP チャンバのみに限定されず、エッジリング温度の測定のみに限定されない。本原理の方法及び装置は、他の処理チャンバ、及び処理チャンバ内部のアセンブリの他の温度測定に利用されうる。図 1 は、チャンバ本体 106 に向かってランプ放射 104 を生成する加熱ランプ 102 を備えた RTP チャンバ 100 を示す。チャンバ本体 106 は、エッジリング 108 及びウエハ高温計 110 を含む。ウエハ高温計 110 は、ウエハ 112 の

50

下からウエハ１１２の温度を決定するために使用される。ウエハ１１２及びエッジリング１０８は、上方からランプ放射１０４に曝露される。図２の断面図２００Ａは、ウエハ１１２がリフトピン２０２によってエッジリング１０８から浮き上がった予熱状態のウエハ１１２を示す。図２の断面図２００Ｂでは、ウエハ１１２とエッジリング１０８の温度が不一致であるため、ウエハ１１２がエッジリング１０８上まで下降すると、ウエハ１１２がエッジリング１０８から飛び落ちる（ＷＯＯＰ条件）。本発明者らは、ウエハ１１２の予熱温度とエッジリング１０８の温度が類似していれば、ウエハ１１２の反りとＷＯＯＰ条件が排除又は低減されうることを見出した。エッジリング１０８の温度が、ウエハ１１２の予熱中に分かる場合、エッジリング１０８の温度は、ウエハ１１２の予熱温度の設定点として使用することができ、温度の不一致が解消される。

10

【００１７】

図３は、本原理のいくつかの実施形態を含む処理チャンバ３００の断面図である。加熱ランプ１０２とチャンバ本体１０６との間に、ランプ放射フィルタリング窓３０２が配置される。ランプ放射フィルタリング窓３０２は、波長の特定のバンドにわたってランプ放射を遮断し、フィルタリングされたランプ放射３０４を生成する。いくつかの実施形態では、ランプ放射フィルタリング窓３０２は、約２．７ミクロンから約２．８ミクロンの波長バンド内のランプ放射を遮断するように構成されたＯＨ含有量の高いクォーツ（石英）、すなわち「ウェットクォーツ（wet quartz）」で作製されう。いくつかの実施形態では、クォーツのＯＨ含有量は、約１０００百万分率（ppm）以上である。いくつかの実施形態では、クォーツのＯＨ含有量は、約１０００ppmから約１２００ppmである。本発明者らは、フィルタリングされたバンド内のランプ放射電力損失が使用可能な加熱電力に及ぼす影響は低いことを見出した。影響が低いのは、ランプ放射電力がより短い波長のスペクトル範囲に集中していることによるものであり、その波長スペクトル範囲は、フィルタリングされたバンドがランプ放射のスペクトル放射ピークの約１５％を表しているにすぎず、シリコンウエハ吸収は、ウエハが約５００ 未満の場合、フィルタリングされたバンドにおいて非常に低い。ランプ放射フィルタリング窓３０２とエッジリング１０８との間に、遮断された波長バンドに感応する光パイプ高温計アセンブリ３０６が配置される。光パイプ高温計アセンブリ３０６は、ウエハ１１２を加熱するために使用されるフィルタリングされたランプ放射３０４に反応せず、フィルタリングされた波長バンドのエッジリング放射３０８を検出する。本発明者らは、フィルタリングされたスペクトル範囲で機能する高温計を使用することにより、温度測定において高温計がランプ放射の影響を受けないことを見出した。

20

30

【００１８】

図４は、いくつかの実施形態による、光パイプ高温計アセンブリ４０２の断面図４００を示す。光パイプ高温計アセンブリ４０２は、光パイプ４０４と、光学アセンブリ４０８と、検出器アセンブリ４１０とを含む。光パイプ４０４は、斜面４０６を備えた第１の端部４１４と、光学アセンブリ４０８とインターフェースで接続する第１の端部４１４の遠位にある第２の端部４１６とを含む。いくつかの実施形態において、光パイプ４０４は、切断端又は斜角端を有するサファイアロッドでありうる。斜角端は、内部で赤外線放射を反射するように研磨される。いくつかの実施形態では、斜面４０６は、約４５度の角度で切断される。いくつかの実施形態では、光パイプ４０４は、約２ミリメートルの直径を有しうる。いくつかの実施形態では、光学アセンブリ４０８は、１つ又は複数の非球面コンデンサレンズ及び光学バンドパスフィルタ（例えば、図５参照）を含みうる。光学アセンブリ４０８は、波長選択を提供し、バックグラウンド放射を最小化する。光学アセンブリ４０８は、検出器アセンブリ４１０とインターフェースで接続する。

40

【００１９】

検出器アセンブリ４１０は、光学情報を、温度処理回路４１２によって受信することができる少なくとも１つの信号に変換する。本発明者らは、ウエハ処理のためのフィードバックループにおいてエッジリング温度を使用するためには、検出速度を速くしなければならない（例えば、約１００Ｈｚ以上）ことを見出した。最も典型的なサーモパイル検出器

50

は、フィードバック処理で使用するには遅すぎる。本発明者らは、光起電検出器を使用することにより、高速の温度取得が可能になることを見出した。検出器が、約 2.7 ミクロンから約 2.8 ミクロンのフィルタリングされたバンドで機能するように選択される場合、シリコンフォトダイオード又はヒ化ガリウムインジウム (InGaAs) ダイオードのような典型的な光起電力検出器は、フィルタリングされたバンドの範囲には適さない。本発明者らは、冷却されていないヒ化インジウムアンチモン化物 (InAsSb) 又はヒ化インジウム (InAs) 光起電検出器が使用できることを見出した。InAsSb 検出器は、通常、約 3 ミクロンから約 5 ミクロンの範囲で利用される。非冷却検出器によって、より単純な高温計設計 (コンパクトで、電力供給不要など) が可能になるが、冷却された検出器によって、より低い範囲の温度検出が可能になる。InGaAs 検出器は、約 2.7 ミクロンから約 2.8 ミクロンのフィルタリングされたバンドにおいて、なおも十分な応答範囲を有しうる。InAs 検出器は、約 1 ミクロンから約 3.5 ミクロンのスペクトル応答を有する。焦電検出器もまた、利用されうる。

10

【0020】

温度処理回路 412 は、少なくとも 1 つの信号を、プロセスコントローラ (例えば、図 6 を参照) によって利用されうる温度値に変換する。温度処理回路 412 は、光パイプ高温計アセンブリ 402 の一部であり、及び / 又はコントローラ 606 (図 6 を参照) の一部でありうる。エッジリング 108 の表面 420 からの赤外線 418 は、光パイプ 404 の第 1 の端部 414 によって受け取られ、斜面 406 によって反射され、光パイプ 404 の長さを下って光学アセンブリ 408 に方向転換され、検出器アセンブリ 410 上にフォーカスされる前に、赤外線放射がコリメートされ、フィルタリングされる。

20

【0021】

図 5 は、いくつかの実施形態による光学アセンブリ 408 の側面図 500 を示す。赤外線 418 は、光パイプ 404 を下って光パイプ 404 の第 2 の端部 416 に方向付けられ、そこで赤外線 418 は、第 1 の非球面コンデンサレンズ 502 上に発散する。使用されるのは、非球面コンデンサレンズであるが、これは、非球面コンデンサレンズが、通常のレンズより多くの光を集め、より広い発散ビームで機能し、より短い焦点距離を有するため、よりコンパクトな設計が可能になるためである。第 1 の非球面コンデンサレンズ 502 は、サファイア又は成形材料で作製されうる。本発明者らは、Planck の方程式によって計算することができるゼロでない (ケルビン) 周囲温度のために、高温計内部の部品が発生する熱放射が常に少量であることを見出した。計算された値は、作動波長周囲のかなりの量のバックグラウンド放射と等価であり、温度精度を低下させる。検出器のスペクトル範囲よりも広いスペクトル範囲にわたって透明なレンズ材料を使用することによって、温度精度が高められうる。

30

【0022】

光パイプ 404 は、広い受け入れ角度を有し、検出器アセンブリ 410 に直接結合される場合、光パイプ 404 の第 2 の端部 416 における大きな円錐角 512 のために、バンドパスフィルタにおいて著しいバンドシフトが生じるであろう。第 1 の非球面コンデンサレンズ 502 は、光パイプ 404 から広く発散する赤外線放射をコリメートするために使用される。コリメートされた赤外線放射は、非変動入射角で、光学バンドパスフィルタ 504 内に赤外線放射を送り、シフトを低減し、光学バンドパスフィルタ 504 のフィルタリング精度を高める。第 1 の非球面コンデンサレンズ 502 は、より高い開孔数 (NA) を有し、赤外線放射収集力 (infrared radiation collection power) を高める。光学バンドパスフィルタ 504 は、ある範囲の波長へのシフトを最小限に抑えて、赤外線 418 をフィルタリングする。いくつかの実施形態では、光バンドパスフィルタ 504 を通過する波長の範囲は、約 2.7 ミクロンと約 2.8 ミクロンとの間でありうる。

40

【0023】

いくつかの実施形態では、InAs タイプの検出器が使用される場合、バックグラウンドランプ放射を更に抑制するために、反射防止コーティング 510 を備えたオプションの

50

シリコン又はゲルマニウムフィルタ 506 が使用されうる。本発明者らは、バンドパスフィルタが、バンドパス領域の外側の波長の理想的な遮断を有していないことを見出した。ゲルマニウムは、約 1.6 ミクロンから約 1.7 ミクロンの吸収エッジを有し、シリコンは、約 1.1 ミクロンの吸収エッジを有しており、これは、シリコンが 1.1 ミクロン未満で不透明となり、ゲルマニウムが 1.6 ~ 1.7 ミクロン未満で不透明となることを意味している。オプションのシリコン又はゲルマニウムフィルタ 506 は、望ましくないランプ放射波長を更に抑制するために使用することができ、検出器アセンブリ 410 が更に保護される。シリコン及びゲルマニウムは、高反射性であり、著しい光損失を引き起こす。反射防止コーティング 510 は、バンドパス波長（例えば、約 2.7 ミクロンから約 2.8 ミクロン）での反射を低減する。次いで、赤外線 418 は、第 2 の非球面コンデンサレンズ 508 によって検出器アセンブリ 410 上にフォーカスされる。第 2 の非球面コンデンサレンズ 508 は、サファイア又は成形材料で作製されうる。本発明者らは、より長い波長の検出器について、ハウジングからの熱放射を減少させ、温度精度を高めるために、内部が研磨されたアルミニウム合金を有するハウジングが使用されうることを見出した。

【0024】

図 6 は、いくつかの実施形態による、コントローラ 606 とインターフェースで接続する光パイプ高温計アセンブリ 604 を備えた RTP チャンバ 602 の上面図 600 を示す。RTP チャンバ 602 は、ウエハ 618 を挿入及び除去するためのスリットポート 608 と、ウエハ処理中にガスを除去するためのガス排気口 610 と、ウエハ 618 を観察するために使用される第 1 のビューポート 612 と、光パイプ高温計アセンブリ 604 と共に使用するために変換された第 2 のビューポート 614 とを有する。光パイプ高温計アセンブリ 604 は、第 2 のビューポート 614 内に容易に後付けすることができる。光パイプ高温計アセンブリ 604 は、エッジリング 616 の温度を読み取るための高価なチャンバ底部の修正を必要としない。光パイプ高温計アセンブリ 604 は、温度処理回路 620 を介してコントローラ 606 とインターフェースで接続し、かつ / 又はコントローラ 606 と直接インターフェースで接続しうる（図示せず）。いくつかの実施形態では、光パイプ高温計アセンブリ 604 はまた、光パイプの周囲から汚染物質を洗い流すためにパージガスを供給するパージガス供給部 622 とインターフェースで接続しうる。いくつかの実施形態では、光パイプ高温計アセンブリ 604 はまた、赤外線放射の光パイプ透過を妨害する光パイプ高温計アセンブリ 604 からの迷熱放射（thermal stray radiation）を低減するのを助けるために、液体冷却剤供給部 624 とインターフェースで接続しうる。いくつかの実施形態では、液体冷却剤は、水などでありうる。

【0025】

コントローラ 606 は、RTP チャンバ 602 の直接制御を使用して、又は代替的には、RTP チャンバ 602 に関連するリモートコンピュータ（又はコントローラ）を制御することによって、RTP チャンバ 602 の動作を制御する。動作中に、コントローラ 606 により、RTP チャンバ 602 及び / 又は他のシステムからのデータ収集及びフィードバックが可能になり、RTP チャンバ 602 の性能を最適化する。コントローラ 606 は、一般に、中央処理装置（CPU）626 と、メモリ 628 と、サポート回路 630 とを含む。CPU 626 は、工業的な設定で使用可能な汎用コンピュータプロセッサの任意の形態でありうる。サポート回路 630 は、従来通りに CPU 626 に結合され、キャッシュ、クロック回路、入出力サブシステム、電源などを備えうる。上述のような方法のようなソフトウェアルーチンは、メモリ 628 に記憶され、CPU 626 によって実行されると、CPU 626 を特定目的のコンピュータ（コントローラ 606）に変換する。ソフトウェアルーチンはまた、RTP チャンバ 602 から遠隔に位置する第 2 のコントローラ（図示せず）によって記憶及び / 又は実行されうる。

【0026】

メモリ 628 は、CPU 626 によって実行されると、半導体プロセス及び機器の動作を容易にするための命令を含むコンピュータ可読記憶媒体の形態である。メモリ 628 内の命令は、本原理の方法を実施するプログラムなどのプログラム製品の形態である。プロ

10

20

30

40

50

グラムコードは、多数の異なるプログラミング言語のいずれか１つに従いうる。一例では、本開示は、コンピュータシステムと共に使用されるコンピュータ可読記憶媒体に記憶されたプログラム製品として、実装されうる。プログラム製品のプログラムは、（本明細書に記載の方法を含む）諸態様の機能を規定する。例示的なコンピュータ可読記憶媒体には、情報が永久的に記憶される書込み不能な記憶媒体（例えば、ＣＤ－ＲＯＭドライブ、フラッシュメモリ、ＲＯＭチップ、又は任意の種類のソリッドステート不揮発性半導体メモリによって読み出し可能なＣＤ－ＲＯＭディスクなどのコンピュータ内の読み出し専用メモリデバイス）、及び変更可能な情報が記憶される書き込み可能な記憶媒体（例えば、ディスクドライブ若しくはハードディスクドライブ内のフロッピーディスク又は任意の種類のソリッドステートランダムアクセス半導体メモリ）が含まれるが、これらに限定されない。そのようなコンピュータ可読記憶媒体は、本明細書で説明される方法の機能を指示するコンピュータ可読命令を搬送する際には、本原理の態様である。

10

【００２７】

温度測定において良好な精度を有するために、本発明者らは、光パイプを清潔に保つ必要があることを見出した。特定の用途では、ガス放出が行われ、その結果、温度測定に影響を与える光パイプ表面上に堆積することがある。本発明者らは、赤外線放射を受け取るためにシースの底部側に小さな開口部を有する閉鎖端シースを用いることにより、使用中に光パイプを清潔に保つために、光パイプをパージガスでパージできることを見出した。図７は、いくつかの実施態様による、光パイプ７１４を囲むシース７１２内にパージガスポート７３０を備えたパージガスチャネル７０４を有する、光パイプ高温計アセンブリ７０２の断面図７００である。いくつかの実施形態では、シース７１２は、例えば６０６１などのアルミニウム合金で形成される。機械加工後に、シース７１２の表面上に形成される保護自然酸化物層の損傷を回避するために、シース７１２は注意深く取り扱われる。次に、シース７１２の外面がマスクされ、その一方で、内面が硬質陽極酸化される。外面は低い放射率を有するので、熱吸収は低い。内面は、より低い反射率を有するので、バックグラウンドの迷光放射は減少し、温度精度が向上する。

20

【００２８】

いくつかの実施形態では、光パイプ高温計アセンブリ７０２は、ＲＴＰチャンバ７０６のビューポート内に後付けされ、チャンバ本体アセンブリ７１０上のエッジリング７０８上を延びるように構成される。シース７１２は、エッジリング７０８からの赤外線放射７２０が光パイプ７１４の第１の端部７１８に到達できるようにする開口部７１６を含む。シース７１２は、光パイプ７１４の第１の端部７１８を覆い、光パイプ７１４内への前方への光漏れを防ぎ、温度測定の精度を高める。光パイプ７１４の第１の端部７１８上の斜面７２２は、光パイプ７１４の第１の端部７１８から遠位の、光パイプ７１４の第２の端部７２６において、赤外線７２０を光学アセンブリ７２４に方向転換する。次いで、赤外線７２０は、光学アセンブリ７２４から検出器アセンブリ７２８まで通過する。次いで、検出器アセンブリ７２８は、赤外線７２０を表す少なくとも１つの信号を温度プロセス回路（図示せず、例えば、図４、温度処理回路４１２、及び図６、温度処理回路６２０を参照）に送る。いくつかの実施形態では、パージガスチャネル７０４は、パージガスポート７３０から光パイプ７１４の第１の端部７１８の開口部７１６まで延びる。いくつかの実施形態では、パージガスチャネル７０４は、第１の端部７１８から第２の端部７２６まで光パイプ７１４の全長を完全に囲むように延びる。パージガスチャネル７０４により、パージガス、例えば、限定されないが、乾燥窒素などの不活性ガスが、光パイプ７１４上を流れることができるようになり、光パイプ高温計アセンブリ７０２の精度を低下させることになる光パイプ７１４の周囲からの汚染物質を除去する際の助けとなる。

30

40

【００２９】

図８は、いくつかの実施形態による、パージガス流８０２を示す、光パイプ高温計アセンブリ７０２の断面図８００である。パージガスがパージガスポート７３０に入ると、パージガスは、パージガスチャネル７４０を通して光パイプ７１４の周囲を流れ、次いで開口部７１６を通してＲＴＰチャンバ（図示せず）に流入する。パージガス流８０２は、シ

50

ース 712 の開口部 716 を出る際に、エッジリング 708 の表面 804 の部分 806 上にわずかな温度降下をもたらす。いくつかの実施形態では、エッジリング 708 は回転しているので、エッジリング 708 に対する冷却効果は最小であり、局所化されない。パージガス流 802 は、エッジリング 708 に対する望ましくない冷却効果を低減するために、例えば、約 10 から約 1000 のような低い s c c m (標準立方センチメートル/分) 速度に保たれる。

【0030】

図 9 は、いくつかの実施形態による、RTP チャンバアセンブリ 906 のビューポート 904 のための、光パイプ高温計アセンブリ 902 の等角図 900 である。光パイプ高温計アセンブリ 902 は、光パイプ、パージガスチャネル、及びパージガスを排出し、またエッジリングから赤外線放射を受け取るための開口部を収納するシース延長部 908 を有する。シース本体 910 は、光パイプ及びパージチャネルを更に包含し、フランジ 912 内のパージガスポート 914 からパージガスを分配する。また、シース本体 910 は、フランジ 912 内の冷却剤ポート 916 で供給される液体冷却で光パイプ高温計アセンブリ 902 を冷却するための内部冷却チャネルを提供することができる。光パイプ高温計アセンブリ 902 は、接続点 918 を含み、光パイプ高温計アセンブリ 902 が、エッジリングから受信した温度情報を中継するために、他の部品とインターフェースで接続できるようにする。図 10 は、いくつかの実施形態による、冷却剤チャネル 1008 を備えた光パイプ高温計アセンブリ 902 の等角図 1000 である。いくつかの実施形態では、冷却剤チャネル 1008 は、第 1 のパージガスチャネル部分 1006 とともにシース本体 910 の下部 1010 に形成される。シース本体 910 の上部 1002 は、冷却剤チャネル 1008 を密封するために下部 1010 にカバーを提供する。

【0031】

図 11 は、いくつかの実施形態による、第 1 の冷却剤チャネル 1102、第 2 の冷却剤チャネル 1104、及び第 3 の冷却剤チャネル 1106 を有する、光パイプ高温計アセンブリ 902 の等角図 1100 である。いくつかの実施形態において、第 1 の冷却剤チャネル 1102 及び第 2 の冷却剤チャネル 1104 は、シース本体 910 を通り、フランジ 912 を通って、長手方向に穿孔することによって形成され、フランジ 912 内の冷却剤ポート 916 に接続する長手方向の冷却剤チャネルを形成する。第 3 の冷却剤チャネル 1106 は、第 1 の冷却剤チャネル 1102 及び第 2 の冷却剤チャネル 1104 に直角にシース本体 910 を穿孔することにより形成され、第 3 の冷却剤チャネル 1106 が第 1 の冷却剤チャネル 1102 及び第 2 の冷却剤チャネル 1104 と交差して、冷却剤ポート 916 A、916 B の間に単一の冷却剤経路を形成する。第 1 のプラグ 1108 は、冷却剤ポート 916 A から遠位の第 1 の冷却剤チャネル 1102 の端部 1120 に挿入される。第 2 のプラグ 1110 は、冷却剤ポート 916 B から遠位の第 2 の冷却剤チャネル 1104 の端部 1122 に挿入される。第 3 のプラグ 1112 は、第 3 の冷却剤チャネル 1106 の第 1 の端部 1116 に挿入され、第 4 のプラグ 1114 は、第 3 の冷却剤チャネル 1106 の第 2 の端部 1118 に挿入される。パージガスチャネルの第 1 の部分 1126 は、フランジ 912 の一部を通して垂直に穿孔することによって形成される。パージガスチャネルの第 2 の部分 1124 は、第 2 の部分 1124 がパージガスポート 914 の遠位の第 1 の部分 1126 の端部 1128 と交差するまで、シース本体 910 を通って水平に穿孔することによって形成される。

【0032】

図 12 は、いくつかの実施形態による、処理チャンバ内のアセンブリの温度を検出する方法 1200 である。ブロック 1202 において、ランプ放射は、約 2.7 ミクロンから約 2.8 ミクロンの波長を遮断するようにフィルタリングされる。いくつかの実施形態では、約 1000 ppm から約 1200 ppm 以上の OH 含有量を有するウェットクォーツが、ランプ放射をフィルタリングするために使用される。ブロック 1204 では、赤外線放射が、光パイプを介して、クォーツ吸収バンドにおいて処理チャンバ内部のアセンブリの表面から検出される。いくつかの実施形態では、光パイプは、サファイアで作製され

10

20

30

40

50

る。いくつかの実施形態では、赤外線放射は、赤外線放射が光パイプによって検出できるようにする開口端を有するシースで覆われた光パイプによって検出される。いくつかの実施形態では、光パイプは、赤外線放射を光パイプの長さを下って方向転換する斜面を一端に有しうる。ブロック 1206 では、アセンブリからの赤外線放射の吸収中に、光パイプ上及び光パイプ周囲にパージガスを流すことによって、光パイプ周囲の汚染物質が除去される。ブロック 1208 では、光パイプハウジングが液体冷却剤で冷却され、光パイプハウジングからの熱放射によって生じる迷熱放射を低減するのを容易にする。ブロック 1210 では、光パイプからの赤外線放射は、第 1 の非球面コンデンサレンズを使用してコリメートされる。いくつかの実施形態では、第 1 の非球面コンデンサレンズは、サファイアから又は成形材料から作製されうる。ブロック 1212 では、次いで、赤外線放射は、光学バンドパスフィルタでフィルタリングされる。いくつかの実施形態では、光バンドパスフィルタは、約 2.7 ミクロンから約 2.8 ミクロンまでの波長を通過させる。ブロック 1214 では、オプションで、不要な波長を更にフィルタリングするために、反射防止コーティングを有するゲルマニウムフィルタを使用することによって、赤外線放射がフィルタリングされる。ブロック 1216 では、赤外線放射は、第 2 の非球面コンデンサレンズで光学検出器上にフォーカスされる。いくつかの実施形態では、第 2 の非球面コンデンサレンズは、サファイアから又は成形材料から作製されうる。ブロック 1218 では、赤外線放射から温度値が生成される。いくつかの実施形態では、光学検出器は、赤外線放射を赤外線放射を表す少なくとも 1 つの信号に変換しうる。次いで、少なくとも 1 つの信号は、温度処理回路によって処理されて、少なくとも 1 つの信号を温度値に変換しうる。次いで、温度値は、処理チャンバ内のプロセス等を制御する際に使用するためのコントローラに渡されうる。

【0033】

本原理による実施形態は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、又はこれらの任意の組み合わせで実装されうる。実施形態はまた、1 つ又は複数のコンピュータ可読媒体を使用して記憶された命令として実施され、これは、1 つ又は複数のプロセッサによって読み取られ、実行されうる。コンピュータ可読媒体は、マシン（例えば、1 つ又は複数のコンピューティングプラットフォーム上で実行されるコンピューティングプラットフォーム又は「仮想マシン」）によって、可読形式で情報を記憶又は送信するための任意のメカニズムを含みうる。例えば、コンピュータ可読媒体は、任意の適切な形態の揮発性又は不揮発性メモリを含みうる。いくつかの実施形態では、コンピュータ可読媒体は、非一過性のコンピュータ可読媒体を含みうる。

【0034】

上記は、本原理の実施形態を対象としているが、本原理の基本的な範囲から逸脱することなく、本原理の他の実施形態及び更なる実施形態が考案されうる。

10

20

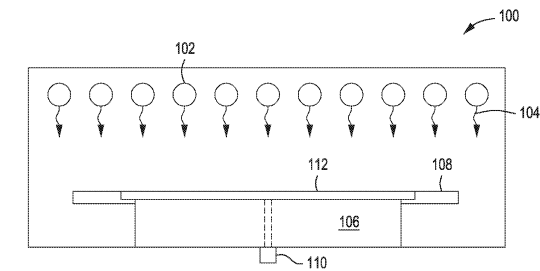
30

40

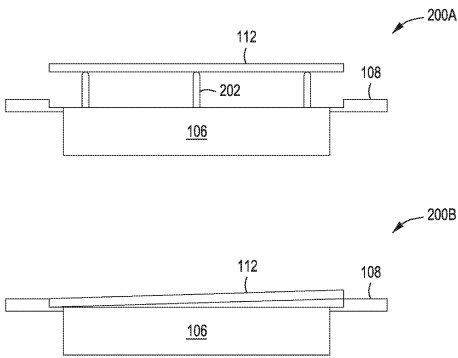
50

【図面】

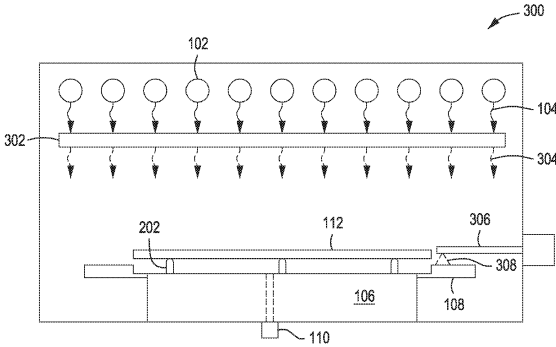
【図 1】



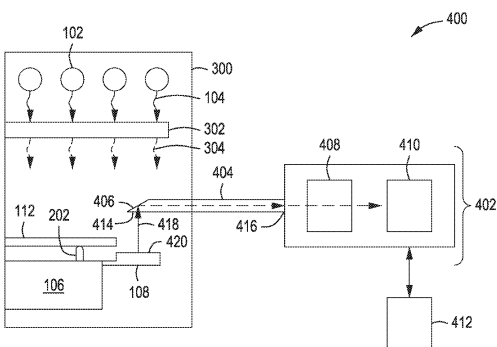
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

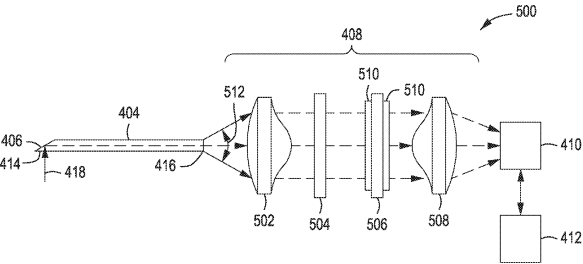
20

30

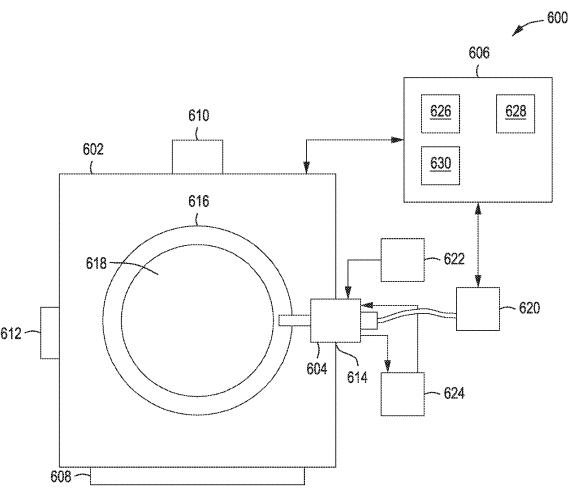
40

50

【図 5】

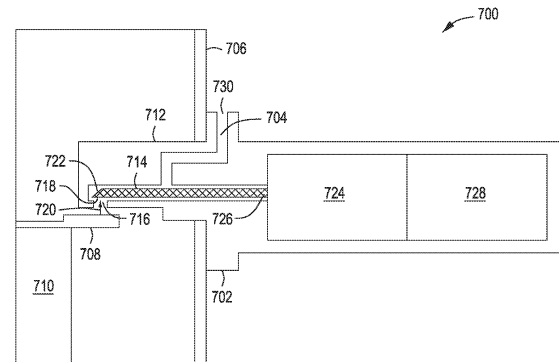


【図 6】

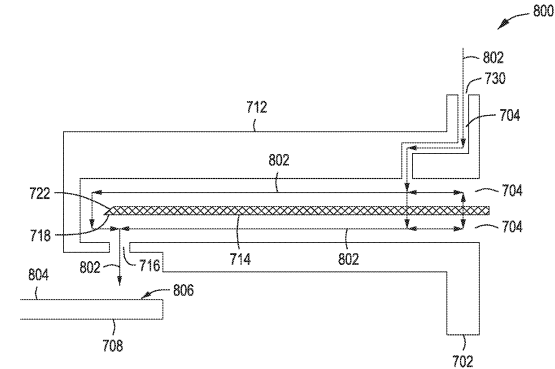


10

【図 7】



【図 8】



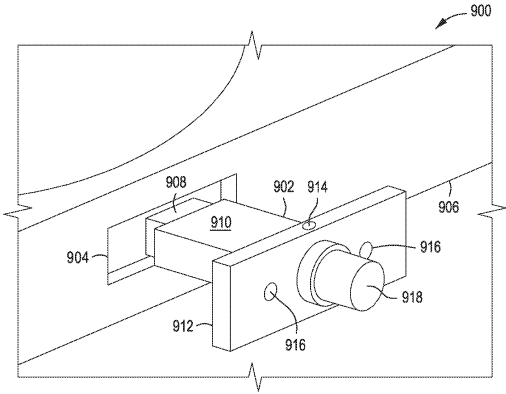
20

30

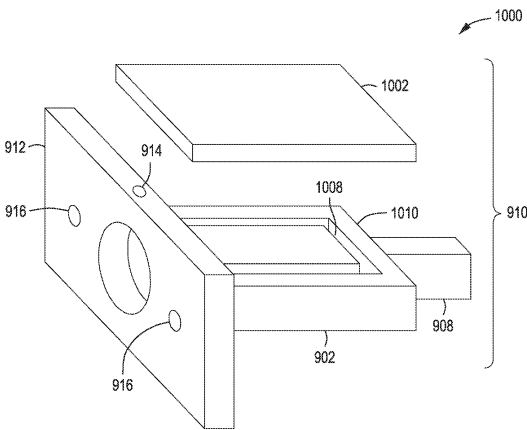
40

50

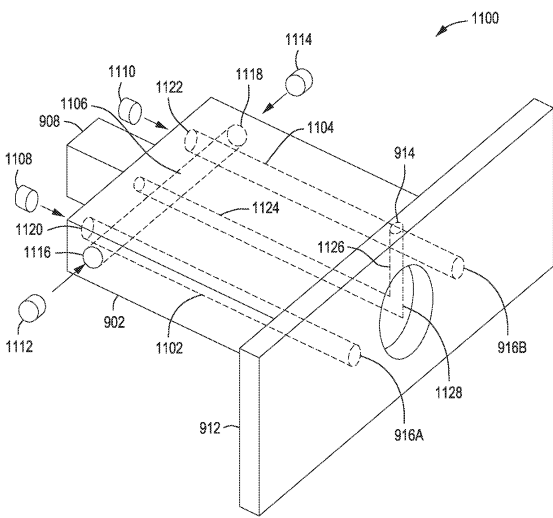
【図 9】



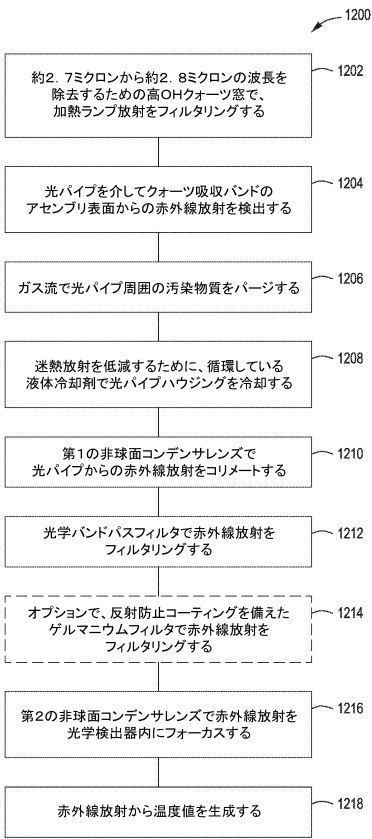
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 85, サニーベール, エム/エス 81250, イースト アークス アベニュー 974
- (72)発明者 アダーホールド, ウルフギャング アール.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94085, サニーベール, エムエス 81247, イースト
アークス アベニュー 974
- (72)発明者 イウ, トンミン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94085, サニーベール, エムエス 81247, イースト
アークス アベニュー 974
- 審査官 平野 崇
- (56)参考文献 特開平10-111186(JP, A)
特表2012-509575(JP, A)
特開2015-130423(JP, A)
特開平08-021764(JP, A)
特表2017-521874(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/26
H01L 21/268
H01L 21/324
G01J 5/00
G01J 5/05