

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5205268号
(P5205268)

(45) 発行日 平成25年6月5日(2013.6.5)

(24) 登録日 平成25年2月22日(2013.2.22)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 21/205 (2006.01) H O 1 L 21/205
C 2 3 C 16/52 (2006.01) C 2 3 C 16/52

請求項の数 15 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-533396 (P2008-533396)
 (86) (22) 出願日 平成18年9月11日 (2006.9.11)
 (65) 公表番号 特表2009-510772 (P2009-510772A)
 (43) 公表日 平成21年3月12日 (2009.3.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/035263
 (87) 国際公開番号 W02007/040916
 (87) 国際公開日 平成19年4月12日 (2007.4.12)
 審査請求日 平成21年7月22日 (2009.7.22)
 (31) 優先権主張番号 11/242, 299
 (32) 優先日 平成17年9月30日 (2005.9.30)
 (33) 優先権主張国 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, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ バウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度コントロールおよびパターン補償装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に膜を形成するように適合されている処理チャンバであって、
 光プローブを含む上部領域、下部領域、および前記チャンバの周辺を囲み、かつ第1の
 保有縁を有する透明あるいは半透明の側壁を含む処理チャンバと、

前記下部領域に設置され、前記基板を照射加熱する照射加熱システムと、

前記側壁の前記第1の保有縁と接触している外周縁と、前記処理チャンバに延びる内周
 縁とを有する第1の周辺部材であって、前記照射加熱システムからの光が、前記側壁を通
 して前記上部領域に入るのをブロックするように適合されている、前記第1の周辺部材と

、
 前記基板をサポートするように適合されている基板サポートであって、前記処理システ
 ム内に配置され、かつ前記第1の周辺部材の前記内周縁と重複する外周縁を有する、前記
 基板サポートと、
 を備える基板処理システム。

【請求項 2】

前記基板サポートが前記処理チャンバに回転可能に搭載されており、前記外縁部が前記
 内周縁に接触していない、請求項1に記載の基板処理システム。

【請求項 3】

前記内周縁に面する前記外縁部の表面が光を吸収するように適合されている、請求項2
 に記載の基板処理システム。

【請求項 4】

前記内周縁に面する前記外縁部の前記表面が複数の溝を備える、請求項 3 に記載の基板処理システム。

【請求項 5】

前記外縁部に面する前記内周縁の表面が光を吸収するように適合されている、請求項 2 に記載の基板処理システム。

【請求項 6】

前記外縁部に面する前記内周縁の前記表面が粗化表面を備える、請求項 5 に記載の基板処理システム。

【請求項 7】

前記側壁に隣接しており、かつ前記内周縁および前記外縁部と重複するように前記処理チャンバに延びている第 2 の周辺部材をさらに備える、請求項 1 に記載の基板処理システム。

【請求項 8】

前記処理チャンバを包囲するように前記基板サポート上方に配置されている上部カバーであって、前記基板サポートの領域から発せられた光を前記基板サポートの前記領域に反射し返すための反射表面を備えている上部カバーをさらに備える、請求項 1 に記載の基板処理システム。

【請求項 9】

前記反射表面が、前記基板から発せられた光を前記基板に反射し返して前記基板の有効放射率を増大させるように適合され、

前記基板から発せられた光を収集するための複数の光プローブをさらに備えており、前記反射表面が、前記基板の視界を前記光プローブに提供するために複数の開口を備え、

任意の光プローブの前記視界が前記基板を超えては延びず、

前記光プローブが高温計である、請求項 8 に記載の基板処理システム。

【請求項 10】

前記光プローブが、前記基板の上方におよそ等距離に放射状に間隔をあけられている、請求項 9 に記載の基板処理システム。

【請求項 11】

前記基板の実際の放射率を測定するための放射計をさらに備えており、前記基板の温度が、前記光プローブおよび前記放射計のうちの少なくとも一方からの出力を利用して算出される、請求項 9 に記載の基板処理システム。

【請求項 12】

前記基板に向けられた加熱放射を提供するために前記基板の下方に配置されている照射加熱システムをさらに備えており、前記基板のプロセス加熱が前記照射加熱システムによってのみ実行され、前記照射加熱システムは複数のランプを備えており、前記ランプは前記基板全体に複数の加熱ゾーンを生成し、前記加熱ゾーンは前記基板全体に実質的に均一な加熱分布を作成するように重複している、請求項 1 に記載の基板処理システム。

【請求項 13】

前記基板サポートが、前記照射加熱システムに一定の吸収率ターゲットを提供するために少なくとも $100 \text{ Watts / (meter)}$ の熱伝導率を具備する均一な材料から作られたサセプタを備えており、前記サセプタの底部が前記基板の底部表面を全体的にカバーし、かつ前記照射加熱システムによって加熱されるように適合されており、前記サセプタの前記底部が前記照射加熱システムからの放射を吸収するように適合されている、請求項 12 に記載の基板処理システム。

【請求項 14】

上部表面を有する基板上に膜を形成するように適合されている膜形成装置における温度測定エラーを低減するための方法であって、

当該装置は、

処理チャンバであって、光プローブを含む上部領域と、下部領域と、当該チャンバの周

10

20

30

40

50

辺を囲みかつ第 1 の保有縁を有する透明あるいは半透明の側壁を含み、

当該側壁の前記第 1 の保有縁と接触している外周縁と、前記処理チャンバに延びる内周縁とを有する第 1 の周辺部材と、

前記基板をサポートするように適合されている基板サポートであって、前記処理システム内に配置され、かつ前記第 1 の周辺部材の前記内周縁と重複する外周縁を有する基板サポートと、

を備え、

前記基板の下方にのみ配置されている加熱システムによって前記基板を加熱するステップと、

前記基板の上方からのみ温度を測定するステップと、

前記加熱システムから発光された放射が、前記基板サポートと、当該基板サポートの前記外縁および前記側壁の一部と重複する要素を備えた前記側壁との間のスペースを通過して前記上部領域に入るのをブロックするステップと、

を備える方法。

【請求項 15】

前記加熱システムから発光された放射が、前記側壁から前記処理チャンバに通過するのをブロックするステップをさらに備える、請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]本発明の実施形態は概して反応チャンバと膜形成装置および方法に関する。

【0002】

[0002]過去数年にわたって、単結晶シリコン膜の低温堆積を必要とする用途数が増大した。そのような用途の例としては、ブランケットシリコンゲルマニウム膜、エレベートおよび/またはリセスソースドレイン選択堆積、引っ張りまたは圧縮制約による膜などを含むがこれらに制限されない。具体的な用途に応じて、これらのプロセスはすべて、膜を成長させるのに使用される圧力、温度および化学物質において大きく異なることがある。しかしながら、これらのプロセスが共通して有する要件の 1 つは、ウェーハの温度の極めて慎重、正確かつ均一なコントロールを必要とするということである。

【0003】

[0003](200mmおよび300mmの両用途向けの)シングルウェーハシリコン堆積CVDチャンバはこれまで長年にわたって使用可能であった。しかしながら、この機器は、高温(約1100)のブランケット大気エピタキシャル条件を主に念頭において設計されたものであった。このような高温用途からより新しい低温用途に移行する時にはこのような機器の性能に影響を与える複数の要因がある。

【0004】

[0004]まず、シリコン前駆体ガスとしてトリクロロシランを使用する高温大気エピタキシャル用途は質量移送制限プロセスである。これは、反応剤が表面に送出されるレートと比較して極めて迅速に化学堆積反応が生じることを意味しており、シリコン膜の均一性を判断する際の主要要因はガス流の均一性である。このような用途の温度コントロールは二次要因である。例証として、通常の3ミクロンの1130大気エピタキシャルプロセスについて、(大域的またはウェーハ全体の)温度エラーの各摂氏温度は、0.004ミクロン、つまりわずか0.13%の膜厚偏差を発生させる。1 当たり約0.8%の通常の工業均一性要件において、これは、チャンバはウェーハ全体の温度均一性の1 当たり約6 を維持する必要があることを意味している。この仕様を満たすのは比較的容易である。当分野で知られているように、 はデータの標準偏差を示すのに使用される統計用語である。膜厚は通常多数のポイントで測定され、 は、確率関数、つまり確率密度関数がこの平均付近に集中される様子を示している。

【0005】

[0005]反対に、低温エピタキシャル用途は反応レート制限プロセスのカテゴリに入る

10

20

30

40

50

。(例えば、約600～900の)通常のプロセス温度では、基板表面での反応は、表面へのガス移送レートと比較して遅く、大域的な温度および基板全体の温度均一性は、膜特性をコントロールする最も重要なプロセスパラメータである。例証として、通常のエピタキシャル膜は約300厚であってもよく、1当たり約0.1%の均一性を必要としており、この値は、各新たなデバイス生成によって小さくなる。このレジームにおいて、温度変動の各摂氏温度は約3の膜厚変動を発生させる。1当たり1%の均一性は温度コントロールに関して1当たり約1に変換する。従って、エピタキシャル堆積機器の現在の生成に関する改良における係数6がこのようなプロセスコントロールには必要とされる。

【0006】

10

[0006]これらの新たなプロセスの機器性能に影響を与える第2の要因は、ウェーハ放射率を担い、かつ補正するという必要性であり、これは温度測定の精度、ならびにこれらの反応器の選択技術である放射ランプによってウェーハが加熱されるレートおよび方法の両方に影響する。エピタキシャルチャンバの現在の生成は主にプランケットシリコンウェーハを処理するように設計されており、これは基板表面全体に一定かつ均一な放射率特徴を有している。このため、放射率効果は簡単に機器に校正可能である。先端の選択低温プロセスはデバイスウェーハ(その上に部分的に集積回路がプリントされているウェーハ)を目的としており、これは、放射率が既知の係数であることも、このプロパティがウェーハ全体で一定であることも意味していない。

【0007】

20

[0007]必要とされている厳密な温度コントロールを依然として維持しつつこの変動を補償可能なエピタキシャル機器を提供することが望ましい。従って、より厳密な温度監視およびコントロール、ならびに放射率およびパターン補償を提供する新たな膜形成システムが非常に望ましい。

【概要】

【0008】

[0008]本発明の態様は、基板の温度の精密な監視およびコントロールを提供する膜形成システムに関する。一実施形態では、処理チャンバは側壁によって境界を画定されている。該処理チャンバに延びる内周縁を有する第1の周辺部材が該側壁の少なくとも一部の周辺に配置されている。サセプタなどの基板サポートが該システム内に配置されている。該基板サポートの外縁部は該周辺部材の該内周縁と重複しており、該基板の下方から発せられる光をブロックすることができる。一実施形態では、該基板サポートは該システム内に回転可能に搭載されてもよく、該周辺部材の該内周縁は該基板サポートの該外縁に触れてはいない。別の実施形態では、該重複している表面のいずれかが光分散または光吸収効果を高めるために粗化されたり、溝をつけられたりしてもよく、つまり光活性薄膜もまた、該重複表面の吸収率を高めるために使用されてもよい。さらに別の実施形態では、第2の周辺部材、つまり光シールドが、該周辺部材および基板サポートの該内外の端の上方で重複するように該処理チャンバに延びる該側壁に隣接して配置されてもよい。

30

【0009】

[0009]本発明の別の実施形態では、上部カバーが該処理チャンバをカバーするために提供される。本実施形態によると、該上部カバーは該基板サポートの上方に配置されており、また該基板サポートに光を反射し返す反射表面を備えている。一実施形態では、該反射表面は、該基板の有効放射率を増大させるために、該基板から発せられる光を該基板に反射し返すように設計されている。別の実施形態では、複数の光プローブが、該基板から発せられる光を収集して種々の場所で温度を測定するために提供されてもよい。該反射表面は複数の開口を有してもよく、これらの各々はそれぞれの光プローブに視界を提供する。一実施形態では、該光プローブの該視界は該基板を越えては延びない。別の実施形態では、該光プローブのすべてが該基板の半径方向に沿って実質的に等距離に間隔をあけられている。該光プローブは光高温計と、信号を信号処理機器へ搬送するための光ファイバとを備えてもよい。

40

50

【 0 0 1 0 】

[0010]別の実施形態では、該基板のアクティブ放射率を測定するための放射計が提供されてもよい。該基板の該温度は次いで、該放射計からの出力および該温度プローブのうちの1つ以上を利用して判断されてもよい。一実施形態では、該放射計は、該反射表面によってもたらされる該有効放射率の増大を該開口のエリア以内で実質的に排除するのに十分広い該反射表面に開口を備えており、ホットミラーがこの開口をカバーするために提供されてもよく、これは軸外光を該基板に反射し返すことができる。光プローブが、該ホットミラーを通過する、該基板から発せられる光を収集するために提供される。

【 0 0 1 1 】

[0011]本発明の別の態様では、該膜形成プロセスに必要な加熱を提供するだけの加熱システムが該基板の下方に配置されている。一実施形態では、該基板サポートは、伝導および放射によって該基板を加熱するサセプタである。該サセプタの底部は該基板の底部表面を全体的にカバーしている。別の実施形態では、該サセプタの該底部は、該加熱システムによって発光された光をよく吸収するように設計されている。該サセプタは、グラファイトなどの、良好な熱伝導体である均一な材料から作られてもよい。一実施形態では、該加熱システムは複数のランプを備えており、各ランプは該基板全体の所定の特定のゾーンを加熱する。該ゾーンは、該基板全体の実質的に均一な加熱分布を提供するように相互に重複してもよい。

【 詳細な説明 】

【 0 0 1 2 】

[0028]本発明の複数の例示的实施形態が本明細書に開示されている。しかしながら、開示されている実施形態は本発明の単なる例証であり、これらは多数の形態で具現化可能である点が理解されるべきである。従って、本明細書に開示されている詳細は制限的であるとみなされるべきではないが、請求項の基礎、また本発明をなし、かつこれを使用する方法を当業者に教示するための基礎であるにすぎない。

【 0 0 1 3 】

[0029]膜形成システム10の概略図が図1Aおよび1Bに示されている。システム10は、例えばCVDエピタキシャルシステム、多結晶シリコンまたはシリコン窒化物堆積システム、あるいは、ホットCVDプロセス、つまり約400 以上のCVDプロセス用の他の膜形成システムであってもよい。システム10は、側壁18によって境界を画定されている処理チャンバ15を含んでいる。このようなシステムの例は、共に譲渡された米国特許第5,108,792号、第5,258,824号および第6,083,323号に開示されており、これらの各々は参照して本明細書に組み込まれている。側壁18は、シリコン堆積で使用される可燃性および腐食性のプロセスガスから機器を保護するために石英から作られてもよい。基板サポートシャフト17は処理チャンバ15内に回転可能に配置されており、また、処理される基板19を置くことができる基板サポート16を含んでいる。本明細書で使用されているように、基板サポートという用語は、チャンバ15内に基板19をサポートするのに使用される任意のデバイスを含んでもよく、また、例えば、基板19の底部表面全体で基板19をサポートするサセプタ、基板19の周縁に沿ってのみ基板19をサポートするリング状サポート、基板19の底部の3つ以上のポイントで基板19をサポートする三脚状構成、基板19の縁に沿って3つ以上のポイントで基板19をサポートする構成などを含んでもよい。膜が形成されることになる基板19の上部表面は、一方では基板19の底部表面またはこの他の部分に面しているが、基板サポート16に接触している。膜形成プロセス中は、基板サポート16は回転してもよい。基板19を回転させることになる。一実施形態では、サセプタの形態の基板サポート16は、グラファイト、シリコンカーバイドコーティンググラファイト、固体シリコンカーバイド、アルミナおよび他の適切なセラミック材料などの、均一な特性、良好な熱伝導率(100 Watts / (meter)より良好)かつ低質量の材料から作られてもよい。

【 0 0 1 4 】

[0030]処理チャンバ15の上部は上部カバー11によってシールされてもよい。上部カ

10

20

30

40

50

バー 11 は基板サポート 16 の上方、ゆえに基板 19 の上方に配置されている。上部カバー 11 は外カバー 12 と、内カバー 14 と、一実施形態においては、内カバー 14 に当接する反射表面 13 とを含んでいる。内カバー 14 は石英から作られてもよく、外カバー 12 は、比較的もろい内カバー 14 および側壁 18 を保護するために鋼から作られてもよい。反射表面 13 は、外カバー 12 と内カバー 14 に挟持されている、金膜や他の極めて反射的な材料から作られてもよい。複数の異なる光学スタックもまた、二酸化シリコンでカバーされているニッケルを含む反射表面 13 を形成してもよく、ミラー仕上げに研磨されている簡単なアルミニウム表面が使用されてもよい。反射表面 13 は、基板 19 から発せられた光を基板 19 に反射し返すように設計されている。より詳細に後述されるように、反射表面 13 は基板 19 の放射率効果の向上を作成する。

10

【0015】

[0031]ハウジング 30 はチャンバ 15 を包んでサポートする。サセプタサポートシャフト 17 はチャンバ 15 の底部アパーチャー 32 を介して延びている。このような延長部分によってドライブアセンブリ (図示せず) は、処理中にサセプタサポートシャフト 17、ひいては基板 19 を回転させることができる。このような回転はプロセス均一性を高めるために達成される。

【0016】

[0032]処理中、ガスはエントリポート 34 を介してチャンバ 15 に入り、排出ポート 36 を介して除去される。処理中も、いくつかの実施形態においては赤外線放射バルブである放射バルブ 38 によって熱が提供される。放射バルブ 38 は、チャンバ 15 に近接して、ハウジング 30 に接続されているサポートアセンブリ 40 に搭載されている。チャンバ 15 の側壁 18 は透明であるため、放射バルブ 38 からの赤外線放射は、基板 19 を加熱するために反応チャンバ 15 に自由に入ることができる。

20

【0017】

[0033]処理中、石英ウィンドウ (例えば、透明なチャンバ側壁のアクセス可能な部分) は、透明であるが、依然として加熱される。チャンバ側壁 18 を冷却するための冷却剤流が入口導管 44 を介してブロー 42 からハウジング 30 に供給されて、側壁 18 の外部表面を越えて向けられ、出口導管 46 から排出される。より特定的には、冷却剤流は、上部および下部の入口ポート 48 および 50 を通って導管 44 を介してハウジング 30 に供給される。冷却剤流は上部および下部の排出ポート 52 および 54 を通ってハウジング 30 を出る。ハウジング 30 は、チャンバ側壁 18 を超えて冷却剤を導くシュラウドを形成する。通常、冷却剤は空気である。空気羽根 56 や他の冷却剤流コントロールデバイスは入口導管 44 に配置されており、ハウジング 30 への空気流量をコントロールし、そしてチャンバ 15 の側壁 18 の温度をコントロールする。代替的に、調整可能な虹彩、バルブ、ブロースピードコントロール回路などの、冷却剤流をコントロールする他のデバイスが使用されてもよい。

30

【0018】

[0034]石英チャンバ側壁 18 の温度は、従来の光高温計 58 を使用して監視されてもよい。光高温計 58 は、摂氏 100 度 ~ 摂氏 800 度の範囲の温度を測定し、かつ 4.8 ~ 5.2 ミクロンの波長を検出することができるはずである。このような光高温計は、営業所の住所が 7300 N ースナチェズ Avenue, Niles, III. 60648 の I r c o n , I n c . や、営業所の住所が 1290 Hammerwood Avenue, カリフォルニア州サニーベール 94089 の L i n e a r L a b s から入手可能である。光高温計 58 は基板サポート 16 の温度を測定するために使用されてもよく、一実施形態では、摂氏 350 度 ~ 1300 の範囲の温度を測定し、かつ約 905 ナノメートルの波長を検出することができる。このような高温計は、例えば S e k i d e n k o から入手可能である。905 ナノメートルの波長の選択は良好な信号区別を提供し、また基板 19 の温度に伴う基板 19 の放射率の変化を低減する。

40

【0019】

[0035]次に図 1 B を参照すると、膜形成システム 10 はさらに、基板 19 から発せられ

50

た光を収集するための複数の光プローブ 20 を含んでいる。光プローブ 20 は基板 19 の上方に設置されており、また実質的に等しい半径方向距離で基板 19 の半径方向に沿って配置されてもよい。光プローブ 20 は外力バー 12 の上または中に搭載されてもよい。ある実施形態では、少なくとも 4 つの光プローブ 20 が提供されるが、光プローブ 20 の数は、性能を改良したりコストを低減したりするために必要ならば増減可能である。各光プローブ 20 は、基板 19 の温度を直接測定するために、反射表面 13 のそれぞれの開口 21 および外力バー 12 の開口 22 を介して基板 19 の上部表面に向けられる。各光プローブ 20 は、可能な限り多くの放射を基板 19 から収集するように設計されているが、基板 19 の縁を超える放射は監視しない、破線 23 で示されている拡大視界を有している。ゆえに、描かれている実施形態では、各光プローブ 20 の視界 23 は基板 19 内に閉じ込められており、また基板 19 外に延びることはない。各光プローブ 20 は、例えば、開口 21、22 内に配置され、かつ 905 nm の光フィルタ 24 に光接続されている 2 mm サファイア光パイプ 33 を備えてもよい。光パイプ 33 は反射表面 13 と同一平面で終了してもよい。当分野で公知であるように、光プローブ 20 は、光ファイバケーブルを使用する信号処理エレクトロニクスに接続されてもよく、また光プローブ 20 によって収集された信号は信号処理エレクトロニクスによって対応する温度に変換可能であり、これは次いで、基板 19 全体に均一な温度を維持するのに必要とされる加熱電力を調整するために温度情報を使用するコントロールシステムに温度を報告する。代替的に、信号処理回路は光フィルタ 24 を搭載されてもよく、これは、このような構成は光ファイバケーブルと関連した信号損失を低減するため、一部の状況では望ましい場合がある。いずれの構成においても、光プローブ 20 は、基板 19 のそれぞれの視界 23 内の上部表面温度を測定する高温計として機能する。

【0020】

[0036] 基板 19 を加熱するエネルギーは、基板 19 の下方に設置されている照射加熱システムから生じる。照射加熱システムの設計はより詳細に後述されている。

【0021】

[0037] 光プローブ 20 から取得される、高温計における潜在的に大きなエラーを導入する要因は基板 19 の放射率である。プランクの法則は温度と放射の関係を定量化している：

【0022】

【数 1】

$$\Phi(\lambda, T) = \varepsilon \frac{2\pi C_1}{\lambda^5 \left(e^{C_2/\lambda T} - 1 \right)} \quad \text{Eqn. 1}$$

【0023】

[0038] 式 1 において、 Φ は放射電力であり、これは高温計 20 によって測定された実際の量である； C_1 および C_2 は定数である； λ は（上記実施形態では、例えば 905 nm であってもよい）放射波長である； T は基板 19 の温度であり、 ε は基板 19 の放射率である。放射率が分かっている場合、プランクの法則が、基板 19 の温度を極めて精密に算出するために使用可能である。この放射率が分からない場合、正確な温度算出を実行するのは可能でなく、また、もたらされたエラーは、推定放射率と実際の放射率の差に応じて大きいこともある。図 2 は、推定放射率が 1.0 に設定されている場合に異なる放射率の基板 19 についてもたらされうる理論的温度測定エラーの大きさを示している。例えば、1.0 の放射率を有すると不正確に推定して放射率 0.35 の基板 19 が測定されると、800 K のエラーは 70 K に近づくであろう。選択シリコン堆積用途については、放射率の範囲が広い基板 19 が処理される必要があることを予想可能であり、これらの放射率を事前に知らなくてもよい。

【0024】

10

20

30

40

50

[0039]図1Bを参照して論じられているように、一実施形態は、基板19のすぐ上にある反射性の高い表面13を提供する。反射表面13は、基板19によって発光された光放射をトラップして、この光放射を、これと基板19の間を行き来するように反射し、放射率向上効果を作成する。関連する機構は図3を参照して説明されてもよい。反射表面13上に配置されている光プローブ20は、図3に示されている基板19からの直接発光だけでなく、2つの表面13、19間の多数の反射も受け取る。反射表面13によって光プローブ20に達する全放射電力は：

【0025】

【数2】

$$\Phi(\lambda, T) = \varepsilon \left(1 + (1 - \varepsilon)R + (1 - \varepsilon)^2 R^2 + \dots \right) \frac{2\pi C_1}{\lambda^5 \left(e^{c_2/\lambda T} - 1 \right)}$$

10

である：

ここで、Rは(1.0に近い)反射表面13の反射率である。この式は以下のように書かれることも可能である：

【0026】

【数3】

$$\Phi(\lambda, T) = \varepsilon_{\text{apparent}} \frac{2\pi C_1}{\lambda^5 \left(e^{c_2/\lambda T} - 1 \right)}$$

20

ここで、

【0027】

【数4】

$$\varepsilon_{\text{apparent}} = \varepsilon \left(1 + (1 - \varepsilon)R + (1 - \varepsilon)^2 R^2 + \dots \right)$$

30

である。

【0028】

[0040] およびRの実数と、とりわけ1.0に近いRの値については $\varepsilon_{\text{apparent}}$ は1.0になりやすいと容易に算出可能である。このことは、基板19の実際の放射率と関係なく光プローブ(または高温計)20は、1.0に近い有効放射率のターゲットを見ていることを意味する。

【0029】

[0041]反射表面13は従って、基板19の放射率の変動を補償する際にはかなり効果的である。図4は、放射率効果によってもたらされる温度エラーの大きさの測定を示している。図1および5をさらに参照すると、上部表面の放射率が非常に低いテスト基板100(放射率約0.35の多結晶シリコン膜)が熱電対101によって嵌合された。熱電対101は光プローブ20と同じ半径で設置されているため、2つの技術によってなされた温度測定は比較可能である。図4は、熱電対101によって測定された基板100の実際の温度の関数としての、光プローブ20によって測定された温度と熱電対101によって測定された温度の差のグラフである。図4に示されているように、放射率によるエラーは、最大850の温度については5未満である。図2を参照すると、反射表面13によって作成された高度有効放射率なしでは、放射率0.35の基板19の測定エラーは、850の温度では70を超えることが分かる。反射表面13は従って、放射率誘導エラーを90%以上低減する。

40

50

【 0 0 3 0 】

[0042]放射加熱された処理チャンバに高温計を使用する場合に直面するもう1つの問題は漂遊放射である。図1を参照すると、基板19は照射加熱システムを使用して加熱されてもよい。照射加熱システムは、基板19を加熱するために1つ以上のランプ38を使用する。その結果、チャンバ15は光でいっぱいになる傾向がある。この配列に伴う問題の1つは、照射加熱システムによって発生された光が、基板19によって放射された光とほとんど見分けがつかないことである。これは、高温計20はこれらのコンポーネントの両方、つまり基板19からの放射および加熱システムからの放射を収集して、基板19によって発生されたようにこの放射のすべてを読み取ることを意味している。これは、摂氏数百度に容易に達しうる直接測定エラーをもたらす。例えば、図6は、ほとんどまたはまったく漂遊放射ブロッキング部材が利用されない場合の高温計温度読み取りの比較データを提供するグラフである。図6において、このデータは、チャンバが加熱時間を有することがないほど高速なレートでステップにおいて照射加熱システムのランプ電力を増大することによってとられた。熱電対によって測定された実際の基板温度は、テスト全体において140°を超えることはなかった。高温計によって測定された、グラフに示されている装置温度の全ジャンプは、漂遊放射によってもたらされる直接測定エラーである。図6に示されているように、このエラーは300°を超えるに達した。

10

【 0 0 3 1 】

[0043]本発明の一態様は、漂遊放射と関連した問題を最小化するようにシステムコンポーネントおよび部材を提供し、本態様の実施形態は図7および8に描かれている。石英から作られてもよい側壁201によって囲まれている処理チャンバ200を含むシステムが示されている。膜形成プロセス中に基板204を保持するため使用される基板サポート202が、図1を参照して上述されたように、システム内に回転可能に配置されている。膜形成プロセスに必要なプロセス加熱のすべてが照射加熱システムによって提供され、これは基板サポート202、ゆえに基板204の下方に配置されている。膜形成システムは、基板204の上方の上部領域206と、基板サポート202の下方の下部領域207との2つの領域に分割されると考えられてもよい。照射加熱システムは下部領域207にのみ設置されてもよい。高温計（または光プローブ）が基板204の温度を測定するために設置された場合のように、照射加熱システムからの光が上部領域204に入るのを防止することが望ましい。

20

30

【 0 0 3 2 】

[0044]周辺部材205が側壁201の少なくとも一部付近に配置されている。出っ張りおよびポケットが側壁201および周辺部材205において、これら2つのコンポーネントが相互に移動しないように設計されてもよく、また周辺部材205の外周縁は側壁201の保有縁203に接触している。周辺部材205は、例えば、予熱リングであってもよい。周辺部材205はグラファイトから作られてもよく、また側壁201を介して処理チャンバに光が透過しないようにし、この処理チャンバは石英から作られてもよい。透明または半透明であってもよい。周辺部材205は、処理チャンバ200に延びる内縁部208を備えている。この内端208は基板サポート202の外端209と重複する。ゆえに、周辺部材205および基板サポート202はそれぞれ重複する内外の端部208、209を有する。ギャップ210が、回転する基板サポート202と静止している周辺部材205間に提供されてもよい。ギャップ210の幅は、重複する端208、209を分離しており、ギャップ210を通過する光の量を最小に保つために可能な限り小さく作られてもよく、一実施形態では、幅0.075インチである。1セットの重複表面208、209を提供することによって、下部領域207から発せられた光の大部分は上部領域206に入るのをブロックされる。重複表面208、209は、基板サポート202の外周縁および周辺部材205の内周縁にステップ付き部材を含んでもよい。基板サポート202および周辺部材205のステップ付き部材は相補的なものとして示されている。基板サポート202の外周縁209と周辺部材205の内周縁208間に相補的ステップ付き設計を提供することによって、内周縁208の上部表面は基板サポート202の上部表面よ

40

50

り高くなることが注目される。

【 0 0 3 3 】

[0045]下部領域 2 0 7 からの光がギャップ 2 1 0 を介して上部領域 2 0 6 に逃げるのをさらに防止するために、重複表面 2 0 8、2 0 9 は、光を分散および吸収するように設計されている光学的に粗い仕上げで提供されることがある。例えば、基板サポート 2 0 2 の外端 2 0 9 の上部表面は、一連のより狭い溝 2 1 1 を提供するように加工されてもよい。周辺部材 2 0 5 の内端 2 0 8 の底部表面は同様に溝付き表面が提供されてもよい。溝が使用されてはいるが、他のタイプの角度付き表面や、照射加熱システムによって発光された放射を吸収するように設計されている光学膜などの、光を吸収する任意の適切な表面が重複表面 2 0 8、2 0 9 に使用されてもよい点が理解されるべきである。

10

【 0 0 3 4 】

[0046]漂遊放射をさらにブロックするために、図 7 および 8 に描かれている実施形態はさらに、上部周辺部材、つまり光シールド 2 1 2 を提供する。上部光シールド 2 1 2 はグラフィイトから作られてもよく、また周辺部材 2 0 5 およびサセプタ 2 0 2 の重複端 2 0 8、2 0 9 の上方に配置される。上部光シールド 2 1 2 は上部側壁 2 1 3 上に、またはこれに隣接して配置されてもよい。上部側壁 2 1 3 は石英から作られてもよい。出っ張りおよびポケットは、上部側壁 2 1 3 および光シールド 2 1 2 において、これら 2 つのコンポーネントが相互に移動しないように設計されてもよい。ギャップ 2 1 5 が、サセプタ 2 0 2 の回転と干渉しないようにするために、上部光シールド 2 1 2 の下部表面 2 1 4 を基板サポート 2 0 2 および周辺部材 2 0 5 の上部表面から分離してもよい。上部光シールド 2 1 2 の下部表面 2 1 4 は同様に、ギャップ 2 1 0 から発せられた光を吸収するために、一連の細い溝や光活性膜などの光学的に粗い、または吸収性の表面を提供されてもよい。上部光シールド 2 1 2 は側壁 2 0 1、2 1 3 の周縁全体に沿ってもよい。別個の要素として描かれているが、上部側壁 2 1 3 および下部側壁 2 0 1 は、周辺部材 2 0 5 を受容するように適切な溝などによって製造されたモノリシック要素から作られてもよい。

20

【 0 0 3 5 】

[0047]サセプタが基板サポート 2 0 2 に使用される場合のように、基板サポート 2 0 2 は基板 2 0 4 の底部表面を完全にカバーする必要がない点に注目すべきである。その代わりに、縁リングが基板サポート 2 0 2 に使用されてもよく、この場合基板サポート 2 0 2 は基板 2 0 4 の縁によって基板 2 0 4 をサポートするだけである。この場合、加熱システムは基板 2 0 4 の底部を直接加熱することになる。このような構成は、システムの重量を低減するという点では好都合である場合もあり、これによって温度が極めて急速に昇降される。

30

【 0 0 3 6 】

[0048]図 9 は、石英側壁 3 0 2 および上部カバー 3 0 3 によって境界を画定されている処理チャンバ 3 0 1 を備える別の膜形成システム 3 0 0 を図示する。基板サポートシャフト 3 0 4 は処理チャンバ 3 0 1 内に回転可能に配置されており、また基板 3 0 6 を保持するサセプタ 3 0 5 を備えている。サセプタ 3 0 5 は、グラフィイトや固体シリコンカーバイドなどの、軽くて、均一かつ熱伝導性 ($100 \text{ Watts / (meter)}$ 以上の)材料から作られており、基板 3 0 6 の底部表面を完全にカバーしており、また伝導および放射によって基板 3 0 6 を加熱するように設計されている。上部カバー 3 0 3 は、石英の内層 3 0 8 と鋼の外層 3 0 9 の間に挟持されている反射表面 3 0 7 を備える。反射表面 3 0 7 は、基板 3 0 6 から発せられた放射を基板 3 0 6 の上部表面に反射し返して、基板 3 0 6 の有効放射率を増大させる。

40

【 0 0 3 7 】

[0049]この放射率向上効果によって、基板 3 0 6 の表面上の反射率の値やパターンに関係なく基板 3 0 6 が均一かつ等温条件に達するまで、反射表面 3 0 7 は基板 3 0 6 にエネルギーを一定に反射し返す。基板 3 0 6 の温度の高温測定を提供するために、複数の光プローブ 3 1 0 が基板 3 0 6 から発せられた光をサンプリングし、各光プローブ 3 1 0 は、基板 3 0 6 を超えては延びないそれぞれの視界 3 1 1 を有している。反射表面 3 0 7 の開

50

口 3 1 2 はそれぞれの視界 3 1 1 を光プローブ 3 1 0 に提供してもよい。

【 0 0 3 8 】

[0050] 膜形成システム 3 0 0 は、基板サポート 3 0 5 の下方に配置されているものを備えている。加熱システム 3 1 3 は 1 つ以上のランプ 3 1 4 を備えており、これは、チャンバ 3 0 1 に下から光を放射して基板サポート 3 0 5 の底部を加熱する。すべてのプロセス加熱が加熱システム 3 1 3 によって提供される。ランプ 3 1 4 からの光が光プローブ 3 1 0 に達するのを防止するために、システム 3 0 0 はさらに、サセプタ 3 0 5 と重複する予熱リングであってもよいグラファイト周辺部材 3 1 5 を備えている。従って、上記実施形態で開示されているように、サセプタ 3 0 5 と周辺部材 3 1 5 間に重複領域 3 1 6 が存在する。この重複領域 3 1 6 内の表面は、サセプタ 3 0 4 を周辺部材 3 1 5 から分離するギャップを介して分散する光をより良好に吸収するために、例えば細い溝や光学薄膜によって、光学的に粗く、または吸収性にされてもよい。グラファイト上部周辺部材、つまり光シールド 3 1 7 はまた、ランプ 3 1 4 から分散する光をさらにブロックするために、重複領域 3 1 6 の上方に配置されてもよい。光シールド 3 1 7 は石英上部側壁 3 1 8 によってサポートされてもよい。

10

【 0 0 3 9 】

[0051] 膜形成システム 3 0 0 は、基板 3 0 6 のパターン負荷および放射率変動による通常の結果である膜形成プロセスの欠陥を防止するように設計されている。サセプタ 3 0 5 は加熱システム 3 1 3 に一定の吸収率ターゲットを提供する。加熱システム 3 1 3 は従ってサセプタ 3 0 5 を均一に加熱することによって、これがまた基板 3 0 6 を均一に導電加熱し、また反射表面 3 0 7 によって、パターン負荷および放射率効果を回避するために基板 3 0 6 全体に等温条件を保証する。反射表面 3 0 7 は 2 つの別個の機能を提供する： 1) 基板 3 0 6 の大域的放射率とは関係なくプローブ 3 1 0 に基板 3 0 6 の温度を正確に測定させ、また 2) 基板 3 0 6 の放射率の局所的かつナノスケールの変化によってもたらされるパターン負荷効果を低減するのに役立つ。

20

【 0 0 4 0 】

[0052] 図 1 0 は、膜形成システム 3 0 0 の高温計温度データ対熱電対温度データの実験結果を図示しているグラフである。光プローブ 3 1 0 によって測定された高温計温度を検証するために、上部表面に 4 つの熱電対が溶接されている、図 5 に描かれているものと類似の特殊ウェーハが利用された。これらの熱電対は光プローブ 3 1 0 の下方に直接設置されたため、光プローブ 3 1 0 の高温計読み取りは直接比較可能である。(約 0 . 9 5 の) 高放射率膜が、熱電対を取り付ける前にウェーハの表面上で成長された。これによって、光プローブ 3 1 0 の精度および反復性は、任意の熱サイクルでウェーハを加熱して、かつ熱電対読み取りを、光プローブ 3 1 0 でなされたものと比較することによってテストされた。基板の中心付近に設置されている熱電対および光プローブをグラフ化している図 1 0 に示されているように、システム 3 0 0 は、熱電対で測定された温度と、光プローブ 3 1 0 を介して高温計で測定された温度との密接な相関関係を提供する。

30

【 0 0 4 1 】

[0053] 図 1 1 は、これらのテスト中に取得された実際のチャンバ 3 1 0 の温度の関数としての全光プローブ 3 1 0 の平均測定エラー算出の概要を示している。示されているように、対象の温度範囲 (> 5 5 0) について、漂遊光によるエラーは 2 程度である。

40

【 0 0 4 2 】

[0054] 高温計測定の放射率有効補正をさらに提供する膜形成システム 4 0 0 の別の実施形態が図 1 2 に示されている。膜形成システム 4 0 は図 9 のシステム 3 0 0 と類似しているが、しかしながら、システム 4 0 0 はさらに、基板 4 2 0 の実際の放射率を測定するための放射計 4 1 0 を含んでいる。放射計 4 1 0 の動作原理は、光プローブ 4 0 3 をチャンバ 4 0 2 に位置決めするステップを伴うが、この光プローブ 4 0 3 については、反射表面 4 0 1 によって提供された高度有効放射率が低減または排除される。光プローブ 4 0 3 は、放射の反射なしに、基板 4 2 0 からの直接放射を見るにすぎない。つまり、光プローブ 4 0 3 の放射電力の測定は

50

【数 5】

$$\Phi(\lambda, T) = \varepsilon \frac{2\pi C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)}$$

である。

【0043】

[0055] 光プローブ 403 で測定された温度を、反射表面 401 の完全高度放射率効果を経験する近接する光プローブ 404 で測定されたものと比較することによって、基板 420 の実際の放射率を算出することが可能である。例えば、基板 420 の放射率は以下のよう

10

【0044】

【数 6】

$$\frac{-\exp\left[\frac{C_2}{(\lambda \cdot T_{\text{meas}})}\right] + RE \cdot \exp\left[\frac{C_2}{(\lambda \cdot T_{\text{meas}})}\right] - RE + \exp\left[\frac{C_2}{(\lambda \cdot (T_{\text{meas}} - \text{delta}))}\right] - R3 \cdot \exp\left[\frac{C_2}{(\lambda \cdot (T_{\text{meas}} - \text{delta}))}\right] + R3}{-RE \cdot \exp\left[\frac{C_2}{(\lambda \cdot T_{\text{meas}})}\right] + RE + R3 \cdot \exp\left[\frac{C_2}{(\lambda \cdot (T_{\text{meas}} - \text{delta}))}\right] - R3}$$

【0045】

ここで T_{meas} は測定されたウェーハ温度であり、デルタは温度プローブ 404 および放射計プローブ 403 によって測定された温度差であり、 $R3$ は反射表面 401 の放射率であり、 RE は放射計 410 付近のキャビティの反射率である。式 1 におけるように他の定数は所与のものである。代替的に、0.3 ~ 約 0.95 の既知の放射率の複数の基板 420 はチャンバ 402 で稼動されてもよく、また放射計 410 と標準高温計 404 間の温度差分が校正曲線を構築するために測定されてもよい。この校正曲線は指数関数と一致することもあり、そして引き続き未知の基板 420 の放射率を判断するのに使用される。この放射率値は次いで、高温光プローブ 405 によって報告された温度に補正を実行するのに使用される。

20

【0046】

[0056] 図 13 は放射計 410 の実施形態を図示している。光プローブ 403 は、比較的大きな直径のホール 406 がドリルであけられているかエッチングされている反射表面 401 のエリアに配置されている。ホール 406 の直径は、光プローブ 403 の視界、および基板 420 までの距離と相関することもある。反射表面 401 から反射されずに基板 420 から直接来る光を光プローブ 403 が収集することによって、光プローブ 403 が反射表面 401 によって提供された放射率向上を何ら受け取らないことが望ましい。ゆえに、ホール 406 の直径が可能な限り広いことが望ましい。しかしながら、基板 420 がほぼすべての角度で放射を発光するため、ホール 406 が非常に大きくされなければ、光プローブ 403 は一部の放射率向上放射をほぼ常に収集する。ホール 406 を非常に大きくすることは望ましくないが、これは、基板 420 上にコールドスポットを作成する傾向があるからである。基板 420 が回転可能であるため、このコールドスポットは基板 420 上にコールドリングを作成することになる。ホール 406 の直径を、光プローブ 403 の基板 420 の表面上の視界と同じサイズにすることによって適切な妥協策が提供されてもよい。一実施形態では、ホール 406 の直径は 0.5 インチ ~ 2 インチに及ぶことがある。別の実施形態では、この直径は約 0.75 インチである。一般的に、三角法が使用されてもよく、またこの直径は、光プローブ 403 の視界の角度と、光プローブ 403 および基板 420 からの距離との関数であってもよい。ホール 406 の幅は、このプローブ 403 に達する放射の反射表面 401 の放射率向上効果を効果的に排除する。反射表面 401 の大きなホール 406 が基板 420 の温度に良くない効果を与えるのを防止するために、ホットミラー 407 がホール 406 をカバーするように位置決めされている。ホットミラー 407 は軸外光を基板 420 に反射し返すように設計されており、このことは、ホール 406 による熱損失量を最小化する。このようなホットミラーは、例えば *Sekiden*

30

40

50

k o から取得可能である。ホットミラー 4 0 7 ゆえに、プローブ 4 0 3 のすぐ下に発光される放射のみが放射計 4 1 0 に達する。この放射は反射表面 4 0 1 によって向上されるのではなく、そして、上記のように、基板 4 2 0 の放射率を計算するために標準の高温プローブ 4 0 4、4 0 5 と比較可能である。基板 4 2 0 の放射率が分かっている場合、基板 4 2 0 の温度は、式 1 と、光プローブ 4 0 4、4 0 5 によって検出された放射電力とによって正確に判断可能である。

【 0 0 4 7 】

[0057] 当然、任意の適切な放射計が使用されてもよい。例えば、基板の放射率を取得するために反射率計が使用されてもよい。当分野で公知であるように、反射率計は光ビームを基板に送り、反射強度を測定する。光の波長を適切に選択することによって、基板はいずれの光も透過させず、光の一部を反射し返すことになる。反射光の強度は測定可能であり、これによって基板の放射率の直接測定が取得可能であるが、これは、放射率 = 1 - 反射率であるためである。このような反射率計は市販されており、例えば C l S y s t e m s a t 3 0 9 6 1 W e s t A g o u r a R o a d , S u i t e 1 0 9 , ウェストレイクビレッジ, C A 9 1 3 6 1 - 4 6 1 8 から取得可能である。

【 0 0 4 8 】

[0058] 付加的に、対応する複数の領域にわたって基板の放射率を判断するために、各々が基板のそれぞれの視界を具備している複数の放射計を利用することが可能である。ある領域の基板の放射率は、その領域について放射計によって測定されたように、次いで、この領域を包含する視界を具備する対応する高温計について当該領域の温度を正確に計算するために使用されてもよい。このように、基板全体の温度分布はより正確に測定可能であり、ゆえにより正確にコントロール可能である。

【 0 0 4 9 】

[0059] 別の実施形態によると、調整可能なエネルギーソースが、膜形成チャンバ内の温度をコントロールするために提供される。次に図 1 4 を参照すると、システム 5 0 0 が、4 ゾーンの照射加熱システム 5 1 0 を含んでおり、各ゾーン 5 0 1 は、高温光プローブ 5 0 2 の対応する放射分布から受け取られた温度フィードバックに基づいて独立して調整され可能である。照射加熱システム 5 1 0 はサセプタ 5 0 5 の下方に配置されており、複数のランプ 5 0 3 および反射計 5 0 4 を備えている。ランプ 5 0 3 および反射計 5 0 4 の角度および配向の調整は、独立して調整可能な加熱ゾーン 5 0 1 を作成する。

【 0 0 5 0 】

[0060] 加熱ゾーン 5 0 1 は、サセプタ 5 0 5 の底部表面全体に均一であるように調整可能な加熱パターンを発生させるために結合する。サセプタ 5 0 5 の底部表面は、例えば光学膜、溝などを利用することによって、ランプ 5 0 3 によって発光された放射を最大限吸収するように設計されてもよい。加熱システム 5 1 0 によって生成された加熱パターンのグラフが図 1 5 に提示されており、独立して ON にされた場合の個別加熱ゾーン 5 0 1 ごとにサセプタ 5 0 5 で測定された熱分布を示している。各加熱ゾーン 5 0 1 は、サセプタ 5 0 5 上の特定の半径で（つまり、各ゾーン 5 0 1 の加熱分布はサセプタ 5 0 5 の回転中心に対して対称である）、ゆえに基板 5 0 7 上の特定の半径で基板 5 0 7 を加熱し、またすべての加熱ゾーン 5 0 1 は、均一な加熱分布を作成するのに十分に重複している。図 1 5 に示されている加熱パターンの加熱ゾーン 5 0 1 が、1 当たり 1 より良好な基板 5 0 7 全体の温度分布を発生させるために重なることが予想されている。さらに、上述のように、基板 5 0 7 を底部から加熱することだけが、放射率およびパターン負荷の効果を直接低減する。

【 0 0 5 1 】

[0061] 上記は本発明の実施形態を目的としているが、本発明の他のさらなる実施形態がこの基本的範囲から逸脱することなく考案されてもよく、またはこの範囲は以下の特許請求の範囲によって判断される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

【図 1 A】膜形成システムの実施形態の断面図である。

【図 1 B】図 1 A に描かれている膜形成システムの部分断面図である。

【図 2】放射率値が異なる基板の基板温度の関数として温度測定エラーを図示しているグラフである。

【図 3】一実施形態に従った放射率効果の向上を図示している。

【図 4】熱電対によって測定された平均ウェーハ温度の関数としての平均高温計温度測定エラーのグラフである。

【図 5】熱電対を具備するテストウェーハの斜視図である。

【図 6】漂遊ランプ放射によって引き起こされる高温計温度測定エラーを図示するグラフである。

10

【図 7】膜形成システムの別の実施形態の部分断面図である。

【図 8】図 7 に描かれている実施形態の拡大部分斜視図である。

【図 9】膜形成システムの別の実施形態の断面図である。

【図 10】図 9 に描かれている実施形態の高温計温度データおよび熱電対温度データ対時間の実験結果を図示するグラフである。

【図 11】図 9 に示されている処理チャンバの実際の温度の関数としての平均高温計温度測定エラー算出のグラフである。

【図 12】膜形成システムのさらに別の実施形態の断面図である。

【図 13】図 12 に描かれている放射計の実施形態の断面図である。

【図 14】膜形成システムの別の実施形態の断面図である。

20

【図 15】図 14 に描かれている加熱システムの加熱ゾーンの加熱分布のグラフである。

【符号の説明】

【0053】

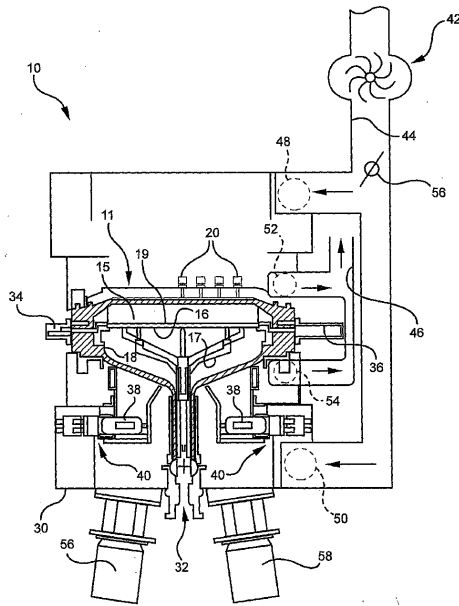
10 ... 膜形成システム、11 ... 上部カバー、12 ... 外カバー、13 ... 反射表面、14 ... 内カバー、15 ... 処理チャンバ、16 ... 基板サポート、17 ... 基板サポートシャフト、18 ... 側壁、19 ... 基板、20 ... 光プローブ、21 ... 開口、22 ... 開口、23 ... 視界、24 ... 光フィルタ、30 ... ハウジング、32 ... 底部アパーチャー、33 ... 光パイプ、34 ... エントリポート、36 ... 排出ポート、38 ... 放射バルブ、40 ... サポートアセンブリ、42 ... ブLOWER、44 ... 入口導管、48 ... 上部入口ポート、50 ... 下部入口ポート、101 ... 熱電対、200 ... 処理チャンバ、201 ... 側壁、203 ... 保有縁、204 ... 基板、205 ... 周辺部材、206 ... 上部領域、207 ... 下部領域、208 ... 内端、209 ... 外端、210 ... ギャップ、211 ... 溝、212 ... 上部光シールド、213 ... 上部側壁、214 ... 下部表面、215 ... ギャップ、300 ... 膜形成システム、301 ... 処理チャンバ、302 ... 側壁、303 ... 上部カバー、304 ... 基板サポートシャフト、305 ... サセプタ、306 ... 基板、310 ... 光プローブ、311 ... 視界、312 ... 開口、313 ... 加熱システム、314 ... ランプ、315 ... 周辺部材、316 ... 重複領域、317 ... 光シールド、400 ... 膜形成システム、401 ... 反射表面、402 ... チャンバ、403 ... 光プローブ、404 ... 高温計、405 ... 高温光プローブ、406 ... ホール、407 ... ホットミラー、410 ... 放射計、420 ... 基板、500 ... システム、501 ... 加熱ゾーン、502 ... 高温光プローブ、503 ... ランプ、504 ... 放射計、505 ... サセプタ、507 ... 基板、510 ... 照射加熱システム

30

40

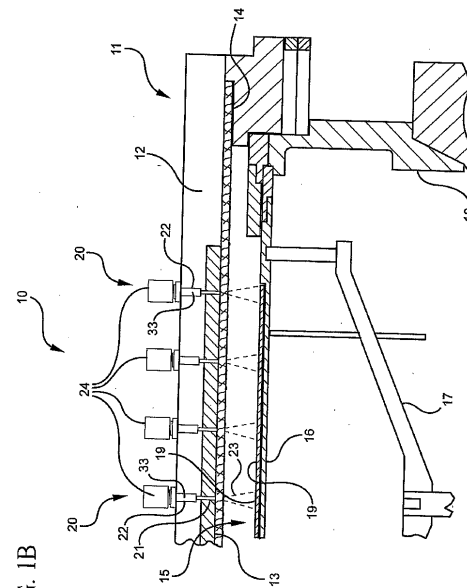
【図 1 A】

FIG. 1A

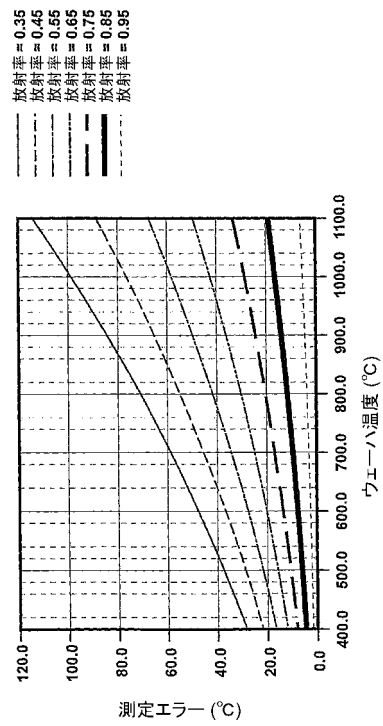


【図 1 B】

FIG. 1B



【図 2】



【図 3】

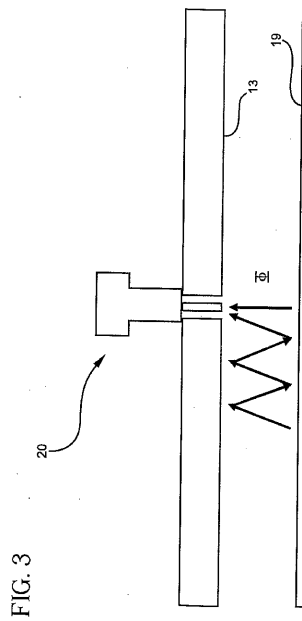
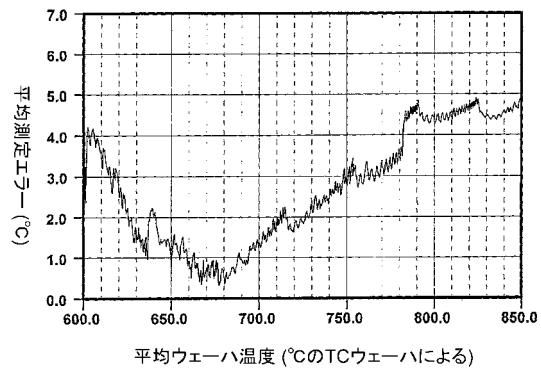
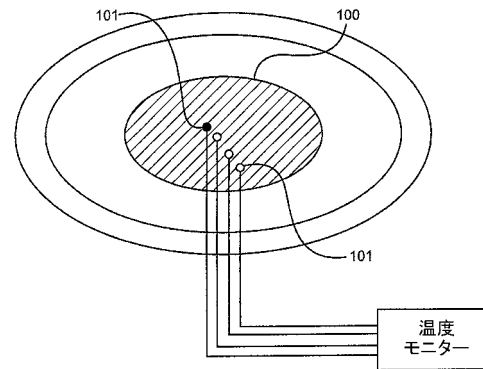


FIG. 3

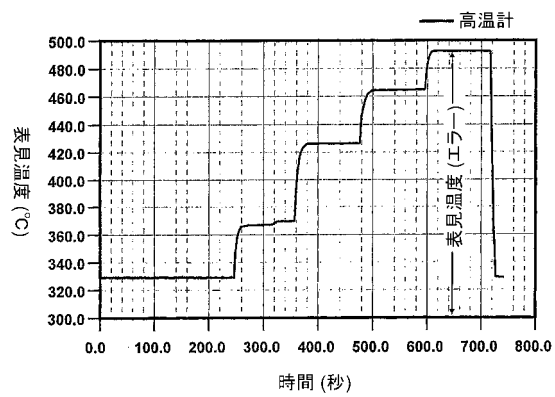
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

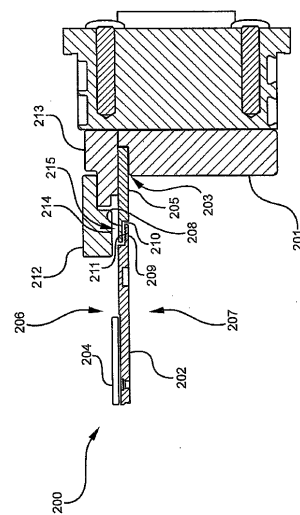


FIG. 7

【図 8】

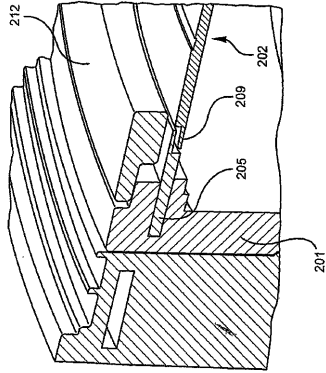


FIG. 8

【図 9】

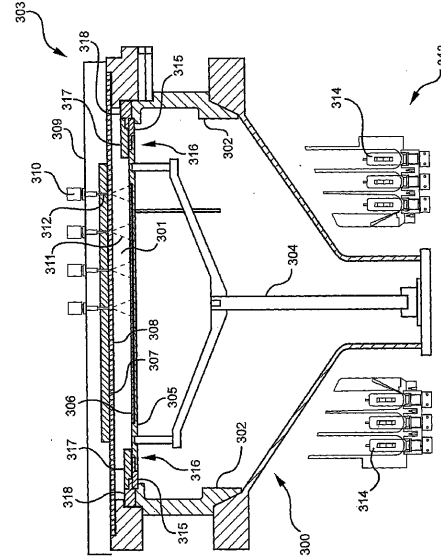
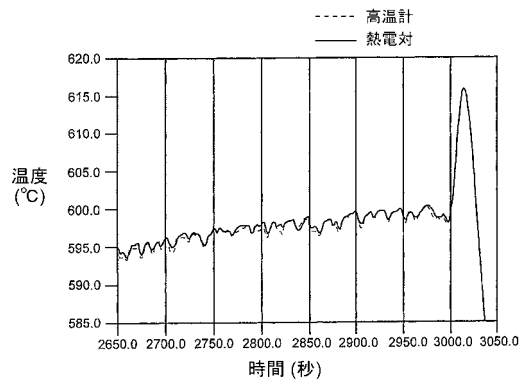
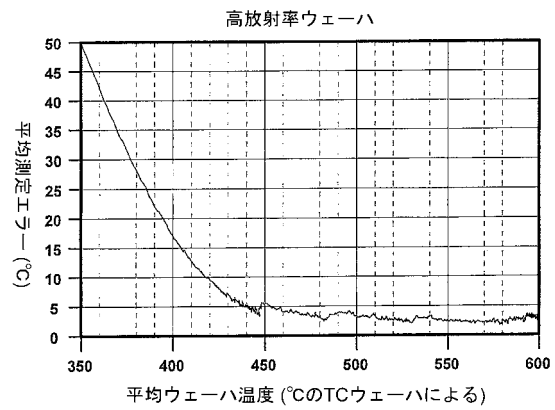


FIG. 9

【図 10】



【図 11】



【図 12】

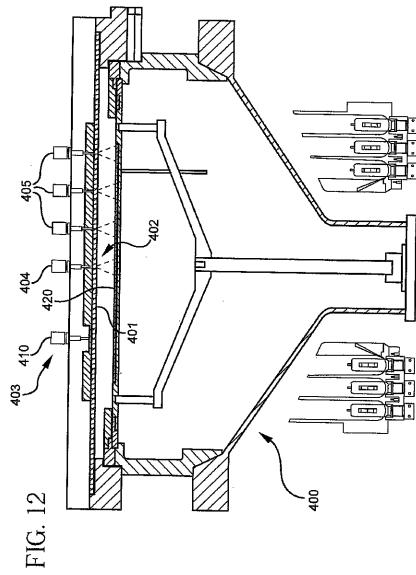


FIG. 12

【図 13】

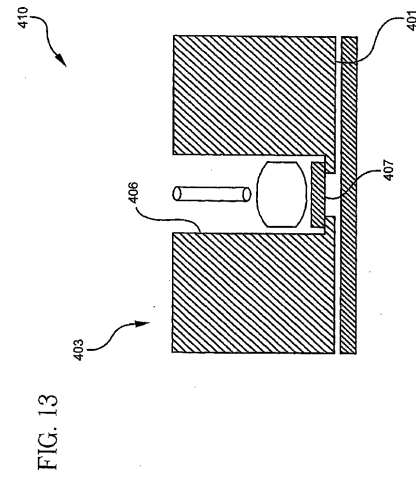


FIG. 13

【図 14】

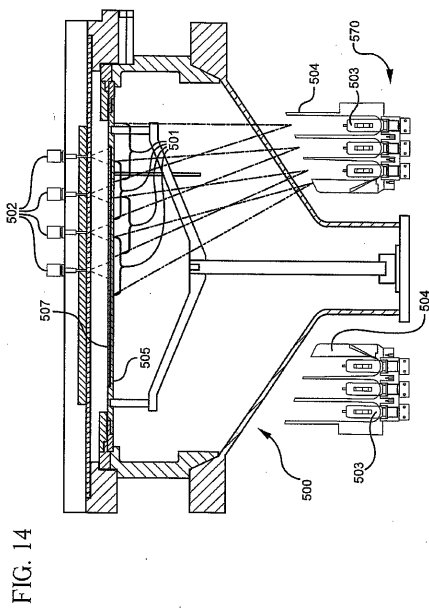
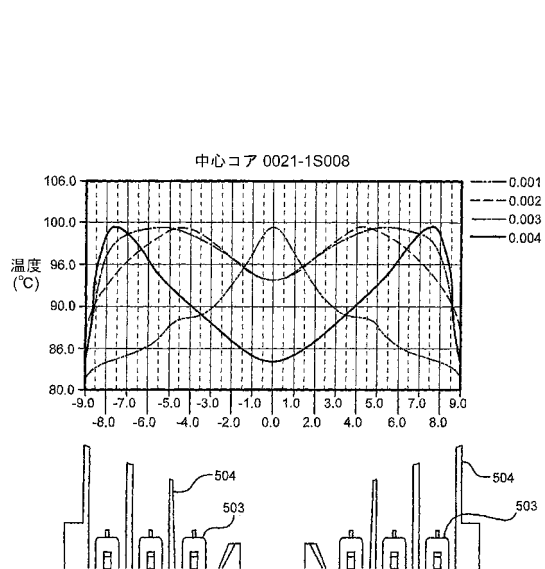


FIG. 14

【図 15】



フロントページの続き

- (72)発明者 チャシン, フアン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, パロ アルト, ナンバー 102, タンランド ドラ
イヴ 1072
- (72)発明者 ハンター, アーロン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サンタ クルーズ, エメライン アヴェニュー 43
0
- (72)発明者 メッツナー, クレイグ
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フレモント, サドルバック テラス 618
- (72)発明者 アンダーソン, ロジャー, エヌ.
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーヴェール, ペアー アヴェニュー 776

審査官 宮本 靖史

- (56)参考文献 特開平07-161802(JP,A)
特開2000-234872(JP,A)
特開平08-255800(JP,A)
特開2001-313269(JP,A)
特開2000-012470(JP,A)
特開2003-282558(JP,A)
特開2001-291669(JP,A)
特開2003-007694(JP,A)
特開2000-183049(JP,A)
特開2000-133600(JP,A)
特開2004-119823(JP,A)
特開2001-257204(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205

C23C 16/52