

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6196244号
(P6196244)

(45) 発行日 平成29年9月13日(2017.9.13)

(24) 登録日 平成29年8月25日(2017.8.25)

(51) Int.Cl.

H01L 21/205 (2006.01)
C23C 16/52 (2006.01)

F 1

H01L 21/205
C23C 16/52

請求項の数 26 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-560022 (P2014-560022)
 (86) (22) 出願日 平成25年2月28日 (2013.2.28)
 (65) 公表番号 特表2015-513801 (P2015-513801A)
 (43) 公表日 平成27年5月14日 (2015.5.14)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2013/028214
 (87) 國際公開番号 WO2013/130737
 (87) 國際公開日 平成25年9月6日 (2013.9.6)
 審査請求日 平成28年2月8日 (2016.2.8)
 (31) 優先権主張番号 61/605,231
 (32) 優先日 平成24年3月1日 (2012.3.1)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 13/779,056
 (32) 優先日 平成25年2月27日 (2013.2.27)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 513014695
 ノベラス・システムズ・インコーポレーテッド
 NOVELLUS SYSTEMS INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州944538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 リーサー・カール
 アメリカ合衆国 オレゴン州97035レイク・オスウィゴ, サウスウエスト・ボニタ・ロード, 6152, アパートメント エー201

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】化学剤再利用戦略としての反応領域の順次カスケード化

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板処理システムであって、
N個の反応領域を規定する複数の処理チャンバであって、Nは、2以上の整数であり、
前記N個の反応領域のそれぞれは前記複数の処理チャンバのそれぞれにおける内部領域で
 ある、処理チャンバと、

前記複数の処理チャンバの間に配置された(N-1)個の第1のバルブと、
前記(N-1)個の第1のバルブと通信するコントローラと、
を備え、

前記コントローラは、

前記複数の処理チャンバの内の第1の処理チャンバを前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧し、

第1の所定のソーグ期間だけ待機し、

前記複数の処理チャンバの内の第2の処理チャンバを前記第1の目標圧力よりも低い第2の目標圧力まで排気し、

前記複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバと前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバとの間にある前記(N-1)個の第1のバルブの内の1バルブを開く、

よう構成されており、

前記基板処理システムは、さらに、前記複数の処理チャンバの間に配置された(N-1)個の第1のバルブの内の1バルブを開く、

10

20

) 個のコンプレッサおよび(N - 1)個の第 2 のバルブを備え、

前記コントローラは、さらに、前記(N - 1)個のコンプレッサおよび前記(N - 1)個の第 2 のバルブと通信すると共に、

前記複数の処理チャンバの内の前記第 2 の処理チャンバを前記第 2 の目標圧力まで排気した後に、前記複数の処理チャンバの内の前記第 1 の処理チャンバと前記複数の処理チャンバの内の前記第 2 の処理チャンバとの間にある前記(N - 1)個の第 2 のバルブの内の 1 バルブを開き、

前記(N - 1)個のコンプレッサの内の 1 コンプレッサを作動させて、前記複数の処理チャンバの内の前記第 1 の処理チャンバから前記複数の処理チャンバの内の前記第 2 の処理チャンバに前記前駆体ガスを移動させるよう構成されている、

基板処理システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の基板処理システムであって、さらに、前記複数の処理チャンバ内の圧力を測定する N 個の圧力センサを備え、前記コントローラは、前記 N 個の圧力センサと通信するよう構成されている、基板処理システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の基板処理システムであって、さらに、N 個の第 2 のバルブを介して前記複数の処理チャンバと流体連通する N 個のポンプを備え、前記コントローラは、前記 N 個のポンプおよび前記 N 個の第 2 のバルブを選択的に作動させるよう構成されている、基板処理システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、

第 2 の所定の期間だけ待機し、

前記第 2 の所定の期間の後に、前記(N - 1)個の第 1 のバルブの内の前記 1 バルブを閉じるよう構成されている、基板処理システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の基板処理システムであって、前記第 2 の所定の期間の最後において、前記複数の処理チャンバの内の前記第 1 の処理チャンバと前記複数の処理チャンバの内の前記第 2 の処理チャンバとの間に圧力平衡が存在する、基板処理システム。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、

前記(N - 1)個の第 1 のバルブの内の前記 1 バルブを閉じた後に、前記複数の処理チャンバの内の前記第 2 の処理チャンバに追加の前駆体ガスを導入して第 3 の目標圧力を達成し、

前記複数の処理チャンバの内の前記第 1 の処理チャンバから残りの前駆体ガスをページするよう構成されている、基板処理システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、

前記複数の処理チャンバの内の前記第 2 の処理チャンバ内の前記前駆体ガスを前記複数の処理チャンバの内の別の処理チャンバに移送するよう構成されている、基板処理システム。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記(N - 1)個の第 1 のバルブの内の前記 1 バルブおよび前記(N - 1)個の第 2 のバルブの内の前記 1 バルブを閉じるよう構成されている、基板処理システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、さらなる量の前記前駆体ガスを前記複数の処理チャンバの内の前記第 2 の処理チャンバに追加して、前記第 3 の目標圧力を達成するよう構成されている、基板処理システム。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

請求項8に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記N個の複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバから残りの前駆体をページするよう構成されている、基板処理システム。

【請求項11】

基板処理システムであって、

反応領域を規定する第1の処理チャンバであって、前記反応領域は前記第1の処理チャンバにおける内部領域である第1の処理チャンバと、

前記第1の処理チャンバと、貯蔵領域を内部領域とする貯蔵チャンバとの間に配置された第1のバルブと、

前記第1のバルブと通信するコントローラであって、

10

前記第1の処理チャンバを前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧し、

所定のソク期間だけ待機し、

前記貯蔵チャンバを前記第1の目標圧力よりも低い圧力まで排気し、

前記第1のバルブを開く、

ように構成されたコントローラと、

前記第1のバルブと前記貯蔵チャンバとの間に配置された第2のバルブと、

前記第1のバルブと前記第2のバルブとの間に配置されたコンプレッサと、
を備え、

前記コントローラは、前記第2のバルブおよび前記コンプレッサと通信すると共に、前記第1のバルブ、前記第2のバルブ、および、前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記第1の処理チャンバから前記貯蔵チャンバに移動させるよう構成されており、

20

前記基板処理システムは、更に、

N個の更なる反応領域を有するN個のさらなる処理チャンバと、

前記N個のさらなる処理チャンバを前記コンプレッサに接続するN個のさらなるバルブと、
を備え、

前記コントローラは、

前記第1のバルブまたは前記N個のさらなるバルブの内の1バルブの一方を開き、

前記第2のバルブを開き、

30

前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵チャンバから前記第1の処理チャンバまたは前記N個のさらなる処理チャンバの内の1処理チャンバの一方にポンプ移送するよう構成されている、

基板処理システム。

【請求項12】

請求項11に記載の基板処理システムであって、さらに、

前記第1の処理チャンバ内の圧力を測定する圧力センサと、

第3のバルブを介して前記第1の処理チャンバと流体連通するポンプと、
を備え、

前記コントローラは、前記圧力センサ、前記ポンプ、および、前記第3のバルブと通信する、基板処理システム。

40

【請求項13】

請求項11に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記第1のバルブおよび前記第2のバルブを閉じるよう構成されている、基板処理システム。

【請求項14】

請求項11に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記第1の処理チャンバから残りの前駆体をページするよう構成されている、基板処理システム。

【請求項15】

請求項14に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、

前記第1の処理チャンバと前記貯蔵チャンバとの間の前記第1のバルブおよび前記第2

50

のバルブを開き、

前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵チャンバから前記第1の処理チャンバに移動させるよう構成されている、基板処理システム。

【請求項16】

基板処理システムを動作させる方法であって、

複数の処理チャンバの内の第1の処理チャンバを前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧する工程であって、前記複数の処理チャンバはN個の反応領域を規定し、前記N個の反応領域のそれぞれは前記複数の処理チャンバのそれれにおける内部領域である、工程と、

第1の所定のソーグ期間だけ待機する工程と、

前記複数の処理チャンバの内の第2の処理チャンバを前記第1の目標圧力よりも低い第2の目標圧力まで排気する工程と、

前記複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバと前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバとの間にある(N-1)個の第1のバルブの内の1バルブを開く工程と、

前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバを前記第2の目標圧力まで排気した後に、前記複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバと前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバとの間にある(N-1)個の第2のバルブの内の1バルブを開く工程と、

前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブおよび前記(N-1)個の第2のバルブの内の前記1バルブの間にある(N-1)個のコンプレッサの内の1コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバから前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバに移動させる工程と、

前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブおよび前記(N-1)個の第2のバルブの内の前記1バルブを閉じる工程と、

さらなる量の前記前駆体ガスを前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバに追加して、第3の目標圧力を達成する工程と、

を備える、方法。

【請求項17】

請求項16に記載の方法であって、さらに、

第2の所定の期間だけ待機する工程と、

前記第2の所定の期間の後に、前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブを閉じる工程と、

を備える、方法。

【請求項18】

請求項17に記載の方法であって、前記第2の所定の期間の最後において、前記複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバと前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバとの間に圧力平衡が存在する、方法。

【請求項19】

請求項17に記載の方法であって、前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記第1のバルブを閉じた後に、前記さらなる量の前記前駆体ガスを前記複数の処理チャンバの内の前記第2の処理チャンバに導入して前記第3の目標圧力を達成する、方法。

【請求項20】

請求項17に記載の方法であって、さらに、前記複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバから残りの前駆体ガスをページする工程を備える、方法。

【請求項21】

請求項19に記載の方法であって、さらに、

第2の所定のソーグ期間だけ待機する工程と、

前記前駆体ガスを前記複数の処理チャンバの内の別の処理チャンバに移送する工程と、を備える、方法。

【請求項22】

10

20

30

40

50

請求項1 7に記載の方法であって、さらに、前記複数の処理チャンバの内の前記第1の処理チャンバから残りの前駆体ガスをバージする工程を備える、方法。

【請求項23】

基板処理システムを動作させる方法であって、
反応領域を規定する第1の処理チャンバを前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧する工程と、

所定のソーク期間だけ待機する工程と、
貯蔵領域を規定する貯蔵チャンバを前記第1の目標圧力よりも低い圧力まで排気する工程と、
前記第1の処理チャンバと前記貯蔵チャンバとの間に配置された第1のバルブを開く工程と、

前記第1のバルブと前記貯蔵チャンバとの間の第2のバルブを開く工程と、
前記第1のバルブと前記貯蔵チャンバとの間のコンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記第1の処理チャンバから前記貯蔵チャンバに移動させる工程と、
前記第1のバルブまたはN個のさらなるバルブの内の1バルブを開く工程であって、前記N個のさらなるバルブは、N個のさらなる処理チャンバを前記コンプレッサに接続する工程と、

前記第2のバルブを開く工程と、
前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵チャンバから前記第1の処理チャンバまたは前記N個のさらなる処理チャンバの内の1処理チャンバの一方にポンプ移送する工程と、
を備える、方法。

【請求項24】

請求項2 3に記載の方法であって、さらに、前記第1のバルブおよび前記第2のバルブを閉じる工程を備える、方法。

【請求項25】

請求項2 3に記載の方法であって、さらに、前記第1の処理チャンバから残りの前駆体ガスをバージする工程を備える、方法。

【請求項26】

請求項2 3に記載の方法であって、さらに、
前記第1の処理チャンバと前記貯蔵チャンバとの間の前記第1のバルブおよび前記第2のバルブを開く工程と、
前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵チャンバから前記第1の処理チャンバに移動させる工程と、
を備える、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

本願は、2013年2月27日出願の米国実用特許出願第13/779,056号の優先権、および、2012年3月1日出願の米国仮特許出願第61/605,231号の利益を主張する。上記の出願の開示全体が、参照によって本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は、基板処理チャンバに関し、特に、半導体処理チャンバに関する。

【背景技術】

【0003】

本明細書で提供されている背景技術の記載は、本開示の背景を一般的に提示するためのものである。ここに名を挙げられている発明者の業績は、この背景技術に記載された範囲において、出願時に従来技術として通常見なされえない記載の態様と共に、明示的にも黙示的にも本開示に対する従来技術として認められない。

10

20

30

40

50

【0004】

誘電率(k)回復および原子層蒸着(ALD)など、一部の蒸気を利用した反応技術および関連用途には、高価な前駆体ガスが必要である。これらの処理は、目標圧力の前駆体ガスに基板を暴露させ、基板のソーク(待機)を可能にし、次いで、前駆体ガスを廃棄することを含む(暴露/ソーカ/廃棄手順)。前駆体ガスの利用を最小限に抑えるために、反応領域を最小化してウエハあたりの前駆体ガス消費を削減する著しい努力がなされてきた。しかしながら、反応領域を小さくすると、他の望ましくないリアクタ設計上の妥協が生じ、ウエハ通過あたりのコストが増大しうる。

【0005】

ここで、図1を参照すると、第1の反応領域10が示されている。ペデスタル12が、
10
第1の反応領域10内に配置されており、半導体ウエハなどの基板14を支持する。前駆体ガス20-1、20-2、・・・、および、20-N(集合的に前駆体ガス20)が、バルブ22-1、22-2、・・・、および、22-N(集合的にバルブ22)を通して第1の反応領域10に供給される(ここで、Nは整数である)。バージガス24が、バルブ26を通して第1の反応領域10に供給される。ポンプ30が、第1の反応領域10から前駆体ガスおよび/またはバージガスを選択的に引き出すために用いられてよい。

【0006】

ここで、図2を参照すると、第1の反応領域10を動作させる方法が示されている。工程31で、N=1である。工程32で、基板14が、第1の反応領域10内に配置され、目標圧力の第1の前駆体ガスに暴露される。工程34で、基板14は、所定の期間、前駆体ガス内でのソーカ(待機)を許容される。工程36で、前駆体ガスは、第1の反応領域10からバージされ、廃棄される。工程38で、別の前駆体ガスが用いられる場合、制御は工程32に戻る。任意選択的に、手順は、工程39および工程41を通して循環しうる。そうでない場合、処理は終了する。
20

【発明の概要】**【0007】**

基板処理システムが、N個の反応領域を規定する1または複数の処理チャンバを備えており、ここで、Nは、2以上の整数である。(N-1)個の第1のバルブが、N個の反応領域の間に配置されている。コントローラが、(N-1)個の第1のバルブと通信すると共に、N個の反応領域の内の第1の反応領域を前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧し、
30
第1の所定のソーカ期間(待機期間)だけ待機し、N個の反応領域の内の第2の反応領域を第1の目標圧力よりも低い第2の目標圧力まで排気し、N個の反応領域の内の第1の反応領域とN個の反応領域の内の第2の反応領域との間にある(N-1)個の第1のバルブの内の1バルブを開くよう構成されている。

【0008】

別の特徴において、N個の圧力センサが、それぞれ、N個の反応領域内の圧力を測定する。コントローラは、N個の圧力センサと通信するよう構成されている。N個のポンプが、N個の第2のバルブを介してN個の反応領域と流体連通している。コントローラは、N個のポンプおよびN個の第2のバルブを選択的に作動させるよう構成されている。

【0009】

別の特徴において、コントローラは、N個の反応領域の内の第1の反応領域とN個の反応領域の内の第2の反応領域との間に所定の圧力関係が生じるまで待機して、(N-1)個の第1のバルブの内の上記1バルブを閉じるよう構成されている。所定の圧力関係は、圧力平衡である。

【0010】

別の特徴において、コントローラは、さらなる量の前駆体ガスをN個の反応領域の内の第2の反応領域に導入して、(N-1)個の第1のバルブの内の上記1バルブを閉じた後に第3の目標圧力を達成するよう構成されている。

【0011】

別の特徴において、コントローラは、N個の反応領域の内の第1の反応領域から残りの
50

前駆体ガスをページするよう構成されている。

【0012】

別の特徴において、コントローラは、第2の所定のソーグ期間だけ待機し、N個の反応領域内の第2の反応領域内の前駆体ガスをN個の反応領域内の別の反応領域に移送(cascade)するよう構成されている。

【0013】

さらに別の特徴において、(N-1)個のコンプレッサおよび(N-1)個の第2のバルブが、N個の反応領域の間に配置されている。コントローラは、さらに、(N-1)個のコンプレッサおよび(N-1)個の第2のバルブと通信する。コントローラは、N個の反応領域内の第2の反応領域を第2の目標圧力まで排気した後に、N個の反応領域内の第1の反応領域とN個の反応領域内の第2の反応領域との間にある(N-1)個の第2のバルブの内の1バルブを開き、(N-1)個のコンプレッサの内の1コンプレッサを作動させて、N個の反応領域内の第1の反応領域からN個の反応領域内の第2の反応領域に前駆体ガスを移動させるよう構成されている。

10

【0014】

別の特徴において、コントローラは、(N-1)個の第1のバルブの内の上記1バルブおよび(N-1)個の第2のバルブの内の上記1バルブを閉じるよう構成されている。コントローラは、さらなる量の前駆体ガスをN個の反応領域内の第2の反応領域に追加して、第3の目標圧力を達成するよう構成されている。コントローラは、N個の反応領域内の第1の反応領域から残りの前駆体をページするよう構成されている。

20

【0015】

反応領域を規定する処理チャンバを備えた基板処理システムが提供されている。第1のバルブが、反応領域と貯蔵領域との間に配置されている。コントローラが、第1のバルブと通信すると共に、反応領域を前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧し、所定のソーグ期間だけ待機し、貯蔵領域を第1の目標圧力よりも低い圧力まで排気し、第1のバルブを開くよう構成されている。

【0016】

別の特徴において、コントローラは、第2のバルブおよびコンプレッサと通信すると共に、第1のバルブ、第2のバルブ、および、コンプレッサを作動させて、前駆体ガスを反応領域から貯蔵領域に移動させるよう構成されている。

30

【0017】

別の特徴において、圧力センサが、反応領域内の圧力を測定する。ポンプが、第2のバルブを介して反応領域と流体連通している。コントローラは、圧力センサ、ポンプ、および、第2のバルブと通信する。コントローラは、第1のバルブおよび第2のバルブを閉じるよう構成されている。コントローラは、反応領域から残りの前駆体をページするよう構成されている。コントローラは、反応領域と貯蔵領域との間の第1のバルブおよび第2のバルブを開き、コンプレッサを作動させて、前駆体ガスを貯蔵領域から反応領域に移動させるよう構成されている。

【0018】

別の特徴において、N個のさらなる反応領域およびN個のさらなるバルブが、N個のさらなる反応領域をコンプレッサに接続する。コントローラは、第1のバルブまたはN個のさらなるバルブの内の1バルブの一方を開き、第2のバルブを開き、コンプレッサを作動させて、前駆体ガスを貯蔵領域から反応領域またはN個のさらなる反応領域内の1反応領域の一方にポンプ移送するよう構成されている。

40

【0019】

詳細な説明、特許請求の範囲、および、図面から、本開示を適用可能なさらなる領域が明らかになる。詳細な説明および具体的な例は、単に例示を目的としており、本開示の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0020】

50

本開示は、詳細な説明および以下に説明する添付図面から、より十分に理解できる。

【0021】

【図1】従来技術に従って、第1の反応領域を示す機能ブロック図。

【0022】

【図2】従来技術に従って、第1の反応領域の動作を示すフローチャート。

【0023】

【図3】本開示に従って、第1および第2の反応領域を示す機能ブロック図。

【0024】

【図4】本開示に従って、3以上のカスケード構成の反応領域を示す機能ブロック図。

【0025】

【図5】本開示に従って、コントローラを示す機能ブロック図。

【0026】

【図6】図3の第1および第2の反応領域を動作させる方法を示すフローチャート。

【0027】

【図7】本開示に従って、第1および第2の反応領域の別の構成を示す機能ブロック図。

【0028】

【図8】本開示に従って、別のコントローラを示す機能ブロック図。

【0029】

【図9】図7の第1および第2の反応領域を動作させる方法を示すフローチャート。

【0030】

【図10】本開示に従って、反応領域の別の構成を示す機能ブロック図。

【0031】

【図11】図10の反応領域を動作させる方法を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0032】

本開示によると、基板が、第1の目標圧力の第1の反応領域内で前駆体ガスに暴露される。基板は、前駆体ガス内でのソーク(待機)を許容される。次いで、第1の反応領域から、排気されて第1の目標圧力よりも低い圧力の第2の反応領域(または、貯蔵領域)へのバルブが開かれる。圧力を等しくした後、バルブは閉じられ、第2の目標圧力(第1の目標圧力と同じであってもよいし、同じでなくてもよい)を達成するように、前駆体ガスが第2の反応領域に追加される。

【0033】

ここで、図3を参照すると、第1の反応領域40が示されている。ペデスタル42が、第1の反応領域40内に配置されており、半導体ウエハなどの基板44を支持する。圧力センサ45が、圧力を監視するために第1の反応領域40内に配置されてよい。第2の反応領域46も示されている。ペデスタル48が、第2の反応領域46内に配置されており、半導体ウエハなどの基板50を支持する。圧力センサ51が、圧力を監視するために第2の処理領域46内に配置されてよい。あるいは、圧力センサ45および51は省略してもよく、タイマを用いて、タイミングおよび/またはその他のパラメータに基づいて圧力を評価してもよい。

【0034】

前駆体ガス60-1、60-2、・・・、および、60-N(集合的に前駆体ガス60)が、バルブ62-1、62-2、・・・、および、62-N(集合的にバルブ62)を通して、第1の反応領域40に選択的に供給される。バージガス64が、バルブ66を通して第1の反応領域40に供給される。ポンプ68およびバルブ69が、第1の反応領域40から前駆体ガスおよび/またはバージガスを選択的に引き出すために用いられてよい。

【0035】

前駆体ガス70-1、70-2、・・・、および、70-N(集合的に前駆体ガス70)が、バルブ72-1、72-2、・・・、および、72-N(集合的にバルブ72)を

10

20

30

40

50

通して、第2の反応領域46に選択的に供給される。バージガス74が、バルブ76を通して第2の反応領域46に選択的に供給される。ポンプ78およびバルブ79が、第2の反応領域46から前駆体ガスおよび／またはバージガスを選択的に引き出すために用いられてよい。

【0036】

以下で詳述するように、基板44は、第1の反応領域40内で前駆体ガスに暴露される。基板44は、第1の目標圧力の前駆体ガス内でのソーグを許容される。次いで、第1の反応領域40と第2の反応領域46との間のバルブ79が開かれる。バルブ79を開く前に、第2の反応領域46は排気されて、第1の反応領域40よりも低い圧力に維持される。圧力を等しくした後、第2の目標圧力（第1の目標圧力と同じであってもよいし、同じでなくてもよい）を達成するように、前駆体ガスが第2の反応領域46に追加される。基板50は、ソーグを許容される。理解できるとおり、前駆体ガスはバージされ、廃棄されてもよいし、反応領域40で再利用されてもよい。

【0037】

図3は、第1および第2の反応領域40および46を示しているが、3以上のカスケード構成の反応領域が用いられてもよい。ここで、図4を参照すると、3以上のカスケード構成の反応領域82-1、82-2、および、82-Mを備えるシステム80が示されており、ここで、Mは3以上の整数である。さらに、1つの反応領域が各処理チャンバについて図示されているが、各処理チャンバは、1または複数の反応領域に関連付けられてよい。

10

【0038】

ここで、図5を参照すると、複数の反応領域を用いる処理を制御するために利用できるコントローラ90が示されている。コントローラ90は、1または複数のバルブ（バルブ62、72、および、79など、図5では集合的に92と示している）、ポンプ（ポンプ68および78など、図5では集合的に94と示している）、および／または、圧力センサ（圧力センサ45および51など、図5では集合的に96と示している）と通信する、および／または、それらを制御する。

20

【0039】

ここで、図6を参照すると、図3の第1および第2の反応領域のためにコントローラを動作させる方法100の一例が示されている。工程104で、第1の反応領域が、第1の目標圧力まで前駆体ガスで加圧される。工程108で、基板が、所定の期間、ソーグを許容される。工程112で、第2の反応領域が、第1の反応領域よりも低い圧力まで排気される。工程116で、バルブ79が開かれる。工程120で、所定の期間を計って、圧力平衡が起きることを可能にする。本明細書で用いられているように、平衡とは、等しい圧力または実質的に等しい圧力を指す。一部の例において、実質的に等しい圧力とは、互いの10%、5%、2%、1%、または、それ未満の範囲内の圧力のことである。平衡圧は、第2の反応領域の目標ソーグ圧力よりも低くなる。体積が等しい場合、平衡圧は、処理体積が等しいと仮定すると目標圧力のほぼ半分になる。

30

【0040】

工程124で、バルブ79が閉じられる。工程128で、さらなる前駆体ガスが、第2の目標圧力を達成するように第2の反応領域に導入される。工程132で、第1の反応領域内の残りの前駆体ガスが廃棄されてよい。基板が、第2の反応領域内のソーグを許容される。工程136で、第2の反応領域内の前駆体ガスがバージされ、廃棄されてもよいし、必要に応じてさらなる反応領域に移送されてもよい。

40

【0041】

ここで、図7～図8を参照すると、第1および第2の反応領域の別の構成が示されている。コンプレッサ150が、（第1の反応領域40に接続された）バルブ151および（第2の反応領域46に接続された）バルブ152との間に配置されている。図8において、コントローラ90は、さらに、コンプレッサ150に接続されてよい。

【0042】

50

ここで、図9を参照すると、図7の第1および第2の反応領域のためにコントローラを動作させる方法200の一例が示されている。工程204で、第1の反応領域が、第1の目標圧力まで前駆体ガスで加圧される。工程208で、基板が、所定の期間、前駆体ガス内でのソークを許容される。工程212で、第2の反応領域が、第1の反応領域よりも低い圧力まで排気される。工程216で、バルブ151および152がコンプレッサ150に向かって開かれる。コンプレッサ150は、追加のエネルギーで前駆体を圧縮して、第2の反応領域46内に押し込む。

【0043】

第2の反応領域の加圧は、一次指數関数の応答曲線に従う。さらに、圧縮による熱力学的損失から、定常状態での最大達成可能圧力は、第2の反応領域の目標圧力よりも低くなるが、図3および図6で説明した処理によって提供される圧力よりも高くなる。10

【0044】

工程220で、バルブ151および152が閉じられる。工程224で、さらなる前駆体ガスが、第2の目標圧力を達成するように第2の反応領域に導入される。工程228で、第1の反応領域内の残りの前駆体ガスが廃棄されてよい。第2の反応領域内の基板は、ソーカーを許容される。工程232で、第2の反応領域内の前駆体ガスが、必要に応じてさらなる反応領域に移送されてよい。

【0045】

反応領域の例は、基板処理チャンバまたは基板処理チャンバのステーションを含むが、これらに限定されない。処理の例は、共形薄膜蒸着、原子層蒸着、プラズマ原子層蒸着、および、誘電率(k)回復処理を含むが、これらに限定されない。ペデスタルは、温度制御されてよい、および/または、RFバイアスによってバイアスされてよい。上述の処理はソーカー工程を含むが、さらなる動作が実行されてもよい。20

【0046】

ここで、図10を参照すると、別の基板処理システム300が示されている。処理ガス304-1、304-2、・・・、および、304-Tが、それぞれ、反応領域310-1、310-2、・・・、および、310-Tに、バルブ306-1、306-2、・・・、および、306-Tを介して選択的に供給される。圧力センサ312-1、312-2、・・・、および、312-Tが、それぞれ、反応領域310-1、310-2、・・・、および、310-T内の圧力を監視する。反応領域310-1、310-2、・・・、および、310-Tは、それぞれ、バルブ318-1、318-2、・・・、および、318-T、ならびに、ポンプ320-1、320-2、・・・、320-Tを用いて排気されうる。バルブ324-1、324-2、・・・、および、324-T、コンプレッサ326、ならびに、第2のバルブ330が、それぞれ、反応領域310-1、310-2、・・・、および、310-Tと、貯蔵領域334との間に接続されている。貯蔵領域334は、バルブ338およびポンプ340を用いて排気されうる。30

【0047】

コントローラ350が、圧力センサ312および336、ポンプ320および340、バルブ318、324、330、および、338、ならびに、コンプレッサ326と通信する。コントローラ350は、前駆体で反応領域310-1の反応領域を第1の目標圧力まで加圧する。コントローラ350は、所定のソーカー期間、待機する。コントローラ350は、第1の目標圧力よりも低い圧力まで貯蔵領域334を排気する。コントローラ350は、反応領域310-1と貯蔵領域334との間のバルブ324-1および330を開く。コントローラ350は、反応領域310-1から貯蔵領域334に前駆体ガスをポンプ移送するためにコンプレッサ326を作動させる。40

【0048】

コントローラ350は、バルブ324-1および330を閉じる。コントローラ350は、第1の反応領域から残りの前駆体をページしてよい。コントローラ350は、反応領域310-1、310-2、・・・、310-Tの内の1つと貯蔵領域334との間にあるバルブ324-1、324-2、・・・、および、324-Tの内のいずれかのバルブ50

ならびにバルブ 330を開いてよく、コンプレッサ 326を作動させて、貯蔵領域 334から反応領域 310-1、310-2、・・・、および、310-T の内の上記 1 つに前駆体を戻す。さらなる前駆体ガスが、上述のように、選択された反応領域に追加されてよい。

【0049】

理解できるとおり、T 個の処理チャンバが、S 個の貯蔵領域に接続されてよく、ここで、T および S は整数であり、 $T \geq S$ である。例えば、図 10において、T 個の処理チャンバは、共有された 1 つの貯蔵領域に接続されてよい。前駆体ガスは、同じ処理チャンバに戻されてもよいし、別の処理チャンバに戻されてもよい。

【0050】

ここで、図 11 を参照すると、図 10 の反応領域および貯蔵領域を動作させる方法 400 の一例が示されている。工程 404 で、第 1 の反応領域が、第 1 の目標圧力まで前駆体ガスで加圧される。工程 408 で、基板が、所定の期間、前駆体ガス内でのソーグを許容される。工程 412 で、貯蔵領域が、第 1 の反応領域よりも低い圧力まで排気される。工程 416 で、バルブが開かれ、コンプレッサが作動される。コンプレッサは、追加のエネルギーで前駆体を圧縮して、貯蔵領域内に押し込む。

10

【0051】

工程 420 で、コントローラはバルブを閉じる。工程 428 で、第 1 の反応領域内の残りの前駆体ガスが廃棄されてよい。1 または複数の動作が、第 1 の反応領域内で実行されてよい。工程 432 で、貯蔵領域から第 1 の反応領域またはその他の反応領域のいずれかまでのバルブが開かれ、コンプレッサが、選択された反応領域に前駆体ガスを供給するよう作動される。

20

【0052】

上述の記載は、本質的に例示に過ぎず、本開示、応用例、または、利用法を限定する意図はない。本開示の広範な教示は、様々な形態で実施されうる。したがって、本開示には特定の例が含まれるが、図面、明細書、および、以下の特許請求の範囲を研究すれば他の変形例が明らかになるため、本開示の真の範囲は、それらの例には限定されない。わかりやすいように、図面では、同様の要素を特定する際には同じ符号を用いている。本明細書で用いられているように、「A、B、および、C の少なくとも 1 つ」という表現は、非排他的な論理和 OR を用いて、論理 (A または B または C) を意味すると解釈されるべきである。方法に含まれる 1 または複数の工程が、本開示の原理を改変することなく、異なる順序で（または同時に）実行されてもよいことを理解されたい。

30

【0053】

本明細書で用いられているように、コントローラという用語は、特定用途向け集積回路 (ASIC)；電子回路；組み合わせ論理回路；フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)；コードを実行する（共有、専用、または、グループ）プロセッサ；記載された機能を提供するその他の適切なハードウェアコンポーネント；または、上記の一部または全部の組み合わせ（システムオンチップなど）、を指しうる、の一部でありうる、もしくは、を含みうる。コントローラという用語は、プロセッサによって実行されるコードを格納する（共有、専用、または、グループ）メモリを含みうる。

40

【0054】

コードという用語は、上記で用いられているように、ソフトウェア、ファームウェア、および／または、マイクロコードを含んでよく、プログラム、ルーチン、関数、クラス、および／または、オブジェクトを指しうる。上で用いられているように、共有という用語は、複数のコントローラからのコードの一部または全部が、单一の（共有）プロセッサを用いて実行されうることを意味する。さらに、複数のコントローラからのコードの一部または全部が、单一の（共有）メモリに格納されうる。上で用いられているように、グループという用語は、单一のコントローラからのコードの一部または全部が、プロセッサのグループを用いて実行されうることを意味する。さらに、单一のコントローラからのコードの一部または全部が、メモリのグループを用いて格納されうる。

50

【0055】

本明細書に記載の装置および方法は、1または複数のプロセッサによって実行される1または複数のコンピュータプログラムによって実施されてもよい。コンピュータプログラムは、持続的な有形のコンピュータ読み取り可能媒体に格納されたプロセッサ実行可能な命令を含む。コンピュータプログラムは、格納されたデータも含みうる。持続的な有形のコンピュータ読み取り可能媒体の例は、不揮発性メモリ、磁気ストレージ、および、光学ストレージを含むが、これらに限定されない。

本発明は、以下の適用例としても実現可能である。

[適用例1]

基板処理システムであって、

10

N個の反応領域を規定する1または複数の処理チャンバであって、Nは、2以上の整数である、処理チャンバと、

前記N個の反応領域の間に配置された(N-1)個の第1のバルブと、

前記(N-1)個の第1のバルブと通信するコントローラと、

を備え、

前記コントローラは、

前記N個の反応領域内の第1の反応領域を前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧し、

第1の所定のソーク期間だけ待機し、

20

前記N個の反応領域内の第2の反応領域を前記第1の目標圧力よりも低い第2の目標圧力まで排気し、

前記N個の反応領域内の前記第1の反応領域と前記N個の反応領域内の前記第2の反応領域との間にある前記(N-1)個の第1のバルブの内の1バルブを開き、

前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブを開いた後に、前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブを閉じ、

さらなる量の前記前駆体ガスを前記N個の反応領域内の前記第2の反応領域に導入して、前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブを閉じた後に第3の目標圧力を達成する、

よう構成されている、基板処理システム。

[適用例2]

30

適用例1に記載の基板処理システムであって、さらに、前記N個の反応領域内の圧力を測定するN個の圧力センサを備え、前記コントローラは、前記N個の圧力センサと通信するよう構成されている、基板処理システム。

[適用例3]

適用例1に記載の基板処理システムであって、さらに、N個の第2のバルブを介して前記N個の反応領域と流体連通するN個のポンプを備え、前記コントローラは、前記N個のポンプおよび前記N個の第2のバルブを選択的に作動させるよう構成されている、基板処理システム。

[適用例4]

40

適用例1に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、

前記N個の反応領域内の前記第1の反応領域と前記N個の反応領域内の前記第2の反応領域との間に所定の圧力関係が生じるまで待機し、

前記N個の反応領域内の前記第1の反応領域と前記N個の反応領域内の前記第2の反応領域との間に前記所定の圧力関係が生じたことに応答して、前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブを閉じるよう構成されている、基板処理システム。

[適用例5]

適用例4に記載の基板処理システムであって、前記所定の圧力関係は、圧力平衡である、基板処理システム。

[適用例6]

50

適用例4に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記N個の反応領

域の内の前記第1の反応領域から残りの前駆体ガスをバージするよう構成されている、基板処理システム。

[適用例7]

適用例1に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、第2の所定のソーク期間だけ待機し、

前記N個の反応領域の内の前記第2の反応領域内の前記前駆体ガスを前記N個の反応領域の内の別の反応領域に移送するよう構成されている、基板処理システム。

[適用例8]

適用例1に記載の基板処理システムであって、さらに、前記N個の反応領域の間に配置された(N-1)個のコンプレッサおよび(N-1)個の第2のバルブを備え、

10

前記コントローラは、さらに、前記(N-1)個のコンプレッサおよび前記(N-1)個の第2のバルブと通信すると共に、

前記N個の反応領域の内の前記第2の反応領域を前記第2の目標圧力まで排気した後に、前記N個の反応領域の内の前記第1の反応領域と前記N個の反応領域の内の前記第2の反応領域との間にある前記(N-1)個の第2のバルブの内の1バルブを開き、

前記(N-1)個のコンプレッサの内の1コンプレッサを作動させて、前記N個の反応領域の内の前記第1の反応領域から前記N個の反応領域の内の前記第2の反応領域に前記前駆体ガスを移動させるよう構成されている、基板処理システム。

[適用例9]

適用例8に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記1バルブおよび前記(N-1)個の第2のバルブの内の前記1バルブを閉じるよう構成されている、基板処理システム。

20

[適用例10]

適用例9に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、さらなる量の前記前駆体ガスを前記N個の反応領域の内の前記第2の反応領域に追加して、第3の目標圧力を達成するよう構成されている、基板処理システム。

[適用例11]

適用例9に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記N個の反応領域の内の前記第1の反応領域から残りの前駆体をバージするよう構成されている、基板処理システム。

30

[適用例12]

基板処理システムであって、

反応領域を規定する処理チャンバと、

前記反応領域と貯蔵領域との間に配置された第1のバルブと、

前記第1のバルブと通信するコントローラであって、

前記反応領域を前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧し、

所定のソーク期間だけ待機し、

前記貯蔵領域を前記第1の目標圧力よりも低い圧力まで排気し、

前記第1のバルブを開く、

よう構成されたコントローラと、

前記第1のバルブと前記貯蔵領域との間に配置された第2のバルブと、

前記第1のバルブと前記第2のバルブとの間に配置されたコンプレッサと、
を備え、

40

前記コントローラは、前記第2のバルブおよび前記コンプレッサと通信すると共に、前記第1のバルブ、前記第2のバルブ、および、前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記反応領域から前記貯蔵領域に移動させるよう構成されている、基板処理システム。

[適用例13]

適用例12に記載の基板処理システムであって、さらに、

前記反応領域内の圧力を測定する圧力センサと、

50

第3のバルブを介して前記反応領域と流体連通するポンプと、
を備え、

前記コントローラは、前記圧力センサ、前記ポンプ、および、前記第3のバルブと通信
する、基板処理システム。

[適用例14]

適用例12に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記第1のバル
ブおよび前記第2のバルブを閉じるよう構成されている、基板処理システム。

[適用例15]

適用例12に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、前記反応領域か
ら残りの前駆体をバージするよう構成されている、基板処理システム。

10

[適用例16]

適用例15に記載の基板処理システムであって、前記コントローラは、
前記反応領域と前記貯蔵領域との間の前記第1のバルブおよび前記第2のバルブを開き、

前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵領域から前記反応領域に移
動させるよう構成されている、基板処理システム。

[適用例17]

適用例12に記載の基板処理システムであって、さらに、

N個のさらなる反応領域と、

前記N個のさらなる反応領域を前記コンプレッサに接続するN個のさらなるバルブと、
を備え、

20

前記コントローラは、

前記第1のバルブまたは前記N個のさらなるバルブの内の1バルブの一方を開き、

前記第2のバルブを開き、

前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵領域から前記反応領域ま
たは前記N個のさらなる反応領域の内の1反応領域の一方にポンプ移送するよう構成され
ている、基板処理システム。

[適用例18]

方法であって、

N個の反応領域の内の第1の反応領域を前駆体ガスで第1の目標圧力まで加圧する工程
と、

30

第1の所定のソーコ期間だけ待機する工程と、

前記N個の反応領域の内の第2の反応領域を前記第1の目標圧力よりも低い第2の目標
圧力まで排気する工程と、

前記N個の反応領域の内の前記第1の反応領域と前記N個の反応領域の内の前記第2の
反応領域との間にある(N-1)個の第1のバルブの内の1バルブを開く工程と、

前記N個の反応領域の内の前記第2の反応領域を前記第2の目標まで排気した後に、前
記N個の反応領域の内の前記第1の反応領域と前記N個の反応領域の内の前記第2の反応
領域との間にある(N-1)個の第2のバルブの内の1バルブを開く工程と、

前記N個の反応領域の間にある(N-1)個のコンプレッサの内の1コンプレッサを作
動させて、前記前駆体ガスを前記N個の反応領域の内の前記第1の反応領域から前記N個
の反応領域の内の前記第2の反応領域に移動させる工程と、
を備える、方法。

40

[適用例19]

適用例18に記載の方法であって、さらに、

前記N個の反応領域の内の前記第1の反応領域と前記N個の反応領域の内の前記第2の
反応領域との間に所定の圧力関係が生じるまで待機する工程と、

前記(N-1)個の第1のバルブの内の前記第1のバルブを閉じる工程と、
を備える、方法。

[適用例20]

50

適用例 1 9 に記載の方法であって、前記所定の圧力関係は、圧力平衡である、方法。

[適用例 2 1]

適用例 1 9 に記載の方法であって、さらに、さらなる量の前記前駆体ガスを前記 N 個の反応領域内の内前の記第 2 の反応領域に導入して、前記 (N - 1) 個の第 1 のバルブの内の前記第 1 のバルブを閉じた後に第 3 の目標圧力を達成する工程を備える、方法。

[適用例 2 2]

適用例 1 9 に記載の方法であって、さらに、前記第 1 の反応領域から残りの前駆体ガスをページする工程を備える、方法。

[適用例 2 3]

適用例 2 1 に記載の方法であって、さらに、
第 2 の所定のソーク期間だけ待機する工程と、
前記前駆体ガスを前記 N 個の反応領域の内の別の反応領域に移送する工程と、
を備える、方法。

[適用例 2 4]

適用例 1 8 に記載の方法であって、さらに、前記 (N - 1) 個の第 1 のバルブの内の前記 1 バルブおよび前記 (N - 1) 個の第 2 のバルブの内の前記 1 バルブを閉じる工程を備える、方法。

[適用例 2 5]

適用例 2 4 に記載の方法であって、さらに、さらなる量の前記前駆体ガスを前記 N 個の反応領域内の内前の記第 2 の反応領域に追加して、第 3 の目標圧力を達成する工程を備える、方法。

[適用例 2 6]

適用例 2 4 に記載の方法であって、さらに、前記 N 個の反応領域の内の前記第 1 の反応領域から残りの前駆体ガスをページする工程を備える、方法。

[適用例 2 7]

基板処理システムを動作させる方法であって、
反応領域を前駆体ガスで第 1 の目標圧力まで加圧する工程と、
所定のソーカー期間だけ待機する工程と、
貯蔵領域を前記第 1 の目標圧力よりも低い圧力まで排気する工程と、
前記反応領域と前記貯蔵領域との間に配置された第 1 のバルブを開く工程と、
前記第 1 のバルブと前記貯蔵領域との間の第 2 のバルブを開く工程と、
前記第 1 のバルブと前記貯蔵領域との間のコンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記反応領域から前記貯蔵領域に移動させる工程と、
を備える、方法。

[適用例 2 8]

適用例 2 7 に記載の方法であって、さらに、前記第 1 のバルブおよび前記第 2 のバルブを閉じる工程を備える、方法。

[適用例 2 9]

適用例 2 7 に記載の方法であって、さらに、前記反応領域から残りの前駆体ガスをページする工程を備える、方法。

[適用例 3 0]

適用例 2 7 に記載の方法であって、さらに、
前記反応領域と前記貯蔵領域との間の前記第 1 のバルブおよび前記第 2 のバルブを開く工程と、
前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵領域から前記反応領域に移動させる工程と、
を備える、方法。

[適用例 3 1]

適用例 2 7 に記載の方法であって、さらに、
前記第 1 のバルブまたは N 個のさらなるバルブの内の 1 バルブを開く工程であって、前

10

20

30

40

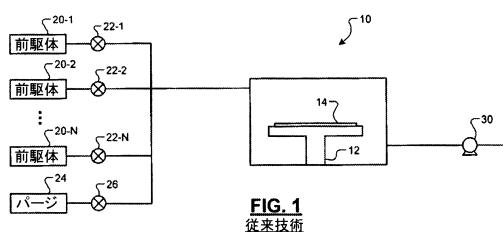
50

記 N 個のさらなるバルブは、N 個のさらなる反応領域を前記コンプレッサに接続する、工程と、

前記第 2 のバルブを開く工程と、

前記コンプレッサを作動させて、前記前駆体ガスを前記貯蔵領域から前記反応領域または前記 N 個のさらなる反応領域内の 1 反応領域の一方にポンプ移送する工程と、
を備える、方法。

【図 1】

FIG. 1
従来技術

【図 3】

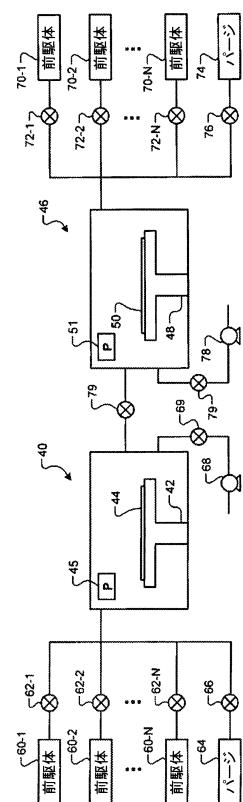
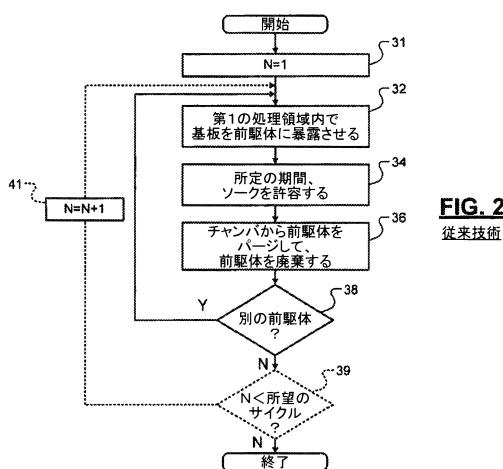


FIG. 3

【図 2】

FIG. 2
従来技術

【図4】

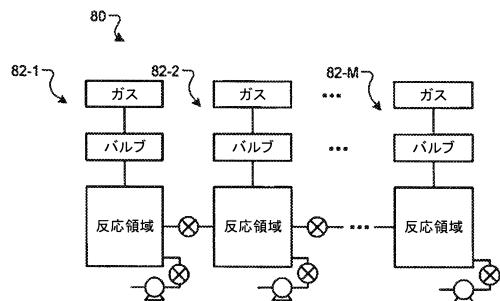


FIG. 4

【図5】

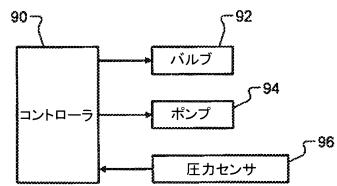


FIG. 5

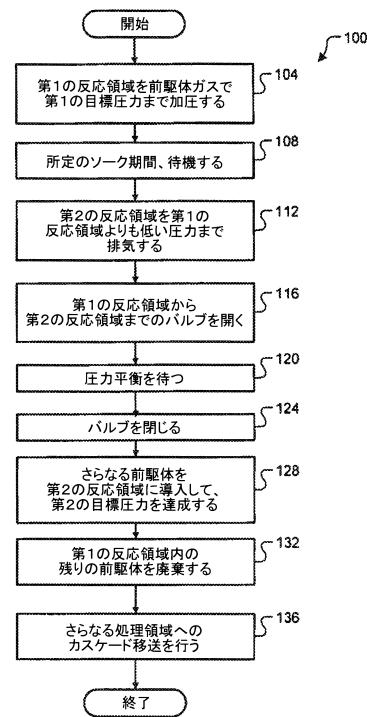


FIG. 6

【図7】

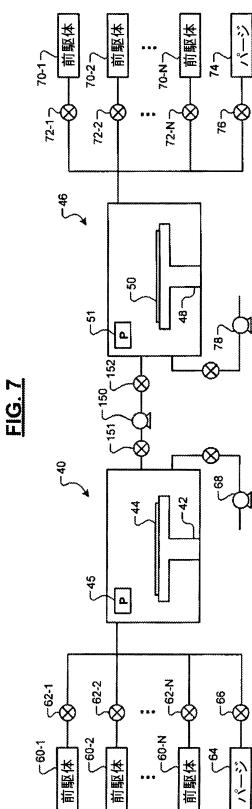


FIG. 7

【図8】

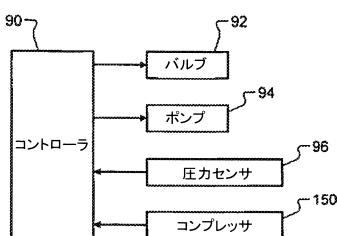
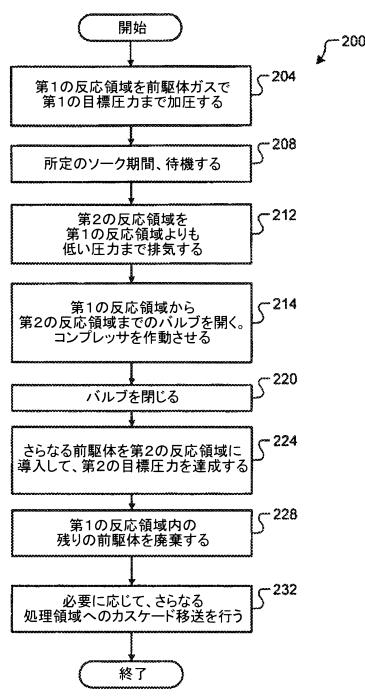


FIG. 8

【図9】



【図10】

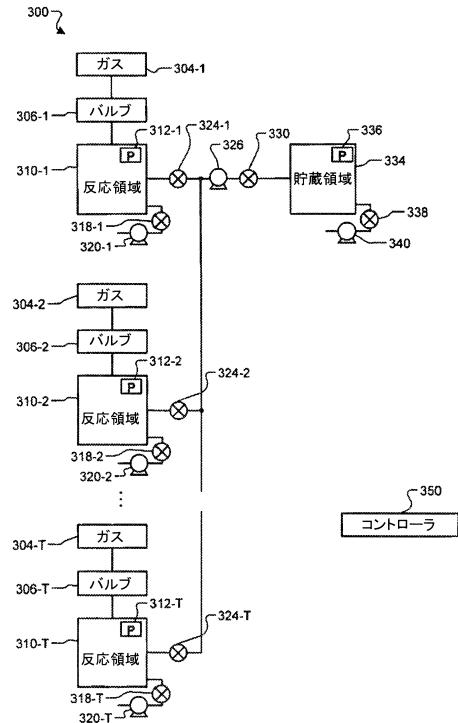


FIG. 9

FIG. 10

【図11】

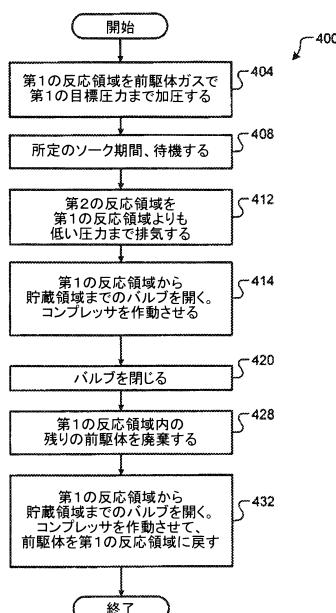


FIG. 11

フロントページの続き

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特開昭59-039339(JP,A)
特開2011-108936(JP,A)
特開昭60-026663(JP,A)
特開平11-176823(JP,A)
特開2002-270663(JP,A)
特開2011-089174(JP,A)
特開2001-102281(JP,A)
特開2005-146418(JP,A)
特開昭58-221269(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205
C23C 16/52