

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6868951号
(P6868951)

(45) 発行日 令和3年5月12日(2021.5.12)

(24) 登録日 令和3年4月15日(2021.4.15)

(51) Int.Cl.

C23C 16/448 (2006.01)
H01L 21/31 (2006.01)

F 1

C 23 C 16/448
H01L 21/31

C

請求項の数 19 外国語出願 (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願2015-148200 (P2015-148200)
 (22) 出願日 平成27年7月28日 (2015.7.28)
 (65) 公開番号 特開2016-35103 (P2016-35103A)
 (43) 公開日 平成28年3月17日 (2016.3.17)
 審査請求日 平成30年7月26日 (2018.7.26)
 (31) 優先権主張番号 62/032, 234
 (32) 優先日 平成26年8月1日 (2014.8.1)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
 (31) 優先権主張番号 14/798, 652
 (32) 優先日 平成27年7月14日 (2015.7.14)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 592010081
ラム リサーチ コーポレーション
LAM RESEARCH CORPORATION
アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
38, フレモント, クッシング パークウ
エイ 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 ジュン・チエン
アメリカ合衆国 オレゴン州97140
シャーウッド, サウスウェスト・レッド・
ファーン・ドライブ, 23965

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】蒸気供給のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板処理システムのための蒸気供給システムであって、
 液体前駆体を収容するためのアンプルと、
 前記アンプルを所定の温度まで選択的に加熱して、前記液体前駆体を少なくとも部分的に気化させ気化前駆体を形成するためのヒータと、
 流入口および流出口を備えた加熱注入マニホールドと、
 プッシュガス源と流体連通する流入口および前記アンプルと流体連通する流出口を有する第1のバルブと、
 前記アンプルから前記気化前駆体を受け入れるための流入口および前記加熱注入マニホールドの前記流入口と流体連通する流出口を有する第2のバルブと、
前記加熱注入マニホールドの前記流出口と流体連通する第1のノードと、
前記第1のノードと流体連通する流入口およびバキュームと流体連通する流出口を有する第3のバルブと、
前記第1のノードと流体連通する流入口および第2のノードと流体連通する流出口を有する第4のバルブと、
前記第2のノードと流体連通する流出口を有する第5のバルブと、
前記第2のノードと流体連通する流出口を有する第6のバルブと、
前記第2のノードと流体連通するガス分配装置と、
 を備える、蒸気供給システム。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の蒸気供給システムであって、前記ガス分配装置は、シャワーヘッドを含む、蒸気供給システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の蒸気供給システムであって、さらに、
前記第 2 のバルブの前記流出口と流体連通する流入口を有する第 7 のバルブと、
前記第 7 のバルブの前記流出口と流体連通する制限オリフィスと、
前記制限オリフィスと流体連通する流入口および前記加熱注入マニホールドと流体連通する流出口を有する第 8 のバルブと、
を備える、蒸気供給システム。

10

【請求項 4】

請求項 3 に記載の蒸気供給システムであって、さらに、
第 1 のガスマニホールドと流体連通する流入口および前記第 5 のバルブの流入口と流体連通する流出口を有する第 9 のバルブを備える、蒸気供給システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の蒸気供給システムであって、さらに、前記第 1 のガスマニホールドと流体連通する流入口および前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置の背面にガスを供給する流出口を有する第 10 のバルブを備える、蒸気供給システム。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の蒸気供給システムであって、さらに、第 2 のガスマニホールドおよび前記第 6 のバルブの流入口と流体連通する流入口ならびにバキュームと流体連通する流出口を有する第 10 のバルブを備える、蒸気供給システム。

20

【請求項 7】

請求項 6 に記載の蒸気供給システムであって、さらに、
ドーズ段階中に、
前記第 1 のバルブを用いて、前記アンプルにブッシュガスを供給し、
前記第 2 のバルブ、前記第 7 のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第 8 のバルブを用いて、前記アンプルから前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を供給し、
前記第 4 のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドから前記ガス分配装置に前記気化前駆体を供給し、
前記第 10 のバルブおよび前記第 6 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させるよう構成されたコントローラを備える、蒸気供給システム。
。

30

【請求項 8】

請求項 7 に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、
前記ドーズ段階後に、順次、ドーズパージ段階、ドーズパージ後段階、高周波 (R F) 段階、および、R F 後段階で動作し、
前記ドーズパージ段階、前記ドーズパージ後段階、前記 R F 段階、および、前記 R F 後段階中に、

前記第 1 のバルブを用いて、前記アンプルに前記ブッシュガスを供給し、
前記第 2 のバルブ、前記第 7 のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第 8 のバルブを用いて、前記アンプルから前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を供給し、
前記第 3 のバルブおよび前記第 4 のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドからバキュームに前記気化前駆体を迂回させ、
前記ドーズパージ段階中に、前記第 6 のバルブおよび前記第 10 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第 9 のバルブおよび前記第 5 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、
、
前記ドーズパージ後段階中に、前記第 9 のバルブおよび前記第 5 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第 6 のバルブを用い

40

50

て、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項9】

請求項7に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズパージ段階、ドーズパージ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズパージ段階、前記ドーズパージ後段階、前記RF段階、および、前記RF後段階中に、前記第2のバルブ、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに、そして、前記第4のバルブを用いて、前記ガス分配装置に、前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、

前記ドーズパージ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズパージ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項10】

請求項7に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズパージ段階、ドーズパージ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズパージ段階、前記ドーズパージ後段階、および、前記RF段階中に、前記第2のバルブ、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドからバキュームに前記プッシュガスを迂回させ、

前記ドーズパージ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズパージ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1の

10

20

30

40

50

ガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項11】

請求項7に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズパージ段階、ドーズパージ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズパージ段階、前記ドーズパージ後段階、および、前記RF段階中に、前記プラッシュガスをバキュームに迂回させ、

前記ドーズパージ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズパージ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項12】

請求項7に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズパージ段階、ドーズパージ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズパージ段階、前記ドーズパージ後段階、および、前記RF段階中に、前記プラッシュガスをバキュームに迂回させ、第3のガスマニホールドから前記加熱注入マニホールドにガスを供給し、前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力をバキュームに迂回させ、

前記ドーズパージ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズパージ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項13】

請求項7に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズパージ段階、ドーズパージ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズパージ段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、前記第8のバル

10

20

30

40

50

ブ、および、前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドおよび前記ガス分配装置に前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズページ後段階および前記RF段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力をバキュームに迂回させ、

前記RF後段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を供給し、前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力をバキュームに迂回させ、

前記ドーズページ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項14】

請求項7に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズページ段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、前記第8のバルブ、および、前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドおよび前記ガス分配装置に前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記ドーズページ後段階および前記RF段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力をバキュームに迂回させ、

前記ドーズページ後段階、前記RF段階、および、前記RF後段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第1のバルブ、前記第2のバルブ、前記第7のバルブ、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を供給し、前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力をバキュームに迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項15】

請求項7に記載の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズ段階中に、前記第9のバルブが閉じられた状態で、第3のマニホールドから第11のバルブおよび前記第5のバルブを通して前記ガス分配装置にガスを供給し、

10

20

30

40

50

前記ドーズページ段階中に、前記加熱注入マニホールドにプッシュガスも前記気化前駆体も供給せず、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズページ後段階中に、前記加熱注入マニホールドにプッシュガスも前記気化前駆体も供給せず、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記R F段階中に、前記加熱注入マニホールドにプッシュガスも前記気化前駆体も供給せず、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、10

前記R F後段階中に、前記加熱注入マニホールドにプッシュガスも前記気化前駆体も供給せず、前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからバキュームにガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給するよう構成されている、蒸気供給システム。

【請求項16】

請求項1に記載の蒸気供給システムであって、さらに、

前記アンプル内の前記液体前駆体のレベルを検知するためのレベルセンサと、

前記レベルに基づいて、前記アンプル内の前記液体前駆体のレベルを自動的に維持するための前駆体供給源と、を備える、蒸気供給システム。20

【請求項17】

請求項16に記載の蒸気供給システムであって、さらに、

前記アンプル内の第1の位置で前記液体前駆体の温度を検知するための第1の温度センサと、20

前記アンプル内の第2の位置で前記液体前駆体の温度を検知するための第2の温度センサと、

を備え、

前記第1の位置は、目標充填レベルに配置され、前記第2の位置は、前記目標充填レベルと補充位置との間に配置される、蒸気供給システム。

【請求項18】

請求項1に記載の蒸気供給システムであって、前記ガス分配装置は、基板処理チャンバ内に配置され、原子層蒸着および化学蒸着の少なくとも一方が、前記基板処理チャンバ内で実行される、蒸気供給システム。30

【請求項19】

請求項18に記載の蒸気供給システムであって、さらに、前記基板処理チャンバ内でプラズマを発生させるためのプラズマ発生器を備える、蒸気供給システム。

【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、2014年8月1日出願の米国仮特許出願第62/032,234号の利益を主張する。上記出願の開示全体が、参照により本明細書に組み込まれる。40

【0002】

本開示は、基板処理システムに関し、特に、基板処理システムでの蒸気供給のためのシステムおよび方法に関する。

【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、本開示の背景を概略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。

【0004】

基板上に薄膜を蒸着および／またはエッティングするために、基板処理システムが利用されうる。基板処理システムは、通例、ペデスタル、静電チャック、プレートなどの基板支持体を備えた処理チャンバを備える。半導体ウエハなどの基板が、基板支持体上に配置されてよい。化学蒸着（CVD）または原子層蒸着（ALD）処理では、1または複数の前駆体を含むガス混合物が、基板上に薄膜を蒸着するために、処理チャンバに導入されうる。いくつかの基板処理システムでは、高周波（RF）プラズマが、化学反応を活性化するために利用されうる。

【0005】

ガス前駆体のいくつかは、液体を気化させることによって生成される。このアプローチは、しばしば、ALD蒸着（酸化シリコン蒸着など）に利用される。しかしながら、このアプローチは、通例、パルス化された液体流がしばしば制御困難であることから、液体の不完全な気化および高いランニングコストにより、高い欠陥率を有する。

【発明の概要】

【0006】

基板処理システムのための蒸気供給システムが、液体前駆体を収容するためのアンプルと、アンプルを所定の温度まで選択的に加熱して、液体前駆体を少なくとも部分的に気化させるためのヒータと、を備える。加熱注入マニホールドが、流入口および流出口を備える。第1のバルブが、プッシュガス源と流体連通する流入口およびアンプルと流体連通する流出口を有する。第2のバルブが、アンプルから気化した前駆体を受け入れための流入口および加熱注入マニホールドの流入口と流体連通する流出口を有する。バルブマニホールドが、加熱注入マニホールドの流出口と流体連通する第1のノードと、第1のノードと流体連通する流入口およびバキュームと流体連通する流出口を有する第3のバルブと、第1のノードと流体連通する流入口および第2のノードと流体連通する流出口を有する第4のバルブと、第2のノードと流体連通する流出口を有する第5のバルブと、第2のノードと流体連通する流出口を有する第6のバルブと、を備える。ガス分配装置が、第2のノードと流体連通している。

【0007】

別の特徴において、ガス分配装置は、シャワーヘッドを含む。第7のバルブが、第2のバルブの流出口と流体連通する流入口を有する。制限オリフィスが、第2のバルブの流出口と流体連通している。第8のバルブが、制限オリフィスと流体連通する流入口および加熱注入マニホールドと流体連通する流出口を有する。

【0008】

別の特徴において、第9のバルブが、第1のガスマニホールドと流体連通する流入口および第5のバルブの流入口と流体連通する流出口を有する。第10のバルブが、第1のガスマニホールドと流体連通する流入口および第1のガスマニホールドからガス分配装置の背面にガスを供給する流出口を有する。

【0009】

別の特徴において、第10のバルブが、第2のガスマニホールドおよび第6のバルブの流入口と流体連通する流入口ならびにバキュームと流体連通する流出口を有する。

【0010】

別の特徴において、コントローラが、ドーズ段階中に、第1のバルブを用いて、アンプルにプッシュガスを供給し；第2のバルブ、第7のバルブ、制限オリフィス、および、第8のバルブを用いて、アンプルから加熱注入マニホールドに気化前駆体を供給し；第4のバルブを用いて、加熱注入マニホールドからガス分配装置に気化前駆体を供給し；第10のバルブを用いて、第2のガスマニホールドを迂回させるよう構成されている。

【0011】

別の特徴において、ドーズ段階後に、コントローラは、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波（RF）段階、および、RF後段階で動作する。

10

20

30

40

50

【0012】

基板処理システムのための蒸気供給システムを動作させるための方法が：アンプルに液体前駆体を収容する工程と；液体前駆体を少なくとも部分的に気化させるのに十分な所定の温度までアンプルを加熱する工程と；複数の処理段階で動作する工程と；複数の処理段階の少なくとも1つの間に、プッシュガスを選択的に供給して、プッシュガスおよび気化前駆体をアンプルから加熱注入マニホールドに供給すること、プッシュガスにアンプルを迂回させて、気化前駆体を含まないプッシュガスを加熱注入マニホールドに供給すること、ならびに、プッシュガスをバキュームに迂回させて、プッシュガスも気化前駆体も加熱注入マニホールドに供給しないことの内の少なくとも1つを行う工程と；複数の処理段階の少なくとも1つの間に、処理チャンバのガス分配装置に接続されたバルブマニホールドを用いて、加熱注入マニホールドからのガスを選択的に受け入れる工程と；複数の処理段階の少なくとも1つの間に、バルブマニホールドを用いて、加熱注入マニホールドからバキュームにガスを選択的に迂回させる工程と；複数の処理段階の少なくとも1つの間に、バルブマニホールドを用いて、加熱注入マニホールドからガス分配装置にガスを選択的に供給する工程と；複数の処理段階の少なくとも1つの間に、バルブマニホールドを用いて、第1のガスマニホールドからガス分配装置にガスを選択的に供給する工程と；複数の処理段階の少なくとも1つの間に、バルブマニホールドを用いて、第2のガスマニホールドからガス分配装置にガスを選択的に供給する工程と、を備える。

10

【0013】

別の特徴において、ガス分配装置は、シャワーヘッドを含む。ドーズ段階中に、アンプルにプッシュガスを供給し；アンプルから加熱注入マニホールドに気化前駆体を供給し；加熱注入マニホールドからガス分配装置に気化前駆体を供給し；第2のガスマニホールドを迂回させる。

20

【0014】

別の特徴において、ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波（RF）段階、および、RF後段階で動作する。

【0015】

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。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

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。

【0017】

【図1】本開示に従って、基板処理システムを示す機能ブロック図。

【0018】

【図2】本開示に従って、基板処理システムのための蒸気供給システムの一例を示す機能ブロック図。

【0019】

【図3】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの一例を示すタイミング図。

40

【0020】

【図3A】図3の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図3B】図3の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図3C】図3の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図3D】図3の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図3E】図3の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0021】

【図4】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

【0022】

50

【図5】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

【0023】

【図5A】図5の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図5B】図5の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図5C】図5の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図5D】図5の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図5E】図5の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0024】

【図6】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

10

【0025】

【図6A】図6の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図6B】図6の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図6C】図6の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図6D】図6の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図6E】図6の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0026】

【図7】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

20

【0027】

【図7A】図7の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図7B】図7の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図7C】図7の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図7D】図7の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図7E】図7の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0028】

【図8】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

【0029】

30

【図8A】図8の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図8B】図8の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図8C】図8の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図8D】図8の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図8E】図8の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0030】

【図9】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

【0031】

【図9A】図9の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

40

【図9B】図9の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図9C】図9の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図9D】図9の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図9E】図9の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0032】

【図10】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

【0033】

【図10A】図10の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図10B】図10の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

50

【図10C】図10の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図10D】図10の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図10E】図10の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0034】

【図11】蒸気供給システムにおけるバルブの開閉タイミングの別の例を示すタイミング図。

【0035】

【図11A】図11の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図11B】図11の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図11C】図11の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

10

【図11D】図11の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【図11E】図11の1段階における蒸気供給システム内のバルブの動作を示す図。

【0036】

【図12】本開示に従って、コントローラを示す機能ブロック図。

【0037】

【図13】図12のコントローラを動作させるための方法の一例を示すフローチャート。

【0038】

図面において、同様および／または同一の要素を特定するために、同じ符号を用いる場合がある。

【発明を実施するための形態】

20

【0039】

異なるガス前駆体が、酸化シリコンなどの薄膜の原子層蒸着に用いられる。一部のシステムにおいて、ガス前駆体は、気化された液体として供給されうる。このアプローチを用いる従来のシステムは、通例、液体前駆体の不十分な気化、基板処理システムのコールドスポットでの凝結、および、分解により、高い陥率を有する。安定的な薄膜特性を得るためにガス前駆体の連続的な液体流の性質により、ガス前駆体の60%超が、非ドーズ段階中に浪費され、高い動作コストにつながる。

【0040】

ベーパードロー(vapor draw)またはフローオーバーベーパードロー(またはスイープガス)方式のシステムが用いられても、所与のシステムまたはシステム群での製造可能性および再現性は、システムのコンダクタンスへの流量の依存性およびコンダクタンス変動の補正方法の欠落により保証されない。温度が検知される場所と実際の液体-蒸気界面での温度との間の温度差により、他の問題が生じる。

30

【0041】

さらに、ベーパードローまたはフローオーバーベーパー方式のシステムを用いる基板処理システムは、通例、低コストで高速のサイクルを可能にするために、前駆体で完全に充満されたガス分配装置(シャワーヘッドなど)に至るラインを含むモードなど、複数のモードで実行できない。

【0042】

本開示に従った基板処理システムのための蒸気供給システムは、不活性搬送ガスと共に加熱ベーパードローアプローチを用いてガス前駆体を供給する。液体前駆体を収容するアンプルが、所定の蒸気圧を維持するために加熱される。搬送ガスが、安定した前駆体流を維持するためにアンプルを通して流れ。供給ラインに沿った十分な勾配加熱および正確な温度制御が、凝結および分解を防ぐ。

40

【0043】

本開示に従った蒸気供給システムは、さらに、前駆体消費を削減するために、異なるドーズシーケンスを提供する。液体供給では、液体流制御(LFC)の迅速な切り替えが困難であるという性質により、連続流が、安定した薄膜特性を達成するために用いられる。蒸気供給では、連続的な搬送ガスが維持され、前駆体蒸気がドーズ段階中にのみ導入される。一部の例において、前駆体消費は、連続流アプローチと比較すると、50%超削減さ

50

れうる。

【 0 0 4 4 】

液体注入供給と比較すると、本明細書に記載の蒸気搬送ガス方法は、安定した前駆体流に、完全気化、低凝結、および、低分解リスクを提供して、欠陥を削減する。加熱注入マニホールド (HIM : heated injection manifold) への直接液体注入の後に、HIMまたはガス分配装置（シャワー・ヘッドなど）内で蒸発させる代わりに、蒸気が、不活性搬送ガスによって HIM に直接輸送される。

【 0 0 4 5 】

本開示に従った蒸気供給システムは、さらに、ドーズ段階中に安定した流れを維持すると共に他の段階中に前駆体を節約するように、バルブおよびドーズ流のタイミングを提供する。例えば、いくつかの実施例において、前駆体流は、ドーズ段階にのみ導入され、他の段階では遮断される。いくつかの実施例において、搬送ガスのためのダイバータバルブが、安定した前駆体蒸気供給のための安定した搬送ガス流を維持するために導入される。いくつかの実施例では、ガス供給装置に至るラインが完全に充満され、これは、バルブレイアウト、および、ガス供給装置に比較的近接して配置されたバルブマニホールドによって実施できる。本明細書に記載の蒸気供給システムにより、低コストを保ちつつ、前駆体段階とページ段階との間または前駆体段階と RF 段階との間で最速のサイクルが可能になる。

【 0 0 4 6 】

アンプルから処理チャンバまでの流量は、コンダクタンスの関数である。一定したコンダクタンスを維持するために、様々な対処がなされる。駆動圧が、アンプル内の温度を一定に維持することによって制御され、これにより、一定の蒸気圧が提供される。アンプルの下流のコンダクタンスは、一定のコンダクタンスに調節可能である。

【 0 0 4 7 】

一部の例において、アンプルでは、ヒータジャケット上だけではなく、液体中でも温度測定される。連続補充システムが用いられてよい。一部の例において、連続補充システムは、超音波センサを備える。温度監視が、熱電対などの温度センサによって実行されてよい。例えば、第 1 の温度センサが、目標液面（例えば、アンプルの最大量の約 50 %）に配置されてよく、第 2 の温度センサが、補充口の近くのアンプルの底部に配置されてよい。

【 0 0 4 8 】

蒸気圧は、液体と蒸気との間の界面における温度に依存するので、蒸気供給システムは、液面にある温度センサからの温度読み取り値に基づいて制御される。液体補充が行われると、加熱された液体の温度は低下する。したがって、補充中および / または補充後の所定の期間中、蒸気供給システムは、補充中に第 2 の温度センサによって検知された温度または第 1 および第 2 の温度センサの関数に基づいて制御されてよい。あるいは、2 以上の別個の温度センサを備えた 2 以上のヒータ領域が、液体の温度を制御して対象領域に一定の温度を提供するために用いられてもよい。

【 0 0 4 9 】

上記の変更の組み合わせにより、温度およびコンダクタンスの制御の改善が可能であり、経時的かつ複数のツールにわたってアンプルからの流量を再現できるようになる。

【 0 0 5 0 】

ここで、図 1 を参照すると、基板処理システム 10 の一例が示されている。基板処理システム 10 は、処理チャンバ 12 を備える。ガスが、ガス分配装置 14（シャワー・ヘッドまたはその他の装置など）を用いて処理チャンバ 12 に供給されてよい。半導体ウエハなどの基板 18 が、処理中に基板支持体 16 上に配置されてよい。基板支持体 16 は、ペデスタル、静電チャック、機械式チャック、または、その他のタイプの基板支持体を含みうる。

【 0 0 5 1 】

1 または複数のガス供給システム 20 が提供されてよい。例えば、ガス供給システム 2

10

20

30

40

50

0は、1または複数のガス源22-1、22-2、・・・、および、22-N(集合的に、ガス源22)を備えてよく、ここで、Nはゼロより大きい整数である。バルブ24-1、24-2、・・・、および、24-N(集合的に、バルブ24)、マスフローコントローラ(MFC)26-1、26-2、および、26-N(集合的に、MFC26)、または、その他の流量制御装置が、前駆体、反応ガス、不活性ガス、バージガス、および、それらの混合物を、処理チャンバ12にガス混合物を供給するマニホールド30に、制御可能に供給するために用いられてよい。

【0052】

コントローラ40が、(センサ41を用いて)温度、圧力などの処理パラメータを監視し、処理タイミングを制御するために用いられてよい。コントローラ40は、バルブ、ガス供給システム20、ペデスタルヒータ42、および/または、プラズマ発生器46などの処理装置を制御するために用いられてよい。コントローラ40は、バルブ50およびポンプ52を用いて処理チャンバ12を排気するために用いられてもよい。10

【0053】

R F プラズマ発生器46は、処理チャンバ内にR F プラズマを発生させる。R F プラズマ発生器46は、誘導タイプまたは容量タイプのR F プラズマ発生器であってよい。一部の例において、R F プラズマ発生器46は、R F 電源60および整合/配電ネットワーク64を備えてよい。図では、R F プラズマ発生器46がガス分配装置14に接続され、ペデスタルが接地または浮遊しているが、R F プラズマ発生器46が基板支持体16に接続され、ガス分配装置14が接地または浮遊していてもよい。20

【0054】

ここで、図2を参照すると、本開示に従った蒸気供給システム100は、液体前駆体を気化させることによって1または複数のガス前駆体を供給するために用いられてよい。プッシュガス源110が、バルブV215、マスフローコントローラ(MFC)114、および、バルブV210を用いて、ノード115にプッシュガスを供給してよい。単に例として、バルブの各々は、電子的に制御されてよく、流入口と、流出口と、1または複数の制御端子とを備えてよい。バルブV202が、ノード115でガスをバキュームに流すために選択的に用いられてよい。ノード115は、さらに、バルブV214によって、液体前駆体120を収容するアンプル118に接続されている。動作中、プッシュガスは、バルブV214に供給されてよく、気化した前駆体は、バルブV205を用いてアンプル118から流れ出てよい。バイパスバルブV213が、ノード115と、バルブV205に接続されたノード116とに接続されてよい。30

【0055】

アンプル118は、液体前駆体120の温度を制御する1または複数のヒータ121を備えてよい。1または複数の温度センサすなわち熱電対123および125が、アンプル118内の様々な位置で液体前駆体の温度を検知するために提供されてよい。例えば、温度センサ123は、目標充填レベルに配置されてよく、温度センサ125は、アンプル118の底部に配置されてよい。

【0056】

レベルセンサ127(超音波センサまたはその他のレベルセンサなど)が、アンプル118内の前駆体のレベルを検知するために提供されてよい。前駆体供給源129が、アンプル118内の前駆体のレベルに基づいて必要なだけアンプル118に前駆体を供給してアンプル118を選択的に補充するために用いられてよい。一部の例において、前駆体供給源129は、バルブ131と、ポンプ133と、バルク貯蔵容器135とを備えてよいが、他のアプローチが用いられてもよい。40

【0057】

バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55が、ノード116を加熱注入マニホールド(HIM)134に接続するために用いられてよい。制限オリフィス142は、固定制限オリフィス、可変制限オリフィス、または、固定制限オリフィスと可変制限オリフィスとの組み合わせを含みうる。HIM134は、気化した前駆体をアンプル50

118から受け入れる第1の流入口と、流出口とを備える。マニホールド144が、バルブV46によってHIM134に接続されてよい。マニホールド144は、全段階または段階の一部の間に、窒素分子N₂または/およびアルゴン(Ar)などのガスを供給するか、もしくは、どの段階中にも供給しない。HIM134は、さらに、バルブマニホールド146に接続されている。

【0058】

バルブマニホールド146は、1または複数のバルブを備えてよい。例えば、図に示すように、バルブマニホールド146は、バルブV69、V164、V165、および、V166を備えている。マニホールド160が、バルブV89およびV165によってノード163に接続されている。ノード163は、さらに、シャワーヘッド14に接続されている。
バルブV69は、ノード163、マニホールド150、および、ダイバータバルブV167に接続されており、ダイバータバルブV167は、マニホールド150からガスを選択的に迂回させるために提供されてよい。バルブV164の流出口は、ノード166に接続されており、バルブV164の流入口は、ノード163に接続されている。バルブV166は、ノード166を制限オリフィス145およびバキュームに接続する。制限オリフィス145は、固定制限オリフィス、可変制限オリフィス、または、固定制限オリフィスと可変制限オリフィスとの組み合わせを含みうる。

【0059】

一部の例では、マニホールド171が、バルブV44によってバルブV89およびV165Bの間のノード173に選択的に接続される。マニホールド171は、バルブV36にバキュームによって選択的に接続される。一部の例において、このマニホールドはアルゴン(Ar)を供給するが、その他のガスが供給されてもよい。

【0060】

ここで、図3および図3A～図3Eを参照すると、図2のバルブの動作の一例が示されている。図3および図3Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れれる。気化した前駆体は、バルブV164を用いてバルブマニホールド146を通ってシャワーヘッド14に至る。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーヘッド14の背面に供給されてよい。マニホールド150は、バルブV167によって迂回される。

【0061】

図3および図3Bにおいて、ドーズページ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れれる。HIM134の流出口は、バルブV166および制限オリフィス145によってバキュームに迂回される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーヘッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV167によって迂回される。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーヘッド14の背面に供給されてよい。

【0062】

図3および図3Cにおいて、ドーズページ後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れれる。HIM134の流出口は、バルブV166および制限オリフィス145によってバキュームに迂回される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーヘッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV69によってノード163を経てシャワーヘッド14に方向付けられ

10

20

30

40

50

る。バージガスが、バルブV 162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

【0063】

図3および図3Dにおいて、RF段階中に、プッシュガスが、バルブV 215、MFC 114、バルブV 210、および、バルブV 214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV 205を用いてアンプル118を出て、バルブV 206、制限オリフィス142、および、バルブV 55を用いて、HIM134に流れる。HIM134の流出口は、バルブV 166および制限オリフィス145によってバキュームに迂回される。マニホールド150の出力は、バルブV 69によってシャワーへッド14に方向付けられる。バージガスが、バルブV 162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。10

【0064】

図3および図3Eにおいて、RF後段階中に、プッシュガスが、バルブV 215、MFC 114、バルブV 210、および、バルブV 214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV 205を用いてアンプル118を出て、バルブV 206、制限オリフィス142、および、バルブV 55を用いて、HIM134に流れる。HIM134の流出口は、バルブV 166および制限オリフィス145によってバキュームに迂回される。マニホールド160の出力は、バルブV 89およびV 165によってシャワーへッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV 167によって迂回される。バージガスが、バルブV 162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。20

【0065】

単に例として、プッシュガス源110は、アルゴンなどの不活性ガスであってよいが、他の不活性ガスすなわちプッシュガスが用いられてもよい。マニホールド144は、窒素分子N₂を供給してよいが、他のガスが用いられてもよい。バルブV 162によって供給されるバージガスは、窒素分子N₂を含んでよいが、他のガスが用いられてもよい。バルブV 89およびV 165によって供給されるバーストバージガス(burst purge gas)は、Ar/N₂を含んでよいが、他のバージガスが用いられてもよい。マニホールド150は、O₂/N₂O/Arなどのガス混合物を供給してよいが、他のガス混合物が提供されてもよい。30

【0066】

ここで、図4を参照すると、動作は、図3および図3A～図3Eに関して上述したものと同様である。ただし、低流量コンダクタンスが、迂回中にバルブV 164およびV 166によって維持される。

【0067】

ここで、図5および図5A～図5Eを参照すると、図2のバルブの動作の一例が示されている。図5および図5Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブV 215、MFC 114、バルブV 210、および、バルブV 214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV 205を用いてアンプル118を出て、バルブV 206、制限オリフィス142、および、バルブV 55を用いて、HIM134に流れる。気化した前駆体は、バルブV 164を用いてバルブマニホールド146を通ってシャワーへッド14に至る。バージガスが、バルブV 162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。マニホールド150は、バルブV 167によって迂回される。40

【0068】

図5および図5Bにおいて、ドーズバージ段階中に、プッシュガスが、バルブV 215、MFC 114、バルブV 210、バルブV 213、バルブV 206、および、バルブV 55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV 164によってシャワーへッド14に供給される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV 89およびV 165によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV 167によって迂回される。バージガスが、バルブV50

162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

【0069】

図5および図5Cにおいて、ドーズパージ後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV213、バルブV206、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV164によってシャワーへッド14に供給される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV69によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。パージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

10

【0070】

図5および図5Dにおいて、RF段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV213、バルブV206、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV164によってシャワーへッド14に供給される。マニホールド150の出力は、バルブV69によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。パージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

【0071】

図5および図5Eにおいて、RF後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV213、バルブV206、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV164によってシャワーへッド14に供給される。マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV167によって迂回される。パージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

20

【0072】

ここで、図6および図6A～図6Eを参照すると、図2のバルブの動作の一例が示されている。図6および図6Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れれる。気化した前駆体は、バルブV164を用いてバルブマニホールド146を通ってシャワーへッド14に至る。パージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。マニホールド150は、バルブV167によって迂回される。

30

【0073】

図6および図6Bにおいて、ドーズパージ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV213、バルブV206、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166によってバキュームに迂回される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV167によって迂回される。パージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

40

【0074】

図6および図6Cにおいて、ドーズパージ後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV213、バルブV206、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166によってバキュームに迂回される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV69によってノード163を経てシャワーへッド14に方向付けられる。パージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給

50

されてよい。

【0075】

図6および図6Dにおいて、RF段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV213、バルブV206、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166によってバキュームに迂回される。マニホールド150の出力は、バルブV69によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。

【0076】

図6および図6Eにおいて、RF後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV214、バルブV205、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166によってバキュームに迂回される。マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV167によって迂回される。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。

【0077】

ここで、図7および図7A～図7Eを参照すると、図2のバルブの動作の一例が示されている。図7および図7Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れる。気化した前駆体は、バルブV164を用いてバルブマニホールド146を通ってシャワーHEAD14に至る。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。マニホールド150は、バルブV167によって迂回される。

【0078】

図7および図7Bにおいて、ドーズページ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、および、バルブV210を用いて供給される。バルブV202は、プッシュガスをバキュームへ迂回する。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV167によって迂回される。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。

【0079】

図7および図7Cにおいて、ドーズページ後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、および、バルブV210を用いて供給される。バルブV202は、プッシュガスをバキュームへ迂回させる。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV69によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。

【0080】

図7および図7Dにおいて、RF段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、および、バルブV210を用いて供給される。バルブV202は、プッシュガスをバキュームへ迂回させる。マニホールド150の出力は、バルブV69によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。ページガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。

【0081】

図7および図7Eにおいて、RF後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、バルブV214、バルブV205、および、バルブV55を用いて、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166によってバ

10

20

30

40

50

キュームに迂回される。マニホールド 160 の出力は、バルブ V89 および V165 によってノード 163 を経てシャワーヘッド 14 に方向付けられる。マニホールド 150 の出力は、バルブ V167 によって迂回される。ページガスが、バルブ V162 を用いて、シャワーヘッド 14 の背面に供給されてよい。

【0082】

ここで、図 8 および図 8 A ~ 図 8 E を参照すると、図 2 のバルブの動作の一例が示されている。図 8 および図 8 Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブ V215、MFC114、バルブ V210、および、バルブ V214 を用いて、アンプル 118 に供給される。気化した前駆体が、バルブ V205 を用いてアンプル 118 を出て、バルブ V206、制限オリフィス 142、および、バルブ V55 を用いて、HIM134 に流れ 10 る。さらに、ガスが、マニホールド 144 から HIM134 に流れる。気化した前駆体は、バルブ V164 を用いてバルブマニホールド 146 を通ってシャワーヘッド 14 に至る。ページガスが、バルブ V162 を用いて、シャワーヘッド 14 の背面に供給されてよい。マニホールド 150 は、バルブ V167 によって迂回される。

【0083】

図 8 および図 8 Bにおいて、ドーズページ段階中に、プッシュガスが、バルブ V215、MFC114、および、バルブ V210 を用いて供給される。バルブ V202 は、プッシュガスをバキュームへ迂回させる。マニホールド 144 によって供給されたガスは、バルブ V166 によってバキュームに向け直される。さらに、マニホールド 160 の出力は、バルブ V89 および V165 によってノード 163 を経てシャワーヘッド 14 に方向付けられる。マニホールド 150 の出力は、バルブ V167 によって迂回される。ページガスが、バルブ V162 を用いて、シャワーヘッド 14 の背面に供給されてよい。 20

【0084】

図 8 および図 8 Cにおいて、ドーズページ後段階中に、プッシュガスが、バルブ V215、MFC114、および、バルブ V210 を用いて供給される。バルブ V202 は、プッシュガスをバキュームへ迂回させる。マニホールド 144 によって供給されたガスは、バルブ V166 によってバキュームに向け直される。さらに、マニホールド 160 の出力は、バルブ V89 および V165 によってノード 163 を経てシャワーヘッド 14 に方向付けられる。マニホールド 150 の出力は、バルブ V69 によってノード 163 を経てシャワーヘッド 14 に方向付けられる。ページガスが、バルブ V162 を用いて、シャワーヘッド 14 の背面に供給されてよい。 30

【0085】

図 8 および図 8 Dにおいて、RF 段階中に、プッシュガスが、バルブ V215、MFC114、および、バルブ V210 を用いて供給される。バルブ V202 は、プッシュガスをバキュームへ迂回させる。マニホールド 144 によって供給されたガスは、バルブ V166 によってバキュームに向け直される。マニホールド 150 の出力は、バルブ V69 によってノード 163 を経てシャワーヘッド 14 に方向付けられる。ページガスが、バルブ V162 を用いて、シャワーヘッド 14 の背面に供給されてよい。

【0086】

図 8 および図 8 Eにおいて、RF 後段階中に、プッシュガスが、バルブ V215、MFC114、バルブ V210、バルブ V214、バルブ V205、および、バルブ V55 を用いて、HIM134 に供給される。ガスが、マニホールド 144 によって HIM134 に供給される。HIM134 の出力は、バルブ V166 によってバキュームに迂回される。マニホールド 160 の出力は、バルブ V89 および V165 によってノード 163 を経てシャワーヘッド 14 に方向付けられる。マニホールド 150 の出力は、バルブ V167 によって迂回される。ページガスが、バルブ V162 を用いて、シャワーヘッド 14 の背面に供給されてよい。 40

【0087】

ここで、図 9 および図 9 A ~ 図 9 E を参照すると、図 2 のバルブの動作の一例が示されている。図 9 および図 9 Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブ V215 50

、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れる。さらに、ガスが、バルブV46を介してマニホールド144からHIM134に流れる。気化した前駆体は、バルブV164によってバルブマニホールド146を通ってシャワーHEAD14に至る。バージガスが、バルブV162を介してマニホールド160からシャワーHEAD14の背面に供給されてよい。マニホールド150は、バルブV167によって迂回される。

【0088】

図9および図9Bにおいて、ドーズバージ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、V213、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV164BによってシャワーHEAD14へ供給される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV167によって迂回される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。10

【0089】

図9および図9Cにおいて、ドーズバージ後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、V213、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV164BによってシャワーHEAD14へ供給される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってノード163を経てシャワーHEAD14に方向付けられる。マニホールド150の出力は、バルブV69BによってシャワーHEAD14に供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。20

【0090】

図9および図9Dにおいて、RF段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、V213、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166Bによってバキュームに迂回される。マニホールド150の出力は、バルブV69BによってシャワーHEAD14に供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。30

【0091】

図9および図9Eにおいて、RF後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、V214、205、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166Bによってバキュームに迂回される。さらに、マニホールド160の出力は、バルブV89およびV165によってシャワーHEAD14に供給される。マニホールド150の出力は、バルブV167によってバキュームに迂回される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーHEAD14の背面に供給されてよい。40

【0092】

単に例として、ドーズ段階は、0.4秒の持続期間を有してよく、ドーズバージ段階は、0秒の持続期間を有してよく、ドーズバージ後段階は、0.4秒の持続期間を有してよく、RF段階は、0.6秒の持続期間を有してよく、RF後段階は、0.1秒の持続期間を有してよいが、その他の持続期間が用いられてもよい。ドーズバージ段階は、一部の例において、ゼロまたは非ゼロの持続期間を有してよい。

【0093】

ここで、図10および図10A～図10Eを参照すると、図2のバルブの動作の一例が50

示されている。図10および図10Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れる。さらに、ガスが、マニホールド144からHIM134に流れる。気化した前駆体は、バルブV164によってバルブマニホールド146を通ってシャワーへッド14に至る。バージガスが、バルブV162を介して、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。マニホールド150は、バルブV167によって迂回される。

【0094】

図10および10Bにおいて、ドーズバージ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、V213、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV164Bによってシャワーへッド14へ供給される。マニホールド150の出力は、バルブV69Bによってシャワーへッド14に供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

【0095】

図10および10Cにおいて、ドーズバージ後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、V213、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166Bによってバキュームに迂回される。マニホールド150の出力は、バルブV69Bによってシャワーへッド14に供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

【0096】

図10および10Dにおいて、RF段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、V213、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166Bによってバキュームに迂回される。マニホールド150の出力は、バルブV69Bによってシャワーへッド14に供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

【0097】

図10および10Eにおいて、RF後段階中に、気化した前駆体が、バルブV215、MFC114、バルブV210、V214、V205、V206、および、V55を用いて、HIM134に供給される。マニホールド144によって供給されたガスも、HIM134に供給される。HIM134の出力は、バルブV166Bによってバキュームに迂回される。マニホールド150の出力は、バルブV69Bによってシャワーへッド14に供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーへッド14の背面に供給されてよい。

【0098】

単に例として、ドーズ段階は、0.4秒の持続期間を有してよく、ドーズバージ段階は、0秒の持続期間を有してよく、ドーズバージ後段階は、0.4秒の持続期間を有してよく、RF段階は、0.6秒の持続期間を有してよく、RF後段階は、0.1秒の持続期間を有してよいが、その他の持続期間が用いられてもよい。ドーズバージ段階は、一部の例において、ゼロまたは非ゼロの持続期間を有してよい。

【0099】

ここで、図11および図11A～図11Eを参照すると、図2のバルブの動作の一例が示されている。図11および図11Aにおいて、ドーズ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、バルブV210、および、バルブV214を用いて、アンプル118に供給される。気化した前駆体が、バルブV205を用いてアンプル118を出

10

20

30

40

50

て、バルブV206、制限オリフィス142、および、バルブV55を用いて、HIM134に流れる。さらに、ガスが、マニホールド144からHIM134に流れる。気化した前駆体は、バルブV164によってバルブマニホールド146を通ってシャワーヘッド14に至る。バージガスが、バルブV162を介して、シャワーヘッド14の背面に供給されてよい。マニホールド150は、バルブV167によって迂回される。マニホールド171は、バルブV89が閉じられた状態で、バルブV44およびV165Bを介してシャワーヘッド14にガスを供給する。一部の例において、バルブは、アルゴン(Ar)を供給するが、その他のガスが用いられてもよい。

【0100】

図11および図11Bにおいて、ドーズバージ段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、および、バルブV210を用いて、バルブV214、V213、および、V202の片側に供給される。マニホールド144によって供給されたガスは、バルブV46によってHIM134に方向付けられる。HIM134の出力は、バルブV166BおよびV164Bの片側に供給される。マニホールド150の出力は、バルブV167によって迂回される。ガスが、バルブV89およびV165Bを介してマニホールド160からシャワーヘッド14へ供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーヘッド14の背面に供給されてよい。マニホールド171は、バルブV36によってバキュームに迂回される。

【0101】

図11および図11Cにおいて、ドーズバージ後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、および、バルブV210を用いて、バルブV214、V213、および、V202の片側に供給される。マニホールド144によって供給されたガスは、バルブV46によってHIM134に方向付けられる。HIM134の出力は、バルブV166BおよびV164Bの片側に供給される。マニホールド150の出力は、バルブV69Bによってシャワーヘッド14に供給される。ガスが、バルブV89およびV165Bを介してマニホールド160からシャワーヘッド14へ供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーヘッド14の背面に供給されてよい。マニホールド171は、バルブV36によってバキュームに迂回される。

【0102】

図11および図11Dにおいて、RF段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、および、バルブV210を用いて、バルブV214、V213、および、V202の片側に供給される。マニホールド144によって供給されたガスは、バルブV46によってHIM134に方向付けられる。HIM134の出力は、バルブV166BおよびV164Bの片側に供給される。マニホールド150の出力は、バルブV69Bによってシャワーヘッドに供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーヘッド14の背面に供給されてよい。マニホールド171は、バルブV36によってバキュームに迂回される。

【0103】

図11および図11Eにおいて、RF後段階中に、プッシュガスが、バルブV215、MFC114、および、バルブV210を用いて、バルブV214、V213、および、V202の片側に供給される。マニホールド144によって供給されたガスは、バルブV46によってHIM134に方向付けられる。HIM134の出力は、バルブV166BおよびV164Bの片側に供給される。マニホールド150の出力は、バルブV167によってバキュームに迂回される。ガスが、バルブV89およびV165Bを介してマニホールド160からシャワーヘッド14へ供給される。バージガスが、バルブV162を用いて、シャワーヘッド14の背面に供給されてよい。マニホールド171は、バルブV36によってバキュームに迂回される。

【0104】

単に例として、ドーズ段階は、0.4秒の持続期間を有してよく、ドーズバージ段階は、0.3秒の持続期間を有してよく、ドーズバージ後段階、0.1秒の持続期間を有して

10

20

30

40

50

よく、RF段階は、0.4秒の持続期間を有してよく、RF後段階は、0.15秒の持続期間を有してよいが、その他の持続期間が用いられてもよい。

【0105】

ここで、図12を参照すると、コントローラ40は、温度フィードバックを提供してヒータ121を制御するために、温度センサすなわち熱電対123および125に接続されてよい。コントローラ40は、さらに、アンプル118の前駆体充填レベルを制御するために、レベルセンサ127と通信してよい。コントローラ40は、さらに、蒸気供給システムのラインの内の1または複数のラインに配置された圧力調整器271の調節を可能にするために、1または複数の圧力センサ270を監視してよい。コントローラ40は、さらに、制限オリフィス142を制御してラインのコンダクタンスを調節するために用いられてもよい。一部の例において、制限オリフィス142は、1または複数のシステムセンサからのフィードバックに基づいて調節されてよい。コントローラ40は、さらに、集合的に符号274で示したバルブおよびMFC114と通信する。コントローラ40は、マニホールド144、150、および、160に関連するものなど、1または複数のガス供給システム(集合的に符号280で示す)と通信する。10

【0106】

ここで、図13を参照すると、バルブを制御するための方法の一例が示されている。工程320で、制御は、蒸気が供給されるべきか否かを判定する。真の場合、制御は、工程324に進み、ドーズ段階中にバルブを制御する。ドーズ段階が工程326で判定されたように終了すると、制御は、工程330に進み、ドーズページ段階中にバルブを制御する。ドーズページ段階が工程334で判定されたように終了すると、制御は、工程338に進み、ドーズページ後段階中にバルブを制御する。ドーズページ後段階が工程340で判定されたように終了すると、制御は、工程344に進み、RF段階中にバルブを制御する。RF段階が工程348で判定されたように終了すると、制御は、工程352に進み、RF後段階中にバルブを制御する。RF後段階が工程356で判定されたように終了すると、制御は終了する。方法は、基板に対して1または複数回繰り返されてよい。20

【0107】

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。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り、「Aの少なくとも1つ、Bの少なくとも1つ、および、Cの少なくとも1つ」という意味であると解釈されるべきではない。方法に含まれる1または複数の段階が、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

【0108】

本願では、以下の定義を含め、コントローラという用語は、回路という用語と交換可能である。コントローラという用語は、特定用途向け集積回路(ASSIC)；デジタル、アナログ、または、アナログ/デジタル混合ディスクリート回路；デジタル、アナログ、または、アナログ/デジタル混合集積回路；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)プロセッサ回路；プロセッサ回路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)メモリ回路；記述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；もしくは、システムオンチップなどの上記の一部または全部の組み合わせ、を指しうる、の一部でありうる、もしくは、を含みうる。40

【0109】

コントローラは、1または複数のインターフェース回路を備えてよい。いくつかの例において、インターフェース回路は、ローカルエリアネットワーク(LAN)、インターネ50

ット、ワイドエリアネットワーク（WAN）、または、それらの組み合わせに接続された有線または無線のインターフェースを含みうる。本開示の任意のコントローラの機能は、インターフェース回路を用いて接続された複数のコントローラ間に分散されてもよい。例えば、複数のコントローラは、負荷バランシングが可能であってよい。さらなる例において、サーバ（リモートまたはクラウドとしても知られる）コントローラが、クライアントコントローラの代わりにいくつかの機能を実現してもよい。

【0110】

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、データ構造、および／または、オブジェクトを指しうる。共有プロセッサ回路という用語は、複数のコントローラからのコードの一部または全部を実行する単一のプロセッサ回路を含む。グループプロセッサ回路という用語は、さらなるプロセッサ回路と共に、1または複数のコントローラからのコードの一部または全部を実行するプロセッサ回路を含む。複数のプロセッサ回路とは、別個のダイ上の複数のプロセッサ回路、単一のダイ上の複数のプロセッサ回路、単一のプロセッサ回路の複数のコア、単一のプロセッサ回路の複数のスレッド、または、上記の組み合わせを含む。共有メモリ回路という用語は、複数のコントローラからのコードの一部または全部を格納する単一のメモリ回路を含む。グループメモリ回路という用語は、さらなるメモリと共に、1または複数のコントローラからのコードの一部または全部を格納するメモリ回路を含む。

【0111】

メモリ回路という用語は、コンピュータ読み取り可能な媒体という用語のサブセットである。コンピュータ読み取り可能な媒体という用語は、本明細書で用いられているように、（搬送波上などで）媒体を通して伝搬する一時的な電気または電磁信号を含まないため、有形かつ非一時的なものと見なされてよい。非一時的な有形のコンピュータ読み取り可能な媒体の例は、不揮発性メモリ回路（フラッシュメモリ回路またはマスク読み出し専用メモリ回路など）、揮発性メモリ回路（ステティックランダムアクセスメモリ回路およびダイナミックランダムアクセスメモリ回路など）、ならびに、二次ストレージ（磁気ストレージ（磁気テープまたはハードディスクドライブなど）および光学ストレージなど）を含むが、これらに限定されない。

【0112】

本願に記載の装置および方法は、コンピュータプログラム内に具現化された1または複数の特定の機能を実行するように汎用コンピュータを構成することによって作られた専用コンピュータによって部分的または完全に実施されてよい。コンピュータプログラムは、少なくとも1つの非一時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。また、コンピュータプログラムは、格納されたデータを含んでもよいし、格納されたデータに依存してもよい。コンピュータプログラムは、専用コンピュータのハードウェアと相互作用する基本入出力システム（BIOS）、専用コンピュータの特定のデバイスと相互作用するデバイスドライバ、1または複数のオペレーティングシステム、ユーザアプリケーション、バックグラウンドサービスおよびアプリケーションなどを含みうる。コンピュータプログラムは以下を含みうる：(i) アセンブリコード；(ii) コンパイラによってソースコードから生成されたオブジェクトコード；(iii) インタープリタによる実行のためのソースコード；(iv) 実行時コンパイラによるコンパイルおよび実行のためのソースコード；(v) HTML（ハイパーテキストマークアップ言語）またはXML（拡張マークアップ言語）など、構文解析のための記述テキストなど。単に例として、ソースコードは、C、C++、C#、Objective-C、Haskell、Go、SQL、 Lisp、Java（登録商標）、ASP、Perl、JavaScript（登録商標）、HTML5、Ada、ASP（アクティブサーバページ）、Perl、Scala、Erlang、Ruby、Flash（登録商標）、Visual Basic（登録商標）、Lua、または、Python（登録商標）で書かれてよい。

10

20

30

40

50

【0113】

要素が明確に「means for (ための手段)」という表現を用いて記載されていない限りは、もしくは、「operation for (ための動作)」または「stage for (ための段階)」という表現を用いた方法請求項の場合には、請求項に記載の要素は、米国特許法第112条(f)の意義の範囲内でミーンズ・プラス・ファンクション要素であることを意図されていない。

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例1：

基板処理システムのための蒸気供給システムであって、
液体前駆体を収容するためのアンプルと、
前記アンプルを所定の温度まで選択的に加熱して、前記液体前駆体を少なくとも部分的に気化させるためのヒータと、
流入口および流出口を備えた加熱注入マニホールドと、
プッシュガス源と流体連通する流入口および前記アンプルと流体連通する流出口を有する第1のバルブと、
前記アンプルから気化前駆体を受け入れるための流入口および前記加熱注入マニホールドの前記流入口と流体連通する流出口を有する第2のバルブと、
バルブマニホールドであって、
前記加熱注入マニホールドの流出口と流体連通する第1のノードと、
前記第1のノードと流体連通する流入口およびバキュームと流体連通する流出口を有する第3のバルブと、
前記第1のノードと流体連通する流入口および第2のノードと流体連通する流出口を有する第4のバルブと、
前記第2のノードと流体連通する流出口を有する第5のバルブと、
前記第2のノードと流体連通する流出口を有する第6のバルブと、を備えた、バルブマニホールドと、
前記第2のノードと流体連通するガス分配装置と、
を備える、蒸気供給システム。

10

20

30

適用例2：

適用例1の蒸気供給システムであって、前記ガス分配装置は、シャワー ヘッドを含む、蒸気供給システム。

適用例3：

適用例1の蒸気供給システムであって、さらに、
前記第2のバルブの前記流出口と流体連通する流入口を有する第7のバルブと、
前記第2のバルブの前記流出口と流体連通する制限オリフィスと、
前記制限オリフィスと流体連通する流入口および前記加熱注入マニホールドと流体連通する流出口を有する第8のバルブと、
を備える、蒸気供給システム。

40

適用例4：

適用例3の蒸気供給システムであって、さらに、
第1のガスマニホールドと流体連通する流入口および前記第5のバルブの流入口と流体連通する流出口を有する第9のバルブを備える、蒸気供給システム。

適用例5：

適用例4の蒸気供給システムであって、さらに、前記第1のガスマニホールドと流体連通

50

する流入口および前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置の背面にガスを供給する流出口を有する第10のバルブを備える、蒸気供給システム。

適用例6：

適用例4の蒸気供給システムであって、さらに、第2のガスマニホールドおよび前記第6のバルブの流入口と流体連通する流入口ならびにバキューム源と流体連通する流出口を有する第10のバルブを備える、蒸気供給システム。

適用例7：

適用例6の蒸気供給システムであって、さらに、

ドーズ段階中に、

前記第1のバルブを用いて、前記アンプルにプッシュガスを供給し、

前記第2のバルブ、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記アンプルから前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を供給し、

前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドから前記ガス分配装置に前記気化前駆体を供給し、

前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドを迂回させるよう構成されたコントローラを備える、蒸気供給システム。

適用例8：

20

適用例7の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波（RF）段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズページ段階、前記ドーズページ後段階、前記RF段階、および、前記RF後段階中に、

前記第1のバルブを用いて、前記アンプルにプッシュガスを供給し、

前記第2のバルブ、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記アンプルから前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を供給し、

前記前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドからバキュームに前記気化前駆体を迂回させ、

30

前記ドーズページ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズページ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

40

適用例9：

適用例7の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波（RF）段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズページ段階、前記ドーズページ後段階、前記RF段階、および、前記RF後段階中に、前記第2のバルブ、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第

50

8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに、そして、前記第4のバルブを用いて、前記ガス分配装置に、前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、
前記ドーズページ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、
前記ドーズページ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、
前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、
前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

適用例10：

適用例7の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、
前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、
前記ドーズページ段階、前記ドーズページ後段階、前記RF段階、および、前記RF後段階中に、前記第2のバルブ、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第3のバルブおよび前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドからバキュームに前記プッシュガスを迂回させ、
前記ドーズページ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、
前記ドーズページ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、
前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、
前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

適用例11：

適用例7の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、
前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、
前記ドーズページ段階、前記ドーズページ後段階、前記RF段階、および、前記RF後段階中に、前記プッシュガスをバキュームに迂回させ、
前記ドーズページ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、
前記ドーズページ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、

10

20

30

40

50

て、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

適用例12:

10

適用例7の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズページ段階、前記ドーズページ後段階、前記RF段階、および、前記RF後段階中に、前記プッシュガスをバキュームに迂回させ、第3のガスマニホールドから前記加熱注入マニホールドにガスを供給し、前記第3のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの前記流出口を迂回させ、

前記ドーズページ段階中に、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

20

前記ドーズページ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記RF段階中に、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第9のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記RF後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブおよび前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

30

適用例13:

適用例7の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波(RF)段階、および、RF後段階で動作し、

前記ドーズページ段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、前記第8のバルブ、および、前記第4のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドおよび前記ガス分配装置に前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第10のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

40

前記ドーズページ後段階および前記RF段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第3のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力を迂回させ、

前記RF後段階中に、前記第7のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第8のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに気化前駆体を供給し、前記第3のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力を迂回させ、

前記ドーズページ後段階中に、前記第9のバルブおよび前記第5のバルブを用いて、前記第1のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第6のバルブを用いて、前記第2のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

50

前記 R F 段階中に、前記第 6 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第 9 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記 R F 後段階中に、前記第 9 のバルブおよび前記第 5 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第 10 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドからガスを迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

適用例 1 4 :

適用例 7 の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波（R F）段階、および、R F 後段階で動作し、

前記ドーズページ段階中に、前記第 7 のバルブ、前記制限オリフィス、前記第 8 のバルブ、および、前記第 4 のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドおよび前記ガス分配装置に前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第 6 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第 9 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず、

前記ドーズページ後段階および前記 R F 段階中に、前記第 7 のバルブ、前記制限オリフィス、および、前記第 8 のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに前記気化前駆体を含まない前記プッシュガスを供給し、前記第 3 のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力を迂回させ、

前記ドーズページ後段階、前記 R F 段階、および、前記 R F 後段階中に、前記第 6 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第 9 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給せず

前記 R F 後段階中に、前記第 1 のバルブ、前記第 2 のバルブ、前記第 7 のバルブ、および、前記第 8 のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドに気化前駆体を供給し、前記第 3 のバルブを用いて、前記加熱注入マニホールドの出力を迂回させるよう構成されている、蒸気供給システム。

適用例 1 5 :

適用例 7 の蒸気供給システムであって、前記コントローラは、さらに、

前記ドーズ段階後に、順次、ドーズページ段階、ドーズページ後段階、高周波（R F）段階、および、R F 後段階で動作し、

前記ドーズ段階中に、前記第 9 のバルブが閉じられた状態で、第 3 のマニホールドから第 11 のバルブおよび前記第 5 のバルブを通して前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズページ段階中に、前記加熱注入マニホールドにページガスも気化前駆体も供給せず、前記第 10 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第 9 のバルブおよび前記第 5 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記ドーズページ後段階中に、前記加熱注入マニホールドにページガスも気化前駆体も供給せず、前記第 6 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、前記第 9 のバルブおよび前記第 5 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記 R F 段階中に、前記加熱注入マニホールドにページガスも気化前駆体も供給せず、前記第 6 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給し、

前記 R F 後段階中に、前記加熱注入マニホールドにページガスも気化前駆体も供給せず、前記第 10 のバルブを用いて、前記第 2 のガスマニホールドからガスを迂回させ、前記第 9 のバルブおよび前記第 5 のバルブを用いて、前記第 1 のガスマニホールドから前記ガス分配装置にガスを供給するよう構成されている、蒸気供給システム。

10

20

30

40

50

適用例 1 6 :適用例 1 の蒸気供給システムであって、さらに、前記アンプル内の前記液体前駆体のレベルを検知するためのレベルセンサと、前記レベルに基づいて、前記アンプル内の前記液体前駆体のレベルを自動的に維持するための前駆体供給源と、を備える、蒸気供給システム。適用例 1 7 :適用例 1 6 の蒸気供給システムであって、さらに、前記アンプル内の第 1 の位置で前記液体前駆体の温度を検知するための第 1 の温度センサと、前記アンプル内の第 2 の位置で前記液体前駆体の温度を検知するための第 2 の温度センサと、を備え、前記第 1 の位置は、目標充填レベルに配置され、前記第 2 の位置は、前記目標充填レベルと補充位置との間に配置される、蒸気供給システム。

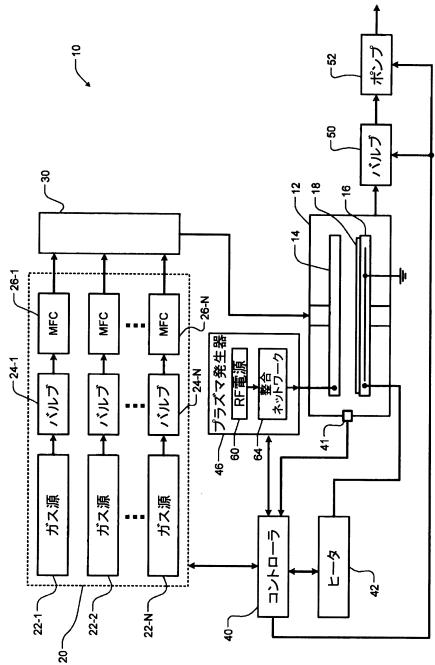
10

適用例 1 8 :適用例 1 の蒸気供給システムであって、前記ガス分配装置は、基板処理チャンバ内に配置され、原子層蒸着および化学蒸着の少なくとも一方が、前記基板処理チャンバ内で実行される、蒸気供給システム。

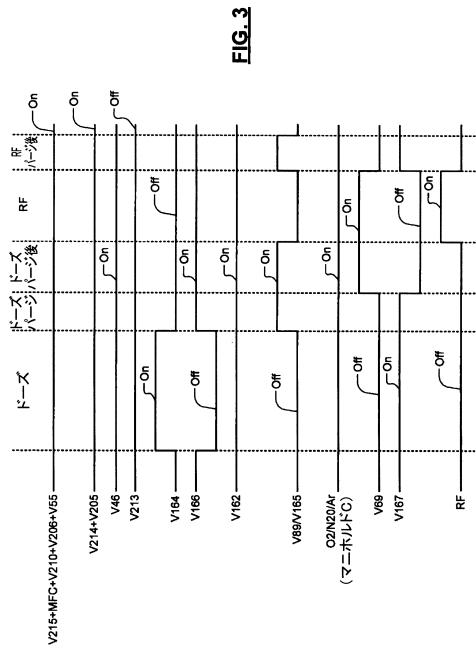
20

適用例 1 9 :適用例 1 8 の蒸気供給システムであって、さらに、前記基板処理チャンバ内でプラズマを発生させるためのプラズマ発生器を備える、蒸気供給システム。

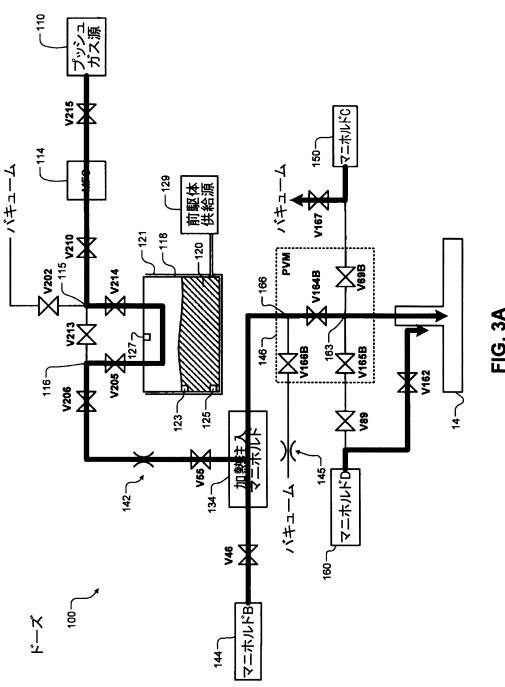
【図 1】



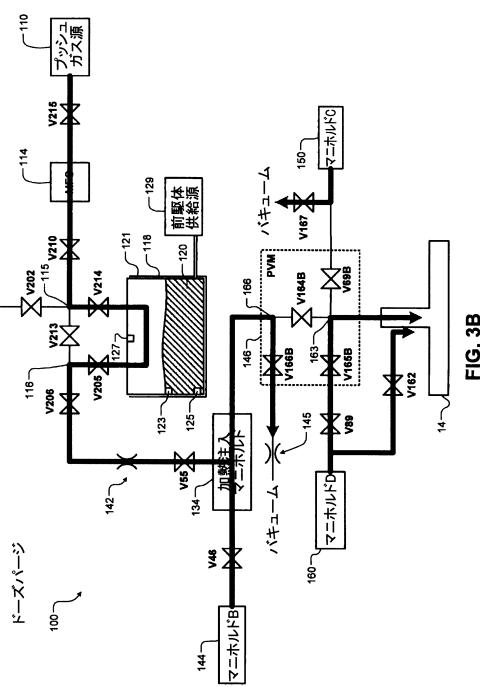
【 3 】



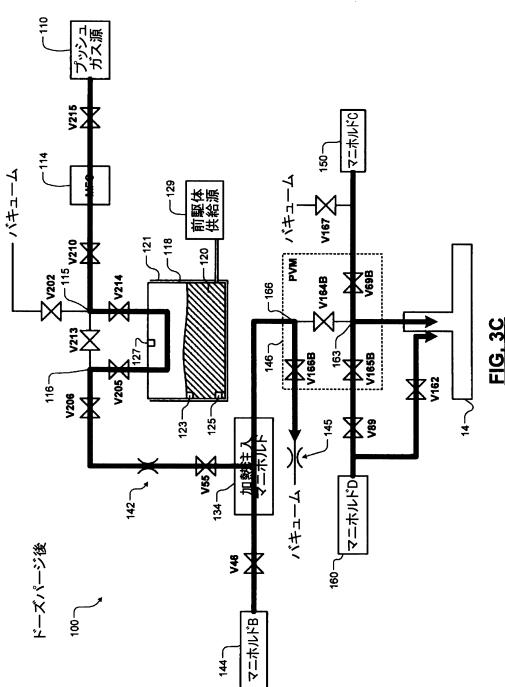
【図3A】



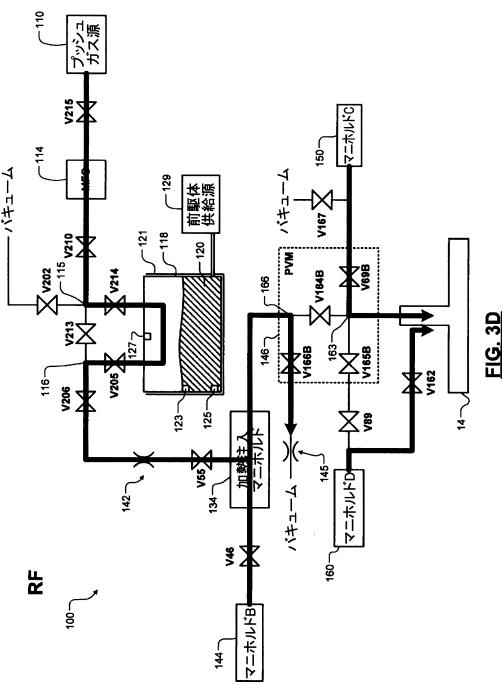
【図3B】



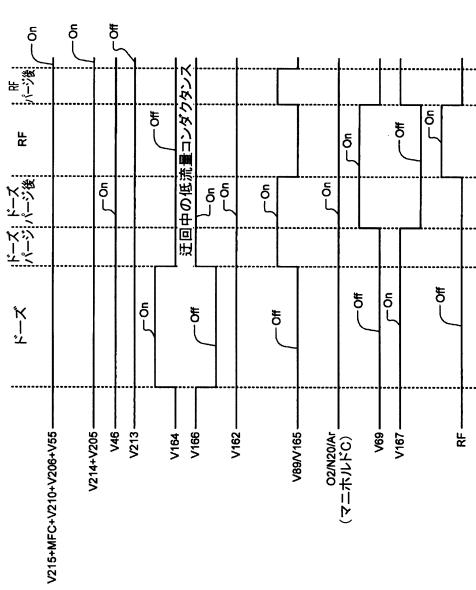
【図3C】



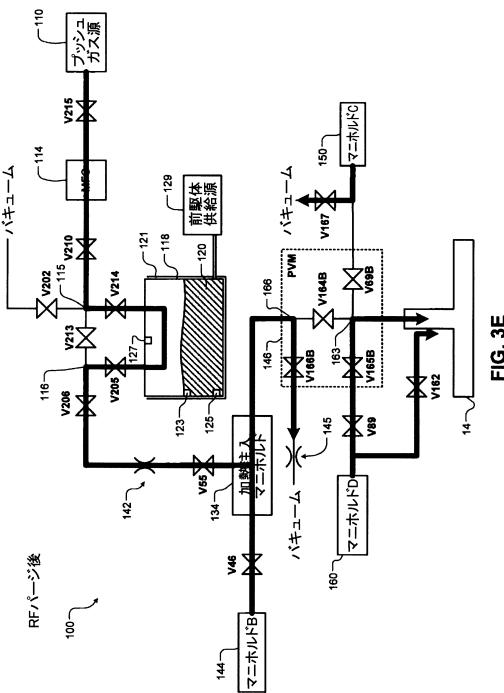
【図3D】



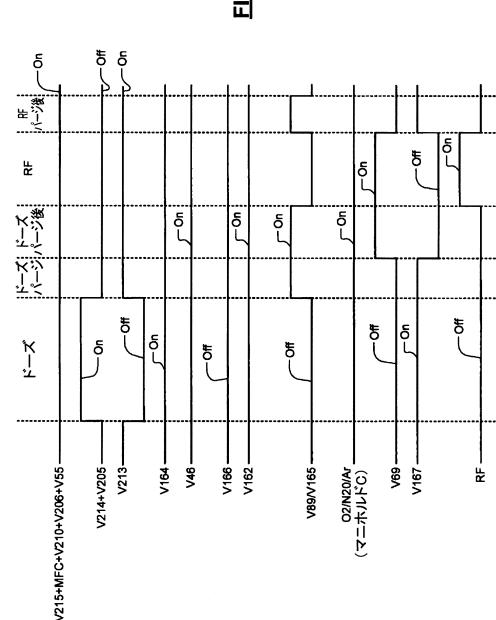
【図4】



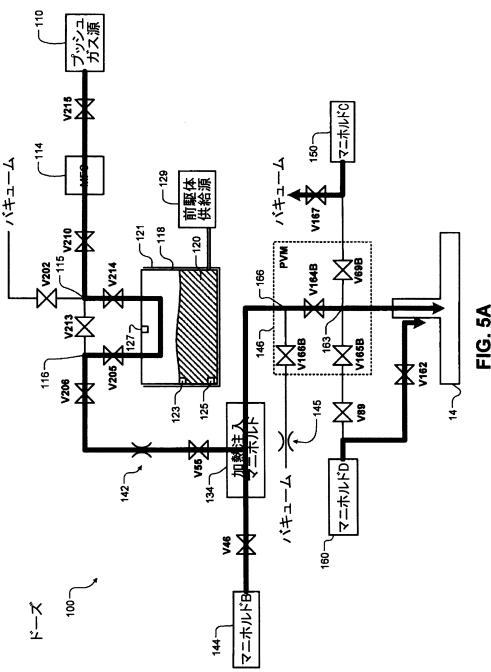
【図3E】



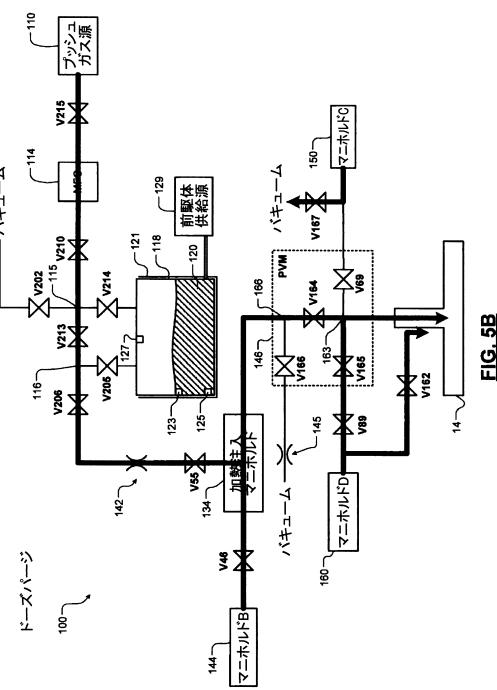
【図5】



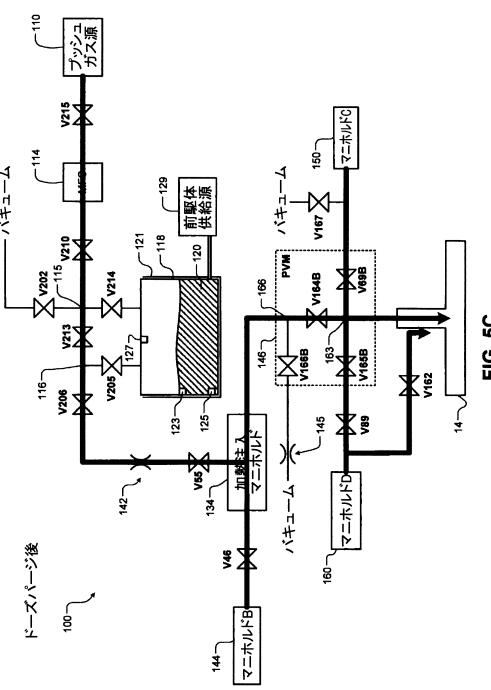
【図 5 A】



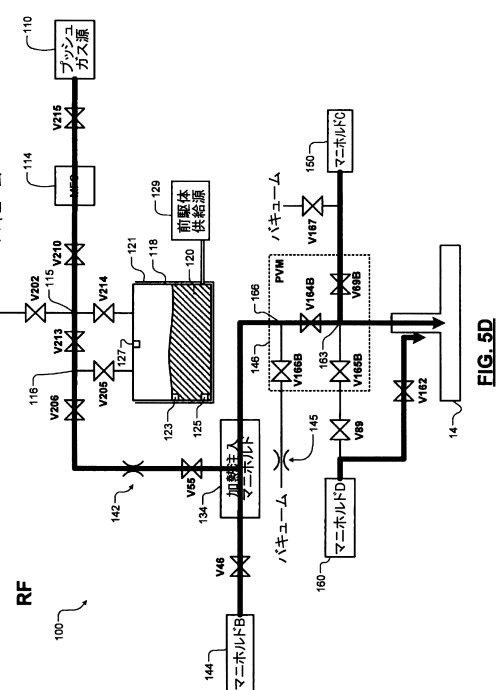
【図 5 B】



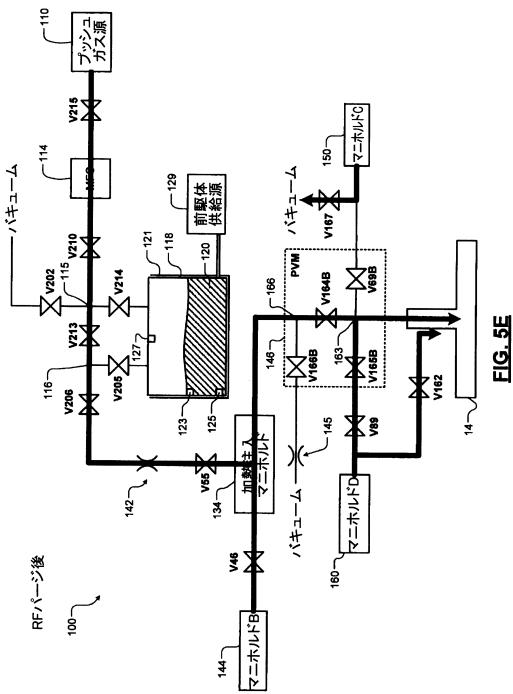
【図 5 C】



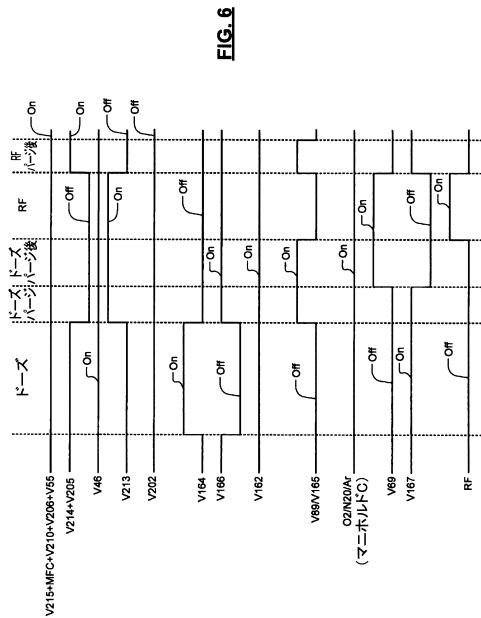
【図 5 D】



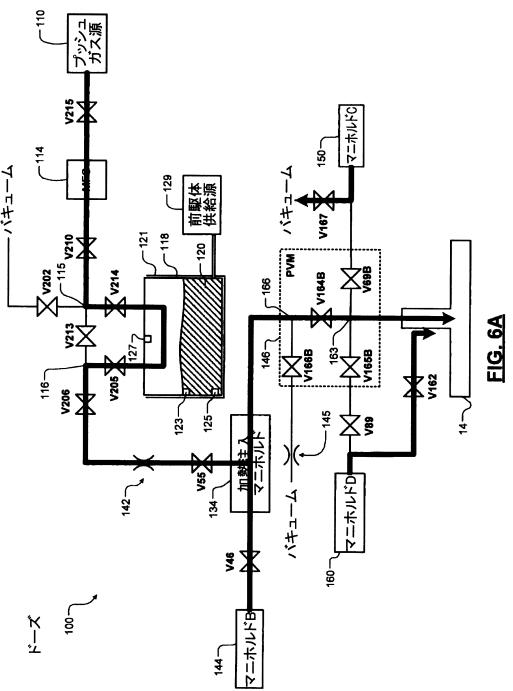
【図 5 E】



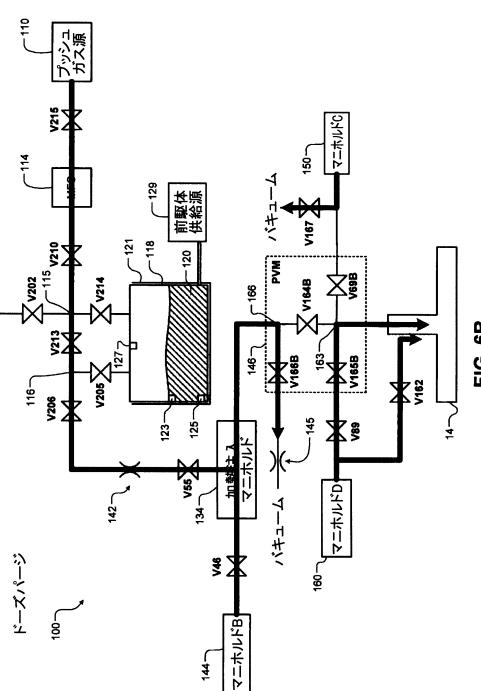
【図 6】



【図 6 A】



【図 6 B】



【図 6 C】

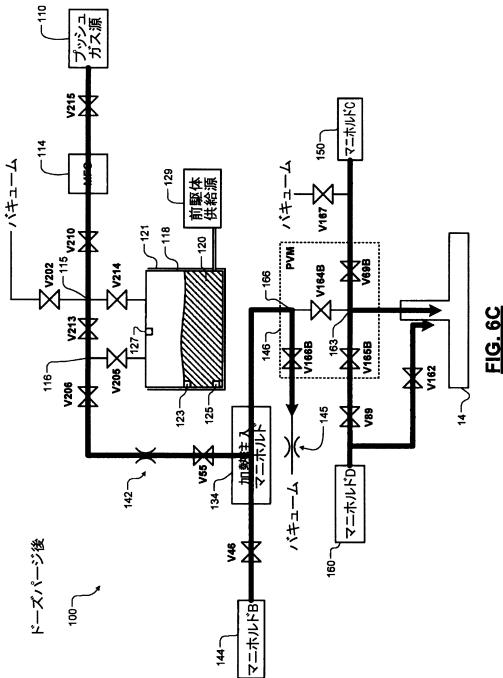


FIG. 6C

【図 6 D】

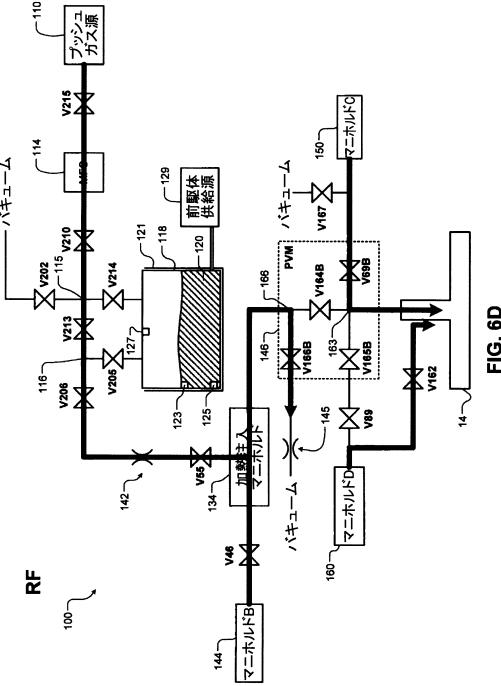


FIG. 6D

【図 6 E】

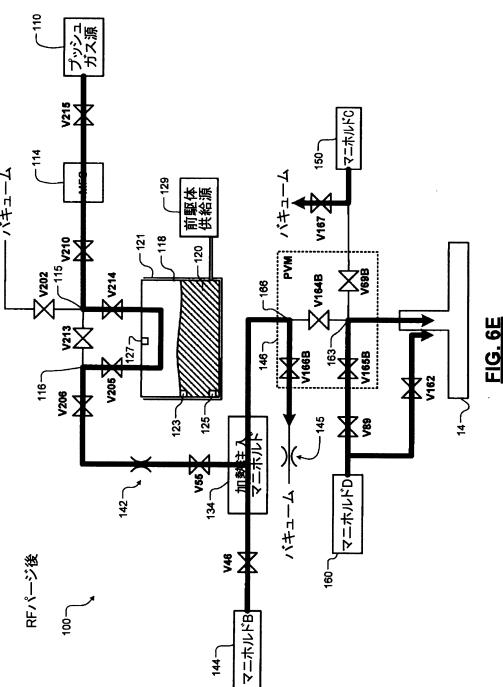


FIG. 6E

【図 7】

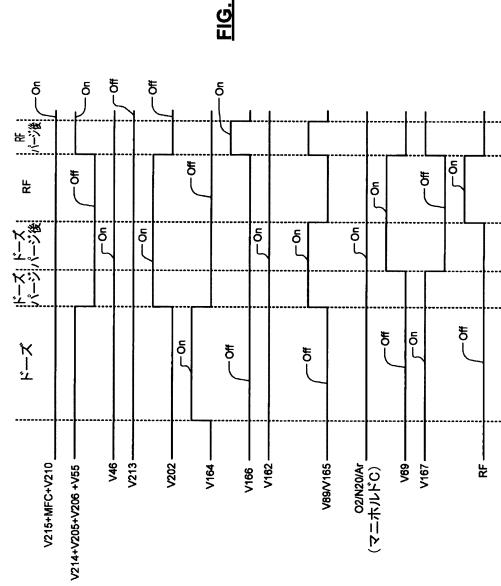


FIG. 7

【図 7 A】

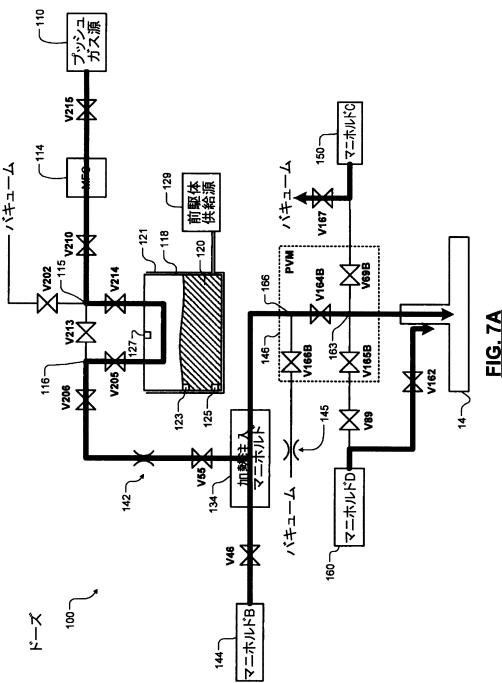


FIG. 7A

【図 7 B】

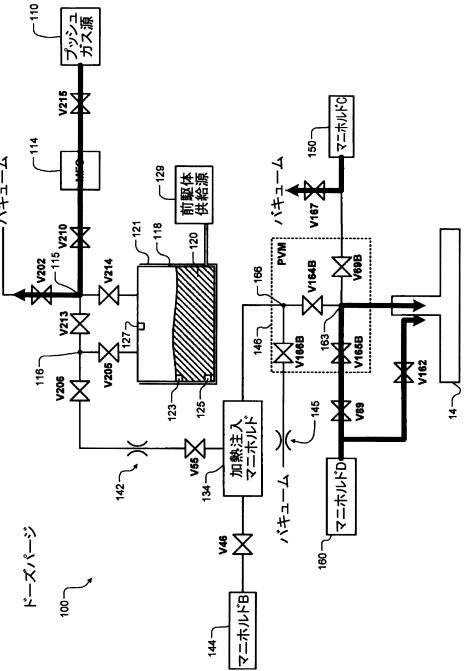


FIG. 7B

【図 7 C】

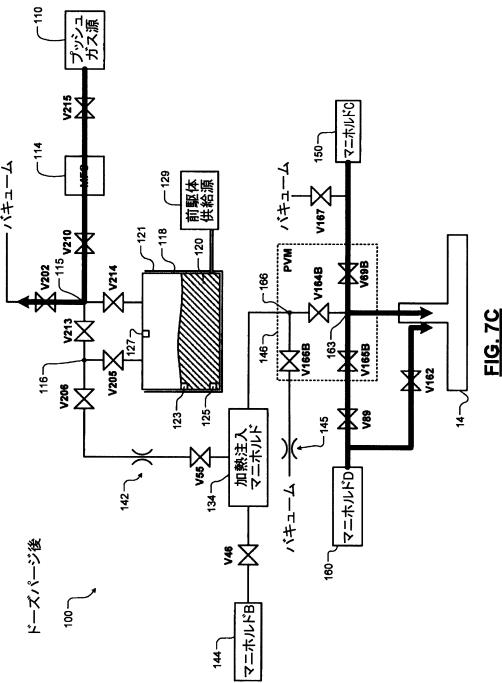


FIG. 7C

【図 7 D】

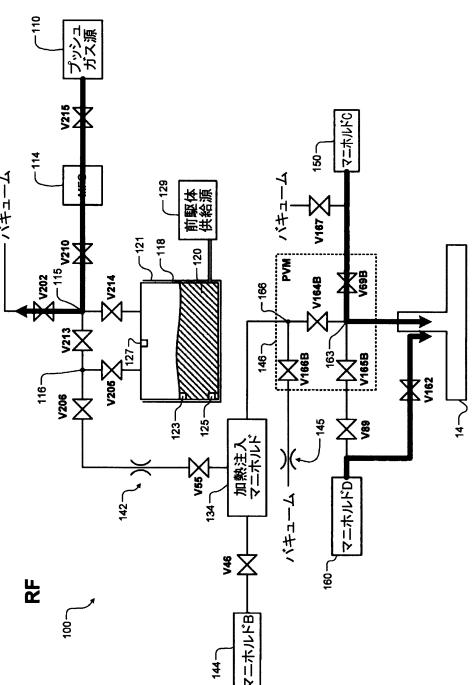
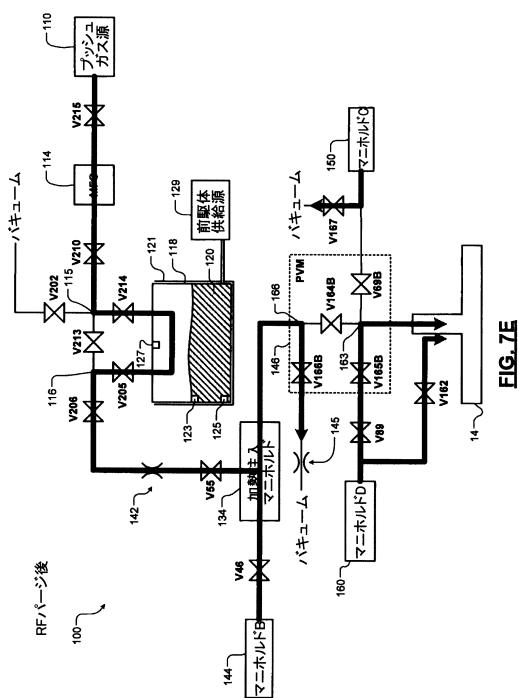
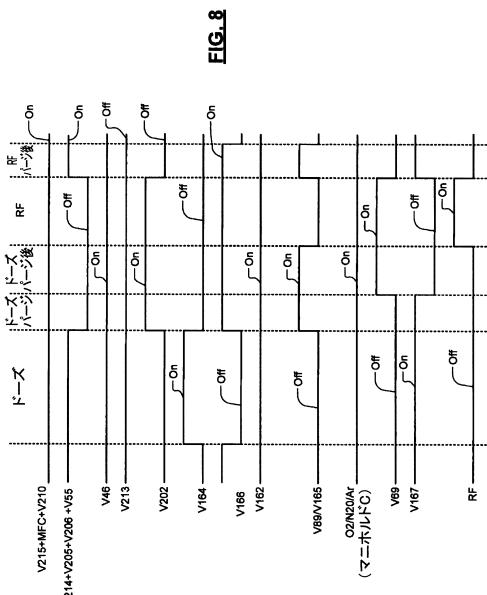


FIG. 7D

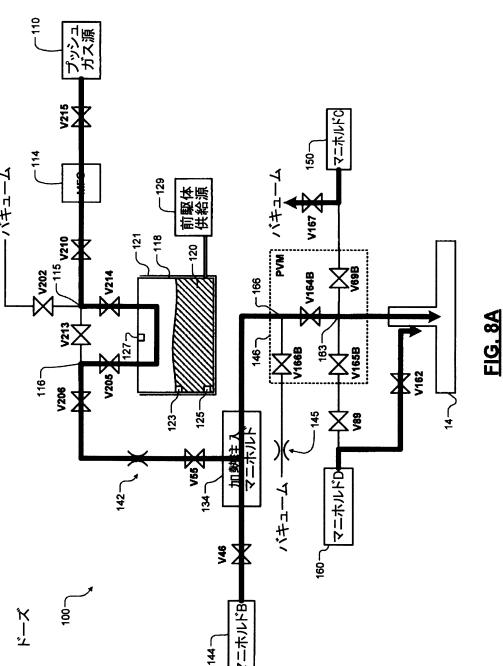
【図 7 E】



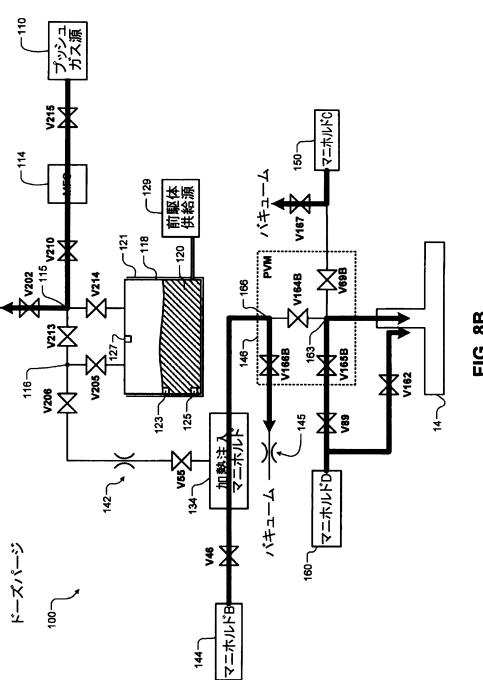
【図 8】



【図 8 A】



【図 8 B】



【図 8 C】

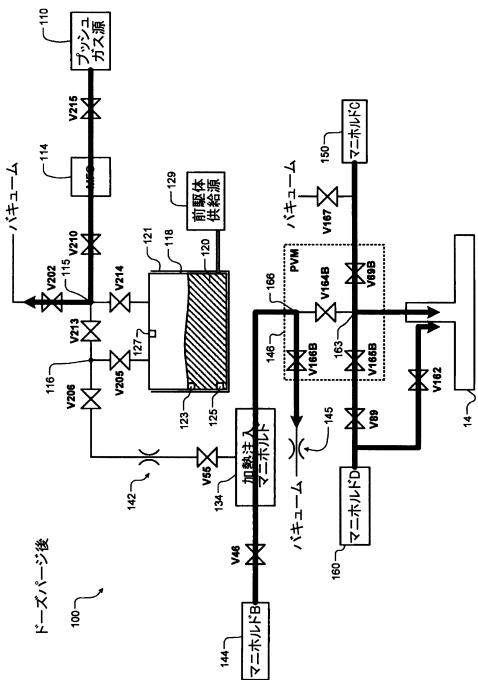


FIG. 8C

【 図 8 D 】

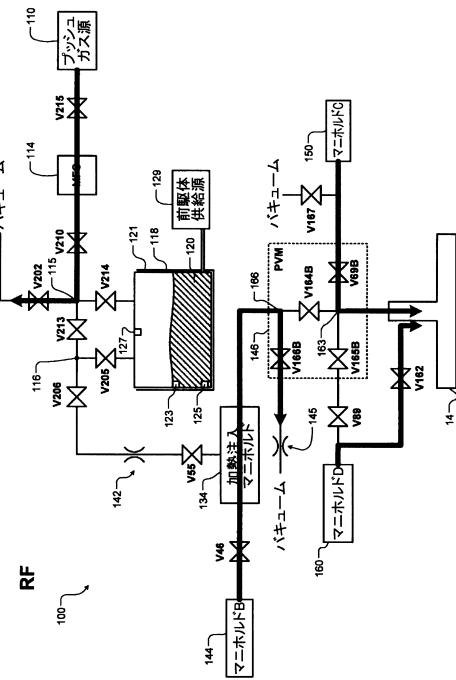


FIG. 8D

【図8E】

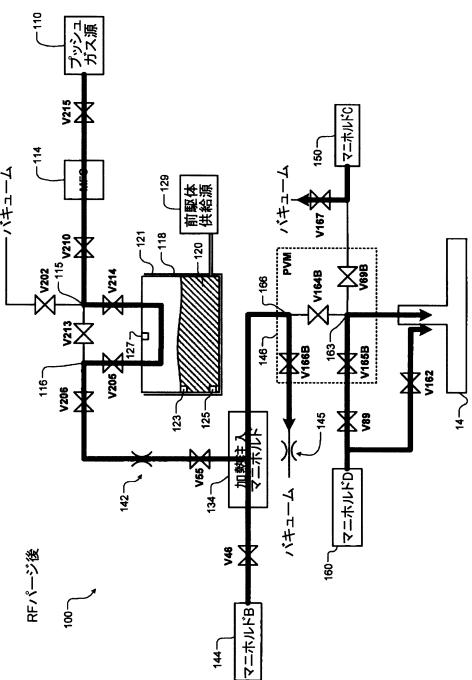


FIG. 8E

【図9】

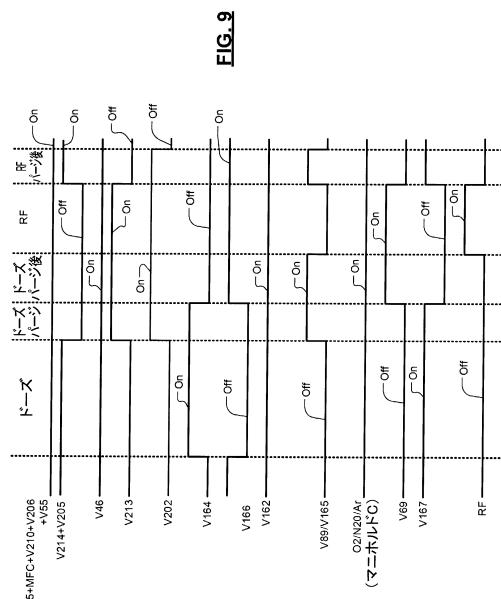
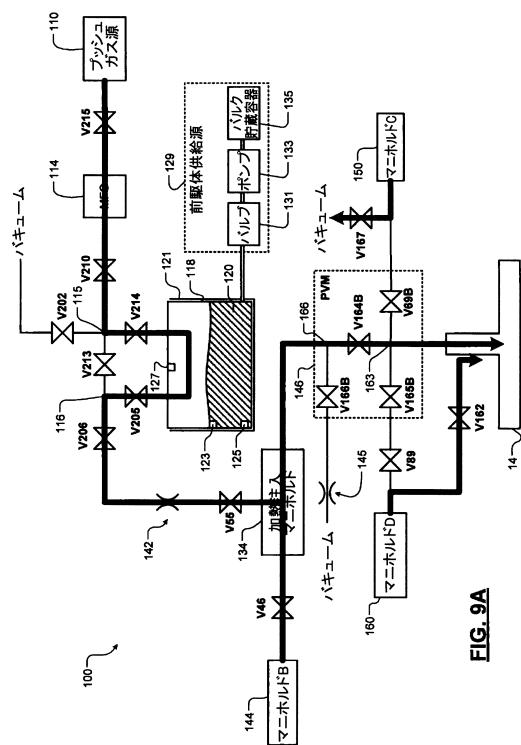
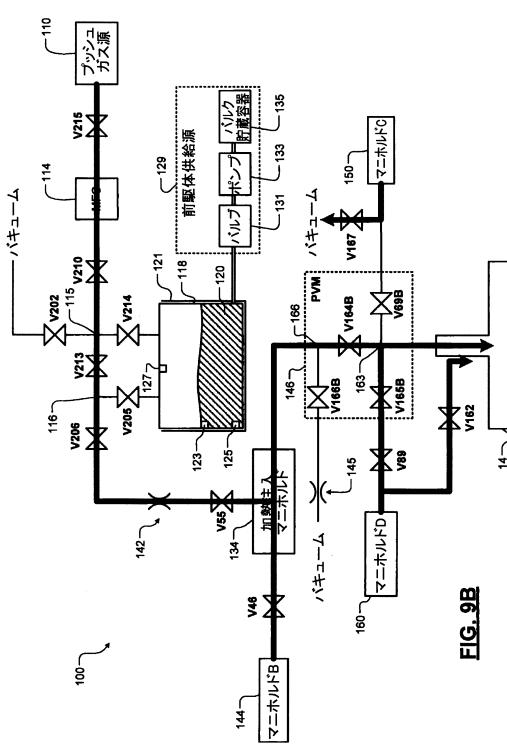


FIG. 9

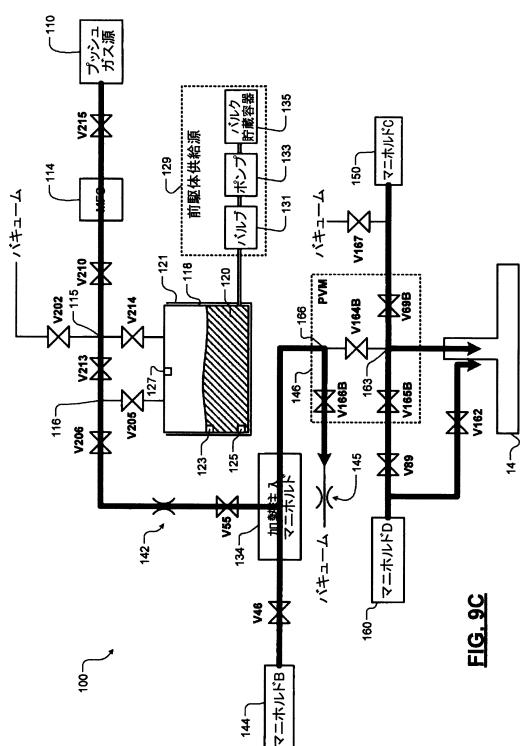
【図 9 A】



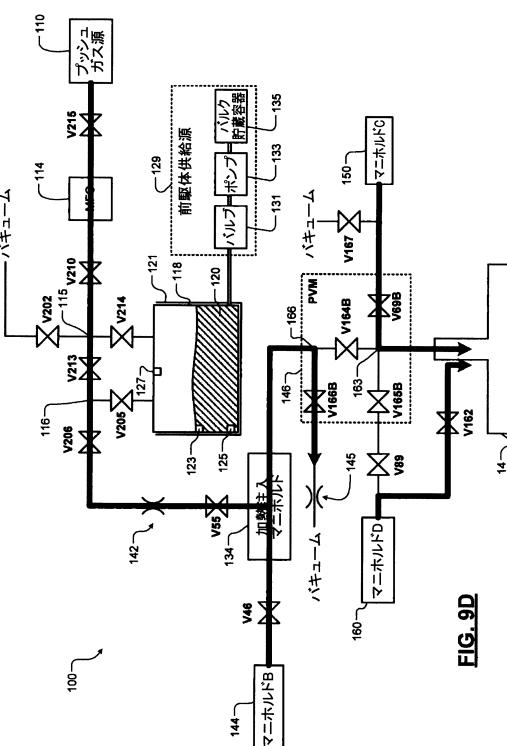
【図9B】



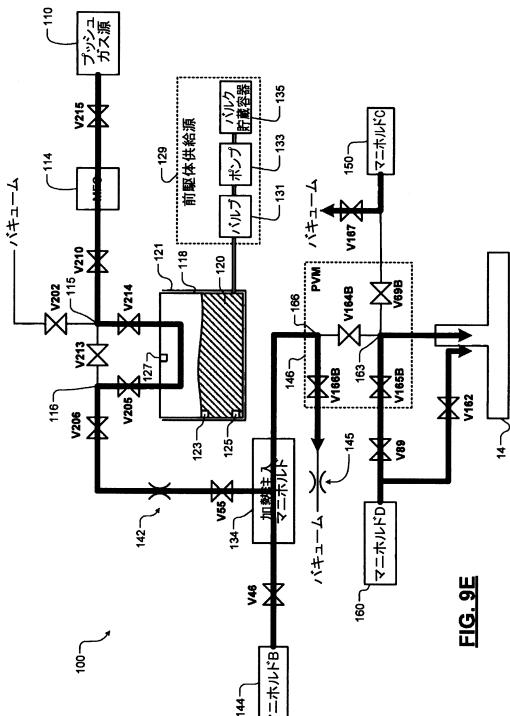
【図9C】



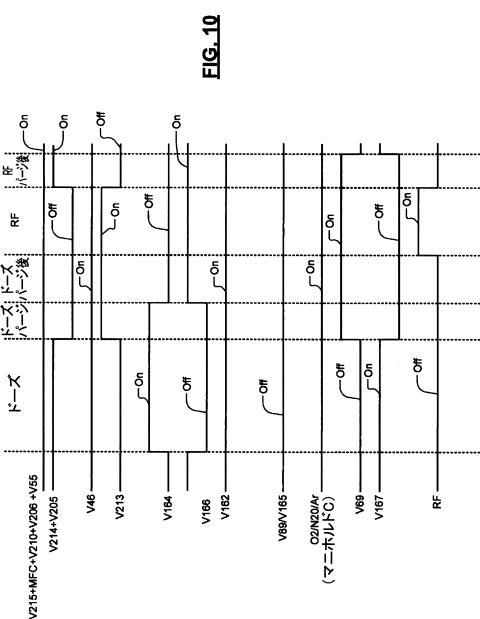
【 図 9 D 】



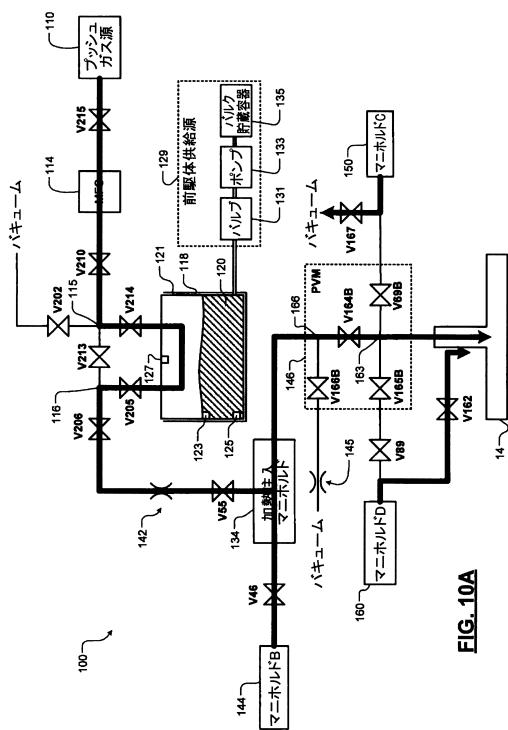
【図 9 E】



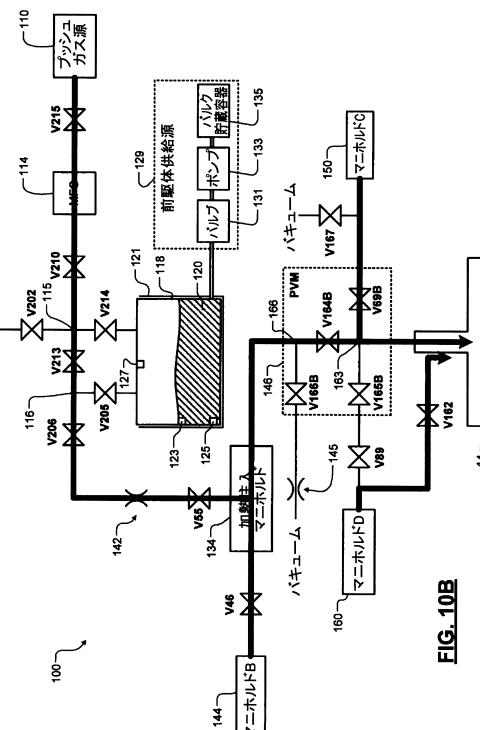
【図 10】



【図 10 A】



【図 10 B】



【図 10C】

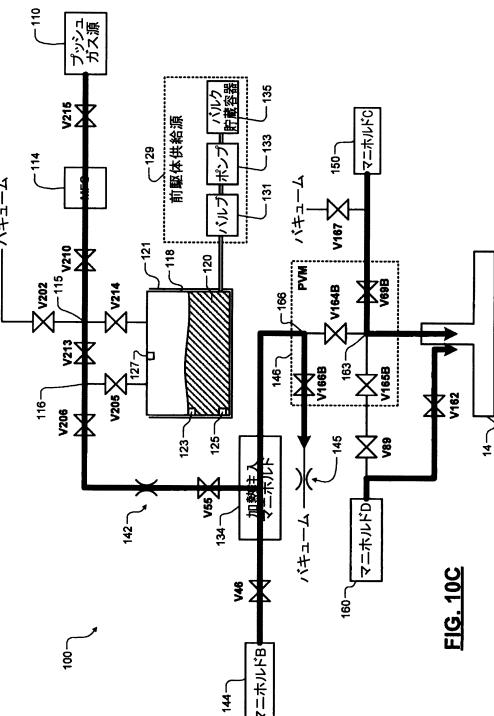


FIG. 10C

【図 10D】

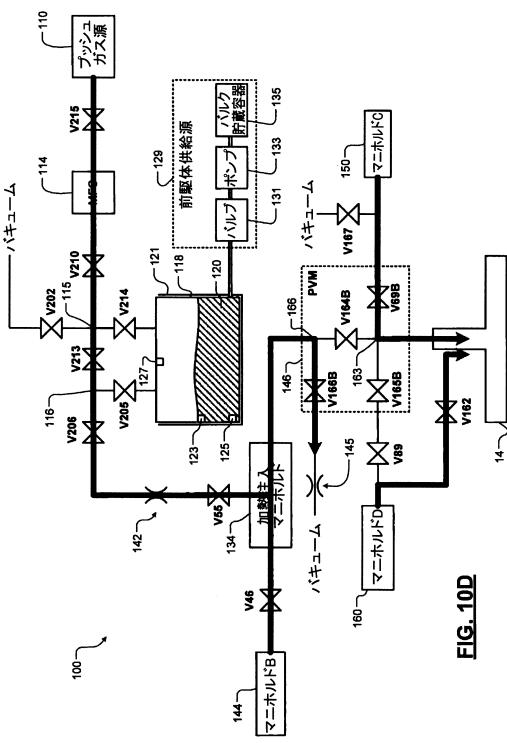
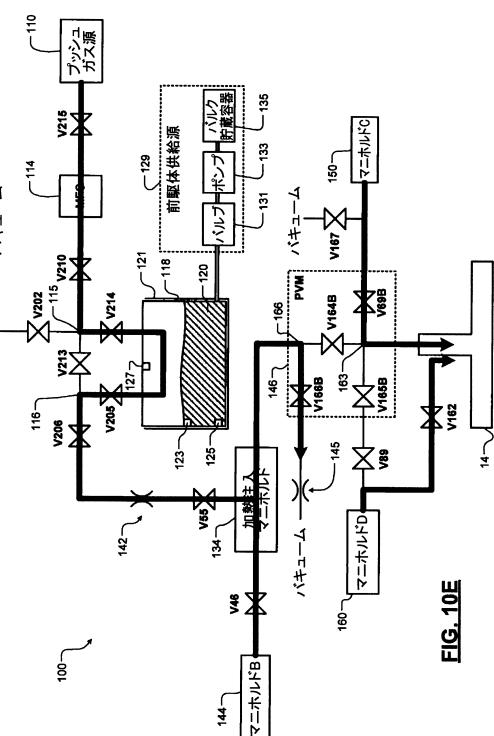


FIG. 10D

【図 10E】



【図 11】

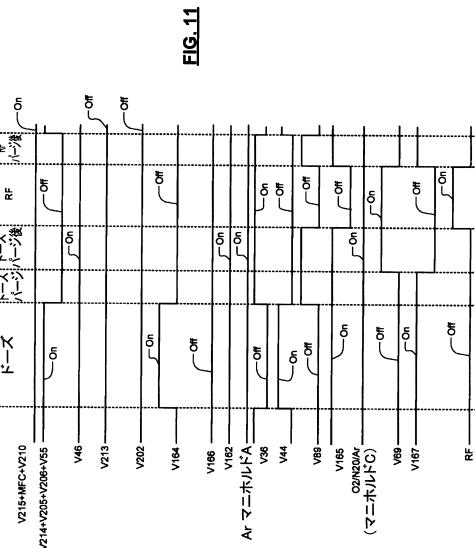
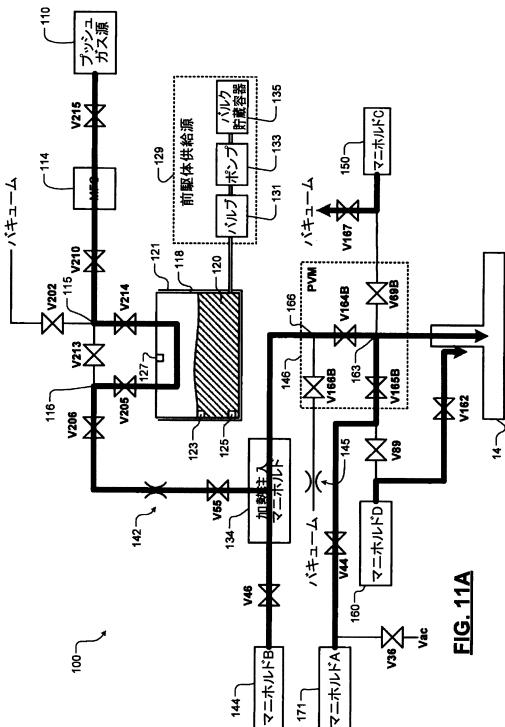
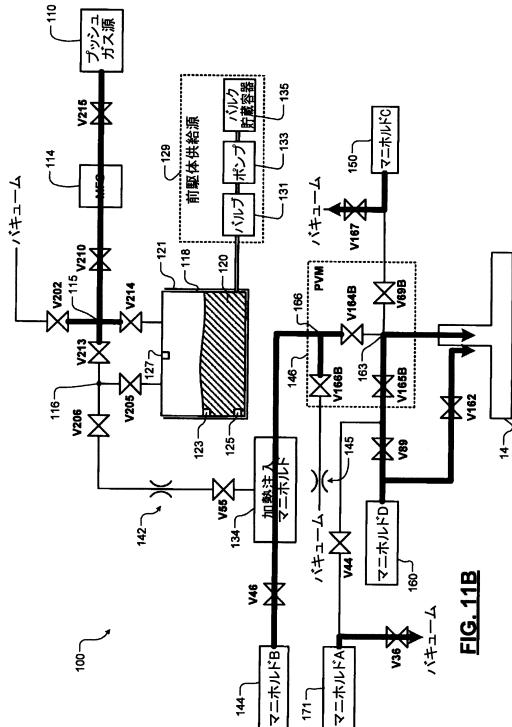


FIG. 11

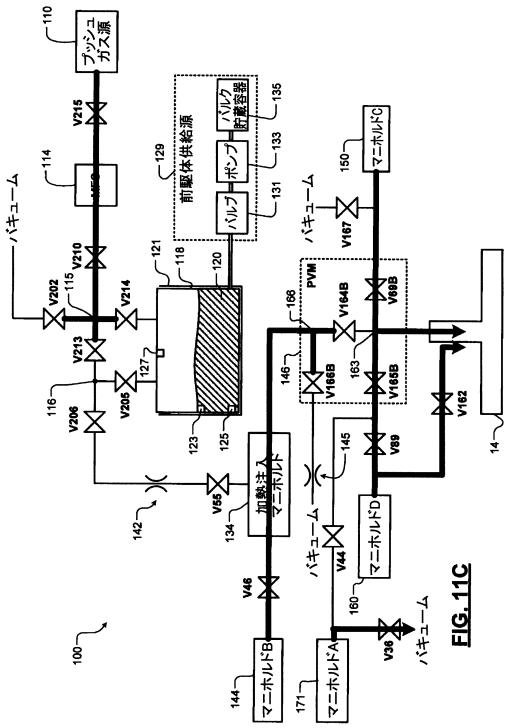
【図 1 1 A】



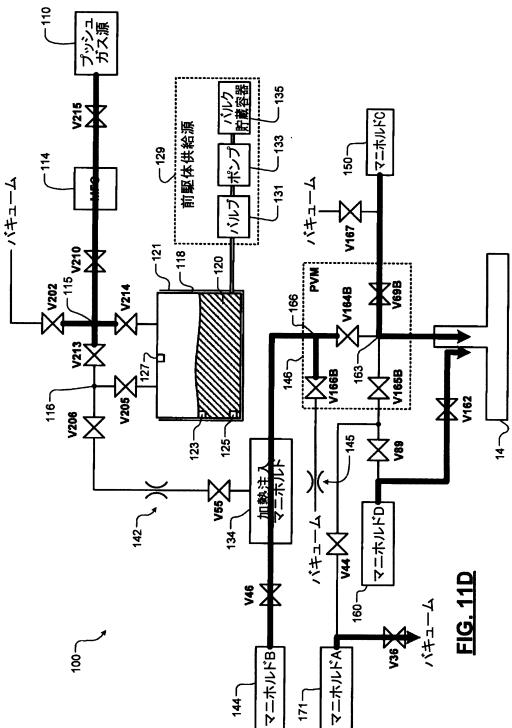
【図11B】



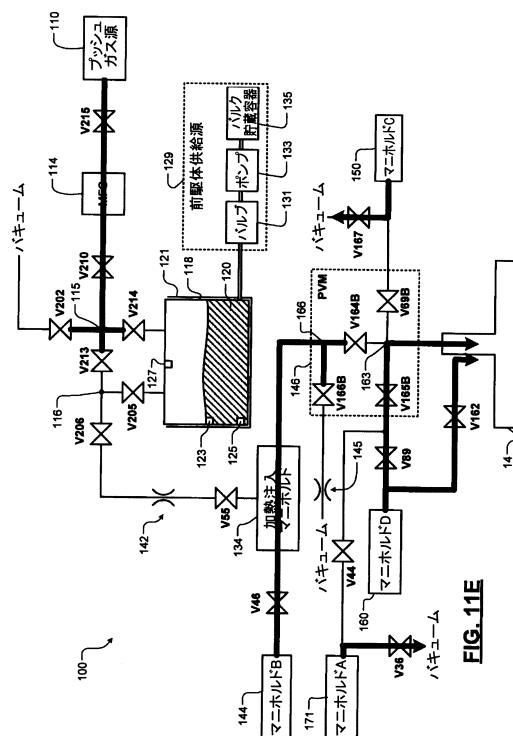
【図 1-1-C】



【図11D】



【 図 1 1 E 】



【 図 1 2 】

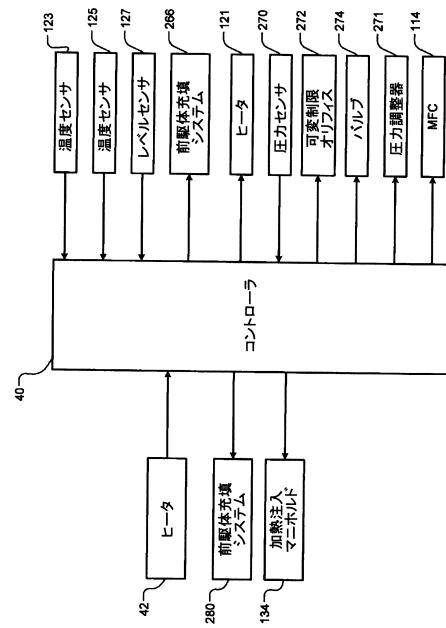
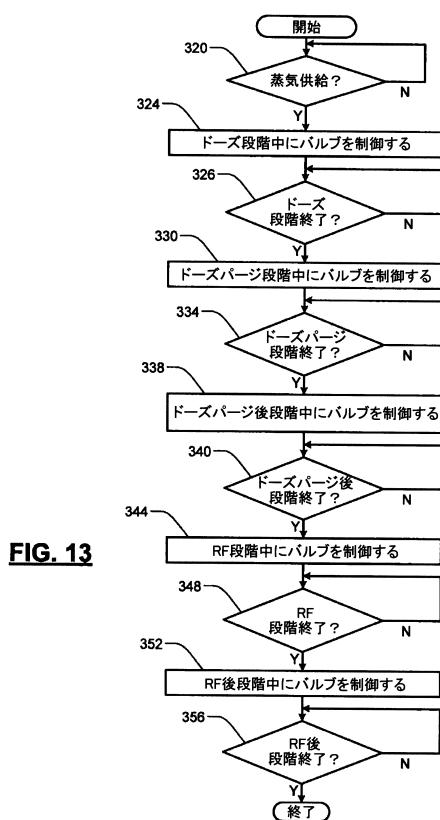


FIG. 12

【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 フー・カーン
アメリカ合衆国 オレゴン州 97062 チュアラチン, サウスウェスト・ドッグウッド・ストリート, 10717
- (72)発明者 プルショッタム・クマル
アメリカ合衆国 オレゴン州 97124 ヒルズボロー, ノースイースト・カールソン・コート, 6616
- (72)発明者 クロエ・バルダッセローニ
アメリカ合衆国 オレゴン州 97214 ポートランド, サウスイースト・モリソン・ストリート, 1955, アパートメント 407
- (72)発明者 ヘザー・ランディス
アメリカ合衆国 オレゴン州 97223 タイガード, サウスウェスト・メイプルウッド・ドライブ, 9356, ジェイ116
- (72)発明者 アンドリュー・ケンイチ・デュバル
アメリカ合衆国 オレゴン州 97306 セーラム, サンダース・レーン, 1312
- (72)発明者 モハメド・サブリ
アメリカ合衆国 オレゴン州 97007 ピーバートン, サウスウェスト・ジェレミー・ストリート, 18145
- (72)発明者 ラメッッシュ・チャンドラセカーラン
アメリカ合衆国 オレゴン州 97202 ポートランド, サウスイースト・ハーネイ・ストリート, 1343
- (72)発明者 カール・リーサー
アメリカ合衆国 オレゴン州 97035 レイク・オスウィゴ, サウスウェスト・ボニタ・ロード, 6152, アパートメント エ-201
- (72)発明者 シャンカー・スワミナタン
アメリカ合衆国 オレゴン州 97124 ヒルズボロー, ノースウェスト・モダ・ウェイ, 2824, #1332
- (72)発明者 デビッド・スミス
アメリカ合衆国 オレゴン州 97034 レイク・オスウィゴ, ペアリウス・サークル, 16081
- (72)発明者 ジェレミア・ボールド温
アメリカ合衆国 オレゴン州 97062 チュアラチン, ピーオー・ボックス 3923
- (72)発明者 イーシュワー・ランガナタン
アメリカ合衆国 オレゴン州 97224 タイガード, サウスウェスト・アルパイン・ビュー, 13855
- (72)発明者 アドリアン・ラボワ
アメリカ合衆国 オレゴン州 97232 ポートランド, ノースイースト・マルトノマー・ストリート, 3415
- (72)発明者 フランク・バスカアーレ
アメリカ合衆国 オレゴン州 97062 チュアラチン, サウスウェスト・スキーク・ドライブ, 8900 ナンバー 1126
- (72)発明者 ジョンソク・ハ
大韓民国 446-707, ギヨンギ-ド, ヨンギン-シ, ギヒヨン-フ, ドンバック-ドン, 683, ドングオン・ロイヤルデューク・アパートメント, 107-102
- (72)発明者 インジ・バエ
大韓民国 446-707, ギヨンギ-ド, スウォン-シ, ヨントン-グ, ヨントン-ドン, 926-504, サムスン・アパートメント

(56)参考文献 特開2011-151356(JP,A)
特開2014-007289(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/448

H01L 21/31