

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7565716号
(P7565716)

(45)発行日 令和6年10月11日(2024.10.11)

(24)登録日 令和6年10月3日(2024.10.3)

(51)国際特許分類		F I	
F 2 5 B	1/00 (2006.01)	F 2 5 B	1/00 3 8 1 H
G 0 3 F	7/20 (2006.01)	G 0 3 F	7/20 5 2 1
H 0 1 L	21/027 (2006.01)	H 0 1 L	21/30 5 4 1 L
F 2 8 D	15/02 (2006.01)	H 0 1 L	21/30 5 0 2 D
F 2 8 D	15/06 (2006.01)	F 2 8 D	15/02 1 0 1 K
請求項の数 21 (全13頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2020-110821(P2020-110821)	(73)特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	令和2年6月26日(2020.6.26)	(74)代理人	110003281 弁理士法人大塚国際特許事務所
(65)公開番号	特開2022-20088(P2022-20088A)	(72)発明者	野元 誠 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(43)公開日	令和4年2月1日(2022.2.1)	審査官	寺川 ゆりか
審査請求日	令和5年6月14日(2023.6.14)		
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 冷却装置、半導体製造装置および半導体製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】
凝縮器の中の第1冷媒を、気化器を介して前記凝縮器に戻すように前記第1冷媒を循環させる循環系と、
前記凝縮器の中に配置された熱交換器と前記熱交換器を通して第2冷媒を循環させる第2循環系とを含む冷却系と、
前記凝縮器の中で前記第1冷媒が気体状態で存在する部分の圧力または温度に基づいて前記第2冷媒を制御する制御部と、を備え、
前記熱交換器の少なくとも一部は、前記部分に配置されている、
ことを特徴とする冷却装置。

【請求項2】
前記制御部は、前記部分の圧力または温度を所定値に維持するように前記第2冷媒を制御する、
ことを特徴とする請求項1に記載の冷却装置。

【請求項3】
前記凝縮器の中に、前記第1冷媒より沸点が低い気体が封入されている、
ことを特徴とする請求項1又は2に記載の冷却装置。

【請求項4】
前記気体は、前記第1冷媒と化学反応を起こさない、
ことを特徴とする請求項3に記載の冷却装置。

【請求項 5】

前記気体は、空気又は不活性気体である、
ことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の冷却装置。

【請求項 6】

前記循環系は、前記第 1 冷媒をポンプ、加熱器、絞り弁、前記気化器を介して前記凝縮器
に戻すように前記第 1 冷媒を循環させる、
ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の冷却装置。

【請求項 7】

前記部分の圧力または温度を検出するセンサを更に備え、
前記制御部は、前記センサの出力に基づいて前記第 2 冷媒を制御する、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の冷却装置。

10

【請求項 8】

前記第 2 循環系は、第 2 ポンプと、第 2 加熱器と、流量調整弁と、排熱器と、タンクとを
更に含み、
前記タンクから前記第 2 ポンプおよび前記第 2 加熱器を介して前記熱交換器に前記第 2 冷
媒が送られ、前記熱交換器から前記排熱器を介して前記タンクに前記第 2 冷媒が戻される、
ことを特徴とする請求項 7 に記載の冷却装置。

【請求項 9】

前記制御部は、前記センサの出力に基づいて前記第 2 冷媒の温度、流量および圧力の少な
くとも 1 つを制御する、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の冷却装置。

20

【請求項 10】

前記制御部は、前記センサの出力に基づいて前記第 2 ポンプおよび前記流量調整弁の少な
くとも一方を制御する、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の冷却装置。

【請求項 11】

前記第 2 循環系は、圧縮機と、第 2 凝縮器と、膨張弁とを更に含み、
前記圧縮機から前記第 2 凝縮器および前記膨張弁を介して前記熱交換器に前記第 2 冷媒が
送られ、前記熱交換器から前記圧縮機に前記第 2 冷媒が戻される、
ことを特徴とする請求項 7 に記載の冷却装置。

30

【請求項 12】

前記制御部は、前記熱交換器における前記第 2 冷媒の気化潜熱を制御する、
ことを特徴とする請求項 11 に記載の冷却装置。

【請求項 13】

前記制御部は、前記センサの出力に基づいて前記第 2 冷媒の温度、流量および圧力の少な
くとも 1 つを制御する、
ことを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の冷却装置。

【請求項 14】

前記制御部は、前記センサの出力に基づいて前記圧縮機および前記膨張弁の少なくとも一
方を制御する、
ことを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の冷却装置。

40

【請求項 15】

前記第 2 循環系は、前記圧縮機から第 2 凝縮器および前記膨張弁を介して前記熱交換器に
至る主経路をバイパスするバイパス経路を更に含み、
前記バイパス経路に調整弁が設けられている、
ことを特徴とする請求項 11 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の冷却装置。

【請求項 16】

前記制御部は、前記センサの出力に基づいて前記圧縮機、前記膨張弁および前記調整弁の
少なくとも一方を制御する、
ことを特徴とする請求項 15 に記載の冷却装置。

50

【請求項 17】

前記加熱器は、第2熱交換器を含み、
前記圧縮機と前記第2凝縮器との間の経路から分岐され、前記第2熱交換器を介して前記圧縮機に戻る第3循環経路が構成され、
前記第3循環経路に第2調整弁が設けられている、
ことを特徴とする請求項15又は16に記載の冷却装置。

【請求項 18】

凝縮器の中の第1冷媒をポンプ、加熱器、絞り弁、気化器を介して前記凝縮器に戻すように前記第1冷媒を循環させる循環系と、
前記凝縮器の中に配置された熱交換器と前記熱交換器を通して第2冷媒を循環させる第2循環系とを含む冷却系と、を備え、
前記凝縮器は、前記第1冷媒が液体状態で存在する第1部分と、前記熱交換器の少なくとも一部が配置され前記第1冷媒が気体状態で存在する第2部分とを有し、
前記第2部分の圧力または温度を検出するセンサと、
前記センサの出力に基づいて前記第2冷媒を制御する制御部と、を更に備える、
ことを特徴とする冷却装置。

10

【請求項 19】

発熱部を有する半導体製造装置であって、
請求項1乃至18のいずれか1項に記載の冷却装置を備え、
前記冷却装置は、前記発熱部からの熱によって前記気化器の中の前記第1冷媒を気化させることによって前記発熱部を冷却するように構成されている、
ことを特徴とする半導体製造装置。

20

【請求項 20】

パターンを形成するパターン形成装置として構成されている、
ことを特徴とする請求項19に記載の半導体製造装置。

【請求項 21】

請求項19又は20に記載の半導体製造装置によって基板を処理する工程と、
前記工程で処理された基板を加工する工程と、
を含むことを特徴とする半導体製造方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷却装置、半導体製造装置および半導体製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

露光装置、インプリント装置、電子線描画装置等のパターン形成装置、または、CVD装置、エッチング装置、スパッタリング装置等のプラズマ処理装置等のような半導体製造装置は、駆動機構、あるいはプラズマによって加熱される部材等の発熱部を有する。このような発熱部を冷却するために、半導体製造装置には冷却装置が備えられる。冷却装置は、発熱部から熱を奪い、その熱を装置外に排熱させることによって発熱部を冷却する。

40

【0003】

特許文献1には、部品から熱を抽出する蒸発器、凝縮器、ポンプ、アキュムレータ、熱交換器および温度センサを備える冷却システムが記載されている。ここで、ポンプから出た流体が蒸発器、凝縮器を介してポンプに戻る回路が構成され、アキュムレータは回路と流体連通している。熱交換器は、アキュムレータ内の流体からの熱の伝達およびアキュムレータ内の流体への熱の伝達を行う。この量は、温度センサの出力に基づいて制御される。

【0004】

特許文献1に記載された冷却システムでは、ポンプから出た流体が蒸発器、凝縮器を介してポンプに戻る回路において流体を安定して循環させるためには、ポンプ吸い込み部でキャビテーションを回避する必要がある。このために、凝縮器、又はその下流もしくは上

50

流に冷却系を追加し、ポンプの吸い込み部の流体温度を下げるか圧力を上げなければならない。ポンプの出口では、流体が加圧されるため、流体は気化しにくい状態で発熱部に送られる。発熱部では、流体が発熱部の流体圧力下の沸点まで温度上昇するまでは気化冷却は行われないため、この間で発熱部の温度変動を許すことになり、発熱部周辺の部材が熱膨張により変形しうる。そこで、温度変動を抑えるために、流体の気液 2 相のアキュムレータを用いて発熱部の下流が所定温度になる様にアキュムレータへの熱量制御で流体の気液バランスを変化させ、系全体の圧力を変えることで沸点が制御される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特許第 5 3 1 3 3 8 4 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 に記載された構成では、発熱部の発熱時は、アキュムレータから熱を回収し凝縮させ循環系の圧力を降下させるが、ポンプ吸い込み部の圧力も下がるので、キャビテーションの発生のリスクがある。逆に発熱部が発熱しない時は、アキュムレータに熱を供給して気化させ循環系を昇圧させる。しかし、循環系の熱収支を合わせるためには凝縮器あるいは冷却系による流体の冷却熱量制御、あるいは加熱手段を別途設けて発熱量を制御する必要が生じ、構成および制御方法が複雑化しうる。

【0007】

更に、凝縮制御系は温度センサによる 1 つの入力に対し、凝縮器とアキュムレータの 2 つの出力が制御系に存在するため、操作量と制御量との間に相互干渉が生じ制御が不安定となりうる。これを避けるためには、干渉を打ち消す機能を追加する必要がある、これが更なる複雑化と制御遅れとを生じさせうる。これにより、発熱部の発熱状態の変動に対して素早く追従できなくなり、圧力が変動し、結果として沸点が変動することで温度安定性が悪化しうる。

【0008】

本発明は、単純な構成で安定した制御に有利な冷却装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の 1 つの側面は、冷却装置に係り、前記冷却装置は、凝縮器の中の第 1 冷媒をポンプ、加熱器、絞り弁、気化器を介して前記凝縮器に戻すように前記第 1 冷媒を循環させる循環系と、前記凝縮器の中に配置された熱交換器と前記熱交換器を通して第 2 冷媒を循環させる第 2 循環系とを含む冷却系と、前記凝縮器の中で前記第 1 冷媒が気体状態で存在する部分の圧力または温度に基づいて前記第 2 冷媒を制御する制御部と、を備え、前記凝縮器は、前記冷媒が液体状態で存在する第 1 部分と、前記冷媒が気体状態で存在する第 2 部分とを有し、前記熱交換器の少なくとも一部は、前記第 2 部分に配置されている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、単純な構成で安定した制御に有利な冷却装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】第 1 実施形態の冷却装置の構成を示す図。

【図 2】第 2 実施形態の冷却装置の構成を示す図。

【図 3】第 3 実施形態の冷却装置の構成を示す図。

【図 4】第 4 実施形態の冷却装置の構成を示す図。

【図 5】理想冷凍サイクルのモリエール線図。

【図 6】半導体製造装置の構成例を示す図。

【図 7】半導体製造装置の構成例を示す図。

10

20

30

40

50

【図 8】半導体製造装置の構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。尚、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態には複数の特徴が記載されているが、これらの複数の特徴の全てが発明に必須のものとは限らず、また、複数の特徴は任意に組み合わせられてもよい。さらに、添付図面においては、同一若しくは同様の構成に同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。

【0013】

図 1 には、第 1 実施形態の冷却装置の構成が示されている。冷却装置 C A による冷却対象は、特別な対象に限定されるものではないが、例えば半導体製造装置、特に半導体製造装置の発熱部である。半導体製造装置は、例えば、露光装置、インプリント装置、荷電粒子線描画装置等のパターン形成装置、あるいは、C V D 装置、エッチング装置、スパッタリング装置等のプラズマ処理装置である。パターン形成装置は、基板および/または原版等の部品を高速で移動させる駆動機構を有し、該駆動機構は物品の駆動に伴って発熱し、発熱部となる。プラズマ処理装置では、プラズマによって電極等の部品が加熱され、該部品が発熱部となる。

10

【0014】

冷却装置 C A は、凝縮器 2 の中の第 1 冷媒 1 0 をポンプ 3、加熱器 4、絞り弁 6、気化器 7 を介して凝縮器 2 に戻すように第 1 冷媒 1 0 を循環させる第 1 循環系 1 と、凝縮器 2 の中に配置された熱交換器 8 を含む冷却系 C D とを備える。凝縮器 2 は、第 1 冷媒 1 0 が液体状態で存在する第 1 部分 2 0 1 と、第 1 冷媒 1 0 が気体状態で存在する第 2 部分 2 0 2 とを有し、熱交換器 8 の少なくとも一部（好ましくは、熱交換器 8 の全体）は、第 2 部分 2 0 2 に配置されうる。発熱部等の冷却対象物 8 0 は、気化器 7 によって冷却されうる。

20

【0015】

第 1 循環系 1 は、第 1 冷媒 1 0 の相変化を利用して冷却対象物 8 0 を冷却するように構成されうる。第 1 循環系 1 は、ポンプ 3、加熱器 4、絞り弁 6 および気化器 7 の他に、例えば、温度センサ 5 を含んでもよい。図 1 において温度センサ 5 は加熱器 4 と絞り弁 6 との間に配置されているが、絞り弁 6 と気化器 7 の間に配置されてもよい。第 1 循環系 1 は、密閉循環系でありうる。凝縮器 2 の第 1 部分 2 0 1 に貯留された液相（液体状態）の第 1 冷媒 1 0 は、ポンプ 3 で加熱器 4 に送られうる。加熱器 4 は、その下流側に配置された温度センサ 5 で検出される第 1 冷媒 1 0 の温度が所定温度になるように第 1 冷媒 1 0 を加熱あるいは温調しうる。加熱器 4 は、例えば、電熱ヒーターまたは熱交換器を含みうるが、これに限定されるものではない。

30

【0016】

所定温度に加熱あるいは温調された第 1 冷媒 1 0 は、絞り弁 6 で所定温度の第 1 冷媒 1 0 の飽和蒸気圧近傍まで減圧され気化器 7 に送られうる。気化器 7 は、冷却対象物 8 0 と熱接触するか、あるいは、冷却対象物 8 0 を内蔵し、冷却対象物 8 0 が発熱すると、気化器 7 内の第 1 冷媒 1 0 が沸騰した気化潜熱によって冷却対象物 8 0 を冷却しうる。気化器 7 を通過した第 1 冷媒 1 0 は、冷却対象物 8 0 の発熱状態に応じて液相状態または気液混相状態（液体と気体とを含む状態）で凝縮器 2 に戻されうる。

40

【0017】

凝縮器 2 の内部の第 2 部分 2 0 2 に少なくとも一部が配置された熱交換器 8 は、第 1 冷媒 1 0 を冷却し、これにより気相状態の第 1 冷媒 1 0 が凝縮され液相状態の第 1 冷媒 1 0 となる。熱交換器 8 を含む冷却系 C D は、例えば、熱交換器 8 を通して第 2 冷媒 1 8 を循環させる第 2 循環系 1 1 によって構成されうる。第 2 循環系 1 1 は、第 1 循環系 1 における第 1 冷媒 1 0 の循環とは独立して、第 2 冷媒 1 8 を循環させる。冷却装置 C A は、凝縮器 2 の内部（第 2 部分 2 0 2 ）の圧力または温度を検出するセンサ 9 を備える。凝縮器 2 の内部には、所定量の気体 5 0 が封入されうる。気体 5 0 は、第 1 冷媒 1 0 よりも沸点

50

が低く、第 1 冷媒 10 と化学反応を起こさない気体でありうる。気体 50 は、例えば、空気であってもよいし、窒素等の不活性気体であってもよい。

【0018】

第 2 循環系 11 は、凝縮器 2 の内部（第 2 部分 202）の圧力または温度が所定圧力または所定温度になるようにセンサ 9 の出力に基づいて制御されうる。ここで、気化器 7 における第 1 冷媒 10 の圧力が所定温度の飽和蒸気圧となるように制御すれば、第 1 冷媒 10 の沸点が制御されることになる。熱伝達流体冷却の場合には、回収熱量に応じて、流体の熱容量で回収熱量を除いた値の分だけ冷媒の温度が上昇するが、沸騰冷却の場合には、気化潜熱で熱を回収するため、沸点の一定温度で熱を回収できる。

【0019】

第 1 循環系 1 が密閉系であると、第 1 冷媒 10 が沸騰（気化）すると、気化器 7 および凝縮器 2 の内部の圧力が上昇する。これは、第 1 冷媒 10 の飽和蒸気圧が上昇することを意味し、以下の Clausius - Clapeyron の式で示される dT 分の沸点の変化をもたらす。

【0020】

$$dT = T \cdot V \cdot dP / L$$

ここで、 dT は温度変化、 T は状態温度、 V は蒸発に伴う体積変化、 dP は圧力変化、 L は潜熱を示す。

【0021】

凝縮器 2 への気体 50 の封入は、気化器 7 の内部の第 1 冷媒 10 を所定温度かつ所定飽和蒸気圧に維持するためになされる。凝縮器 2 への気体 50 の封入量は、気化器 7 の第 1 冷媒 10 の飽和蒸気圧と凝縮器 2 の第 1 冷媒 10 の飽和蒸気圧との差圧が気体 50 の分圧と等しくなる量である。気化器 7 と凝縮器 2 との間に高低差がある場合は、第 1 冷媒 10 の密度を ρ 、重力加速度を g 、凝縮器 2 を基準とする気化器 7 の高さを h とすると、高さ水頭 $\rho g h$ 分だけ減圧される（ h が負の場合は増圧）。

【0022】

第 2 循環系 11 における制御について説明する。第 2 循環系 11 で使用される第 2 冷媒 18 は、例えば水等の流体でありうる。第 2 循環系 11 は、第 2 ポンプ 12、第 2 加熱器 13、第 2 温度センサ 14、流量調整弁 15、熱交換器 8、排熱器 16 およびタンク 17 を含む。タンク 17 の中の第 2 冷媒 18 は、第 2 ポンプ 12 で第 2 加熱器 13 へ送られうる。第 2 加熱器 13 は、第 2 加熱器 13 の下流に配置された第 2 温度センサ 14 で検出される第 2 冷媒 18 の温度が所定温度になるように第 2 冷媒 18 を加熱あるいは温調しうる。所定温度に加熱あるいは温調された第 2 冷媒 18 は、流量調整弁 15 で所定の流量に調整されて熱交換器 8 に送られ第 1 冷媒 10 と熱交換する。第 2 冷媒 18 との熱交換によって、第 1 冷媒 10 は冷却され凝縮される。第 1 冷媒 10 の凝縮潜熱で加熱された第 2 冷媒 18 の熱は、排熱器 16 で系外へ排熱出され、タンク 17 に戻されうる。

【0023】

冷却装置 CA は、制御部 90 を備えうる。制御部 90 は、第 1 循環系 1 の凝縮器 2 の内部（第 2 部分 202）の圧力または温度が一定になるように制御信号 C1、C2、C3 を発生し、制御信号 C1、C2、C3 により第 2 冷媒 18 を制御しうる。制御部 90 による第 2 冷媒 18 の制御は、熱交換器 8 に供給される第 2 冷媒 18 の温度、流量および圧力の少なくとも 1 つの制御を含みうる。制御部 90 による第 2 冷媒 18 の制御は、熱交換器 8 における第 1 冷媒 10 の凝縮量の制御として理解されてもよい。制御部 90 による第 2 冷媒 18 の制御は、例えば、センサ 9 の出力に応じた制御信号 C1 を第 2 加熱器 13 に与え、第 2 加熱器 13 による第 2 冷媒 18 の加熱量を制御することを含みうる。制御部 90 による第 2 冷媒 18 の制御は、センサ 9 の出力に応じた制御信号 C2 を第 2 ポンプ 12 に与え、第 2 ポンプ 12 の出力を制御することによって第 2 冷媒 18 の流量および / または圧力を制御することを含みうる。制御部 90 による第 2 冷媒 18 の制御は、センサ 9 の出力に応じた制御信号 C3 を流量調整弁 15 に与え、流量調整弁 15 の開度を制御することによって第 2 冷媒 18 の流量および / または圧力を制御することを含みうる。即ち、制御部 90

10

20

30

40

50

は、センサ 9 の出力に基づいて第 2 ポンプ 1 2 および流量調整弁 1 5 の少なくとも一方を制御しうる。

【 0 0 2 4 】

第 1 実施形態によれば、第 1 循環系 1 の凝縮器 2 の内部の圧力または温度を単一の入力とし、凝縮器 2 を単一の出力とする単純な制御系が実現され、安定した制御が提供される。また、第 1 実施形態では、冷却対象物 8 0 の発熱状態に追従しながら凝縮器 2 の内部の圧力または温度が所定値になるように第 2 循環系 1 1 による第 1 冷媒 1 0 の冷却が制御される。これより、気化器 7 における第 1 冷媒 1 0 の沸点が固定され一定の温度で冷却対象物 8 0 から熱を回収することができる。また、第 1 実施形態によれば、圧力制御と排熱制御が同時に凝縮器 2 で行われるので、制御遅れが低減し温度制御の安定性が向上する。

10

【 0 0 2 5 】

図 2 には、第 2 実施形態の冷却装置 C A の構成が示されている。第 2 実施形態の冷却装置 C A は、冷却系 C D の構成が第 1 実施形態の冷却系 C D と異なる。第 2 実施形態で言及しない事項は、第 1 実施形態に従いうる。第 2 実施形態における冷却系 C D は、第 2 循環系 2 1 で構成されうる。第 2 循環系 2 1 は、第 1 循環系 1 における第 1 冷媒 1 0 の循環とは独立して、第 2 冷媒 1 8 を循環させる。第 2 循環系 2 1 は、例えば、圧縮機 2 2、第 2 凝縮器 2 3、膨張弁 2 4、熱交換器（気化器）8 を含む密閉循環系でありうる。

【 0 0 2 6 】

気相状態の第 2 冷媒 2 0 は、圧縮機 2 2 で圧縮され第 2 凝縮器 2 3 に送られ、第 2 凝縮器 2 3 で排熱され凝縮し液相状態になる。液相の第 2 冷媒 2 0 は、膨張弁 2 4 で飽和蒸気圧近傍まで減圧され熱交換器 8 に送られる。熱交換器 8 は、気化器として構成される。熱交換器 8 は、第 1 冷媒 1 0 と熱交換し、第 2 冷媒 2 0 が蒸発した気化潜熱で第 1 冷媒 1 0 を凝縮させる。熱交換器 8 において気相状態となった第 2 冷媒 2 0 は、圧縮機 2 2 に戻される。

20

【 0 0 2 7 】

ここで、気化器 7 における第 1 冷媒 1 0 の蒸発量と凝縮器 2 における第 1 冷媒 1 0 の凝縮量を釣り合わせれば、第 1 冷媒 1 0 の圧力が維持され沸点が一定になる。したがって、制御部 9 0 は、第 1 循環系 1 のセンサ 9 の出力に基づいて、凝縮器 2 の内部（第 2 部分 2 0 2）の圧力または温度が所定値になるように第 2 循環系 2 1 による第 1 冷媒 1 0 の冷却を制御する。そのために、制御部 9 0 は、第 1 循環系 1 のセンサ 9 の出力に基づいて、第 1 循環系 1 の凝縮器 2 の内部（第 2 部分 2 0 2）の圧力または温度が一定になるように制御信号 C 1、C 2 を発生し、制御信号 C 1、C 2 により第 2 冷媒 2 0 を制御しうる。制御部 9 0 による第 2 冷媒 2 0 の制御は、熱交換器 8 に供給される第 2 冷媒 2 0 の温度、流量および圧力の少なくとも 1 つの制御を含みうる。制御部 9 0 による第 2 冷媒 2 0 の制御は、熱交換器 8 における第 2 冷媒 2 0 の気化潜熱の制御として理解されてもよい。

30

【 0 0 2 8 】

制御部 9 0 による第 2 冷媒 2 0 の制御は、センサ 9 の出力に応じた制御信号 C 1 を膨張弁 2 4 に与え、膨張弁 2 4 の開度を制御することを含みうる。これに代えて、又は、これに加えて、制御部 9 0 による第 2 冷媒 2 0 の制御は、センサ 9 の出力に応じた制御信号 C 2 を圧縮機 2 2 に与え、圧縮機 2 2 による第 2 冷媒 2 0 の圧縮を制御することを含みうる。即ち、制御部 9 0 は、センサ 9 の出力に基づいて圧縮機 2 2 および膨張弁 2 4 の少なくとも一方を制御しうる。

40

【 0 0 2 9 】

第 2 実施形態では、第 1 冷媒 1 0 の凝縮器 2 の内部で第 1 冷媒 1 0 の凝縮と第 2 冷媒 2 0 の気化とが同時に行われる。これにより、第 2 循環系 2 1 では、少ない流量で大きな熱量を移動させることができる。また、第 2 実施形態によれば、伝熱効率が良い沸騰および凝縮熱伝達で熱を移動させるので、制御遅れが改善される。

【 0 0 3 0 】

図 3 には、第 3 実施形態の冷却装置 C A の構成が示されている。第 3 実施形態の冷却装置 C A は、第 2 実施形態の冷却装置 C A を改良したものであり、冷却系 C D の構成が第 2

50

実施形態の冷却系 C D と異なる。第 3 実施形態で言及しない事項は、第 2 実施形態に従いうる。

【 0 0 3 1 】

第 3 実施形態では、第 2 循環系 2 1 に対して、ホットバイパス経路（バイパス経路）2 7 が追加されている。ホットバイパス経路 2 7 は、圧縮機 2 2 から第 2 凝縮器 2 3 および膨張弁 2 4 を介して熱交換器 8 に至る主経路をバイパスするように設けられている。ホットバイパス経路 2 7 は、圧縮機 2 2 と第 2 凝縮器 2 3 との間の流路から分岐し、膨張弁 2 4 と熱交換器 8 との間の流路に合流する。ホットバイパス経路 2 7 には、調整弁 2 8 が設けられうる。

【 0 0 3 2 】

ホットガスバイパス経路 2 7 を通過する第 2 冷媒 2 0 は、第 2 凝縮器 2 3 を通らないので凝縮（液化）されず、そのため気化潜熱による冷却能力を持たない。制御部 9 0 は、第 1 循環系 1 のセンサ 9 の出力に基づいて、熱交換器 8 の内部の第 1 冷媒 1 0 の圧力または温度を所定値に制御するように、膨張弁 2 4、圧縮機 2 2、調整弁 2 8 をそれぞれ制御する制御信号 C 1、C 2、C 3 を発生しうる。ここで、制御部 9 0 は、制御信号 C 1、C 3 により冷却能力を有する液相の第 2 冷媒 2 0 と冷却能力を有しない高温気相の第 2 冷媒 2 0 との混合量を制御しうる。

【 0 0 3 3 】

第 3 実施形態によれば、第 2 冷媒 2 0 による冷却能力を液相の第 2 冷媒 2 0 と気相の第 2 冷媒 2 0 との混合比で調整することで、第 2 循環系 2 1 の冷却能力レンジを拡大することができる。したがって、第 3 実施形態の冷却装置 C A は、例えば半導体製造装置のような大きな排熱量を有する装置における大きな熱変動にも追従することができ、高い温度安定性を提供することができる。

【 0 0 3 4 】

図 4 には、第 4 実施形態の冷却装置 C A の構成が示されている。第 4 実施形態の冷却装置 C A は、第 3 実施形態の冷却装置 C A を改良したものであり、冷却系 C D の構成が第 3 実施形態の冷却系 C D と異なる。第 4 実施形態で言及しない事項は、第 3 実施形態に従いうる。

【 0 0 3 5 】

第 4 実施形態では、加熱器 4 が熱交換器（第 2 熱交換器）で構成され、冷却装置 C A は、圧縮機 2 2 と第 2 凝縮器 2 3 との間の流路から分岐され、加熱器 4（第 2 熱交換器）を介して圧縮機 2 2 に戻る第 3 循環経路 3 1 が構成されている。第 3 循環経路 3 1 に第 2 調整弁 3 0 が設けられうる。

【 0 0 3 6 】

制御部 9 0 は、第 1 循環系 1 のセンサ 9 の出力に基づいて、熱交換器 8 の内部の第 1 冷媒 1 0 の圧力または温度を所定値に制御するように、膨張弁 2 4、圧縮機 2 2、調整弁 2 8 をそれぞれ制御する制御信号 C 1、C 2、C 3 を発生しうる。また、制御部 9 0 は、温度センサ 5 の出力に基づいて、温度センサ 5 で検出される第 1 冷媒 1 0 の温度が所定温度になるように第 2 調整弁 3 0 を制御する制御信号 C 4 を発生しうる。

【 0 0 3 7 】

図 5 には、理想冷凍サイクルのモリエール線図が示されている。図 5 において、横軸はエンタルピー H、縦軸は圧力 P を示す。飽和蒸気線 3 2 より右側は気相であり、飽和液線 3 3 より左側は液相であり、飽和蒸気線 3 2 と飽和液線 3 3 で囲まれた部分は、気液 2 相の湿り状態である。第 2 冷媒 2 0 は、圧縮機 2 2 で等エントロピー線 3 4 に沿って圧縮され、第 2 凝縮器 2 3 で等高圧線 3 5 に沿って冷却され凝縮され、膨張弁 2 4 で等エンタルピー 3 6 線に沿って減圧され、熱交換器 8 で等低圧線 3 7 に沿って気化膨張するサイクルを行う。

【 0 0 3 8 】

冷凍サイクルにおける冷媒の最大加熱量は、等高圧線 3 5 両端点のエンタルピー差であり、これが加熱器 4（熱交換器）での第 2 冷媒 2 0 による単位質量当たりの加熱量である

10

20

30

40

50

。また、等エントロピー線 3 4 の両端点のエンタルピー差が圧縮機 2 2 の動力であり、通常は、最大加熱量の $1/4 \sim 1/5$ ぐらいになる。したがって、第 1 冷媒 1 0 の加熱にかかる電力は、加熱器 4 が電熱ヒーターで構成される場合と比較して、第 4 実施形態では、例えば、約 $1/4$ に低減することができる。よって、第 4 実施形態によれば、第 1 冷媒 1 0 の加熱に必要なエネルギーを低減できるため、エネルギー消費を低減できる。

【 0 0 3 9 】

以下、図 6、図 7 および図 8 を参照しながら上記の冷却装置 C A が適用された半導体製造装置について例示的に説明する。図 6 には、半導体製造装置、より詳しくはパターン形成装置の一例としての露光装置 1 0 0 の構成が模式的に示されている。露光装置 1 0 0 は、原版 1 0 1 のパターンを、感光材層を有する基板 1 0 2 の該感光材層に対して投影光学系 1 4 0 によって転写するように構成されうる。露光装置 1 0 0 は、原版 1 0 1 を照明する照明光学系 1 5 0 と、投影光学系 1 4 0 と、基板位置決め機構 S P M とを備えうる。また、露光装置 1 0 0 は、原版 1 0 1 を位置決めする原版位置決め機構（不図示）を備えうる。基板位置決め機構 S P M は、基板 1 0 2 を保持する基板チャックを有する基板ステージ 1 1 0 と、基板ステージ 1 1 0 を駆動する駆動機構 1 2 0 と、駆動機構 1 2 0 を支持するベース部材 1 3 0 とを含みうる。駆動機構 1 2 0 は、基板ステージ 1 1 0 とともに移動する可動子 1 2 2 と、ベース部材 1 3 0 に固定された固定子 1 2 4 とを含むアクチュエータを有しうる。固定子 1 2 4 は、冷却対象物 8 0 としてのコイル列を含みうる。冷却装置 C A は、冷却対象物 8 0 としてのコイル列を冷却するように構成されうる。

【 0 0 4 0 】

図 7 には、半導体製造装置、より詳しくはパターン形成装置の一例としてのインプリント装置 2 0 0 の構成が模式的に示されている。インプリント装置 2 0 0 は、基板 1 0 2 の上のインプリント材に原版 1 0 1 のパターンを転写するように構成されうる。インプリント装置 2 0 0 は、原版 1 0 1 を駆動する原版駆動機構 1 6 0 と、基板 1 0 2 を駆動する基板駆動機構 S P M と、基板 1 0 2 の上に配置されたインプリント材を硬化させる硬化部 1 7 0 とを備えうる。

【 0 0 4 1 】

原版駆動機構 1 6 0 および基板駆動機構 S P M の少なくとも一方によって基板 1 0 2 のショット領域と原版 1 0 1 のパターン領域とのアライメントを行うことができる。原版駆動機構 1 6 0 および基板駆動機構 S P M の少なくとも一方によって、基板 1 0 2 の上に配置されたインプリント材と原版 1 0 1 のパターン領域との接触、および、インプリント材とパターン領域との分離を行うことができる。基板 1 0 2 の上に配置されたインプリント材と原版 1 0 1 のパターン領域とを接触させた状態で、硬化部 1 7 0 によってインプリント材が硬化される。その後、硬化したインプリント材と原版 1 0 1 のパターン領域とが分離される。これにより、基板 1 0 2 の上にインプリント材の硬化物からなるパターンが形成される。つまり、基板 1 0 2 の上のインプリント材には、原版 1 0 1 のパターン領域が転写される。

【 0 0 4 2 】

基板位置決め機構 S P M は、基板 1 0 2 を保持する基板チャックを有する基板ステージ 1 1 0 と、基板ステージ 1 1 0 を駆動する駆動機構 1 2 0 と、駆動機構 1 2 0 を支持するベース部材 1 3 0 とを含みうる。駆動機構 1 2 0 は、基板ステージ 1 1 0 とともに移動する可動子 1 2 2 と、ベース部材 1 3 0 に固定された固定子 1 2 4 とを含むアクチュエータを有しうる。固定子 1 2 4 は、冷却対象物 8 0 としてのコイル列を含みうる。冷却装置 C A は、冷却対象物 8 0 としてのコイル列を冷却するように構成されうる。

【 0 0 4 3 】

図 8 には、半導体製造装置の一例としてのプラズマ処理装置 3 0 0 の構成が模式的に示されている。プラズマ処理装置 3 0 0 は、例えば、C V D 装置、エッチング装置またはスパッタリング装置でありうる。プラズマ処理装置 3 0 0 は、チャンバ 3 3 0 と、チャンバ 3 3 0 の中に配置された 1 または複数の冷却対象物 8 0 a、8 0 b としての電極構造を備えうる。図 8 の例では、基板 3 0 2 は、冷却対象物 8 0 a によって支持されうる。チャン

10

20

30

40

50

バ 3 3 0 の中には、プラズマを発生させるためのガスが供給されうる。プラズマ処理装置 3 0 0 が C V D 装置として構成される場合、チャンバ 3 3 0 の中には、成膜用のガスが供給されうる。プラズマ処理装置 3 0 0 がエッチング装置として構成される場合、チャンバ 3 3 0 の中には、エッチング用のガスが供給されうる。プラズマ処理装置 3 0 0 がスパッタリング装置として構成される場合、チャンバ 3 3 0 の中には、プラズマを発生させるためのガスが供給され、また、冷却対象物 8 0 b としての電極構造には、ターゲットが取り付けられうる。冷却装置 C A は、冷却対象物 8 0 a、8 0 b を冷却するように構成されうる。

【 0 0 4 4 】

本発明の 1 つの側面としての半導体製造方法は、上記の露光装置 1 0 0、インプリント装置 2 0 0 およびプラズマ処理装置 3 0 0 に代表される半導体製造装置によって基板を処理する工程と、該工程によって処理された基板を加工する工程と、を含みうる。半導体製造装置によって基板を処理する工程は、例えば、基板にパターンを形成する工程、基板に膜を形成する工程、または、基板またはその上に形成された膜をエッチングする工程でありうる。基板を加工する工程は、例えば、基板にパターンを形成する工程、基板に膜を形成する工程、または、基板またはその上に形成された膜をエッチングする工程でありうる。あるいは、基板を加工する工程は、基板を分割（ダイシング）する工程、または、基板を封止する工程でありうる。

10

【 0 0 4 5 】

発明は上記実施形態に制限されるものではなく、発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、発明の範囲を公にするために請求項を添付する。

20

【符号の説明】

【 0 0 4 6 】

C A：冷却装置、1：第 1 循環系（循環系）、2：凝縮器、2 0 1：第 1 部分、2 0 2：第 2 部分、3：ポンプ、4：加熱器、5：温度センサ、6：絞り弁、7：気化器、8：熱交換器、9：センサ、1 0：冷媒（第 1 冷媒）、1 1：第 2 循環系、1 2：第 2 ポンプ、1 3：第 2 加熱器、1 4：第 2 温度センサ、1 5：流量調整弁、1 6：排熱器、1 7：タンク、1 8：第 2 冷媒、2 0：第 2 冷媒、2 2：圧縮機、2 3：第 2 凝縮器、2 4：膨張弁、2 7：ホットガスバイパス経路、2 8：調整弁、3 0：第 2 調整弁、3 1：第 3 循環経路、8 0：冷却対象物

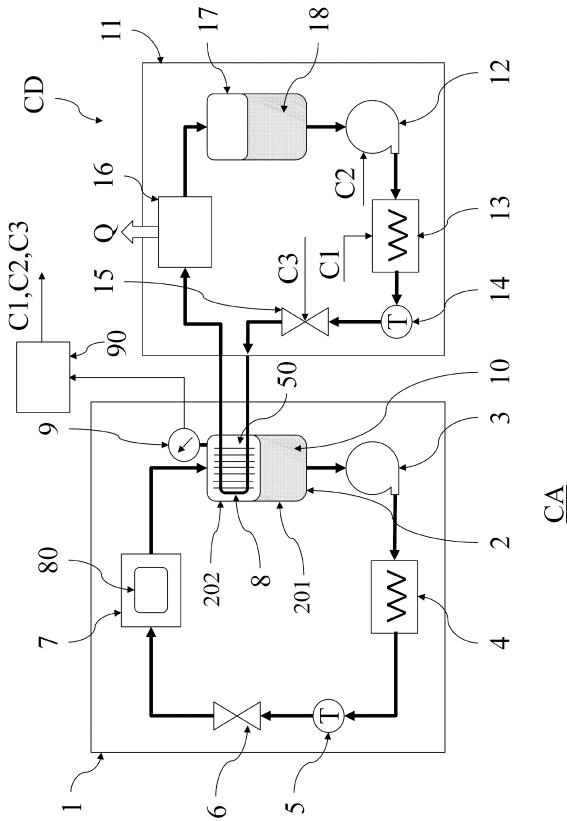
30

40

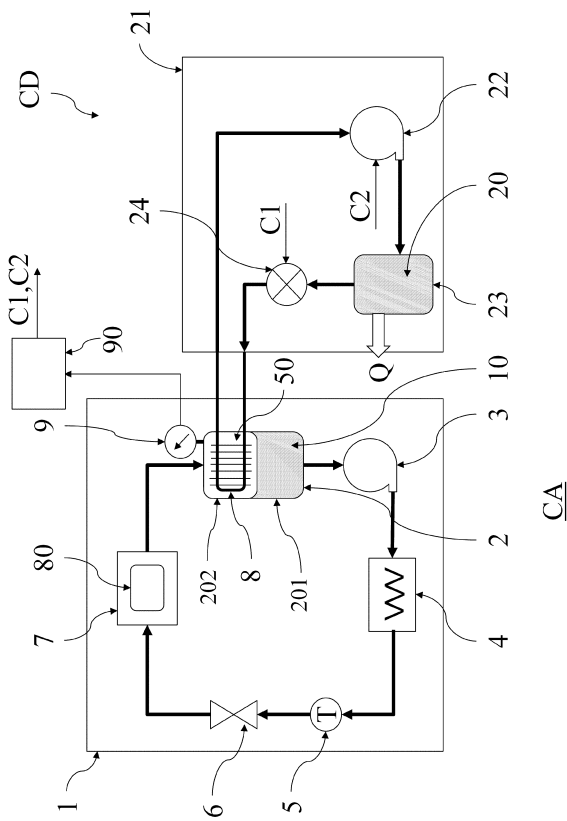
50

【図面】

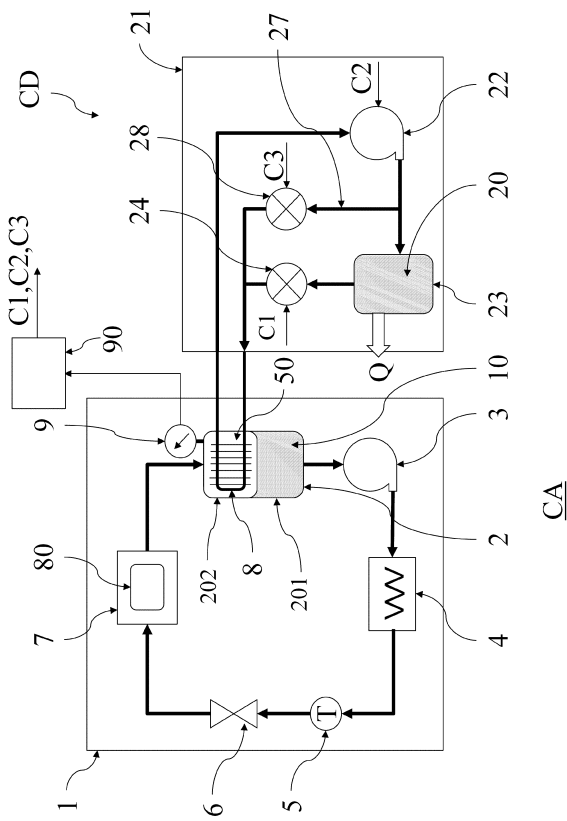
【図 1】



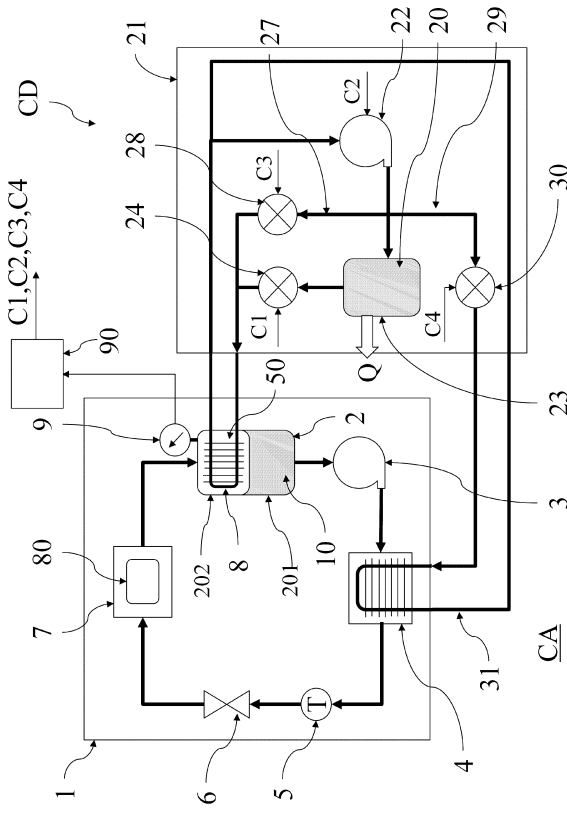
【図 2】



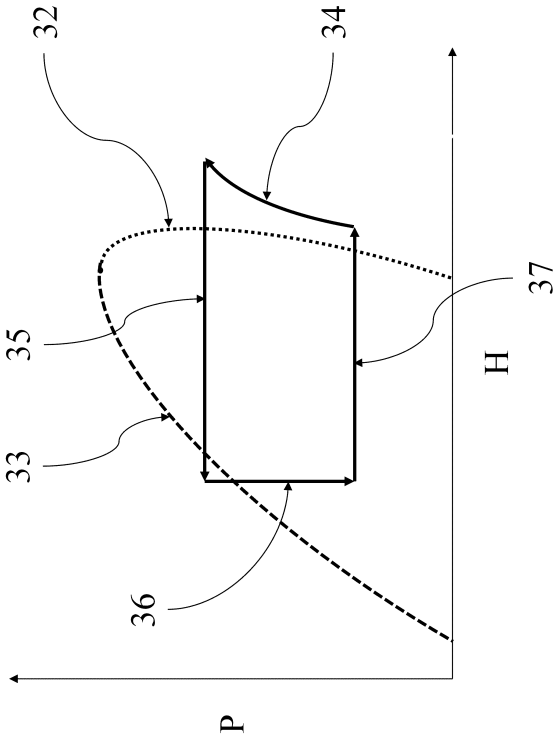
【図 3】



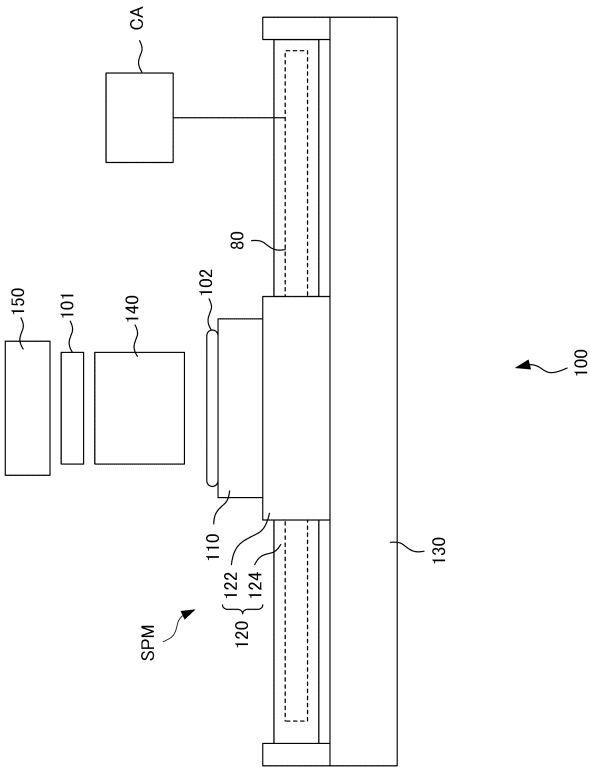
【図 4】



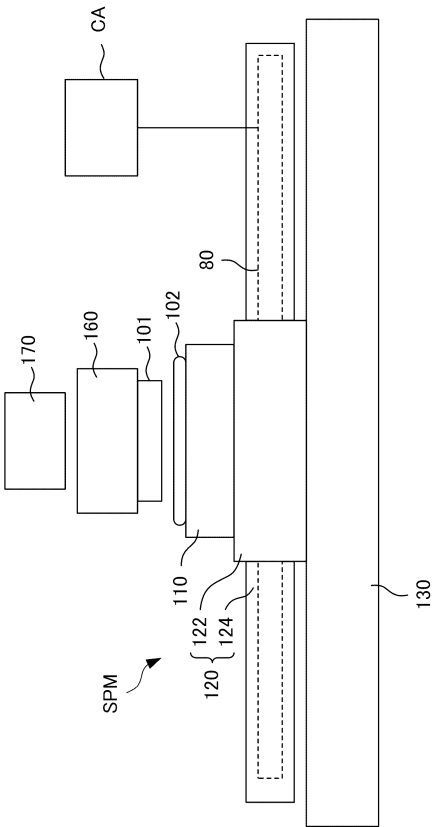
【図 5】



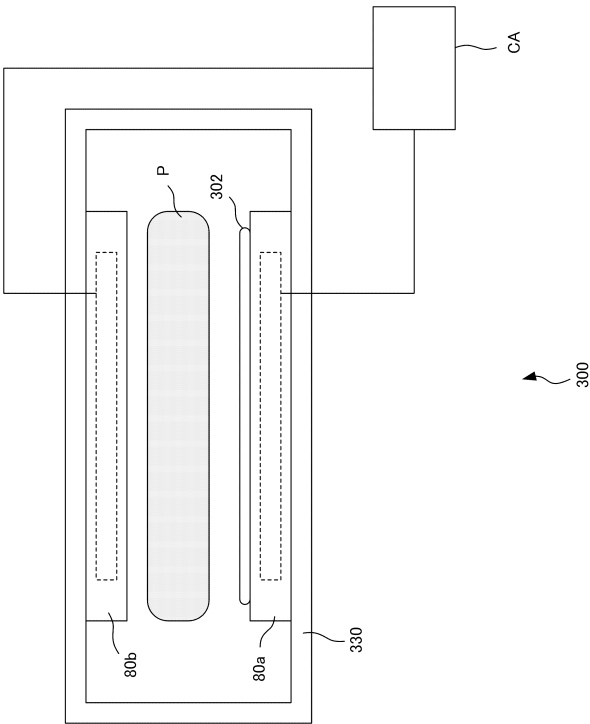
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	H 0 1 L 21/02 (2006.01)	F I		
		F 2 8 D	15/02	L
		F 2 8 D	15/02	1 0 2 A
		F 2 8 D	15/06	D
		F 2 5 B	1/00	3 2 1 L
		F 2 5 B	1/00	3 9 9 Y
		H 0 1 L	21/02	Z

(56)参考文献	特開 2 0 1 1 - 1 9 6 6 0 7 (J P , A)
	特表 2 0 1 8 - 5 1 3 4 2 1 (J P , A)
	実開昭 5 9 - 0 8 0 6 6 3 (J P , U)
	特開平 0 3 - 2 1 1 3 9 2 (J P , A)
	特開平 0 7 - 1 2 7 9 3 5 (J P , A)
	特開平 0 4 - 0 6 8 2 6 3 (J P , A)

(58)調査した分野	(Int.Cl. , D B 名)	
	F 2 5 B	1 / 0 0
	G 0 3 F	7 / 2 0
	H 0 1 L	2 1 / 0 2 7
	F 2 8 D	1 5 / 0 2
	F 2 8 D	1 5 / 0 6
	H 0 1 L	2 1 / 0 2