

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

磁石とコイルを有し、前記コイルに電流が流れることで物体を駆動する電磁アクチュエータと、

液体状態から気化することで前記コイルを冷却する第 1 冷媒と、液体状態の前記第 1 冷媒に浸された前記コイルと、を収容する収容手段と、

気体状態の前記第 1 冷媒を凝縮する凝縮手段と、

前記第 1 冷媒の状態の変化を検出する検出手段と、を有し、

前記凝縮手段は、前記検出手段の検出結果に基づいて前記第 1 冷媒の凝縮量を調整する調整手段を有することを特徴とする駆動装置。

10

【請求項 2】

前記調整手段は、前記収容手段の内部および前記収容手段の内部と連通する空間の少なくとも一方における気体状態の前記第 1 冷媒の熱を調整することで、前記凝縮量を調整することを特徴とする請求項 1 に記載の駆動装置。

【請求項 3】

前記凝縮手段は前記空間に存在する気体状態の前記第 1 冷媒を凝縮させることを特徴とする請求項 2 に記載の駆動装置。

【請求項 4】

前記検出手段は、前記気体状態の前記第 1 冷媒の状態の変化として、圧力変化または体積変化を検出し、前記調整手段は、前記検出手段によって検出される圧力変化または体積変化を低減するように、前記第 1 冷媒の凝縮量を調整することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

20

【請求項 5】

前記空間は、前記第 1 冷媒の体積に応じて体積が可変な空間であり、かつ所定の圧力で背圧された空間であることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の駆動装置。

【請求項 6】

前記所定の圧力は、前記コイルが発熱していない間の前記収容手段の内部の圧力であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 7】

前記調整手段は、前記収容手段の内部の熱を前記収容手段の内部と連通していない空間に移動させるペルチェ素子であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

30

【請求項 8】

前記凝縮手段は、前記第 1 冷媒とは独立した系を流れる第 2 冷媒を用いて気体状態の前記第 1 冷媒を凝縮し、

前記調整手段は、前記第 2 冷媒の流量を制御する流量制御手段および前記第 2 冷媒の温度を制御する温度制御手段の少なくとも一方であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 9】

前記調整手段は前記温度制御手段であって、前記第 2 冷媒の温度を低下させて前記凝縮量を増加させることを特徴とする請求項 8 に記載の駆動装置。

40

【請求項 10】

前記調整手段は前記流量制御手段であって、前記第 2 冷媒の流量を増加させて単位時間当たりの凝縮量を増加させることを特徴とする請求項 8 に記載の駆動装置。

【請求項 11】

前記第 1 冷媒の状態の変化は、気体状態の前記第 1 冷媒の、圧力変化、体積変化、および温度のうち少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の駆動装置を有し、基板の位置を位置決めする

50

位置決め装置と、

前記基板に対してパターンを形成するパターン形成部とを有することを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 13】

電磁アクチュエータのコイルを液体状態の冷媒に浸しておき、前記冷媒が液体状態から気化することで前記コイルを冷却するコイルの冷却方法であって

前記気化により気体状態になった前記第 1 冷媒の状態の変化を検出する検出工程と、

気体状態の前記第 1 冷媒を凝縮させる凝縮工程と、を有し、

前記凝縮工程は、前記検出工程における検出結果に基づいて前記第 1 冷媒の凝縮量を調整する工程を有することを特徴とするコイルの冷却方法。

10

【請求項 14】

請求項 12 に記載のリソグラフィ装置を用いて、基板上にパターンを形成する工程と、

前記工程でパターンの形成された基板を加工する工程と、

を有することを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、駆動装置、リソグラフィ装置、冷却方法、および物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

コイルと磁石により駆動する電磁アクチュエータを有する駆動装置において、コイルに電流が流れるとコイルが発熱する。したがって、例えば、マスクに形成されたパターンを基板に転写するリソグラフィ装置等のステージ装置に当該駆動装置を搭載すると、ステージ装置まわりの空間の温度が変動してしまう。レーザ干渉計等の計測器をステージ装置の位置計測に使用すると、この温度変動が位置計測の誤差要因となってしまう。

【0003】

特許文献 1 には、コイルの冷却に関する技術が開示されている。特許文献 1 に記載の駆動装置の固定子は、コイルおよび第 1 冷媒が収容された密閉容器の第 1 筐体と、第 1 筐体の上面に設けられた第 2 筐体とを有する。第 1 冷媒は気体と液体が平衡状態の物質であり、第 2 筐体の内部を循環する第 2 冷媒は所定の温度に温調された冷媒である。第 1 冷媒は液体状態の第 1 冷媒と接触しているコイルの熱を奪いながら気化する。気化した第 1 冷媒を第 2 冷媒で冷却することによって、第 1 冷媒を再び液体状態に戻している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 6050

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 では、第 1 冷媒がコイルから奪った第 1 冷媒の熱が徐々に第 1 筐体の上面まで伝熱し、第 1 筐体と第 2 筐体との間で温度差が生じてはじめて第 1 冷媒が凝縮し始める。このとき、第 1 冷媒の凝縮が開始されるまでの間にも第 1 冷媒は気化を続ける。熱の移動よりも圧力の変動のほうが応答性が速いため、凝縮が開始されるまでの間に第 1 筐体の内部の圧力が上昇してしまう。

40

【0006】

蒸気圧と沸点の関係を示す Clausius - Clapeyron の式によれば、蒸気圧の上昇に伴い液体の沸点が上昇することが知られている。すなわち、特許文献 1 に記載の駆動装置では第 1 筐体の内部の圧力が上昇することによって第 1 冷媒の沸点が上昇してしまうことを意味する。これにより、第 1 冷媒の凝縮によって第 1 筐体の内部の圧力が元に戻るまでの間にコイルの温度が上昇しやすくなるためコイルの温度変動が生じやすくな

50

る恐れがある。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、コイルの温度変動を低減できる駆動装置、リソグラフィ装置、冷却方法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】

【 0 0 0 8 】

本発明は、磁石とコイルを有し、前記コイルに電流が流れることで物体を駆動する電磁アクチュエータと、液体状態から気化することで前記コイルを冷却する第 1 冷媒と、液体状態の前記第 1 冷媒に浸された前記コイルと、を収容する収容手段と、気体状態の前記第 1 冷媒を凝縮する凝縮手段と、前記第 1 冷媒の状態の変化を検出する検出手段と、を有し、前記凝縮手段は、前記検出手段の検出結果に基づいて前記第 1 冷媒の凝縮量を調整する調整手段を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明の駆動装置、リソグラフィ装置、冷却方法によれば、コイル温度変動を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】第 1 実施形態に係るステージ装置および干渉計の構成を示す図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

20

【図 3】第 2 実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

【図 4】第 3 実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

【図 5】第 4 実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

【図 6】第 5 実施形態に係るリソグラフィ装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

[第 1 実施形態]

図 1 (a) は、第 1 実施形態に係るステージ装置 (位置決め装置) 1 0 0 およびステージ装置 1 0 0 の位置を計測する干渉計 6 0 の構成を示す正面図である。図 1 (b) はステージ装置 1 0 0 を + Z 方向から見た図である。鉛直方向の軸を Z 軸、当該 Z 軸に垂直な平面内で互いに直交する 2 軸を X 軸及び Y 軸としている。

30

【 0 0 1 2 】

ステージ装置 1 0 0 は物体 2 の位置決めをする装置である。ステージ装置 1 0 0 は、物体 2 と Y 軸方向に延伸しており干渉計 6 0 からの計測光を反射するミラー 4 とが載置されたステージ (物体) 6 と、ステージ 6 を駆動させる駆動装置 2 0 0 とを有する。

【 0 0 1 3 】

駆動装置 2 0 0 は、磁石 8 とコイル 1 0 とを有し、コイル 1 0 に電流が流れることによって駆動される電磁アクチュエータを有する。本実施形態に係る電磁アクチュエータは、駆動装置 2 0 0 の固定子 1 2 として複数のコイル 1 0 を有し、駆動装置 2 0 0 の可動子 1 8 (図 1 (b) では不図示) として磁石 8 が搭載された磁石可動式 (ムービングマグネット式) とする。複数のコイル 1 0 の配列方向である X 軸方向に沿って可動子 1 8 が移動する。

40

【 0 0 1 4 】

図 1 (b) に示すように、ステージ装置 1 0 0 は、1 つのステージ 6 に対して、平行に設けられた 2 つの固定子 1 2 および 2 つの可動子 1 8 を有する。これにより、Z 軸まわりの回転方向へのチルトを規制しつつ物体 2 を移動させる。

【 0 0 1 5 】

1 つの可動子 1 8 は、固定子 1 2 と対向するように、すなわち固定子 1 2 に対して - Y 方向側と + Y 方向側に位置する 2 つの磁石 8 と、2 つの磁石 8 と接続された 1 つのヨーク 2 0 を有する。図 1 (a) において + Y 方向側の磁石は不図示である。所定位置のコイル

50

10に順次電流が流れると、ガイド22に案内されながら可動子18がX軸方向に移動する。可動子18の移動によって、可動子18と接続されているステージ6もX軸方向に移動する。

【0016】

駆動装置200は電流源11も有し、電流源11は、配線13を介して、ステージ6の目標位置に応じて所定の位置のコイル10に電流を供給する。

【0017】

固定子12は、複数のコイル10を収容する第1筐体（第1収容手段）14と、第1筐体14の上部に設けられた第2筐体16とを有する。

【0018】

第1筐体14の構成は後で詳述する。第2筐体（第2収容手段）16は第1筐体に沿って構成された筐体であって、その内部に冷媒28を収容する。第2筐体16は一端に設けられた冷媒28を供給する供給口16aと他端に設けられた冷媒28を排出する排出口16bとを有する。冷媒28は、第2筐体16の内部および循環系80（図2に図示）の流路を循環している。すなわち、冷媒28は、第1筐体に供給される冷媒24（後で詳述）とは独立した系を流れる。

【0019】

干渉計60は、光源62、ビームスプリッタ64、参照用のミラー66、および検出器68を有する。光源62から出射されたレーザ光70を、ビームスプリッタ64が参照用のミラー66および計測用のミラー4に向かう光に分岐する。ビームスプリッタ64は、参照用のミラー66で反射された光とミラー4で反射された光とを検出器68に入射させる。検出器68ではそれぞれの光を重ね合わせて生じる干渉縞の強度を計測することで、ステージ6のX位置を計測する。

【0020】

図2は、第1実施形態に係る駆動装置200の構成を示す図である。図1(a)のA-A矢視図と、図1(a)では図示が省略されていた循環系80とを示している。

【0021】

駆動装置200は、気化により気体状態となった冷媒24を凝縮する凝縮手段を有する。凝縮手段は、気体状態の冷媒24の状態の変化を検出する検出手段38の検出結果に基づいて冷媒24の凝縮量を調整する調整手段を有する。検出手段38については後述する。

【0022】

調整手段は、第1筐体14の内部および第1筐体14の内部と連通する空間（連通空間）の少なくとも一方における気体状態の冷媒24の熱（冷媒24の有する熱）を調整する手段である。

【0023】

本実施形態に係る凝縮手段は、冷媒24とは独立した系を流れる冷媒28を用いて冷媒24を凝縮させる。凝縮手段として、循環系80と調整手段としてのペルチェ素子32とを有する。ペルチェ素子32は、第1筐体14の内部の熱を冷媒28の流路に放熱する。なお、冷媒24と独立した系を流れるとは、冷媒24が流れる空間と隔てられた空間を流れることを意味する。凝縮手段は、他に、凝縮フィン34、放熱フィン36を有していてもよい。

【0024】

第1筐体14は、液体状態から気化することでコイル10を冷却する冷媒（第1冷媒）24と、液体状態の冷媒24に浸されたコイル10とを収容している。

【0025】

第1筐体14の内部は、第1筐体14の内部と外部との間を気体の行き来がほとんどできないように封止された閉空間である。リング等のシール部材を用いていれば、後述の検出手段38と接続された配線（不図示）又は配線13が第1筐体14の内部と接続されていたり、所定量の冷媒24を入れるための開け閉め可能な開口（不図示）等が第1筐体

10

20

30

40

50

14に設けられていても良い。

【0026】

冷媒24は、ステージ装置100を使用する環境の管理温度に近い沸点を有し、液体状態と気体状態との平衡状態で存在している。コイル10が発熱した場合、冷媒24が気化することですぐにコイル10を冷却することができる。気体状態の冷媒24は第1筐体14内の上側の空間26に存在している。なお、本明細書では、液体状態の冷媒24に対してのみ符号24で示している。

【0027】

冷媒24はコイル10に直接接触するので導電性の低い冷媒が好ましい。導電性の低い冷媒とすることによって、コイル10のショートを防ぐことができる。

10

【0028】

冷媒24の例として、管理温度が室温程度であれば、水、アルコール、エーテル、ハイドロフルオロエーテル（以下、HFEという）、フロリナート等を用いることができる。

【0029】

大気圧の環境で冷媒24が気化しない場合は、空間26を予め減圧してもよい。これにより冷媒24の沸点を下げることができる。例えば、23の環境下でHFEを使用する場合は、空間26を約60kPa（abs）まで減圧することで、第1筐体14内に気体状態と液体状態との平衡状態のHFEを封入することができる。

【0030】

第1筐体14は、さらに、コイル10を支持するための支持材25と後述する凝縮フィン34を収容している。

20

【0031】

第2筐体16の外部の可動子18側には断熱材料で構成された部材30が設けられている。固定子12の熱が変動した場合であったとしても、可動子18や物体2に熱が伝わることを防止（低減）できる。第2筐体16自身を断熱材料で構成していてもよい。断熱材料として、ポリスチレン、ポリウレタンなどの発泡プラスチックや、グラスウール等を用いてもよい。

【0032】

循環系80は、供給口16aに温度調整された冷媒28を供給し、排出口16bから排出された冷媒28を回収して再び供給口16aに供給するように冷媒28を循環させる機構を有する。冷媒28はステージ装置100の管理温度で液体状態の材料であっても気体状態の材料であってもよい。

30

【0033】

循環系80は、冷却器82、タンク84、ポンプ86、熱交換器88、および熱交換器88の温度を計測するセンサ90を有する。冷却器82は第2筐体16から回収した冷媒28を一度冷却する。冷却時に生じた排熱は循環系80の外部に捨てられる。冷却器82によって冷却された冷媒28はタンク84内で一時的に貯蔵される。ポンプ86は、単位時間当たり所定量ずつタンク84内の冷媒28を熱交換器88に送る。

【0034】

センサ90は、熱交換器88によって調整された冷媒28の温度を計測し、センサ90による計測結果が所定の温度を示すように熱交換器88は冷媒28を温度調整する。

40

【0035】

第2筐体16に温度調整された冷媒28を供給できるのであれば、循環系80は冷媒28が循環する系でなくてもよい。

【0036】

ペルチェ素子32は、第1筐体14と第2筐体16の接合部分に設けられており、第1筐体14の内部、または第2筐体16の内部すなわち第2冷媒のうち、一方から他方に熱を移動させることが可能な素子である。特に、本実施形態では、検出手段38の検出結果に基づき後述の制御部40によって算出された熱を、制御部40の指示にしたがって冷媒

50

２８から第１筐体１４に移動させる。

【００３７】

なお、ペルチェ素子３２は第１筐体１４の内部の第２筐体１６側、あるいは第２筐体１６の内部の第１筐体１４側に設けられていても良い。

【００３８】

第１筐体１４のペルチェ素子３２側には凝縮フィン３４が、第２筐体１６のペルチェ素子３２側には凝縮フィン３４と同形状の放熱フィン３６が設けられている。凝縮フィン３４の凝縮部と放熱フィン３６の放熱部とがペルチェ素子３２に対して互いに逆方向を向くように設けられている。凝縮フィン３４は凝縮した冷媒２４が集まる部分である。放熱フィン３６はペルチェ素子３２によって第１筐体１４内部から移動した熱を冷媒２８中に放熱する部分である。

10

【００３９】

図２に示すように、凝縮フィン３４および放熱フィン３６は複数の針形状に形成されていることが好ましい。気化した冷媒２４との接触面積を広くでき、凝縮効率を高めることができる。放熱フィン３６の場合は、第２冷媒への排熱効率を高めることができる。本実施形態では説明の簡易化のために、凝縮フィン３４と放熱フィン３６を同形状としているが、凝縮フィン３４と放熱フィン３６の形状が異なってもよい。

【００４０】

本実施形態に係る検出手段３８は、気体状態の冷媒２４の圧力変化を検出する手段である。検出手段３８は、センサ３８ａと算出部３８ｂとを有する。センサ３８ａは第１筐体１４の内部の底部に設けられており、気体状態の冷媒２４の圧力変化に応じて変化する、液体状態の冷媒２４から受ける圧力を計測する。センサ３８ａに接続された算出部３８ｂは、センサ３８ａが検出した圧力と所定の圧力との差を算出する。所定の圧力とは、コイル１０に電流を流していない状態（以下、アイドル状態という）での冷媒２４の飽和蒸気圧である。なお、算出部３８ｂの機能が、制御部４０に備えられていてもよい。

20

【００４１】

制御部４０は、ＣＰＵおよびメモリ（ＲＯＭ、ＲＡＭ等）を有する。制御部４０は検出手段３８と接続されており、検出手段３８の検出結果に基づいて、コイル１０の温度変動を低減するために冷媒２４の凝縮すべき量（以下、目標凝縮量という）に対応する熱の熱量を決定する。さらに目標凝縮量に基づいて、ペルチェ素子３２によって第２冷媒６から第１筐体１４に移動させる熱の熱量を決定する。

30

【００４２】

ここで目標凝縮量は、検出手段３８が検出した圧力変化を低減する（変化量をゼロに近づける）凝縮量であることが好ましい。以下では、検出手段３８が検出した圧力変化に対応する熱をペルチェ素子３２が移動させる場合の目標凝縮量の算出方法について説明する。

【００４３】

第１筐体１４の体積を V 、気体状態の冷媒２４の密度を $[g/l]$ 、アイドル状態における第１筐体１４の内部の圧力を $P_0 [Pa]$ 、アイドル状態での気体状態の冷媒２４の体積を V_g とする。制御部４０のメモリには V 、 V_g 、 P_0 、冷媒２４の潜熱 $L [J/g]$ の値が予め記憶されている。センサ３８ａが計測した圧力の変化量を $P [Pa]$ 、この圧力 P_0 から圧力 P の変化に伴い、気化した冷媒２４の量を $m [g]$ 、 $P_0 - P = P$ とする。気化した量は微量で液体状態の冷媒２４の体積 V_1 は変わらないとすると、 $V_g = V - V_1 = \text{一定}$ が成り立つ。

40

【００４４】

アイドル状態では、気体状態の冷媒２４の量 G は、式（１）で表される。

$$G = P \cdot V_g \cdot \frac{1}{P_0} [g] \cdots (1)$$

【００４５】

また、ボイルの法則により式（２）が成り立つ。

50

$$(P + P) \cdot V g = \{ P_0 \cdot V g \cdot (+ m) \} / \dots (2)$$

【0046】

目標凝縮量 $M [g]$ は、 m と等しいので、式 (1)、(2) より、式 (3) で表される。

$$M = m = \dots \cdot v g \cdot P / P_0 \dots (3)$$

【0047】

潜熱 $L [J/g]$ を用いて、ペルチェ素子 32 で移動すべき熱量 $Q [J]$ は式 (4) で表される。

$$Q = M \cdot L = \dots \cdot v g \cdot P \cdot L / P_0 \dots (4)$$

【0048】

10

(冷却方法)

駆動装置 200 におけるコイル 10 の冷却方法について説明する。駆動装置 200 を駆動させるため、電流源 11 がコイル 10 に電流を流し始める。電流を流している間、検出手段 38 は常時、あるいは所定の時間間隔で冷媒 24 の圧力を検出する。コイル 10 が発熱すると、冷媒 24 が気化してコイル 10 を冷却する。気体状態の冷媒 24 が増加したことによって冷媒 24 のセンサ 38a が圧力の増加を検出すると、算出部 38b が所定の圧力との差を算出する。検出手段 38 は、算出した圧力変化を制御部 40 に送る。

【0049】

制御部 40 は式 (4) に基づいてペルチェ素子 32 で移動すべき熱の熱量 Q を算出し、ペルチェ素子 32 に指示する。ペルチェ素子 32 が熱量 Q を移動し、冷媒 24 が凝縮される。

20

【0050】

第 1 筐体 14 の内部で気体状態となった冷媒 24 が凝縮により再度液体状態となることによって、第 1 筐体 14 の内部の圧力が所定の圧力まで戻る。検出手段 38 が第 1 筐体 14 の内部の圧力が所定の圧力よりも下がったことを検出した場合は、ペルチェ素子 32 が第 1 筐体 14 の内部の熱を第 2 冷媒に移動させて凝縮量を低減するように調整してもよい。

【0051】

なお、制御部 40 は、熱量 Q を取得できるのであれば、必ずしも毎時算出しなくてもよい。算出部 38b から算出された圧力変化と熱量 Q との対応関係に基づいて、熱量 Q を決定してもよい。制御部 40 は、PID 制御により凝縮量調整の追従制御を行ってもよい。

30

【0052】

このようにして、駆動装置 200 において、検出手段 38 の検出結果に基づいてペルチェ素子 32 が冷媒 24 の凝縮量を調整する。凝縮量を調整することによって冷媒 24 の圧力および冷媒 24 の沸点を所定の値に保つことができ、冷媒 24 の沸点上昇によるコイル 10 の温度上昇を抑制することができる。このようにして、本実施形態に係る駆動装置 200 および冷却方法によれば、検出手段 38 およびペルチェ素子 32 を用いて冷媒 24 の凝縮量を調整しない場合に比べて、コイル 10 の温度変動を低減することができる。

【0053】

一般的に、空間を介して熱が所定距離だけ伝達する速度よりも、当該所定距離だけ離れた位置に対して気体の圧力変化が伝達する速度のほうが速い。すなわち、本実施形態であれば、冷媒 24 の圧力変化は、コイル 10 の温度上昇分の熱が空間 26 を介して冷媒 28 へ伝達する速度よりも応答性が早い。応答の速い圧力変化に基づいて冷媒 24 を凝縮させるので、検出手段による冷媒 24 の状態の変化を検出を行わない特許文献 1 に記載の駆動装置に比べて冷媒 24 の沸点上昇を抑制し、コイル 10 の温度変動を低減することができる。

40

【0054】

これにより、コイル 10 からステージ装置 100 のある空間に熱が伝搬し、レーザ光 70 の光路上における温度変動による計測精度の悪化を低減できる。また、可動子 18 を介してステージ 6 に熱が伝搬し、物体 2 が一時的に変形することを低減できる。

50

【 0 0 5 5 】

センサ 3 8 a は、第 1 筐体 1 4 の底部に設けられていなくともよい。例えば空間 2 6 に設けられていてもよい。ペルチェ素子 3 2 は第 1 筐体 1 4 の内部の熱を第 1 筐体 1 4 の外部に放熱することができるため、冷媒 2 8 の流路を含む循環系 8 0 が無くても構わない。

【 0 0 5 6 】

駆動装置 2 0 0 は、第 1 筐体 1 4 の内部に、冷媒 2 4 を攪拌する攪拌部を設けていてもよい。攪拌部は、羽根付き部材を回転させる方式、穴の開いた球体を回転させる方式などである。攪拌部として、発熱量が小さいものを選択することが好ましい。攪拌することにより冷媒 2 4 の気化によって生じた気泡がコイル 1 0 に付着することによる冷媒 2 4 とコイル 1 0 との接触面積の低下を抑制することができる。

10

【 0 0 5 7 】

ステージ装置 1 0 0 の位置検出に、干渉計 6 0 のかわりにエンコーダ（不図示）を用いてもよい。エンコーダならびにエンコーダスケールを保持する部分の温度変化を低減でき、ステージ装置 1 0 0 の位置の計測精度の悪化を抑制することができる。

【 0 0 5 8 】

[第 2 実施形態]

図 3 は、第 2 実施形態に係る駆動装置 3 0 0 の構成を示す図である。本実施形態に係る凝縮手段も、冷媒 2 4 とは独立した系を流れる冷媒 2 8 を用いて冷媒 2 4 を凝縮させる。調整手段として、ペルチェ素子 3 2 の代わりに冷媒 2 8 の温度を制御する温度制御手段を用いる点が、駆動装置 2 0 0 とは異なる。その他の構成は駆動装置 2 0 0 と同様であるため説明を省略する。なお、循環系 8 0 においては、温度制御手段とは熱交換器 8 8 である。

20

【 0 0 5 9 】

駆動装置 3 0 0 におけるコイル 1 0 の冷却方法は以下の通りである。

【 0 0 6 0 】

検出手段 3 8 による圧力の検出結果は制御部 4 0 に送られ、制御部 4 0 は第 2 筐体 1 6 の内部を流れる冷媒 2 8 の温度を決定する。制御部 4 0 は、当該決定した温度を熱交換器 8 8 に対して設定する。検出手段 3 8 が圧力を検出した第 2 筐体 1 6 を流れる冷媒 2 8 の温度が低くなるように調整する。

【 0 0 6 1 】

熱交換器 8 8 が冷媒 2 8 の温度を低くさせることで、第 2 筐体 1 6 の温度は第 1 筐体 1 4 に比べて温度が低くなる。よって、第 1 筐体 1 4 から冷媒 2 8 に熱が移動することにより、冷媒 2 4 の凝縮を増加させることができる。これにより、変化した冷媒 2 4 の圧力をアイドル状態の圧力まで近づけるあるいは一致させることができる。制御部 4 0 は、検出手段 3 8 が検出した圧力変化が無くなった時点で、熱交換器 8 8 に設定する温度を、変更する前の温度に戻す。

30

【 0 0 6 2 】

制御部 4 0 が決定する冷媒 2 8 の温度は、検出手段 3 8 が圧力変化を検出する前より所定の温度だけ低い温度であってもよいし、検出手段 3 8 が検出した圧力変化に応じて異なる温度に設定してもよい。

40

【 0 0 6 3 】

このように、駆動装置 3 0 0 において、検出手段 3 8 の検出結果に基づいて熱交換器 8 8 が冷媒 2 4 の凝縮量を調整する。凝縮量を調整することによって冷媒 2 4 の圧力および冷媒 2 4 の沸点を所定の値に保つことができ、冷媒 2 4 の沸点上昇によるコイル 1 0 の温度上昇を抑制することができる。このようにして、本実施形態に係る駆動装置 3 0 0 および冷却方法によれば、検出手段 3 8 および熱交換器 8 8 を用いて冷媒 2 4 の凝縮量を調整しない場合に比べて、コイル 1 0 の温度変動を低減することができる。

【 0 0 6 4 】

よって、コイル 1 0 からステージ装置 1 0 0 のある空間に熱が伝搬し、レーザ光 7 0 の光路上における温度変動による計測精度の悪化を低減できる。また、可動子 1 8 を介して

50

ステージ 6 に熱が伝搬し、物体 2 が一時的に変形することを低減できる。

【 0 0 6 5 】

本実施形態は、ペルチェ素子を用いる場合に比べて、第 1 筐体 1 4 の内部から第 2 筐体 1 6 の内部に大きな熱量の熱を移動させることができる。したがって、特に、コイル 1 0 に流す電流量が大きいステージ装置の駆動装置として適している。例えば、ステージ装置 1 0 0 が微動ステージと当該微動ステージより大きな移動量で移動する粗動ステージを有する場合は、粗動ステージの駆動装置として用いることが好ましい。

【 0 0 6 6 】

[第 3 実施形態]

図 4 は、第 3 実施形態に係る駆動装置 4 0 0 の構成を示す図である。本実施形態に係る凝縮手段も、冷媒 2 4 とは独立した系を流れる冷媒 2 8 を用いて冷媒 2 4 を凝縮させる。調整手段として、熱交換器 8 8 に加え、さらに冷媒 2 8 の流量を制御する流量制御手段を用いる点が、駆動装置 3 0 0 とは異なる。その他の構成は駆動装置 3 0 0 と同様であるため説明を省略する。なお、循環系 8 0 においては、流量度制御手段とはポンプ 8 6 である。

10

【 0 0 6 7 】

駆動装置 4 0 0 におけるコイル 1 0 の冷却方法は以下の通りである。

【 0 0 6 8 】

検出手段 3 8 による圧力の検出結果は制御部 4 0 に送られ、制御部 4 0 が第 2 筐体 1 6 の内部を流れる冷媒 2 8 の流量を決定する。制御部 4 0 は、熱交換器 8 8 に指示して冷媒 2 8 の温度を所定温度だけ低く設定するとともに、ポンプ 8 6 に指示して第 2 筐体 1 6 を流れる冷媒 2 8 の流量を増加させる。第 2 筐体 1 6 の温度は第 1 筐体 1 4 に比べて温度が低くなることで、第 1 筐体 1 4 から冷媒 2 8 に熱が移動する。

20

【 0 0 6 9 】

制御部 4 0 は、検出手段 3 8 が検出した圧力変化が無くなった時点で、熱交換器 8 8 に設定する温度およびポンプ 8 6 に設定した冷媒 2 8 の流量を、変更する前の値に戻す。

【 0 0 7 0 】

駆動装置 4 0 0 は、第 2 実施形態と同様の効果を有する。さらに、熱交換器 8 8 およびセンサ 9 0 のみを用いて凝縮量を調整する場合に比べて、ポンプ 8 6 を使用することで冷媒 2 4 の単位時間当たりの凝縮量を増やすことができる。

30

【 0 0 7 1 】

[第 4 実施形態]

図 5 は、第 4 実施形態に係る駆動装置 5 0 0 の構成を示す図である。駆動装置 5 0 0 は、駆動装置 3 0 0 と比べて、第 2 筐体 1 6、凝縮フィン 3 4、および放熱フィン 3 6 が無い。代わりに凝縮器 7 1、シリンダ 7 2、圧力制御部 7 3、検出手段 7 4、および筐体 1 4 の内部と連通する空間 7 5 を有する。本実施形態に係る凝縮手段も、冷媒 2 4 とは独立した系を流れる冷媒 2 8 を用いて冷媒 2 4 を凝縮させる。本実施形態に係る凝縮手段は、冷媒 2 8 を循環させている循環系 8 0 と凝縮器 7 1 である。本実施形態に係る調整手段は熱交換器 8 8 である。

【 0 0 7 2 】

ピストン 7 2 a は、空間 7 5 の一部でもある空間 7 6 と、圧力制御部 7 3 によって圧力の制御された空間 7 7 とを隔てている。

40

【 0 0 7 3 】

空間 7 5 は、圧力制御部 7 3 によって所定の圧力に背圧されている。

【 0 0 7 4 】

当該所定の圧力とは、第 1 筐体 1 6 の管理温度における冷媒 2 4 の飽和蒸気圧（所定の圧力）である。すなわち、コイル 1 0 が発熱していない間（コイル 1 0 に電流を流していない間）の筐体 1 6 の内部の圧力である。圧力制御部 7 3 は、例えば、空間 7 7 に対する圧縮空気の入出力を調整できる圧力調整弁が好ましい。

【 0 0 7 5 】

50

これにより、冷媒 24 の気化が進行するにつれて、ピストン 72 a の位置は空間 76 と空間 77 の圧力が保たれるように移動する。すなわち空間 75 は、冷媒 24 の体積に応じて体積が可変な空間である。

【0076】

冷媒 24 は、背圧にさからってピストン 72 a を移動させるという機械仕事をする。

【0077】

冷媒 24 の封入量は、アイドル状態において、空間 75 と空間 76 とがほぼ同体積になる量が好ましい。ピストン 72 a が移動した際のシリンダ 72 の内壁に衝突を防ぎ、冷媒 24 が有する熱を機械仕事に変換し続けることができる。

【0078】

空間 75 は、筐体 14 の内部の上部と連通し且つ気体状態となった冷媒 24 が通る配管 78、空間 76、凝縮器 71 のうち冷媒 24 が通る空間 71 a、筐体 14 の内部の下部と連通し且つ凝縮して液体状態の冷媒 24 が通る配管 79 を含む。

【0079】

凝縮器 71 は冷媒 24 の流れる空間 71 a と冷媒 28 の流れる空間 71 b とに分離されており、冷媒 28 と空間 75 との間で熱を交換する（移動させる）。凝縮器 71 は例えばヒートポンプである。

【0080】

検出手段 74 はピストン 72 a の位置を検出するセンサ 74 a とセンサ 74 a が検出した位置と基準位置との差を算出する算出部 74 b を有する。算出部 74 b は、算出結果を制御部 40 に入力する。すなわち、検出手段 74 はピストン 72 a の位置変化を検出することにより、気体状態の冷媒 24 の状態の変化、具体的には第 1 冷媒の体積変化を検出している。基準位置とは、アイドル状態におけるピストン 72 a の位置のことをいう。

【0081】

制御部 40 は、検出手段 74 の検出結果に基づいて、制御部 40 は第 2 筐体 16 の内部を流れる冷媒 28 の温度を決定する。制御部 40 は、当該決定した温度を熱交換器 88 に対して設定する。

【0082】

熱交換器 88 が冷媒 28 の温度を調整することにより、凝縮器 71 において凝縮させる冷媒 24 の凝縮量を調整する。

【0083】

（冷却方法）

コイル 10 に電流が流れ、発熱すると、コイル 10 と接触している冷媒 24 がコイル 10 の熱を吸収して気化する。冷媒 24 が気化すると、冷媒 24 の圧力が増加しそうになる。このとき、気体状態の冷媒 24 がピストン 72 a を移動させながら断熱膨張することによって、冷媒 24 の圧力の増加および冷媒 24 の圧力の増加に伴う沸点の上昇を低減することができる。

【0084】

また、シリンダ 72 の空間の体積には上限があるので冷媒 24 を凝縮を促す必要が生じる。そこで、検出手段 74 の検出結果に基づいて、冷媒 24 の体積をアイドル状態における体積に戻すように、制御部 40 は第 2 筐体 16 の内部を流れる冷媒 28 の温度を決定する。制御部 40 は、当該決定した温度を熱交換器 88 に対して設定する。

【0085】

制御部 40 は下記の演算に基づき目標凝縮量および当該目標凝縮量に対応する設定温度を求めてもよいし、予め決められた所定の温度を設定してもよい。

【0086】

目標凝縮量の算出方法について説明する。目標凝縮量は、冷媒 24 の潜熱を $L [J/g]$ ピストン 72 a の背圧面積を A 、空間 77 の圧力を P 、微小時間 t の間にピストンが x 移動したとすると、目標凝縮量 $C2$ は式 (2) で表される。

$$C2 = (P \cdot A \cdot x / t) / L [g/sec] \cdots (2)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

目標凝縮量に対応する冷媒 2 8 の設定温度を算出し、熱交換器 8 8 は制御部 4 0 の指示を受けて冷媒 2 8 の温度を低下させる。これにより、凝縮器 7 1 における冷媒 2 4 の凝縮量を増加させ、変化した冷媒 2 4 の体積をアイドル状態の体積まで近づけるあるいは一致させることができる。冷媒 2 4 の体積が減少するにつれてピストン 7 2 a の位置は基準位置に近づく。制御部 4 0 は、検出手段 7 4 が検出した体積変化が無くなった時点で、熱交換器 8 8 に設定する温度を、変更する前の温度に戻す。

【 0 0 8 8 】

検出手段 3 8 が冷媒 2 4 の体積がアイドル状態よりも小さくなったことを検出した場合は、熱交換器 8 8 に設定する温度を上昇させて凝縮量を調整してもよい。

10

【 0 0 8 9 】

このように、駆動装置 5 0 0 において、検出手段 7 4 の検出結果に基づいて熱交換器 8 8 が冷媒 2 4 の凝縮量を調整する。凝縮量を調整することによって冷媒 2 4 の圧力および冷媒 2 4 の沸点を所定の値に保つことができ、冷媒 2 4 の沸点上昇によるコイル 1 0 の温度上昇を抑制することができる。このようにして、本実施形態に係る駆動装置 5 0 0 および冷却方法によれば、検出手段 7 4 および熱交換器 8 8 を用いて冷媒 2 4 の凝縮量を調整しない場合に比べて、コイル 1 0 の温度変動を低減することができる。

【 0 0 9 0 】

よって、コイル 1 0 からステージ装置 1 0 0 のある空間に熱が伝搬し、レーザ光 7 0 の光路上における温度変動による計測精度の悪化を低減できる。また、可動子 1 8 を介してステージ 6 に熱が伝搬し、物体 2 が一時的に変形することを低減できる。

20

【 0 0 9 1 】

さらに駆動装置 5 0 0 では、冷媒 2 4 が、背圧にさかたってピストン 7 2 a を移動させるという機械仕事をする。よってコイル 1 0 より奪った熱を機械仕事に変えて消費することができる。第 1 ~ 第 3 の実施形態に比べて、循環系 8 0 における排熱量を低減することができる。

【 0 0 9 2 】

さらに空間 7 5 において冷媒 2 4 を凝縮させているため、可動子 1 8 から離れた位置で冷媒 2 4 の熱を放出することができる。よって可動子 1 8 とともに移動するステージ 6 に熱が伝わりにくくすることができる。さらに、空間 7 5 の位置は自由に決定できるので、第 1 ~ 第 3 実施形態のように狭い空間内に第 2 筐体 1 6 を設ける必要が無く、駆動装置の設計の自由度を増すことができる。

30

【 0 0 9 3 】

凝縮量の調整手段として、第 1 実施形態のようにペルチェ素子 3 2 を用いたり、第 3 実施形態のようにポンプ 8 6 を用いても良い。あるいは、適宜これらを併用してもよい。

【 0 0 9 4 】

[第 5 実施形態]

図 6 は、駆動装置 2 0 0 を搭載したステージ装置 1 0 0 を有するリソグラフィ装置 8 0 0 の構成を示す図である。リソグラフィ装置 8 0 0 は、基板 8 1 0 に光を露光する露光装置である。

40

【 0 0 9 5 】

基板 8 1 0 上にパターンを形成するパターン形成部として、光源 8 0 2 、照明光学系 8 0 6 、および投影光学系 8 0 8 を有する。

【 0 0 9 6 】

光源 8 0 2 から出射した K r F エキシマレーザ光 (波長 2 4 8 n m) は、導光部 8 0 4 、照明光学系 8 0 6 、および投影光学系 8 0 8 を通過してステージ装置 1 0 0 上に載置された基板 8 1 0 (対象物) に照射される。投影光学系 8 0 8 は、基板 8 1 0 にレチクル (マスク) 8 1 2 に形成された回路パターン等のパターンを縮小投影する。これによりレチクル 8 1 2 のパターンを基板 8 1 0 上に転写する。

【 0 0 9 7 】

50

ステージ装置 100 は、前述の物体 2 でもある、基板 810 を位置決めする。干渉計 60 は、ステージ 6 の位置や姿勢を計測することで、基板 810 の位置を計測する。マウント 814 は、設置面 816 からの振動が投影光学系を支持する支持材に伝わらないように除振する装置である。ステージ装置 100 はレチクル 812 を位置決めする。

【0098】

制御部 40 は、干渉計 60 による計測に基づいて、レチクル 812 と基板 810 との位置決めを制御する。

【0099】

ステージ装置 100 は、第 1 実施形態と同様にコイル 10 の発熱を抑制することができる。これにより、コイル 10 で生じた熱が基板に伝わり、基板が変形することによる重ね合わせ精度の低下を抑制することができる。また、干渉計 60 の光路の空気の温度変動に起因して生じるステージ装置 100 の位置決め精度の低下を抑制することができる。

10

【0100】

駆動装置 200 は、レチクル 812 を移動させるステージ装置 817 に搭載されていてもよい。また、ステージ装置 100 やステージ装置 817 には、駆動装置 300、400、500 のいずれか、またはこれらを適宜組み合わせた構成の駆動装置が搭載されていてもよい。

【0101】

リソグラフィ装置 800 は、前述の装置に限られない。g 線（波長 436 nm）、ArF レーザ光（波長 193 nm）、EUV 光（波長 13 nm）等の光線を用いて基板を露光しパターンを形成する各種露光装置でもよい。3 次元形状のパターンの形成された型を用いてレジストの硬化パターンを形成するインプリント装置、あるいは荷電粒子線を基板に照射してパターンを描画する描画装置でもよい。

20

【0102】

[その他の実施形態]

第 1 実施形態、第 2 実施形態、および第 3 実施形態のうち、2 つ以上の実施形態を組み合わせ実施してもよい。例えば、冷媒 24 の凝縮量を調整する調整手段として、第 2 実施形態の温度制御手段および第 3 実施形態の流量制御手段を両方使用してもよい。駆動装置 200 ~ 500 は複数の第 1 筐体 14 を有しており、それぞれの第 1 筐体 14 が 1 つのコイル 10 を収容していてもよい。

30

【0103】

1 つの第 1 筐体 14 内に収容するコイル 10 の数は、固定子 12 のコイル 10 全てでなくてもよい。1 つずつ、あるいは所定個数ずつコイル 10 を収容した分割された第 1 筐体 14 が連なったもので、固定子 12 が構成されていても良い。ペルチェ素子 32 も全てのコイル 10 に対して 1 つの長いペルチェ素子 32 が設けられていなくてもヨーク 20、1 つ、あるいは所定個数のコイル 10 ずつ設けられていても良い。なお、第 1 筐体 14 が分割されている場合には、少なくとも第 1 筐体 14 の個数だけペルチェ素子 32 は必要である。

【0104】

制御部 40 は、目標凝縮量を毎回算出しなくてもよい。圧力変化または体積変化に対応する目標凝縮量に関するテーブルを有している場合には、当該テーブルより目標凝縮量を決定しても良い。

40

【0105】

制御部 40 は、制御部 40 が実行する機能を全て備えていれば、別個の制御基板の集合体であってもよいし、1 つの制御基板であってもよい。

【0106】

気体状態の冷媒 24 の状態の変化を検出する手段は、検出手段 38、74 の他、気体状態の冷媒 24 の、圧力変化、体積変化、および温度変化のうち少なくとも 1 つを検出する手段であればよい。

【0107】

50

温度変化を検出する場合は、当該温度変化を検出する手段のセンサは、第1筐体14中の液体状態の冷媒24に配置されていることが好ましい。空間26を介してコイル10の温度変化分の熱が冷媒28に伝わるまでの時間よりも早く、コイル10の温度上昇を検出することができる。

【0108】

駆動装置200～500は、可動子18が移動するムービングマグネット方式に限らず、コイル10が移動するムービングコイル方式でもよい。物体2を直線移動させるステージ装置に限らず、回転方向に移動させる装置でもよい。基板810を位置決めをするステージ装置の他、たとえば光学素子の位置決めをするステージ装置であってもよい。

【0109】

駆動装置200～500は、リソグラフィ装置に搭載するステージ装置に限らず、その他の高精度な位置決めが要求される装置に搭載される駆動機構であってもよい。例えば、リソグラフィ装置が半導体露光装置の場合は、露光光を遮光するマスキングブレード、ステージ装置の移動に伴う反力を低減する反力キャンセラなどの駆動機構でもよい。例えば、リソグラフィ装置がインプリント装置の場合は、3次元形状パターンの形成されたモールドやインプリント材を供給する供給部を駆動させる駆動機構でもよい。

【0110】

[物品の製造方法]

リソグラフィ装置を用いて形成したパターンは、各種物品を製造する際に一時的に用いられる。物品とは、電気回路素子、光学素子、MEMS、記録素子、センサ、或いは、型等である。電気回路素子としては、DRAM、SRAM、フラッシュメモリ、MRAMのような、揮発性或いは不揮発性の半導体メモリや、LSI、CCD、イメージセンサ、FPGAのような半導体素子等が挙げられる。型としては、インプリント用のモールド等が挙げられる。

【0111】

リソグラフィ装置を用いて形成したパターンは、基板の加工工程においてエッチング又はイオン注入等が行われた後、レジストマスクは除去される。リソグラフィ装置として露光装置や描画装置などを用いた場合は、前述の加工工程の前にレジストを現像する。リソグラフィ装置としてインプリント装置を用いることで形成したレジストの硬化パターンは、そのまま上記物品の少なくとも一部の構成部材として用いてもよい。

【0112】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【符号の説明】

【0113】

- 200、300、400、500 駆動装置
- 6 ステージ（物体）
- 8 磁石
- 10 コイル
- 14 第1筐体（収容手段）
- 24 冷媒（第1冷媒）
- 32 ペルチェ素子（調整手段）
- 38 センサ（検出手段）
- 40 制御部
- 71 凝縮器（凝縮手段）
- 80 循環系（凝縮手段）
- 86 ポンプ（調整手段）
- 88 熱交換器（調整手段）

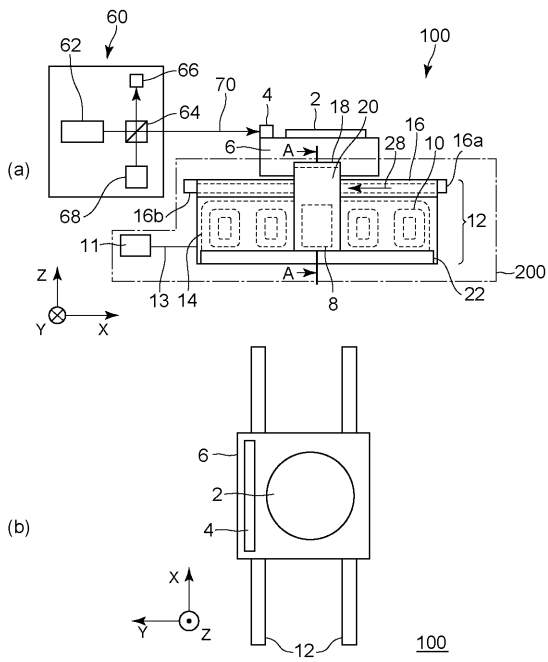
10

20

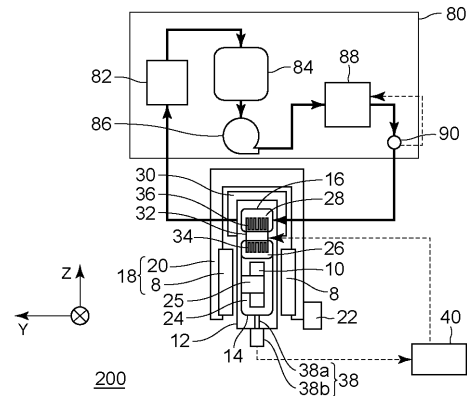
30

40

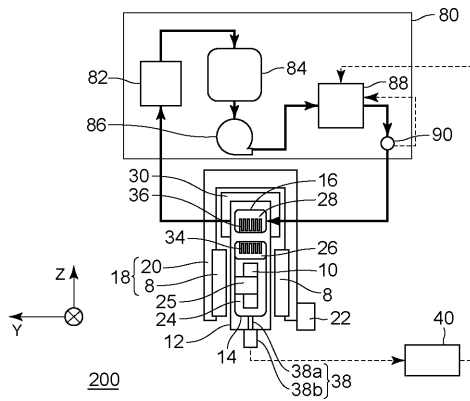
【 図 1 】



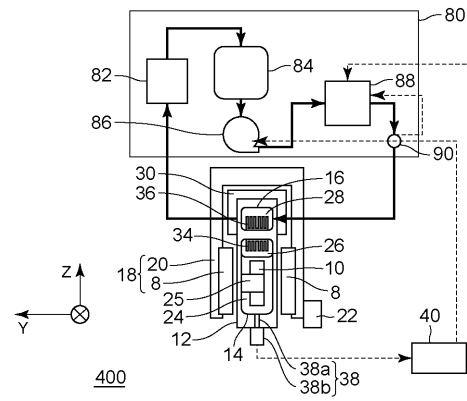
【 図 2 】



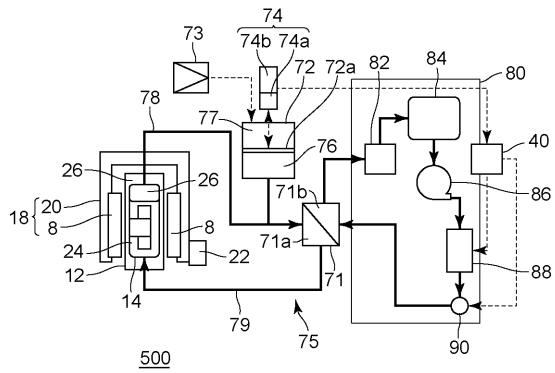
【 図 3 】



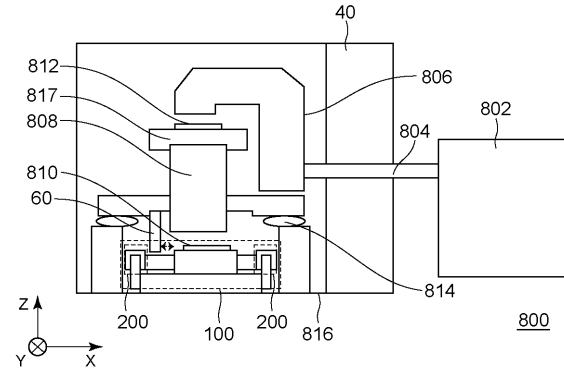
【 図 4 】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F131 AA10 CA03 CA06 CA18 EA02 EA14 EA16 EA22 EA24 EB78
EB87 JA14 KA03 KA16 KA23 KA40 KA47 KA72
5H609 BB08 PP02 PP06 QQ04 QQ05 QQ09 QQ25 RR37 RR46 RR52
RR63 RR65 SS23