

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-112393
(P2024-112393A)

(43)公開日 令和6年8月21日(2024.8.21)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
F 0 4 C 18/18 (2006.01)	F 0 4 C 18/18	B 3 H 1 2 9
F 0 4 C 29/00 (2006.01)	F 0 4 C 29/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全12頁)

(21)出願番号	特願2023-17363(P2023-17363)	(71)出願人	000000239
(22)出願日	令和5年2月8日(2023.2.8)		株式会社荏原製作所
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
		(74)代理人	100118500
			弁理士 廣澤 哲也
		(74)代理人	
			渡邊 勇
		(74)代理人	100174089
			弁理士 郷戸 学
		(74)代理人	100186749
			弁理士 金沢 充博
		(72)発明者	杉浦 哲郎
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式
			会社荏原製作所内
		(72)発明者	長山 真己
			最終頁に続く

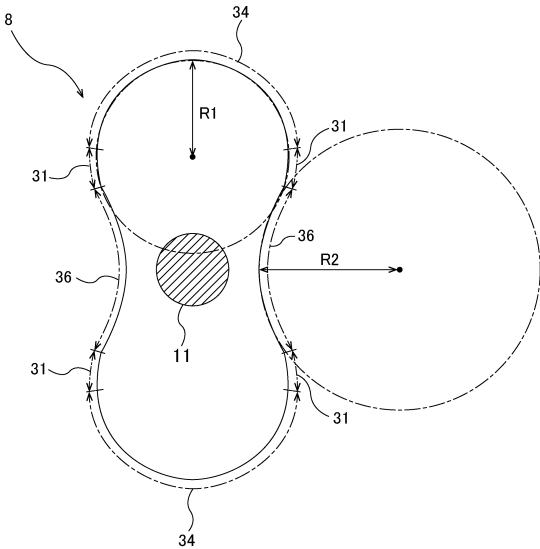
(54)【発明の名称】 真空ポンプおよびルーツロータの形状を決定する方法

(57)【要約】

【課題】粉体がルーツロータ間に挟まれにくく、ルーツロータのスムーズな回転を維持することができる真空ポンプを提供する。

【解決手段】第1ルーツロータ8および第2ルーツロータ9のそれぞれは、インボリュート曲線からなる形状を有するインボリュート側面31と、インボリュート側面31の外側端部に接続された円弧凸面34と、インボリュート側面31の内側端部に接続された円弧凹面36を有しており、円弧凸面34の曲率半径R1は、円弧凹面36の曲率半径R2よりも小さい。

【選択図】図3



10

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 1 つのロータ室を内部に有するポンプケーシングと、
前記ロータ室内に並列に配置された第 1 ルーツロータおよび第 2 ルーツロータを備え、
前記第 1 ルーツロータおよび前記第 2 ルーツロータのそれぞれは、インボリュート曲線からなる形状を有するインボリュート側面と、前記インボリュート側面の外側端部に接続された円弧凸面と、前記インボリュート側面の内側端部に接続された円弧凹面を有しており、

前記円弧凸面の曲率半径は、前記円弧凹面の曲率半径よりも小さい、真空ポンプ。

【請求項 2】

前記円弧凸面および前記円弧凹面のそれぞれは、前記インボリュート側面よりも長い、請求項 1 に記載の真空ポンプ。

【請求項 3】

前記円弧凸面および前記円弧凹面が対面したときの、前記円弧凸面と前記円弧凹面との間に形成される空間の幅は、前記円弧凸面と前記円弧凹面との最小隙間の位置から離れるに従って大きくなる、請求項 1 に記載の真空ポンプ。

【請求項 4】

前記円弧凸面の曲率半径は、前記円弧凹面の曲率半径の $0.2 \sim 0.9$ 倍である、請求項 1 に記載の真空ポンプ。

【請求項 5】

ルーツロータの形状を決定する方法であって、
ルーツロータの諸元を変えながら、前記諸元を満たす形状を持つルーツロータの複数の候補を前記演算システムにより生成し、

前記複数の候補のうちの 1 つの候補の形状を持つ一对のルーツロータの複数の回転角度に対応する前記一对のルーツロータ間の複数の隙間を前記演算システムにより算定し、

前記複数の隙間のうち最大隙間を決定し、

前記複数の候補について、前記複数の隙間の算定と、前記最大隙間の決定を繰り返して、前記複数の候補に対応する複数の最大隙間を決定し、

前記複数の最大隙間のうち最も小さい最大隙間に対応する候補のルーツロータの形状を決定することを含む、方法。

【請求項 6】

前記複数の回転角度に対応する前記複数の隙間を補間することで、複数の追加の回転角度に対応する追加の複数の隙間を算定することをさらに含み、

前記最大隙間は、前記複数の隙間と前記追加の複数の隙間から決定される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記決定された形状のルーツロータは、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項の前記第 1 ルーツロータおよび前記第 2 ルーツロータである、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

ルーツロータの前記諸元は、一对のルーツロータの中心間距離、ルーツロータの前記インボリュート側面の圧力角、ルーツロータの半径、ルーツロータ間の隙間、ルーツロータの前記円弧凸面の曲率半径、およびルーツロータの前記円弧凹面の曲率半径のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、真空ポンプに関し、特に半導体デバイス、液晶パネル、LED、太陽電池等の製造に使用されるプロセスガスを排気する用途に好適に使用される真空ポンプに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

半導体デバイス、液晶パネル、LED、太陽電池等を製造する製造プロセスにおいては、プロセスガスをプロセスチャンバ内に導入してエッチング処理やCVD処理等の各種処理を行っている。プロセスチャンバに導入されたプロセスガスは、真空ポンプによって排気される。一般に、高い清浄度が必要とされるこれらの製造プロセスに使用される真空ポンプは、気体の流路内にオイルを使用しない、いわゆるドライ真空ポンプである。このようなドライ真空ポンプの代表例として、ロータ室内に配置された一対のルーツロータを互いに反対方向に回転させて、気体を移送する容積式真空ポンプがある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

10

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 - 0 7 7 7 8 2 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

プロセスガスは、副生成物からなる粉体を含むことがある。このような粉体は、プロセスガスとともに真空ポンプ内に流入する。また、真空ポンプ内の状態（例えば、温度、圧力）によっては、プロセスガスが真空ポンプに流入した後に真空ポンプ内で粉体が生成されることもある。粉体の大部分は、プロセスガスとともに真空ポンプから排出されるが、粉体の一部はロータ室内に留まり、ロータ室内に徐々に堆積する。特に、対向する2つのルーツロータの凸面と凹面が面接触（実際には非接触）の状態のときに、粉体の逃げ場がないために、粉体はこれらルーツロータの凸面と凹面との間に強く挟まれて、ルーツロータの回転が阻害されてしまうことがある。

20

【 0 0 0 5 】

そこで、本発明は、粉体がルーツロータ間に挟まれにくく、ルーツロータのスムーズな回転を維持することができる真空ポンプを提供する。また、本発明は、そのようなルーツロータの形状を決定する方法を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

一態様では、少なくとも1つのロータ室を内部に有するポンプケーシングと、前記ロータ室内に並列に配置された第1ルーツロータおよび第2ルーツロータを備え、前記第1ルーツロータおよび前記第2ルーツロータのそれぞれは、インボリュート曲線からなる形状を有するインボリュート側面と、前記インボリュート側面の外側端部に接続された円弧凸面と、前記インボリュート側面の内側端部に接続された円弧凹面を有しており、前記円弧凸面の曲率半径は、前記円弧凹面の曲率半径よりも小さい、真空ポンプが提供される。

30

【 0 0 0 7 】

一態様では、前記円弧凸面および前記円弧凹面のそれぞれは、前記インボリュート側面よりも長い。

一態様では、前記円弧凸面および前記円弧凹面が対面したときの、前記円弧凸面と前記円弧凹面との間に形成される空間の幅は、前記円弧凸面と前記円弧凹面との最小隙間の位置から離れるに従って大きくなる。

40

一態様では、前記円弧凸面の曲率半径は、前記円弧凹面の曲率半径の0.2～0.9倍である。

【 0 0 0 8 】

一態様では、ルーツロータの形状を決定する方法であって、ルーツロータの諸元を変えながら、前記諸元を満たす形状を持つルーツロータの複数の候補を前記演算システムにより生成し、前記複数の候補のうちの1つの候補の形状を持つ一対のルーツロータの複数の回転角度に対応する前記一対のルーツロータ間の複数の隙間を前記演算システムにより算定し、前記複数の隙間のうち最大隙間を決定し、前記複数の候補について、前記複数の隙間の算定と、前記最大隙間の決定を繰り返して、前記複数の候補に対応する複数の最大隙

50

間を決定し、前記複数の最大隙間のうち最も小さい最大隙間に対応する候補のルーツロータの形状を決定することを含む、方法が決定される。

【0009】

一態様では、前記方法は、前記複数の回転角度に対応する前記複数の隙間を補間することで、複数の追加の回転角度に対応する追加の複数の隙間を算定することをさらに含み、前記最大隙間は、前記複数の隙間と前記追加の複数の隙間から決定される。

一態様では、前記ルーツロータは、インボリュート曲線からなる形状を有するインボリュート側面と、前記インボリュート側面の外側端部に接続された円弧凸面と、前記インボリュート側面の内側端部に接続された円弧凹面を有しており、前記円弧凸面の曲率半径は、前記円弧凹面の曲率半径よりも小さい。

10

一態様では、ルーツロータの前記諸元は、一对のルーツロータの中心間距離、ルーツロータの前記インボリュート側面の圧力角、ルーツロータの半径、ルーツロータ間の隙間、ルーツロータの前記円弧凸面の曲率半径、およびルーツロータの前記円弧凹面の曲率半径のうちの少なくとも1つを含む。

【発明の効果】

【0010】

第1ルーツロータの円弧凸面の曲率半径は、第2ルーツロータの円弧凹面の曲率半径よりも小さいので、第1ルーツロータの円弧凸面上の1点と第2ルーツロータの円弧凹面上の1点とが最小隙間を形成し、その最小隙間の両側ではルーツロータ間の隙間は徐々に広がる。したがって、粉体は、第1ルーツロータの円弧凸面と第2ルーツロータの円弧凹面との間に挟まれにくい。結果として、ルーツロータは、スムーズな回転を維持することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】真空ポンプ装置の一実施形態を示す断面図である。

【図2】図1のA-A線断面図である。

【図3】ルーツロータの拡大図である。

【図4】ルーツロータ間の隙間を説明する拡大図である。

【図5】2つのルーツロータが反対方向に回転している様子を示す図である。

【図6】ルーツロータの形状を決定する演算システムの一実施形態を示す模式図である。

30

【図7】ルーツロータの形状を決定する方法の一実施形態を説明するフローチャートである。

【図8】一对のルーツロータを一回転させたときのルーツロータ間の隙間の変化を示すグラフである。

【図9】三葉ルーツロータの一実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図1は、真空ポンプ装置の一実施形態を示す断面図であり、図2は図1のA-A線断面図である。以下に説明する実施形態の真空ポンプ装置は、容積式真空ポンプ装置である。特に、図1および図2に示す真空ポンプ装置は、気体の流路内にオイルを使用しない、いわゆるドライ真空ポンプ装置である。ドライ真空ポンプ装置は、気化したオイルが上流側に流ることがないので、高い清浄度が必要とされる半導体デバイスの製造装置に好適に使用することができる。

40

【0013】

図1に示すように、真空ポンプ装置は、真空ポンプ1と、この真空ポンプ1を駆動する電動機2を備えている。本実施形態の真空ポンプ1は、単段真空ポンプである。すなわち、真空ポンプ1は、ロータ室5を内部に有するポンプケーシング6と、ロータ室5内に配置された単段のルーツロータ8, 9と、ルーツロータ8, 9を支持する一对の回転軸11, 12を備えている。一実施形態では、真空ポンプ1は、複数のロータ室内に配置された多段のルーツロータを有する多段真空ポンプであってもよい。

50

【 0 0 1 4 】

図 1 ではルーツロータ 8 および回転軸 1 1 のみが示されているが、ルーツロータ 8 とルーツロータ 9 は、ポンプケーシング 6 内に並列に配置されており、回転軸 1 1 と回転軸 1 2 は並列に配置されている。図 2 は、互いに並列に配置されているルーツロータ 8 とルーツロータ 9 を示している。ルーツロータ 8 は回転軸 1 1 に支持され、ルーツロータ 9 は回転軸 1 2 に支持されている。

【 0 0 1 5 】

ルーツロータ 8 とルーツロータ 9 は互いに非接触であり、かつルーツロータ 8 , 9 は、ポンプケーシング 6 の内面と非接触である。したがって、ルーツロータ 8 , 9 は、潤滑油の使用なしで、ポンプケーシング 6 内でスムーズに回転することができる。

10

【 0 0 1 6 】

ルーツロータ 8 と回転軸 1 1 は、一体構造物であってもよい。同様に、ルーツロータ 9 と回転軸 1 2 は、一体構造物であってもよい。電動機 2 は回転軸 1 1 , 1 2 のうちの一方に連結されている。一実施形態では、一对の電動機 2 が、回転軸 1 1 , 1 2 にそれぞれ連結されていてよい。

【 0 0 1 7 】

ポンプケーシング 6 は、ロータ室 5 に連通する気体入口 1 4 および気体出口 1 5 を有している。気体入口 1 4 は、移送すべき気体で満たされたチャンバ（図示せず）に連結される。一例では、気体入口 1 4 は、半導体デバイスの製造装置のプロセスチャンバに連結され、真空ポンプ 1 は、プロセスチャンバに導入されたプロセスガスを排気する用途に使用される。

20

【 0 0 1 8 】

真空ポンプ 1 は、ポンプケーシング 6 の側壁 6 A の外側に位置するギヤハウジング 1 6 をさらに備えている。ギヤハウジング 1 6 の内部には、互いに噛み合う一对のギヤ 2 0 が配置されている。なお、図 1 では 1 つのギヤ 2 0 のみが描かれている。これらギヤ 2 0 は、回転軸 1 1 , 1 2 にそれぞれ固定されている。電動機 2 は、図示しないモータドライバによって回転し、電動機 2 が連結された回転軸 1 1 , 1 2 のうちの一方は、ギヤ 2 0 を介して、電動機 2 が連結されていない回転軸 1 1 , 1 2 のうちの他方を反対方向に回転させる。

【 0 0 1 9 】

30

回転軸 1 1 , 1 2 は、ポンプケーシング 6 の側壁 6 A に保持された軸受 1 7 と、ポンプケーシング 6 の他方の側壁 6 B に保持された軸受 1 8 により回転可能に支持されている。電動機 2 は、ポンプケーシング 6 の側壁 6 B の外側に位置するモータハウジング 2 2 と、モータハウジング 2 2 内に配置されたモータロータ 2 A およびモータステータ 2 B を有している。

【 0 0 2 0 】

一実施形態では、回転軸 1 1 , 1 2 にそれぞれ連結された一对の電動機 2 が設けられてもよい。一对の電動機 2 は、図示しないモータドライバによって同期して反対方向に回転し、図 2 に示すように、回転軸 1 1 , 1 2 およびルーツロータ 8 , 9 を同期して反対方向に回転させる。この場合のギヤ 2 0 の役割としては、突発的な外的要因によるルーツロータ 8 の同期回転の脱調を防ぐことにある。

40

【 0 0 2 1 】

電動機 2 がルーツロータ 8 , 9 を回転させると、気体は、気体入口 1 4 を通ってロータ室 5 に吸い込まれる。気体は、ロータ室 5 内のルーツロータ 8 , 9 の回転によって気体出口 1 5 E に送られ、気体出口 1 5 E を通ってポンプケーシング 6 から排出される。

【 0 0 2 2 】

ルーツロータ 8 , 9 は、同じ外形を有している。したがって、以下、ルーツロータ 8 について説明する。図 3 は、ルーツロータ 8 の拡大図である。図 3 に示すように、ルーツロータ 8 は、インボリュート曲線からなる形状を有するインボリュート側面 3 1 と、インボリュート側面 3 1 の外側端部に接続された円弧凸面 3 4 と、インボリュート側面 3 1 の内

50

側端部に接続された円弧凹面 3 6 を有している。ルーツロータ 8 は、2 つの突出部を有する、いわゆる二葉ルーツロータである。したがって、ルーツロータ 8 は、2 つの円弧凸面 3 4 と、4 つのインボリユート側面 3 1 と、2 つの円弧凹面 3 6 を有している。2 つの円弧凸面 3 4 は、4 つのインボリユート側面 3 1 の外側端部に接続され、2 つの円弧凹面 3 6 は、4 つのインボリユート側面 3 1 の内側端部に接続されている。円弧凸面 3 4 および円弧凹面 3 6 のそれぞれは、インボリユート側面 3 1 よりも長い。

【 0 0 2 3 】

円弧凸面 3 4 の曲率半径 R_1 は、円弧凹面 3 6 の曲率半径 R_2 よりも小さい。一実施形態では、円弧凸面 3 4 の曲率半径 R_1 は、円弧凹面 3 6 の曲率半径 R_2 の $0.2 \sim 0.9$ 倍である。したがって、図 4 に示すように、ルーツロータ 8 の円弧凸面 3 4 が、ルーツロータ 9 の円弧凹面 3 6 に対向するとき、ルーツロータ 8 の円弧凸面 3 4 上の 1 点とルーツロータ 9 の円弧凹面 3 6 上の 1 点のみが近接し、円弧凸面 3 4 と円弧凹面 3 6 との間に最小隙間 $G_{1\min}$ が形成される。空間 4 0 の幅 W は、最小隙間 $G_{1\min}$ が形成される位置から離れるに従って徐々に大きくなる。

10

【 0 0 2 4 】

ルーツロータ 8 の円弧凸面 3 4 の曲率半径 R_1 は、ルーツロータ 9 の円弧凹面 3 6 の曲率半径 R_2 よりも小さいので、ルーツロータ 8 の円弧凸面 3 4 上の 1 点とルーツロータ 9 の円弧凹面 3 6 上の 1 点とが最小隙間 $G_{1\min}$ を形成し、その最小隙間 $G_{1\min}$ の両側ではルーツロータ 8 , 9 間の隙間は徐々に広がる。したがって、粉体は、ルーツロータ 8 の円弧凸面 3 4 とルーツロータ 9 の円弧凹面 3 6 との間に挟まれにくい。結果として、ルーツロータ 8 , 9 は、スムーズな回転を維持することができる。

20

【 0 0 2 5 】

図 5 は、2 つのルーツロータ 8 , 9 が反対方向に回転している様子を示す図である。図 5 に示すように、ルーツロータ 8 およびルーツロータ 9 のインボリユート側面 3 1 同士は互いに対向し、円弧凸面 3 4 および円弧凹面 3 6 には対向しない。一方、ルーツロータ 8 の円弧凸面 3 4 は、ルーツロータ 9 の円弧凹面 3 6 に対向し、ルーツロータ 9 のインボリユート側面 3 1 には対向しない。同様に、ルーツロータ 9 の円弧凸面 3 4 は、ルーツロータ 8 の円弧凹面 3 6 に対向し、ルーツロータ 8 のインボリユート側面 3 1 には対向しない。ルーツロータ 8 およびルーツロータ 9 が一回転している間、ルーツロータ 8 とルーツロータ 9 は線接触せず、点接触（実際には非接触）する。したがって、ルーツロータ 8 とルーツロータ 9 との間に粉体が挟まりにくい。2 つのルーツロータ 8 , 9 のインボリユート側面 3 1 間の隙間 G_2 は、常に一定である。

30

【 0 0 2 6 】

インボリユート側面 3 1 は、外側に湾曲する面である。したがって、ルーツロータ 8 のインボリユート側面 3 1 上の一点とルーツロータ 9 のインボリユート側面 3 1 上の一点の間に隙間 G_2 が形成され、隙間 G_2 の両側では隙間は広がっている。このようなインボリユート側面 3 1 の点接触（実際には非接触）により、ルーツロータ 8 のインボリユート側面 3 1 とルーツロータ 9 のインボリユート側面 3 1 の間には、粉体は挟まりにくい。

【 0 0 2 7 】

次に、上述したルーツロータ 8 , 9 の形状を決定する方法について説明する。ルーツロータ 8 , 9 の形状の決定は、図 6 に示す演算システム 5 0 によって実行される。この演算システム 5 0 は、プログラムが格納された記憶装置 5 0 a と、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する処理装置 5 0 b を備えている。演算システム 5 0 は、少なくとも 1 台のコンピュータから構成される。記憶装置 5 0 a は、ランダムアクセスメモリ (RAM) などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ (HDD)、ソリッドステートドライブ (SSD) などの補助記憶装置を備えている。処理装置 5 0 b の例としては、CPU (中央処理装置)、GPU (グラフィックプロセッシングユニット) が挙げられる。ただし、演算システム 5 0 の具体的構成はこれらの例に限定されない。

40

【 0 0 2 8 】

図 7 は、ルーツロータの形状を決定する方法の一実施形態を説明するフローチャートで

50

ある。

ステップ 1 では、演算システム 50 は、ルーツロータの諸元を変えながら、諸元を満たす形状を持つルーツロータの複数の候補を生成する。ルーツロータの諸元は、一对のルーツロータの中心間距離、ルーツロータのインポリュート側面 31 の圧力角、ルーツロータの半径、ルーツロータ間の隙間、ルーツロータの円弧凸面 34 の曲率半径、およびルーツロータの円弧凹面 36 の曲率半径の少なくとも 1 つを含む。演算システム 50 は、諸元を構成するこれらの要素（条件）のうちの少なくとも 1 つを変えながら、諸元を満たす形状を持つルーツロータの複数の候補を生成する。例えば、演算システム 50 は、ルーツロータのインポリュート側面 31 の圧力角、ルーツロータの円弧凸面 34 の曲率半径、およびルーツロータの円弧凹面 36 の曲率半径を変えながら、諸元を満たす形状を持つルーツロータの複数の候補を生成する。 10

【0029】

ステップ 2 では、演算システム 50 は、上記複数の候補のうちの 1 つの候補の形状を持つ一对のルーツロータの複数の回転角度に対応するルーツロータ間の複数の隙間を算定する。より具体的には、各候補の形状を持つ一对のルーツロータを仮想空間内で反対方向に回転させながら、ルーツロータ間の隙間を所定の回転角度間隔で算定する。

【0030】

図 8 は、ある候補の一对のルーツロータを一回転させたときのルーツロータ間の隙間の変化を示すグラフである。図 8 において、縦軸はルーツロータ間の隙間を表し、横軸はルーツロータの回転角度を表している。2 つのルーツロータのインポリュート側面 31 同士が対向しているときは、ルーツロータ間の隙間 G2 は概ね一定であるが、2 つのルーツロータの円弧凸面 34 と円弧凹面 36 が対向しているときは、ルーツロータ間の隙間 G1 は変化する。 20

【0031】

演算システム 50 は、各回転角度でのルーツロータ間の隙間を算定する。したがって、複数の回転角度に対応する複数の隙間が取得される。演算システム 50 は、得られた複数の隙間のうち最大隙間を決定する。図 8 の例では、最大隙間はグラフのピーク値である。最大隙間が大きすぎると、真空ポンプ 1 の排気性能が低下する。

【0032】

ルーツロータの形状によっては、ある回転角度で算出されたルーツロータ間の隙間が負の数値を示すことがある。隙間が負であるということは、ルーツロータが接触することを意味する。ルーツロータが接触すると、ルーツロータの回転が阻害される。したがって、ステップ 3 では、演算システム 50 は、上記ステップ 2 で算出された複数の隙間の中に負の隙間があるか否かを判定する。 30

ステップ 4 では、負の隙間がある場合には、演算システム 50 は、上記ステップ 1 で生成した複数の候補から、負の隙間があるその候補を削除する。

【0033】

ステップ 5 では、演算システム 50 は、各候補について算定された複数の隙間の中から最大隙間を決定する。

ステップ 6 では、演算システム 50 は、複数の候補に関して、複数の隙間の算定と、最大隙間の決定を繰り返して、複数の候補にそれぞれ対応する複数の最大隙間を決定する。より具体的には、演算システム 50 は、ステップ 2 からステップ 5 を繰り返す。 40

ステップ 7 では、演算システム 50 は、上記ステップ 6 で決定された複数の最大隙間のうち最も小さい最大隙間に対応する候補のルーツロータの形状を決定する。

このようにして、図 1 乃至図 5 を参照して説明したルーツロータ 8, 9 の形状が決定される。

【0034】

一実施形態では、上記ステップ 2 において、ルーツロータ間の隙間をより細かい回転角度間隔で算定するために、演算システム 50 は、算定された複数の隙間を回転角度に沿って補間することで、追加の複数の隙間を算定してもよい。すなわち、演算システム 50 は 50

、追加の複数の回転角度に対応する追加の複数の隙間を補間する。補間の例としては、スプライン補間が挙げられる。上記ステップ5では、最大隙間は、ステップ2で算定された複数の隙間と、上記追加の複数の隙間の中から決定される。

【0035】

隙間の補間は、予め定められた回転角度範囲内でのみ実行されてもよい。例えば、隙間の補間は、図4に示すように、円弧凸面34と円弧凹面36が対向する回転角度範囲内で実行されてもよい。特に、円弧凸面34と円弧凹面36との隙間G1が最小になる回転角度（図8の2つのピーク点の間のボトム点の回転角度）を含む回転角度範囲内で隙間の補間が実行されてもよい。

【0036】

上述した実施形態のルーツロータ8, 9は、2つの突出部を有する二葉ルーツロータであるが、本発明は上記実施形態には限定されず、3つの突出部を有する三葉ルーツロータ、または4つ以上の突出部を有する多葉ルーツロータにも適用することができる。

【0037】

例えば、図9は、三葉ルーツロータの一実施形態を示す図である。この実施形態でも、ルーツロータ51, 52のそれぞれは、インボリュート曲線からなる形状を有するインボリュート側面31と、インボリュート側面31の外側端部に接続された円弧凸面34と、インボリュート側面31の内側端部に接続された円弧凹面36を有しており、円弧凸面34の曲率半径R3は、円弧凹面36の曲率半径R4よりも小さい。特に説明しない三葉ルーツロータ51, 52の本実施形態の構成は、図1乃至図5を参照して説明した上記実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。

【0038】

図6乃至図8を参照して説明したルーツロータの形状を決定する方法の実施形態は、図9に示す三葉ルーツロータ、および4つ以上の突出部を有する多葉ルーツロータにも適用することができる。

【0039】

上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

【符号の説明】

【0040】

- 1 真空ポンプ
- 2 電動機
- 2 A モータロータ
- 2 B モータステータ
- 5 ロータ室
- 6 ポンプケーシング
- 8, 9 ルーツロータ
- 11, 12 回転軸
- 14 気体入口
- 15 気体出口
- 16 ギヤハウジング
- 17 軸受
- 18 軸受
- 20 ギヤ
- 22 モータハウジング
- 31 インボリュート側面
- 34 円弧凸面

10

20

30

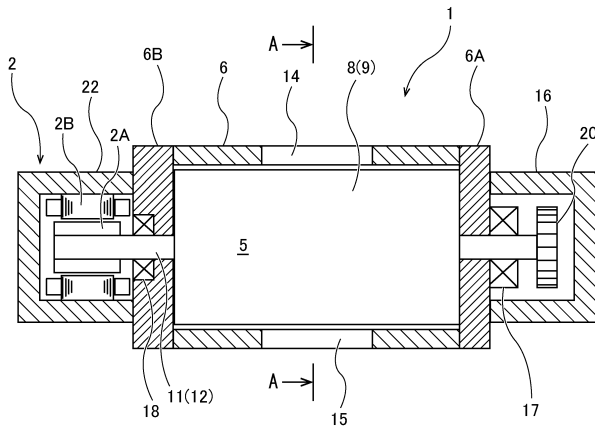
40

50

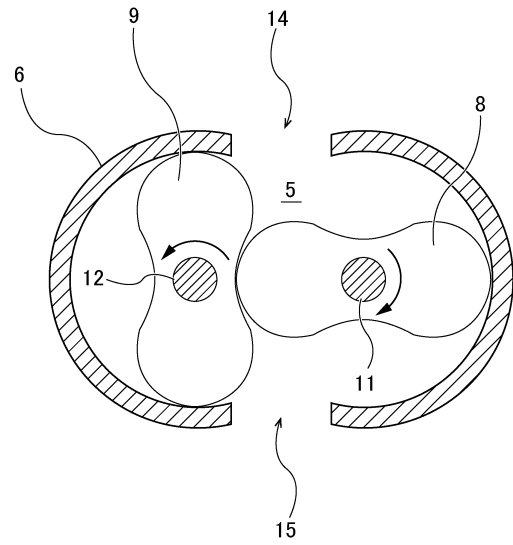
3 6 円弧凹面
4 0 空間
5 0 演算システム

【図面】

【図 1】



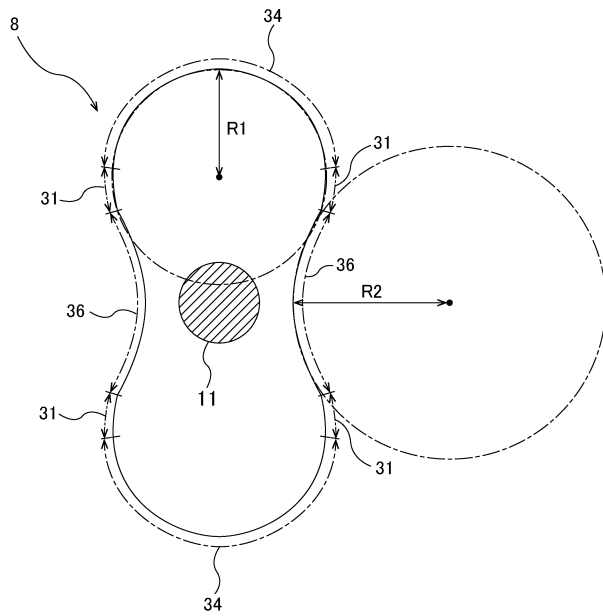
【図 2】



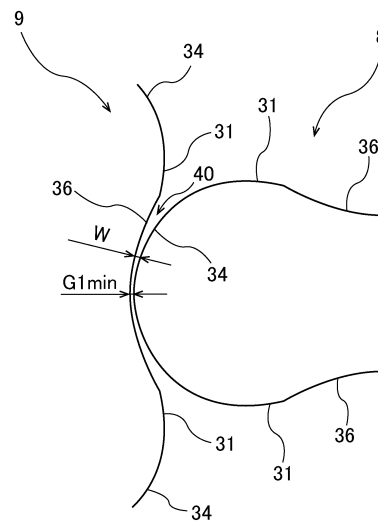
10

20

【図 3】



【図 4】

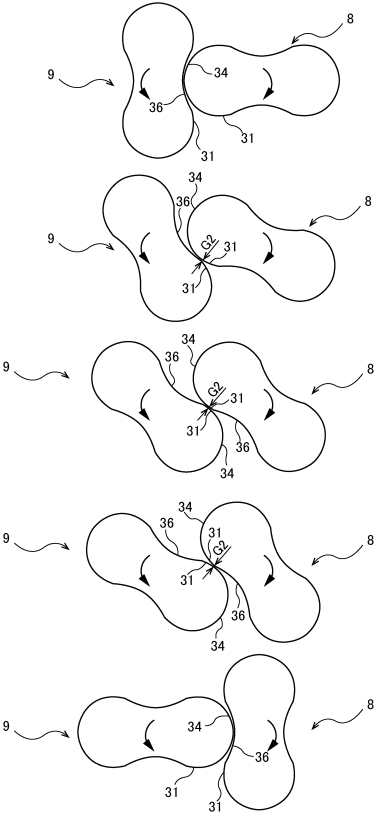


30

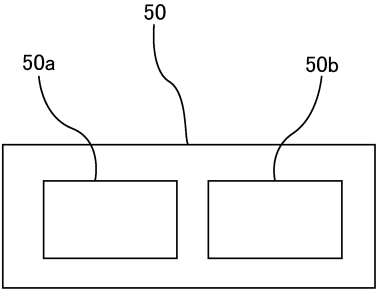
40

50

【 図 5 】



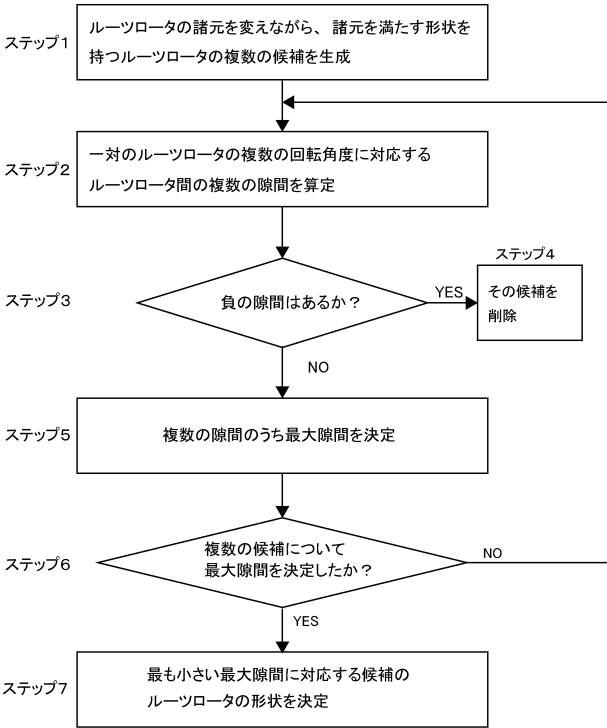
【 図 6 】



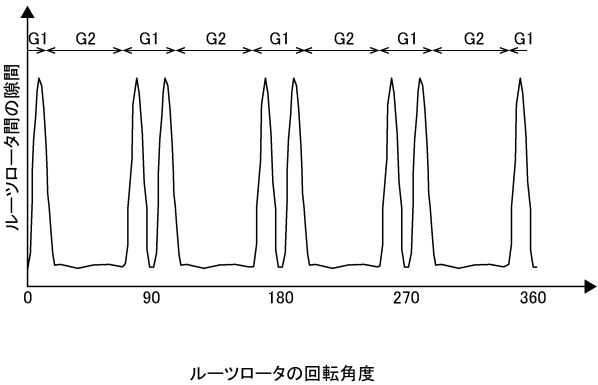
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

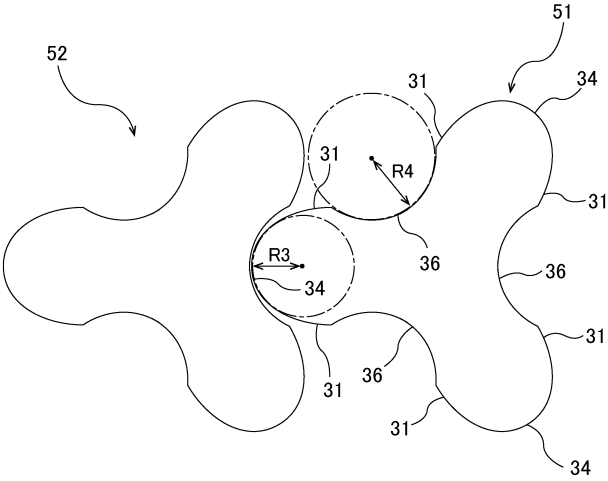


30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
(72)発明者 カマタカラ アナガ
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
(72)発明者 堀部 悠河
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
(72)発明者 大淵 真志
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
F ターム (参考) 3H129 AA06 AB06 BB36 BB42 CC02