

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4599061号  
(P4599061)

(45) 発行日 平成22年12月15日(2010.12.15)

(24) 登録日 平成22年10月1日(2010.10.1)

(51) Int.Cl.

F04D 19/04 (2006.01)  
F04D 23/00 (2006.01)

F 1

F 04 D 19/04  
F 04 D 19/04  
F 04 D 23/00C  
G  
A

請求項の数 16 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-576819 (P2003-576819)  
 (86) (22) 出願日 平成15年2月24日 (2003.2.24)  
 (65) 公表番号 特表2006-500497 (P2006-500497A)  
 (43) 公表日 平成18年1月5日 (2006.1.5)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2003/005621  
 (87) 國際公開番号 WO2003/078845  
 (87) 國際公開日 平成15年9月25日 (2003.9.25)  
 審査請求日 平成18年1月13日 (2006.1.13)  
 審判番号 不服2009-15315 (P2009-15315/J1)  
 審判請求日 平成21年8月21日 (2009.8.21)  
 (31) 優先権主張番号 10/099,380  
 (32) 優先日 平成14年3月12日 (2002.3.12)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 599060928  
 バリアン・インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州、パロ・  
 アルト、ハンセン・ウェイ3120  
 (74) 代理人 100087701  
 弁理士 稲岡 耕作  
 (74) 代理人 100101328  
 弁理士 川崎 実夫  
 (74) 代理人 100103517  
 弁理士 岡本 寛之  
 (74) 代理人 100136652  
 弁理士 河津 康一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良されたインペラー形状を有する真空ポンプ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

吸気ポートおよび排気ポートを有するハウジングと、  
 前記ハウジング内に位置し前記吸気ポートと前記排気ポートとの間の流路に配置された複数の真空ポンピングステージであって、前記排気ポートに近接して配置された複数の分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージを備え、この複数の分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージの各々が固定子と回転子としてのインペラーとを含み、各分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージの一連のインペラーの各々が、前記流路において前記排気ポートに近い領域における前記インペラーほど順次表面粗度が高くなるように構成された真空ポンピングステージと、

気体が前記吸気ポートから前記排気ポートにポンピングされるように前記インペラーを回転させるモーターとを含む真空ポンプ。

## 【請求項2】

前記分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージが、前記インペラーがポンピング面を有するディスクを備えた少なくとも1つの第一ステージと、

前記流路において前記第一ステージに対して前記排気ポートの側に隣接して配置された少なくとも1つの第二ステージであって、当該第二ステージの前記インペラーが前記第一ステージの前記インペラーの前記ポンピング面と比較して粗面化されたポンピング面を有

10

20

するディスクを備えた第二ステージとを含む、請求項 1 記載の真空ポンプ。

【請求項 3】

前記分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージが、前記流路において前記第二ステージに対して前記排気ポートの側に隣接して配置された少なくとも 1 つの第三ステージであって、当該第三ステージの前記インペラーガ溝のついたポンピング面を有するディスクを備えた第三ステージを更に含む、請求項 2 記載の真空ポンプ。

【請求項 4】

前記真空ポンピングステージが 1 つ以上の再生ステージを更に有する、請求項 3 記載の真空ポンプ。

10

【請求項 5】

前記真空ポンピングステージが、少なくとも 2 つの再生ステージを更に有し、各再生ステージが、複数のリブであって、隣接する当該リブの間に空洞が規定されているリブを有するポンピング面を含み、

前記流路において、前記排気ポートに近い領域における前記再生ステージの前記空洞ほど、深くかつ / またはより狭い間隔を有し、これにより、前記少なくとも 2 つの再生ステージのうちの 1 つの前記再生ステージのポンピング面は、他の再生ステージのポンピング面と異なる形状のリブおよび空洞を有する、請求項 1 記載の真空ポンプ。

【請求項 6】

前記真空ポンピングステージが回転子および固定子を有する少なくとも 1 つの軸流ステージを更に有し、前記回転子および前記固定子は傾斜翼を有する、請求項 3 記載の真空ポンプ。

20

【請求項 7】

前記分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージが、前記インペラーガポンピング面を有するディスクを備えた第一ステージと、

前記インペラーガポンピング面を有するディスクを備えた第二ステージであって、当該第二ステージの前記インペラーガ前記ポンピング面が、前記第一ステージの前記インペラーガ前記ポンピング面と比較して粗面化されている第二ステージと、

前記インペラーガ溝のあるポンピング面を有するディスクを備えた第三ステージと、

前記インペラーガ溝のあるポンピング面を有するディスクを備えた第四ステージであって、当該第四ステージの前記インペラーガ前記ポンピング面に形成された前記溝が、前記第三ステージの前記インペラーガ前記ポンピング面に形成された前記溝と比較して、深さが深く、かつ / または狭い間隔を有する第四ステージとを含み、

30

前記流路において、前記吸気ポートの側から前記排気ポートの側に向かう順に、前記第一ないし第四ステージが配置されている、請求項 1 記載の真空ポンプ。

【請求項 8】

各分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージの前記インペラーガディスクを備えており、各ディスクの一方表面および / または他方表面にポンピング面を有する、請求項 1 記載の真空ポンプ。

【請求項 9】

各分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージの前記インペラーガディスクを備えており、各ディスクの前記一方表面と前記他方表面とをつなぐ外縁である側面にポンピング面を有する、請求項 8 記載の真空ポンプ。

40

【請求項 10】

前記分子引きずりステージならびに / または転移流および粘性流引きずりステージの前記インペラーガディスクを備えており、このディスクの外周上またはその近くの環状の領域にポンピング面を有する、請求項 1 記載の真空ポンプ。

【請求項 11】

吸気ポートおよび排気ポートを有するハウジングと、

前記ハウジング内に位置し前記吸気ポートと排気ポートとの間の流路に配置された複数

50

の真空ポンピングステージであって、前記真空ポンピングステージは、複数の分子引きずりステージならびに転移流および粘性流引きずりステージを備え、この複数の分子引きずりステージならびに転移流および粘性流引きずりステージの各々が固定子と、ポンピング面を有する回転子としてのインペラとを含み、前記転移流および粘性流引きずりステージの一連のインペラの各々が、前記流路において前記排気ポートに近い領域における前記インペラほど順次表面粗度が高くされたポンピング面を有するようになされた真空ポンピングステージと、

気体が前記吸気ポートから前記排気ポートにポンピングされるように前記インペラを回転させるモーターとを含む真空ポンプ。

**【請求項 1 2】**

10

前記転移流および粘性流引きずりステージが、

前記インペラがポンピング面を有するディスクを備えた少なくとも 1 つの第一ステージと、

前記流路において前記第一ステージに対して前記排気ポートの側に隣接して配置された少なくとも 1 つの第二ステージであって、当該第二ステージの前記インペラが前記第一ステージの前記インペラの前記ポンピング面と比較して粗面化されたポンピング面を有するディスクを備えた第二ステージとを含む、請求項 1 1 記載の真空ポンプ。

**【請求項 1 3】**

前記転移流および粘性流引きずりステージが、前記流路において前記第二ステージに対して前記排気ポートの側に隣接して配置された少なくとも 1 つの第三ステージであって、前記インペラが溝のあるポンピング面を有するディスクを備えた第三ステージを更に含む、請求項 1 2 記載の真空ポンプ。

20

**【請求項 1 4】**

前記真空ポンピングステージが少なくとも 1 つの再生ステージを更に有する、請求項 1 3 記載の真空ポンプ。

**【請求項 1 5】**

前記真空ポンピングステージが回転子および固定子を有する少なくとも 1 つの軸流ステージを更に有し、前記回転子および前記固定子は傾斜翼を有する、請求項 1 3 記載の真空ポンプ。

**【請求項 1 6】**

30

前記転移流および粘性流引きずりステージの前記インペラがディスクを備えており、このディスクの外周上またはその近くの環状の領域にポンピング面を有する、請求項 1 1 記載の真空ポンプ。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0 0 0 1】**

本発明は、ターボ分子真空ポンプおよびハイブリッド真空ポンプに関し、さらに詳しくは、従来の真空ポンプと比べて、1種以上のコンパクトなポンプ構造、高い排気圧力および低減された作動電力の実現を補助するインペラ形状を有する真空ポンプに関する。

**【背景技術】**

40

**【0 0 0 2】**

通常のターボ分子真空ポンプは、吸気ポートを有するハウジングと、複数の軸流ポンピングステージを含む内部チャンバーと、排気ポートとを含む。排気ポートは、典型的には粗引き真空ポンプに取り付けられている。各軸流ポンピングステージは、傾斜した翼を有する固定子と傾斜した翼を有する回転子とを含む。回転子および固定子の翼は互いに逆方向に傾斜している。動翼はモーターによって高い回転速度で回転させられ、吸気ポートと排気ポートとの間で気体のポンピングを行う。典型的なターボ分子ポンプには、9ないし12個の軸流ポンピングステージが含まれることがある。

**【0 0 0 3】**

従来のターボ分子真空ポンプの変形でハイブリッド型真空ポンプと呼ばれることの多い

50

ものが開示されている。従来技術の1つの構成では、軸流ポンピングステージの1つ以上が分子引きずりステージで置き換えられて分子引きずりコンプレッサーを構成している。この構成は1993年8月24日にヴァリアンインコーポレーテッド(Varian Inc.)に交付された特許に係る下記特許文献1に開示されている。ヴァリアンインコーポレーテッドは共通のハウジングに収めた軸流ターボ分子コンプレッサーと分子引きずりコンプレッサーとを含むハイブリッド真空ポンプを販売している。ハイブリッド真空ポンプの分子引きずりステージおよび再生ステージは、1994年10月25日にヴァリアンインコーポレーテッドに交付された特許に係る下記特許文献2に開示されている。軸流ポンピングステージの固定子の設計を少しずつ変えた構成も下記特許文献2に開示されている。その他のハイブリッド真空ポンプが1990年1月18日に公開された下記特許文献3、1998年12月15日に交付された特許に係る下記特許文献4、および2000年10月24日に交付された特許に係る下記特許文献5に開示されている。開示されたハイブリッド真空ポンプは既存のタイプのインペラーや使用しており、1つのタイプのインペラーから他のインペラーヘと突然切り替わる。

#### 【0004】

分子引きずりステージは回転ディスクすなわちインペラーや固定子を含む。固定子は接線流チャンネルと、接線流チャンネルの入り口および出口を規定する。接線流チャンネル内に配置され、ストリッパーと呼ばれることが多い固定バッフルが、入り口と出口とを分離している。本技術分野で周知のように、回転ディスクの運動量は接線流チャンネル内で気体分子に移転され、それにより分子を出口に向かって送る。分子真空引きずりステージは分子流条件のために開発された。

#### 【0005】

別のタイプの分子引きずりステージは、回転する円筒形ドラムを含み、これは、この回転ドラムに近接した円筒形の内壁を有するハウジング内で回転する。円筒形ドラムすなわち壁の外面には螺旋形の溝が形成されている。ドラムが回転すると、気体は、分子引きずりによって溝を通ってポンピングされる。

再生(リジェネレイティブ)真空ポンピングステージは再生インペラーや固定子を含むが、これは接線流チャンネルを規定する固定子内で作動する。再生インペラーや固定子は、その外周上またはその近くに間隔を開けて設けられた半径方向のリブを有する回転ディスクを含む。再生真空ポンピングステージは粘性流条件のために開発された。

#### 【0006】

分子流においては、ポンピング動作は高速で移動して分子を運動方向に引きずる平坦な表面によって発生させられる。設計によっては、平坦な表面を有する1つのディスクインペラーや固定子によって非常に高い1ステージ当たりの圧力比が実現可能である。

流れが粘性流に近づくと、分子密度の勾配というよりむしろ圧力の勾配が形成されることによる逆流が増大するので、単純な運動量移転はうまく機能しない。圧力範囲の上限近くでは、大気圧近くにおいて高い周速で1ステージ当たり2を超える圧力比を実現する周知技術である再生ステージすなわちプロワーがある。

#### 【0007】

しかし分子引きずりステージのインペラーや固定子は、再生プロワーのインペラーや固定子と比較して、高真空ポンプで扱われる圧力範囲全体を通じて効率的に作動することはない。中程度の大きさのポンプでは、平坦面インペラーや固定子は約1 Torrまでの圧力ではそこそこの働きをする。その圧力を超えると、平坦面インペラーや固定子は達成可能な圧縮比が低下するだけでなく、効率が落ちて過大な電力を消費し、また望ましくない熱を発生する。平面型の設計の適用範囲を大気圧まで伸ばそうとする試みは、移動面と固定面との間に非常に小さな隙間を必要とするために、成功していない。再生プロワーは約20 Torrよりも高い圧力で最も良好に作動し、十分な圧力比を実現する。ある特定の設計は通常、効率的な動作を行う狭い範囲を有する。そのため、回転子の加熱を低減するには電力の節約に関してインペラーや固定子を設計することが重要である。

【特許文献 2】米国特許第 5,358,373 号明細書

【特許文献 3】独国特許発明第 3,919,529 号明細書

【特許文献 4】米国特許第 5,848,873 号明細書

【特許文献 5】米国特許第 6,135,709 号明細書

【非特許文献 1】Mardbed H. Hablianian「高真空技術、実用ガイド」Marcel Dekker, Inc  
1997 年、271 ~ 277 ページ

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

通常は分子引きずりステージを利用するハイブリッド真空ポンプは、約 1000 分の 8  
10 インチの回転子・固定子間隙を有する。間隙をこの寸法よりも小さくするには、極めて厳しい許容度が要求され、コスト高となる。この間隙寸法は、全体の圧縮比を所望のレベル  
にするために比較的多くのステージ数を必要とする。しかしこの方法ではコストと寸法と  
が大きくなり、实际上不可能なほど長い回転子シャフトが必要となる。

【0009】

そのため、上記の問題点のいずれかを解消するインペラ-形状を有する真空ポンプが求め  
られている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の第一の局面によれば、真空ポンプが提供される。この真空ポンプは吸気ポート  
および排気ポートを有するハウジングと、このハウジング内に位置し、吸気ポートと排気  
ポートとの間に配置された複数の真空ポンピングステージと、モーターとを含む。真空ポンピングステージは分子引きずりステージと転移流引きずりステージとを含み、各々の真空ポンピングステージは固定子とインペラ-とを含む。連続する気体引きずりステージの各々のインペラ-は、順次高くなる圧力で効率的に作動するような形状に構成されている。  
20 モーターは、気体が吸気ポートから吸い込まれて排気ポートから排出されるように、インペラ-を回転させる。

【0011】

気体引きずりステージは、インペラ-が滑らかなポンピング面を有するディスクを備えた第一ステージと、インペラ-が粗面化されたポンピング面を有するディスクを備えた第二ステージとを含んでもよい。気体引きずりステージは、インペラ-が溝つきのポンピング面を有するディスクを備えた第三ステージを更に含んでもよい。真空ポンピングステージは 1 つ以上の再生ステージを更に有してもよい。  
30

【0012】

連続する分子引きずりステージの各々のインペラ-は、順次高くなる圧力で効率的に作  
動するような表面形状とされたポンピング面を有していてもよい。インペラ-のポンピング  
面は、ディスクの外周上またはその近くの環状の領域であってもよい。ポンピング面は  
インペラ-の前面の全部もしくは一部、背面の全部もしくは一部、および/または側面の  
全部もしくは一部を含んでもよい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明をより良く理解するために、引用によりここに組み込まれている以下の添付図面  
を参照する。

本発明の一実施形態による高真空ポンプの単純化した断面図を図 1 に示す。ハウジング  
10 は、吸気ポート 14 と排気ポート 16 とを有する内部チャンバー 12 を規定している。  
10 ハウジング 10 は、真空に引くべき真空チャンバー(図示せず)への吸気ポート 14 を  
塞ぐ真空フランジ 18 を含む。排気ポート 16 は粗引き真空ポンプ(図示せず)に接続さ  
れていてもよい。真空ポンプが大気圧に対する排気を行うことが可能である場合は、粗引  
きポンプは必要がない。

【0014】

10

20

30

40

50

ハウジング 10 内には、真空ポンピングステージ 30, 32, … 46 が配置されている。各真空ポンピングステージは固定部材すなわち固定子と、インペラーまたは回転子とも呼ばれる回転部材とを含む。各真空ポンピングステージの回転部材は、駆動シャフト 50 によりモーター 52 に結合されている。シャフト 50 はモーター 52 によって高速で回転させられ、回転部材を中心軸の周りに回転させ、気体を吸気ポート 14 から排気ポート 16 に送る。図 1 の実施形態は 9 ステージの構成となっている。真空引きに対する要求によって、異なるステージ数を使用できることが理解されるであろう。

#### 【0015】

本発明の 1 つの局面によれば、真空ポンピングステージ 30, 32, … 46 は特定の圧力範囲内で効率的に作動するように構成されている。例として、作動中の吸気ポート 14 での圧力を  $10^{-5}$  Torr ~  $10^{-6}$  Torr の程度として、排気ポート 16 での圧力を大気圧またはそれに近い圧力とすることができます。真空ポンプを通しての圧力は吸気ポート 14 から排気ポート 16 に向かってしだいに増加する。各真空ポンピングステージの特性は、そのステージの予想作動圧力範囲にわたって効率的に作動するように選択することができる。例として、真空ポンピングステージ 30, 32 および 34 を図 2 に示し、また以下に説明するように軸流ステージとすることができます。真空ポンピングステージ 36, 38, 40 および 42 を図 3 ~ 図 5 および図 9A ~ 図 12B を参照して以下説明するように、分子引きずりステージとすることができます。分子引きずりステージ 36, 38, 40 および 42 は、以下説明するように、順次高くなる圧力で作動するように構成されたインペラーを有してもよい。真空ポンピングステージ 44 および 46 は図 6 ~ 図 8、図 13A および図 13B を参照して以下説明するように、再生真空ポンピングステージ（再生ステージ）とすることができます。

#### 【0016】

軸流ステージのある実施形態を図 2 に示す。ポンプハウジング 10 は吸気ポート 12 を有する。軸流ステージは回転子 104 と固定子 110 とを含む。回転子 104 はシャフト 50 に結合されていて、中心軸の周りに高速で回転する。固定子 110 はハウジング 10 に関して固定した位置に設置されている。回転子 104 および固定子 110 は、各々複数の傾斜した翼を有している。回転子 104 の翼は固定子 110 の翼とは反対の向きに傾斜している。従来の軸流ステージの変形例が、ここに引用により組み込まれた前述の上記特許文献 2 に開示されている。

#### 【0017】

分子引きずり真空ポンピングステージの一例を図 3 ~ 図 5 に示す。分子引きずりステージでは、回転子すなわちインペラーはディスクを有し、固定子にはディスクに関して小さな間隔で対向配置されたチャンネルが形成されている。ディスクが高速で回転すると、回転するディスクによって生じた分子引きずり作用により、気体は固定子のチャンネルを通って流れる。後で説明するように、インペラーは様々な圧力で効率的に作動するように、様々な形状を有していてもよい。

#### 【0018】

図 3 ~ 図 5 を参照して、分子引きずりステージはハウジング 10 内に取り付けられたディスク 200、上部固定子部 202 および下部固定子部 204 を含む。上部固定子部 202 はディスク 200 の上面に近接して配置されており、下部固定子部 204 はディスク 200 の下面に近接して配置されている。上部および下部固定子部 202 および 204 は、共に分子引きずりステージの固定子を構成している。ディスク 200 はシャフト 50 に結合されていて、真空ポンプの中心軸の周りに高速で回転する。

#### 【0019】

上部固定子部 202 は上部チャンネル 210 を備えている。チャンネル 210 はディスク 200 の上面に対して対向関係に配置されている。下部固定子部 204 にはディスク 200 の下面に対して対向配置された下部チャンネル 212 が形成されている。図 3 ~ 図 5 の実施形態では、チャンネル 210 および 212 は円形であり、ディスク 200 と同心円関係にある。上部固定子部 202 は 1 つの円周位置にチャンネル 210 の阻止部 214 を

10

20

30

40

50

含む。チャンネル 210 は阻止部 214 の一方の側で前のステージから流路 216 を通ってきた気体を受ける。この気体は回転するディスク 200 によって発生した分子引きずり作用によりチャンネル 210 を通ってポンピングされる。阻止部 214 の反対側では、固定子部 202 および 204 内に形成された流路 220 がディスク 200 の外周縁あたりでチャンネル 210 と 212 とを互いにつなげている。下部固定子部 204 は 1 つの円周位置にある下部チャンネル 212 の阻止部 222 を含む。下部チャンネル 212 はディスク 200 の上面から流路 220 を通ってきた気体を阻止部 222 の一方の側で受け取り、阻止部 222 の他方の側で流路 224 を通して次のステージに気体を排出する。

#### 【0020】

作動中は、ディスク 200 はシャフト 50 の周りに高速で回転する。気体は前のステージから流路 216 を通って来る。前ステージは分子引きずりステージ、軸流ステージ、または他の任意の適切な真空ポンピングステージであってもよい。気体はディスク 200 の回転によって発生した分子引きずり作用により上部チャンネル 210 の円周を回ってポンピングされる。気体は次にディスク 200 の外周回りの流路 220 を通過して下部チャンネル 212 に送られる。そして気体は分子引きずり作用により下部チャンネル 212 の円周に沿ってポンピングされ、流路 224 を通って次のステージまたはポンプの排気ポートに排出される。このようにして、上部チャンネル 210 と下部チャンネル 212 とは、それらを気体が直列に通過して流れようにつながっている。他の実施形態では、上部チャンネルと下部チャンネルとは並列につながっていてもよい。2 つ以上の同軸状のポンピングチャンネルを直列に接続して使用できる。分子引きずりステージの別の実施形態が前述の上記特許文献 2 に開示されている。

#### 【0021】

再生真空ポンピングステージの一例を図 6 ~ 図 8 に示す。再生真空ポンピングステージは、再生インペラ 300 の上面に隣接する上部固定子部 302 と、再生インペラ 300 の下面に隣接する下部固定子部 304 とを有する固定子と共に作動する再生インペラ 300 を含む。図 6 ではわかりやすくするために上部固定子部 302 は省略してある。再生インペラ 300 はその上面に互いに間隔を開けて形成された半径方向のリブ 308 とその下面に互いに間隔を開けて形成された半径方向のリブ 310 とを有するディスク 305 を備えている。リブ 308 および 310 は好適には、ディスク 305 の外周上またはその近くに配置される。リブ 308 の各対の間には空洞 312 が規定されており、リブ 310 の各対の間には空洞 314 が規定されている。図 6 ~ 図 8 の実施形態では、空洞 312 および 314 は各リブ 308 の間と各リブ 310 の間とでディスク 305 の材料を除去することにより形成された曲面を有する。空洞 312 および 314 の横断面形状は四角形、三角形、またはその他の適切な形状とすることができます。ディスク 305 はシャフト 50 に取り付けられており、真空ポンプの中心軸の周りに高速で回転する。

#### 【0022】

上部固定子部 302 は、リブ 308 および空洞 312 と対向する関係に形成された円形の上部チャンネル 320 を有する。下部固定子部 304 は、リブ 310 および空洞 314 と対向する関係に形成された円形の下部チャンネル 322 を有する。上部固定子部 302 は 1 つの円周位置にあるチャンネル 320 の阻止部（図示せず）を更に含む。下部固定子部 304 は 1 つの円周位置にあるチャンネル 322 の阻止部 326 を含む。固定子部 302 および 304 は、ディスク 305 の縁に沿って上部チャンネル 320 と下部チャンネル 322 とを互いにつなげ、阻止部 326 に隣接する流路 330 を規定している。上部チャンネル 320 は前ステージから流路（図示せず）を通って来る気体を受ける。下部チャンネル 322 は流路 334 を通して気体を次のステージに排出する。

#### 【0023】

動作中は、ディスク 305 はシャフト 50 の周りに高速で回転する。前ステージから上部チャンネル 320 に入る気体は上部チャンネル 320 を通ってポンピングされる。ディスク 305 およびリブ 308 の回転により、気体は空洞 312 と上部チャンネル 320 とを通る概略螺旋形の経路に沿ってポンピングされる。気体は次に流路 330 を通って下部

10

20

30

40

50

チャンネル 322 に入り、ディスク 305 およびリブ 310 の回転によりチャンネル 322 を通して排出される。同様にして、リブ 310 は空洞 314 と下部チャンネル 322 とを通る概略螺旋形の経路に沿って気体をポンピングする。気体は次に流路 334 を通して次のステージに排出される。

【0024】

リブ 308 および 310 の寸法、形状および間隔、ならびに対応する空洞 312 および 314 の寸法および形状は変更可能であることが理解されるであろう。更にまた、チャンネル 320 と 322 とは直列または並列に接続できる。再生真空ポンピングステージの様々な形状が前述の上記特許文献 2 に開示されている。

図 1 の真空ポンプにおける分子引きずりステージは、様々なインペラ-形状を有することができ、それらは異なる圧力での作動に応じて最適化される。各インペラ-は大略的に円板状で、その外周上またはその近くに少なくとも 1 つのポンピング面を有する。典型的には、ポンピング面は円板状のインペラ-の前面もしくは背面上、またはその両方の上にある環状領域である。それに加えて、ポンピング面は前面と背面とをつなぐ外縁を含んでもよい。

【0025】

図 9 (図 9A および図 9B) に、分子引きずりステージのための円板状のインペラ-400 を示す。動作中は、インペラ-400 は軸 402 の周りを高速で回転する。図 9A で破線で示されているポンピングチャンネル 404 を有する固定子が、インペラ-400 に非常に近接して配置されている。ポンピングチャンネル 404 は、典型的にはインペラ-400 の外周上またはその近くに配置されている。ポンピングチャンネル 404 に対面しているインペラ-400 の部分は、真空ポンピング面 410 として機能する。従って真空ポンピング面 410 は、ポンピングチャンネル 404 に露出したインペラ-400 の部分である。真空ポンピング面 410 は典型的には、インペラ-400 の外周上またはその近くに位置するインペラ-の環状領域である。真空ポンピング面 410 はインペラ-400 の前面 400a もしくは背面 400b、またはその両方の上に位置してもよい。更に真空ポンピング面 410 は、円板状のインペラ-400 の側面 400c 上に位置してもよい。インペラ-400 は、固定子の形状に依存するが、前面 400a もしくは背面 400b、またはその両方の上に 2 つ以上の同軸状の真空ポンピング面を含んでもよい。

【0026】

本発明のある局面によれば、真空ポンプの気体引きずりステージ中におけるインペラ-は、真空ポンプの吸気ポート 14 から排気ポート 16 に向かって圧力が増加するに従って真空ポンプの動作を強化するために、様々な圧力で効率的な作動を行うような形状に構成されている。特にインペラ-400 の真空ポンピング面 410 は、真空ポンプ内のそのステージで予想される圧力範囲にわたって効率的に作動するような形状とされる。真空ポンプ内におけるインペラ-の真空ポンピング面は、その真空ポンピングステージで予想される圧力範囲で効率的な真空ポンピング動作をするように選択された表面形状を有する。好適には真空ポンピング面は、比較的低い圧力における動作に対しては比較的滑らかで、高い圧力での動作に対しては表面粗度が大きくされる。これにより真空ポンプは、順次増加する圧力においてインペラ-の表面粗度が順次高くなるような一連の真空ポンピングステージを利用できる。

【0027】

本発明の 1 つの実施形態による 1 組のインペラ-を図 9A ~ 図 13B に示す。これらのインペラ-は、図 1 の真空ポンプまたはその他任意の多ステージ真空ポンプにおける異なるステージで使用できる。これらのインペラ-の真空ポンピング特性は本発明の範囲内において、個別にまたは組全体としてとして変更することができる。更にこの組にはもっと多く、または少ないインペラ-が含まれてもよい。

【0028】

図 9A および図 9B を参照して、インペラ-400 は真空ポンプ 10 の真空ポンピングステージ (第一ステージ) 36 において利用できる。インペラ-400 の真空ポンピング

10

20

30

40

50

面 4 1 0 は比較的平坦かつ滑らかであり、比較的低い圧力で動作するように設計されている。平坦なインペラは分子流および初期転移流における圧力、すなわち中程度の大きさのポンプにおける約 1 Torr よりも低い圧力で最も効率的に作動する。

【 0 0 2 9 】

図 1 0 (図 1 0 A および図 1 0 B) を参照して、真空ポンプ 1 0 の真空ポンピングステージ (第二ステージ) 3 8 においてインペラ 5 0 0 を使用できる。インペラ 5 0 0 は図 9 A および図 9 B のインペラ 4 0 0 よりも高い圧力で作動するように構成されており、粗面化された真空ポンピング面 5 1 0 を有する。表面粗度は予想される作動圧力範囲に依存するものであり、インペラ表面に隣接する境界層を増加させる、すなわち流れのより厚い部分を引きずりメカニズムに引き込むのに十分なものであるべきである。

10

【 0 0 3 0 】

図 1 1 (図 1 1 A および図 1 1 B) を参照して、真空ポンプ 1 0 の真空ポンピングステージ (第三ステージ) 4 0 においてインペラ 6 0 0 を使用できる。インペラ 6 0 0 の真空ポンピング面 6 1 0 は、図 1 0 A および図 1 0 B のインペラ 5 0 0 よりも高い圧力で作動するように構成されており、真空ポンピング面 6 1 0 内に一連の半径方向の溝を有していてもよい。溝の間隔および深さは予想される作動圧力範囲に依存する。好適には、溝 6 1 2 は中程度の大きさのポンプでは約 1 mm ~ 2 mm の範囲の深さとすることができる。同じ圧力範囲で作動するための別の実施形態では、真空ポンピング面 6 1 0 はインペラ 5 0 0 の場合よりも大きな表面粗度を有していてもよく、あるいは予想される圧力範囲内で効率的な動作をするような任意の表面形状を有していてもよい。

20

【 0 0 3 1 】

図 1 2 (図 1 2 A および図 1 2 B) を参照して、真空ポンプ 1 0 の真空ポンピングステージ (第四ステージ) 4 2 においてインペラ 7 0 0 を使用できる。インペラ 7 0 0 は、図 1 1 A および図 1 1 B のインペラ 6 0 0 よりも高い圧力で作動するように構成された真空ポンピング面 7 1 0 を有する。インペラ 7 0 0 の真空ポンピング面 7 1 0 はインペラ 6 0 0 の溝 6 1 2 よりも深くかつ/またはより狭い間隔を有する溝 7 1 2 を有していてもよい。あるいは、真空ポンピング面 7 1 0 は予想される圧力範囲内で効率的な動作をするように選択された別の表面形状を有していてもよい。

【 0 0 3 2 】

図 1 3 (図 1 3 A および図 1 3 B) を参照して、真空ポンプ 1 0 の真空ポンピングステージ 4 4 および 4 6 において再生インペラ 9 0 0 を使用できる。インペラ 9 0 0 は、空洞 9 1 4 を規定する間隔を開けて配列された一連の半径方向のリブ 9 1 2 を有する真空ポンピング面 9 1 0 を含む。リブ 9 1 2 およびそれに対応する空洞 9 1 4 の寸法および形状は、予想される作動圧力範囲にわたって効率的な動作をするように選択される。例えば、リブ 9 1 2 の半径方向の長さは変更可能である。真空ポンピングステージ 4 4 および 4 6 における再生インペラは、様々な圧力範囲にわたって効率的な動作をするように構成することができる。いくつかの実施形態では、真空ポンプ 1 0 は単独の再生真空ポンピングステージ、または順次高くなる圧力で作動するように構成されたインペラをそれぞれ有する 2 つよりも多い再生真空ポンピングステージを含んでもよい。リブおよび空洞の形状は予想される動作圧力範囲内で効率的な動作をするように選択することができる。他の実施形態では、2 つ以上の再生真空ポンピングステージが同じインペラ形状を利用することができる。

30

【 0 0 3 3 】

図 9 A および図 9 B、図 1 0 A および図 1 0 B、図 1 1 A および図 1 1 B、図 1 2 A および図 1 2 B、ならびに図 1 3 A および図 1 3 B にそれぞれ示したインペラ 4 0 0, 5 0 0, 6 0 0, 7 0 0 および 9 0 0 は共に、順次高くなる圧力において効率的な動作をするように、累進的な特性を有する 1 組のインペラを構成する。従って、1 つ以上のインペラは分子流条件において効率的に作動するように選択された特性を有していてもよく、1 つ以上のインペラは転移流条件において効率的に作動するように選択された特性を有していてもよく、1 つ以上のインペラは粘性流条件において効率的に作動するように

40

50

選択された特性を有していてもよく、この組に含まれる各インペラーは漸次変化するポンピング特性を有するように構成できる。各インペラーは予想される圧力範囲にわたって効率的な動作をするように構成された表面形状にされた真空ポンピング面を有する。この組に含まれる各インペラーはしだいに変化するポンピング特性を有するが、そのことは2つ以上のインペラーが同一であることを排除するものではない。上で述べたように、各インペラーの真空ポンピング面は前面の全てもしくは一部、背面の全てもしくは一部、および/または側面の全てもしくは一部を任意の組み合わせで含むことができる。

#### 【0034】

ここに述べる原理は、分子引きずりポンプおよび再生ポンプの様々な構成に適用することができる。例えば上記非特許文献1で述べているように、ホルウェック型のポンプおよびシーゲバーン型ポンプに本発明を適用できる。

10

図面に示し本明細書で述べた実施形態に対して、本発明の趣旨および範囲から逸脱せずに様々な変形および変更を行うことが可能である。従って上記の記載および添付図面に図示した全ての内容は、例示的なものであり限定的でないものとして解釈すべきである。本発明は特許請求の範囲で定義されたものおよびそれと均等のものとしてのみ限定される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0035】

【図1】本発明の一実施形態による真空ポンプの単純化した断面の模式図である。

【図2】図1の真空ポンプで使用できる軸流ステージの破断した斜視図である。

【図3】分子引きずり真空ポンピングステージを利用する真空ポンプの部分的な断面図である。

20

【図4】図3の4-4線に沿った面での分子引きずりステージの平面図である。

【図5】図4の5-5線に沿った面での分子引きずりステージの部分的な断面図である。

【図6】再生真空ポンピングステージの分解斜視図であって、再生インペラーと下部固定子部とを示す。

【図7】図6の再生真空ポンピングステージの部分断面図である。

【図8】図7の8-8線に沿った面での再生真空ポンピングステージの部分的な平面図である。

【図9】滑らかなポンピング面を有する分子引きずりインペラーの平面図(図9A)および側面図(図9B)である。

30

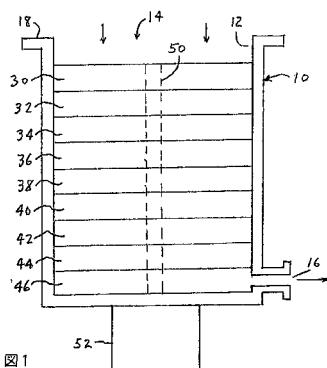
【図10】粗面化されたポンピング面を有する分子引きずりインペラーの平面図(図10A)および側面図(図10B)である。

【図11】比較的浅い溝を備えたポンピング面を有する分子引きずりインペラーの平面図(図11A)および側面図(図11B)である。

【図12】比較的深い溝を備えたポンピング面を有する分子引きずりインペラーの平面図(図12A)および側面図(図12B)である。

【図13】再生真空ポンピングステージ用インペラーの平面図(図13A)および側面図(図13B)である。

【図 1】



【図 2】

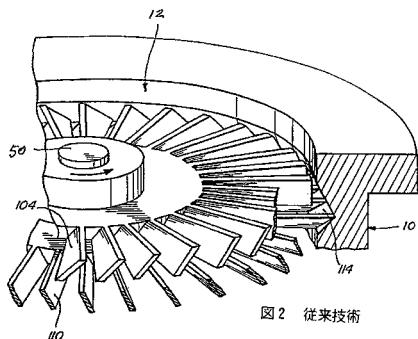


図 2 従来技術

【図 3】

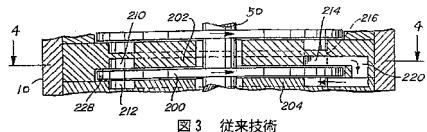


図 3 従来技術

【図 4】

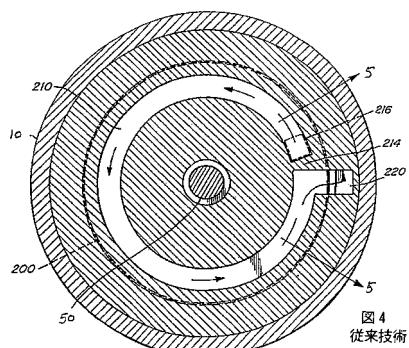


図 4 従来技術

【図 5】

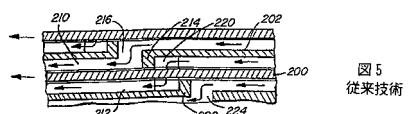


図 5 従来技術

【図 6】

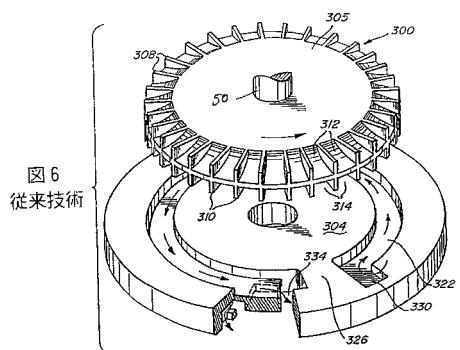


図 6 従来技術

【図 9】

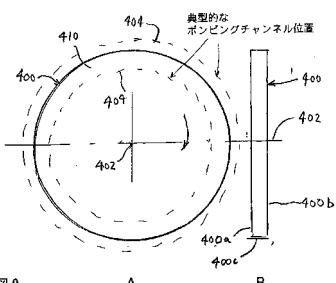


図 9 A B

【図 10】

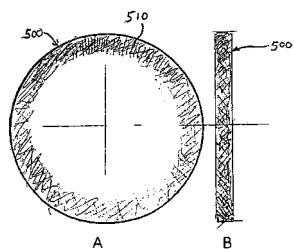


図 10 A B

【図 11】

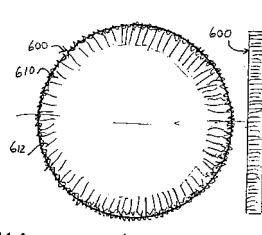


図 11 A B

【図 7】

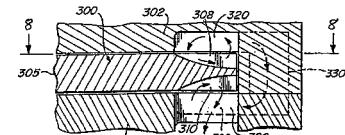


図 7 従来技術

【図 8】

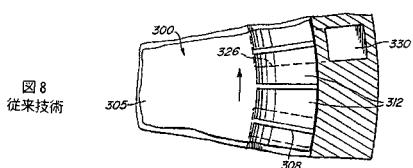
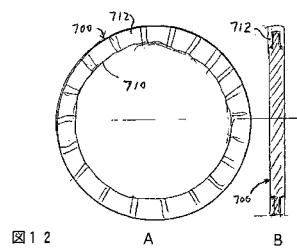
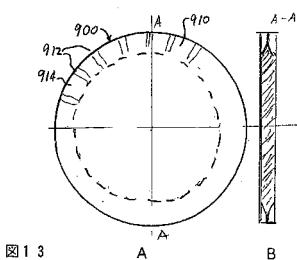


図 8 従来技術

【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ハプラニアン, マーズベッド

アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02481, ウェルズリー, ロングフェロー ロード 4  
2番地

合議体

審判長 山岸 利治

審判官 大山 健

審判官 川上 溢喜

(56)参考文献 米国特許第6135709(US, A)

米国特許第5358373(US, A)

米国特許第5456575(US, A)

米国特許第5695316(US, A)

欧州特許出願公開第1039137(EP, A2)

欧州特許出願公開第0256739(EP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D19/00-19/04

F04D23/00