

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6031451号
(P6031451)

(45) 発行日 平成28年11月24日(2016.11.24)

(24) 登録日 平成28年10月28日(2016.10.28)

(51) Int.Cl.

F 1

F04B 37/08 (2006.01)
F04B 37/16 (2006.01)F 04 B 37/08
F 04 B 37/16

C

請求項の数 25 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-553508 (P2013-553508)
 (86) (22) 出願日 平成24年2月8日 (2012.2.8)
 (65) 公表番号 特表2014-509365 (P2014-509365A)
 (43) 公表日 平成26年4月17日 (2014.4.17)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2012/024243
 (87) 国際公開番号 WO2012/109304
 (87) 国際公開日 平成24年8月16日 (2012.8.16)
 審査請求日 平成27年1月16日 (2015.1.16)
 (31) 優先権主張番号 61/441,027
 (32) 優先日 平成23年2月9日 (2011.2.9)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 505047094
 ブルックス オートメーション インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O 1824 チエルムスフォード エリザベス ドライブ 15
 (74) 代理人 100087941
 弁理士 杉本 修司
 (74) 代理人 100086793
 弁理士 野田 雅士
 (74) 代理人 100112829
 弁理士 堀 健郎
 (74) 代理人 100144082
 弁理士 林田 久美子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 クライオポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一段前面バッフルを備えるクライオポンプであって、

前記前面バッフルは、前記クライオポンプの開口を実質的に覆うように配置され、複数のオリフィスを有し、各オリフィスは、そのオリフィスの縁で曲げられて前記前面バッフルに取り付けられているフラップを有し、各フラップは、前記前面バッフルを通る経路に配置されているクライオポンプ。

【請求項 2】

前記複数のオリフィスの各々は、形が長方形である請求項 1 に記載のクライオポンプ。

【請求項 3】

前記複数のオリフィスの各々は、形が円形である請求項 1 に記載のクライオポンプ。

10

【請求項 4】

前記フラップのサイズおよび形が、実質的に前記オリフィスと同じである請求項 1 に記載のクライオポンプ。

【請求項 5】

前記フラップが、前記前面バッフルに対して 10° と 60° の間の角度で曲げられている請求項 1 に記載のクライオポンプ。

【請求項 6】

前記フラップが、前記前面バッフルに対して 25° と 35° の間の角度で曲げられている請求項 1 に記載のクライオポンプ。

20

【請求項 7】

前記フランプが、前記前面バッフルに対して 35° と 45° の間の角度で曲げられている請求項 1 に記載のクライオポンプ。

【請求項 8】

前記フランプが取り付けられている各オリフィスの縁が、前記前面バッフルの中心に最も近い縁である請求項 1 に記載のクライオポンプ。

【請求項 9】

さらに第二段アレイを備え、その第二段アレイは、

冷凍器の第二段に熱的に結合され、少なくとも一つの冷却面の少なくとも一部が吸着剤で覆われている複数の冷却バッフルと、

10

前記冷凍器の第二段に熱的に結合され、前記前面バッフルと前記複数の冷却バッフルとの間に配置されて、前記前面バッフルから見て前記複数の冷却バッフルを超えて延びている上板とを有する請求項 1 に記載のクライオポンプ。

【請求項 10】

前記上板が、前記複数の冷却バッフルを超えて延びて、前記クライオポンプの放射シールドの断面の 50 % から 98 % を覆っている請求項 9 に記載のクライオポンプ。

【請求項 11】

クライオポンプ用の前面バッフルであって、

前記クライオポンプの開口を実質的に覆うように設置される金属板と、

その金属板上に分布する複数のオリフィスであって、各オリフィスが、そのオリフィスの縁で曲げられて前記前面バッフルに取り付けられているフランプを有し、各フランプが、前記前面バッフルを通る経路に配置されている複数のオリフィスとを備える前面バッフル。

20

【請求項 12】

前記金属板が、その金属板の中心近くから外側の縁までの、前記複数のオリフィスがまったく分布していない少なくとも一つの経路を有する請求項 11 に記載の前面バッフル。

【請求項 13】

前記複数のオリフィスの各々は、形が長方形である請求項 11 に記載の前面バッフル。

【請求項 14】

前記複数のオリフィスの各々は、形が円形である請求項 11 に記載の前面バッフル。

30

【請求項 15】

前記フランプのサイズおよび形が、実質的に前記オリフィスと同じである請求項 11 に記載の前面バッフル。

【請求項 16】

前記フランプが、前記金属板に対して 10° と 60° の間の角度で曲げられている請求項 11 に記載の前面バッフル。

【請求項 17】

前記フランプが、前記金属板に対して 25° と 35° の間の角度で曲げられている請求項 11 に記載の前面バッフル。

【請求項 18】

前記フランプが、前記金属板に対して 35° と 45° の間の角度で曲げられている請求項 11 に記載の前面バッフル。

40

【請求項 19】

前記フランプが取り付けられている各オリフィスの縁が、前記前面バッフルの中心に最も近い縁である請求項 11 に記載の前面バッフル。

【請求項 20】

クライオポンプ用の前面バッフルを作る方法であって、

金属板を準備し、

前記金属板に複数のオリフィスを作り、各オリフィスにおいて、前記金属板の金属の少なくとも一部が、前記オリフィスの縁で円形の前記金属板に取り付けられたままになるよ

50

うにし、

前記金属の一部を、前記金属板の表面に対してある角度をなすように前記縁で曲げる方法。

【請求項 2 1】

前記金属板に少なくとも一つのオリフィスを作るのに、円形のオリフィスを作る請求項2 0に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記金属板に少なくとも一つのオリフィスを作るのに、長方形のオリフィスを作る請求項2 0に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記金属の一部が、前記オリフィスの、前記金属板の中心に最も近い縁に取り付けられている請求項2 0に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記複数のオリフィスを作るのに、前記金属板の中心から縁までの少なくとも一つの経路がオリフィスを有さないように、前記金属板上に前記複数のオリフィスを配置する請求項2 0に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記複数のオリフィスを作るのに、レーザー切断、水噴射切断、機械的切断、エッティングおよび打抜きの少なくとも一つを行う請求項2 0に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本出願は、2011年2月9日に出願された米国仮出願第61/441,027号に基づいて得られる権利を主張する。

この出願による教示は、援用することによりすべて本明細書に組み入れられるものとする。

【背景技術】

【0 0 0 2】

現在入手可能なクライオポンプは、極低温開サイクルによって冷却されるものも、極低温閉サイクルによって冷却されるものも、一般的に言って同じ設計概念に従っている。低温第二段クライオパネルアレイは、通常4Kから25Kの範囲で作動するが、第一ポンプ動作面 (primary pumping surface) である。この面は、通常40Kから130Kの温度範囲で作動する高温放射シールドで取り囲まれているが、それは、温度がより低いアレイに対して放射シールドを施す。放射シールドは、一般に、筐体を備えるが、第一ポンプ動作面と真空にすべきチャンバーとの間に位置する前面クライオパネルアレイのところだけが閉じられていない。この、温度がより高い、第一段、前面アレイは、水蒸気のような、タイプIガスとして知られる高沸点ガスのためのポンプ動作部として働く。

【0 0 0 3】

作動状態では、水蒸気のような高沸点ガスは、前面アレイで凝縮 (凝結) する (are condensed)。低沸点ガスは、前面アレイを通り過ぎて放射シールド内の空間に入る。窒素のようなタイプIIガスは、第二段アレイで凝縮する。水素、ヘリウムおよびネオンのようなタイプIIIガスは、4Kでかなり大きな蒸気圧を有する。タイプIIIガスを捕獲するために、第二段アレイの内面は、活性炭、ゼオライトまたは分子篩のような吸着剤で被覆される。吸着という処理によると、ガスが、極低温に保たれる物質によって物理的に捕獲され、それによって環境から取り除かれる。このようにポンプ動作面にガスが凝縮または吸着されると、作業チャンバー内は真空となる。

【0 0 0 4】

閉サイクル冷却器によって冷却されるクライオポンプシステムにおいては、その冷却器は、典型的には二段冷凍器であって、放射シールドを通って延びるコールドフィンガーを有する。その冷凍器の、第二の、最も冷たい段の冷端がコールドフィンガーの先である。

10

20

30

40

50

第一ポンプ動作面またはクライオパネルは、コールドフィンガーの第二段の最も冷たい端でヒートシンクに接続される。このクライオパネルは、単純な金属板、カップまたは、第二段ヒートシンクの周りに配置されてそれに接続される金属バッフルのアレイであり、例えば、米国特許第4,555,907号および米国特許第4,494,381号のようなものであって、これらの文献は、援用することによってここに組み入れられる。この第二段クライオパネルもまた、前述したとおり、活性炭やゼオライトのような、低温凝縮によるガス吸着剤を支持してよい。

【0005】

冷凍器のコールドフィンガーは、カップ状の放射シールドの基部を通して延び、そのシールドと同心である。他のシステムにおいては、コールドフィンガーは、放射シールドの側面を通して延びる。時に、そのような構成の方が、クライオポンプ配置のために利用可能な空間に、より良く適合する。

10

【0006】

放射シールドは、冷凍器の第一段の最も冷たい端で、ヒートシンクまたはヒートステーションに接続される。このシールドは、第二段クライオパネルを放射熱から保護するようにそれを取り囲む。放射シールドを閉じる前面アレイは、シールドを通して、または、援用することによってここに組み込まれる米国特許第4,356,701号に開示されているような熱支柱(thermal struts)を通して、第一段ヒートシンクによって冷却される。

【0007】

大量のガスが収集された後、時々、クライオポンプを再生する必要がある。再生というのは、クライオポンプによって先に捕獲されていたガスを放出する処置である。通常、再生は、クライオポンプを環境の温度に戻すことによって成し遂げられるが、そうすると、ガスが第二ポンプ(secondary pump)によってクライオポンプから取り除かれる。この、ガスの放出および除去に続いて、クライオポンプが再度起動され、再冷却の後、再度作業チャンバーから大量のガスを取り除くことができるものとなる。

20

【0008】

クライオポンプの性能指数は、水素の捕獲確率であり、それは、ポンプの外からクライオポンプの開口に到達する水素分子が、アレイの第二段で捕獲される確率である。その捕獲確率は、水素のポンプ排気速度、すなわちポンプによって捕獲される一秒当たりのリッター数に、直接関係している。従来の設計のポンプは、速い方で20%以上の水素の捕獲確率を有する。

30

【0009】

タイプIIIガスのポンプ排気速度を増すために、様々なポンプの設計が提案されている。例えば、援用することによってここに組み入れられる米国特許第4,718,241号は、第二段アレイを提示しているが、それは、凝縮され得ないガスをポンプで排出する速度を増し、それと同時に、システムを再生する頻度が制限されるように設計されている。このようなことが達成されたのは、第二段クライオパネルを開放して、水素、ネオンまたはヘリウムのような凝縮しないガスが、クライオパネルの円板の内面に配置されている吸着剤に、より容易に接近できるようにしたからである。これによって、凝縮しないガスはより迅速に吸着され、それによって、凝縮しないガスのポンプ排気速度を増している。同時に、第二段アレイは、すべてのガス分子が、吸着剤で被覆されていないクライオパネルの表面に、確実に最初に衝突するように設計されている。

40

【0010】

援用することによりここに組み入れられる米国特許第5,211,022号に記述されているポンプのような、他のポンプの設計では、第一段のシェブロン(矢羽根、chevrons)またはルーバー(羽根板)が、多数のオリフィスを有する板と置き換えられている。シェブロンやルーバーと比べると、オリフィスは、第二段へのガスの流れを制限する。内部の第二段ポンプ動作領域(inner second stage pumping area)への流れを制限することによって、ある割合の不活性ガスを作業空間に留め、スパッタリングを最適にするように不活性ガスの圧力を適切なもの(典型的には、 10^{-3} トル以上)とすることが可能とな

50

る。しかしながら、水蒸気のような、凝縮温度がより高いガスは、前面オリフィス板での凝縮によって、環境から直ちに除去される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】米国特許第4555907号明細書

【特許文献2】米国特許第4494381号明細書

【特許文献3】米国特許第4356701号明細書

【特許文献4】米国特許第4718241号明細書

【特許文献5】米国特許第5211022号明細書

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

従来技術が実施されるのは、シェブロンやスパッター板で第二段を保護して、放射熱が第二段に当たるのを減らすためであったり、第二段へのタイプIIおよびタイプIIIのガスの流量を制御するためであったり、タイプIの、沸点の高い方の凝縮ガスが、より冷たい面および吸着剤層で凝縮するのを防ぐためであったりする。放射や流量が低減すると、第二段クライオパネル面の温度ならびに、これらの面上および吸着剤上の凝縮ガスの温度が下がる。温度が下がった結果、ガスを捕獲する能力が増し、サイクルを再生する頻度が低減する。シェブロンは、非常に優れた放射シールドを施すが、それは、スパッター板と比べてのことであり、スパッター板が備えるオリフィスによって、多くの放射熱は、第二段クライオパネル面に一直線に向かうものとなる。しかしながら、現在最新の技術によるスパッター板でも、シェブロンに比べると、タイプIIおよびタイプIIIのガスの、第二段クライオパネルへの制限が厳しく、その結果、これらのガスのポンプ排気速度が低下している。応用例によっては、このように、ポンプ排気速度を厳しく制限することが好まれるが、それは、ある割合の不活性ガスを処理チャンバーの作業空間に留めることで、最適なスパッタリングまたはその他の処理のために不活性ガスの圧力を適切なものとすることが可能だからである。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

30

製造が簡単な第一段バッフルであって、それを通してガス流量を制限して、より良く放射を遮断しているバッフルと、凝縮したガスをより多量に運べる第二段アレイとを有するクライオポンプに対して、市場には需要がある。製造の簡単な第一段バッフルはオリフィスを有しているが、フラップがある角度で曲げられていて、オリフィスの縁に取り付けられている。第二段アレイは、上板 (top plate) を用いるもので、その面積は、第二段アレイのバッフルよりも大きい。クライオポンプは、製造の簡単な第一段バッフルおよび、面積の大きい上板の各々を、単独でまたは組み合わせて用いている。

【0014】

上述のとおり、クライオポンプには、その開口に配置される第一段前面バッフルが備えられている。前面バッフルは、そのクライオポンプの開口を実質的に覆う領域（面積）を有している。前面バッフルは、複数のオリフィスを有しており、各オリフィスは、そのオリフィスの縁で曲げられて、前面バッフルに取り付けられているフラップを有し、各フラップは、前面バッフルを通る経路に配置されている。オリフィスは、長方形であるか、正方形であるか、台形であるか、円形であるか、三角形であるか、その他の形を有するかする。フラップは、好ましくは、前面バッフルの表面に対し 10° から 60° の角度で曲げられていて、最も好ましくは、 25° から 35° の角度で曲げられている。第二段では、より高速ではあっても熱負荷を高めるために、 35° から 45° の角度が好ましい。

40

【0015】

製造の簡単な前面バッフルを形成するには、まず金属板を準備する。円形の金属板に複数のオリフィスが作られて、各オリフィス（フラップ）では、板の金属の少なくとも一部

50

が、そのオリフィスの縁で板に取り付けられたままになっている。そして、その金属の一部が、その縁で金属板の表面に対してある角度で曲げられている。オリフィスは、長方形であるか、正方形であるか、円形であるか、台形であるか、三角形であるか、その他の形を有するかする。各オリフィスのラップは、対応するオリフィスの、前面バッフルの中心に最も近い縁に取り付けられている。オリフィスは、前面バッフルの中心から板の縁に至る少なくとも一つの経路がオリフィスを有さないように、その板に配置されている。オリフィスは、例えば、レーザー切断、水噴射切断、機械切断、エッティングおよび打抜きの少なくとも一つによって作られる。

【0016】

ここに記述される前面バッフルを有するクライオポンプの利点として挙げられるのは、
10
製造の簡単さと、クライオポンプが取り付けられる処理チャンバーからの放射がより良く遮断されていることである。ここに記述される前面バッフルを有するクライオポンプのもう一つの利点は、クライオポンプの第二段アレイで、タイプIIガスおよびタイプIIIガスがより良く分布する（整流される）ことである。

【0017】

クライオポンプは、（処理チャンバーの開口を通してクライオポンプを覗きこむ視点からの）第一の投影面積をもつ複数の冷却バッフルを有する第二段アレイを選択的に備えていてもよく、その複数の冷却バッフルは、吸着剤で被覆された一つ以上の冷却面の少なくとも一部を有するアレイとして配置される。冷却バッフルのアレイは、水平、鉛直に向かって積み重ねて配置されていても、またその他の組み合わせで配置されていてもよい。
20
複数の冷却バッフルは、第二段冷凍器に各々が直接取り付けられるか、第二段冷凍器に接続されるブラケットにまとめて取り付けられる。第二段アレイはまた、複数の冷却バッフルに結合されて前面バッフルと複数の冷却バッフルとの間に配置される上板を有し、その上板は、複数の冷却バッフルと整列されていて、第一の投影面積よりも広い第二の投影面積をもつ。上板の投影面積は、第二段を取り囲むクライオポンプの放射シールドの前面開口面積の50%を超えており、好ましくは、約90%である。しかしながら、上板の面積は、典型的には放射シールドの約50%である冷却バッフルよりも広ければそれでよい。

【0018】

ここに記述される大面積上板を有するクライオポンプの利点として挙げられるのは、クライオポンプの再生が必要となる前に、凝縮されたタイプIIガスを収容する能力が向上することである。大面積上板のもう一つの利点は、吸着剤の、タイプIIガスからの隔離が向上していることであって、それによりタイプIIIガスの吸着剤を保護している。大面積上板は、前述の前面バッフルと一緒にすると利点が顕著になる。前面バッフルが大面積上板と組み合わさると、処理チャンバーからの放射は、スパッター板を用いる従来の前面アレイほどには、バッフルの第二段アレイに到達できなくなる。放射が低減すると、バッフル/上板のアレイの温度が下がり、とりわけ、前面バッフルに最も近いバッフル/上板の温度および、前面バッフルに最も近いバッフル/上板に接するタイプII凝縮ガスの温度が下がる。大面積上板は、捕獲できる凝縮ガスの体積を増し、また、凝縮ガスの表面の許容される温度を維持している。
30

【0019】

前面バッフルは、好ましくは10°から60°、最も好ましくは35°から45°の角度に置かれた同心環と置き換えてよい。

【図面の簡単な説明】

【0020】

以上の記載は、以下の、本発明の実施形態のより詳細な説明から明らかであって、添付した図面に例示されるとおりであるが、それらの図面においては、符号が同様であれば、図が異なっても同じ部分を指示している。これらの図面は、必ずしも縮尺が正しくはなく、本発明の実施形態を分かりやすく示すことが強調されている。

【図1A】従来技術によるクライオポンプの断面側面図である。

【図1B】従来技術による別のクライオポンプの断面側面図である。

10

20

30

40

50

【図2】前面バッフルの実施形態を有するクライオポンプの断面側面図である。

【図3A】円形オリフィスを有する前面バッフルの実施形態の上面図である。

【図3B】図3Aに示される前面バッフルの実施形態の断面側面図である。

【図3C】長方形のオリフィスを有する前面バッフルの実施形態の斜視図である。

【図4】図3Aおよび図3Bに示される前面バッフルの実施形態におけるオリフィスおよびフラップの斜視図である。

【図5】図3A、図3Bおよび図4に示される前面バッフルにおけるオリフィスの上面図である。

【図6】前面バッフルの長方形のオリフィスの上面図である。

【図7】前面バッフルの三角形のオリフィスの上面図である。

10

【図8A】前面バッフルの別の実施形態を有するクライオポンプの断面側面図である。

【図8B】前面バッフルの断面側面図である。

【図9】大面積上板の実施形態を有するクライオポンプの断面側面図である。

【図10】図9に示される大面積上板の断面側面図である。

【図11A】第二段上板の断面側面図である。

【図11B】第二段大面積上板の断面側面図である。

【図12】異なる直径を有する様々な大面積上板の、凝縮したガスを収容する能力を示す図である。

【図13】前面バッフルの実施形態を、大面積上板の実施形態と組み合わせて有するクライオポンプの断面側面図である。

20

【図14】様々なクライオポンプ構造のポンプ動作（排気）能力を示す図である。

【図15A】同心環の前面アレイおよび大面積上板を有するクライオポンプの断面側面図である。

【図15B】図15Aの前面アレイの平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の実施形態を以下に記述する。

処理チャンバー13に取り付けられている従来技術の円形クライオポンプ6Aおよび6Bの断面側面図を、図1Aおよび図1Bにそれぞれ示す。クライオポンプ6Aおよび6Bには、フランジ14に添って処理チャンバーに直接搭載されるか、それと、処理チャンバー13に接続される処理導管15との間の中間ゲートバルブ17に搭載されるかするクライオポンプ筐体12が含まれている。導管15には、クライオポンプ6を処理チャンバー13から切り離すのに用いられるゲートバルブ17が含まれている。クライオポンプ6Aおよび6Bは、処理チャンバー13に対して、ポンプ動作（排気）を行うことができる。クライオポンプ6Aおよび6Bには、導管15にボルトで止められたクライオポンプ筐体12が含まれているが、それは、処理チャンバー13に結合されている。クライオポンプ筐体12の前面開口16は、処理チャンバー13の円形開口に通じている。冷凍器の二段コールドフィンガー(cold finger)18は、容器の円筒部分20を通ってクライオポンプ筐体12中に突出している。その冷凍器は、チェリス等による米国特許第3,218,815号に開示されるようなギフォード・マクマホン冷凍器であってよい。コールドフィンガー18の二段ディスプレーサー(displacer)は、モーター22によって駆動される。各サイクルにおいて、加圧下でコールドフィンガーに導入されるヘリウムガスが膨張され、そして冷却されて、ラインを通して排出される。第一段ヒートシンクまたはヒートステーション28が、冷凍器の第一段29の冷端(cold end)に載置されている。同様に、ヒートシンク30が第二段32の冷端に載置されている。

30

【0022】

第一ポンプ動作面は、第二段ヒートステーション30に載置されたバッフルのアレイ34である。このアレイは、好ましくは、20Kよりも低い温度に保たれて、低凝縮点ガスを凝縮させる。カップの形をした放射シールド36が、第一段ヒートステーション28に結合されている。コールドフィンガーの第二段32は、放射シールドの開口を通って延び

40

50

ている。このシールドは、第二段アレイ 3 4 の後方および側方までそれを取り囲んで、放射によるアレイの加熱を最小限にしている。この放射シールドの温度は、好ましくは、約 130 K 未満である。

【 0 0 2 3 】

図 1 A には、バッフルのアレイ 3 4 に対し放射シールドとして働き、また水蒸気のような、沸点がより高いガスに対し、クライオポンプ動作面としても働く前面クライオパネルアレイ 3 8 が示されている。このアレイは、放射状の支持棒 4 1 によって結合されるルーバー 3 9 を備える。支持棒 4 1 は、放射シールド 3 6 に載置される。放射シールド 3 6 は、前面クライオパネルアレイ 3 8 を支持し、また、ヒートシンク 2 8 から前面クライオパネルアレイ 3 8 への熱の経路としても働く。

10

【 0 0 2 4 】

図 1 B には、別の前面クライオパネルの設計が示されており、それには、放射シールド 3 6 と熱的に接触して、第二段ポンプ動作領域に対する放射シールドとしても、水蒸気のような、沸点がより高いガスのクライオポンプ動作面としても働く前面バッフル 3 3 が含まれている。前面バッフル 3 3 は、ブラケット 3 7 によって放射シールド 3 6 に取り付けられている。前面バッフル 3 3 は、複数のオリフィス 3 5 を有しているが、それによって、沸点がより低いガスの、第二段アレイへの流れが制限される。

【 0 0 2 5 】

前面バッフルは、選択的に動作するが、それは、前面バッフルが、第一段ヒートシンクの温度 (50 K と 130 K の間) に近い温度に維持されるからである。凝縮点がより高いガスが、バッフル上で凍結する一方で、オリフィス 3 5 によって、凝縮点がより低いガスの、第二段への移動が制限される。前述のとおり、内部の第二段ポンプ動作領域への流れを制限することによって、ある割合の不活性ガスを作業空間に留め、スペッタリングを最適にするよう不活性ガスの圧力を適切な (moderate) もの (典型的には、 10^{-3} トル以上) とすることが可能となる。要するに、クライオポンプポート 1 6 に到達するガスのうち、沸点がより高いガスが、前面バッフル上で凝縮することによって、環境から取り除かれ、その一方、温度のより低いガスの、第二段ポンプ動作面への流れが制限される。そのように流れを制限する結果、作業チャンバーの圧力が高くなる。

20

【 0 0 2 6 】

図 2 には、ある実施形態による前面バッフル 4 0 を有する円形クライオポンプ 7 が示されており、図 3 A および図 3 B には、クライオポンプから隔離された前面バッフル 4 0 が示されている。前面バッフル 4 0 は、複数のオリフィス 4 2 を有しており、各オリフィス 4 2 は、それと連なるフラップ 4 4 を有する。図 3 A には、前面バッフル 4 0 の上面図が示されている。前面バッフル 4 0 は、複数のオリフィス 3 5 を有する。前面バッフル 4 0 にはまた、複数の穴 4 6 が開けられていて、前面バッフル 4 0 をブラケット 3 7 に取り付けるためのリベット、ねじその他の締め具 (図示されていない) を受けることができる。図示される実施形態において、複数のオリフィス 3 5 が、あるパターンで前面バッフル 4 0 上に配置されるが、そこには、オリフィス 3 5 を有さない領域 4 8 が備わる。これらの領域 4 8 によって、前面バッフル 4 0 の中心 5 0 と、前面バッフル 4 0 の穴 4 6 および外周 (周囲) 4 7 との間の熱伝導を高めることができる。一般に、前面バッフル 4 0 は、穴 4 6 を介して、ブラケット 3 7 で、放射シールドに熱的に結合され、かつまた、前面バッフル 4 0 が放射シールド 3 6 と接触する外周 4 7 でも結合されている。図 2 には、放射シールド 3 6 内に収まった前面バッフル 4 0 が示されている。それに代えて、前面バッフル 4 0 は、放射シールド 3 6 の頂部にも配置できる。図 3 B には、図 3 A の断面 3 B - 3 B に沿った前面バッフル 4 0 の断面側面図が示されている。前面バッフル 4 0 における各オリフィス 3 5 は、フラップ 4 4 を有する。各フラップ 4 4 は、それぞれのオリフィス 3 5 の縁 4 8 で前面バッフル 4 0 に取り付けられている。

30

【 0 0 2 7 】

図 3 C には、別の実施形態による、長方形のオリフィス 5 1 を有する円形クライオポンプ用の前面バッフル 4 9 の斜視図が示されている。図 3 C では、処理チャンバー 1 3 に面

40

50

する側から、前面バッフル49が示されている。各長方形のオリフィス51には、それに連なるフランプ53が折線55で取り付けられている。各オリフィス51の折線55は、前面バッフル49の中心に最も近いオリフィスの縁にあって、処理チャンバー13からバッフルのアレイ34への、遮断されていない経路が、オリフィス51を通って前面バッフルの中心から放射状に外を向いている。この放射状の外向きの経路は、処理チャンバーから流れてくる比較的熱いガスを、最初にバッフルのアレイ34に衝突しないように遠ざけ、バッフルのアレイへの熱負荷を低減する。その放射状の外向きの経路はまた、バッフルの第二段アレイ34への放射負荷を低減するが、それは、放射もまた、バッフルのアレイ34から遠ざけられているからである。

【0028】

10

一般に、前面バッフル40のオリフィス35の数を増やして、前面バッフル40のオリフィス35を均等に配置すると、その結果、オリフィス35を通過したタイプIIガスが、クライオポンプのバッフルのアレイ34に、より均等に衝突することになる。しかしながら、所定のサイズのオリフィス35の数を増やし、そのオリフィス35を均等な間隔で置くと、オリフィス35のない領域48のサイズが低減し、前面バッフル40の熱伝導が低下してしまって、動作するクライオポンプにおける前面バッフル40の温度を上昇させかねなくなる。また、オリフィス35の数を増やすには、オリフィス35を小さくする必要があるが、オリフィス35が小さくなると、凝縮するガスでより詰まりやすくなる。

【0029】

20

図4は、前面バッフル40の円形オリフィス35の拡大斜視図である。オリフィス35は、前面バッフル40によって囲まれている。フランプ44は、折線52で前面バッフル40に取り付けられており、前面バッフル40に対し、角度 α を成す方向に向けられている。角度 α は、好ましくは、 10° と 60° の間の角度であり、より好ましくは、 20° と 40° の間の角度であり、最も好ましくは、 25° と 35° の間の角度である。角度の選択は、放射の遮断(角度 α を小さく)と、第二段へのガスの流れの向上(角度 α を大きく)との折衷であり、理想的な角度 α は、特定の応用例とポンプ動作(排気)の必要性(pumping needs)とに依存している。

【0030】

図5には、フランプ44を折り曲げる前の前面バッフル40の円形のオリフィス35の拡大上面図が示されている。典型的には、オリフィス35は、前面バッフル40に切れ目(gap)54を入れることによって形成される。その切れ目を形成するのに、どのような除去手段を用いてもよく、レーザー切断、水噴射切断、エッチングおよび機械的な切断が含まれるが、それらに限定されるものではない。オリフィス35の縁は、切れ目54によって定められるが、切れ目54が、オリフィス35の縁の周りで完全に連続してはいない。フランプ44に付けられた折線52は、長さLを有し、この折線52で、オリフィス35の縁が完全に連なる。切れ目54は、幅Gを有する。作業チャンバー13からの放射は、オリフィス35を通るが、フランプ44によって遮断され、ただし、放射は、幾つかは、切れ目54を通過してバッフルのアレイ34に到達する。そうすると、切れ目54の幅Gを最小とするのが望ましい。例えば、打抜きでオリフィス35を作ることによって、切れ目54の幅Gをゼロとすることが可能であるが、その場合は、フランプ44を作ることに、前面バッフル40を剪断することになる。しかしながら、一般に、打抜きには成形型(成形用具、tooling)が必要であるが、それを作る費用が高く付き、また、例えば、オリフィスのサイズや形や配列(pattern)を変えるには、新しい打抜きの成形型を注文しなければならない。レーザー切断法によると、0.020インチもの小さな切れ目を作ることができる。

【0031】

30

一つの実施形態において、円形のオリフィスは、直径が半インチである。一般に、前面バッフルの穴の面積の合計が大きければ大きいほど、板を通してのガスの伝導性(conductance of gas through the plate)がより大きくなる。より小さな穴を多数開けることによって、第二段でのガスの分布がより均一になる。しかしながら、凝縮したガスで詰まつ

40

50

てしまうほど穴が小さくてはならない。例えば、円形のオリフィスは、直径が 0.25 インチから 1 インチの範囲である。

【0032】

図 6 には、前面バッフル 60 の長方形のオリフィス 62 の拡大上面図が示されている。長方形のオリフィス 62 には切れ目 66 がって、それによってオリフィス 62 の縁が定められるが、切れ目 66 が、オリフィス 62 の縁の周りで完全に連続してはいない。フラップ 68 に付けられた折線 64 は、長さ L を有し、この折線 64 で、オリフィス 62 の縁が完全に連なる。折線 64 が、長方形のオリフィス 62 の最も寸法が長いところに配置されるのが好ましい。例えば、一つの実施形態において、長方形のオリフィス 62 は、長さ半インチ × 長さ 1 インチの寸法を有していて、折線 64 は、好ましくは、長さが 1 インチの辺に配置される。長方形のオリフィスの寸法は、長さ対幅の比が、1:1 から 5:1 の範囲にあってよい。長方形のオリフィスの利点としては、製造の容易さや、オリフィス 62 の所定のサイズに対するフラップ 68 と前面バッフル 60 との間の熱伝導の向上（円形のオリフィスとの比較で）が挙げられる。熱伝導が向上するのは、折線 64 の長さ L が、長方形のオリフィスの方が、相当するサイズの円形オリフィスよりも長いからである。

【0033】

図 7 には、前面バッフル 70 の三角形のオリフィス 72 の拡大上面図が示されている。三角形のオリフィス 72 は、正三角形かまたは二等辺三角形のような形をしている。三角形のオリフィス 72 は、切れ目 76 を有し、それによって三角形のオリフィス 72 の縁が定められるが、切れ目 76 が、三角形のオリフィス 72 の縁の周りで完全に連続してはいない。フラップ 78 に付けられた折線 74 は、長さ L を有し、この折線 74 で、オリフィス 72 の縁が完全に連なる。やはり、折線 74 は、三角形のオリフィス 72 の寸法が最も長い所に配置されるのが好ましい。三角形のオリフィス 72 が正三角形のような形であるのなら、折線 74 は、オリフィス 72 のどの縁に位置していてもよい。しかしながら、三角形のオリフィス 72 が二等辺三角形のような形であるのなら、折線 74 を、オリフィス 72 の、より短く等辺でない縁に配置して、折れを残りの縁に対して、対称に保つのが好ましい。図 5 ~ 図 7 には、単に前面バッフルのオリフィスの形について、例が示されている。それ以外の形を用いてもよい。図 2 のオリフィス 42 には、これらのいずれの形のオリフィスが含まれていてもよく、またオリフィス 42 には、異なる形が混ざって含まれていてもよい。

【0034】

図 8A には、別の実施形態による、複数のオリフィス 82 が備わる前面バッフル 80 を有するクライオポンプ 8 が示されている。この実施形態において、フラップ 84 は、処理チャンバー 13 の方を向き、第二段アレイ 34 から遠ざかるように配置されている。図 2 と同様、オリフィス 82 には、いかなる形のオリフィスが含まれていてもよく、また異なる形が混ざり合って含まれていてもよい。第二段アレイ 34 の側よりも作業チャンバー 13 の側により大きな空間があるときは、フラップが処理チャンバー 13 に対向するように前面バッフル 80 を向かわせてもよい。ここでも、フラップは、ガスの流れを第二段から遠ざけるように向けられている。

【0035】

図 8B には、別の実施形態による、複数のオリフィス 91 が備わる前面バッフル 85 が示されている。前面バッフル 85 には、積み重ねられて互いに結合された複数の層 87、89 が含まれている。層 87 には、図 3 ~ 図 7 に関して前述されたようなオリフィス 91 およびフラップ 93 が含まれている。層 89 には、オリフィス 91 が含まれているが、フラップ 93 は含まれていない。図 8B には、2 つの層 87、89 しか示されていない。しかしながら、前面バッフルは、2 層よりも多くの層で形成されていてもよい。その複数の層は、いかなる手段で互いに結合されてもよく、それには、溶接、半田付け、リベット、ねじ、ボルトおよび接着剤が含まれるが、これらに限定されるものではない。

【0036】

図 9 には、バッフルの第二段アレイ 34 の頂部（最上の、top-most）バッフルの上に配

10

20

30

40

50

置されるか、または、図示のように、それを置き換えて配置される大面積上板 90 を有する、実施形態によるクライオポンプ 9 が示されている。大面積上板 90 においては、それと放射シールド 36 との間の切れ目 92 が、バッフルのアレイ 34 の残りのバッフルと放射シールド 36 との間の切れ目 94 よりも小さなものとなっている。大面積上板 90 によって、所定量のタイプIIガスがポンプ注入されるときに凝縮するガスの厚さが低減し、その結果、ポンプ動作の間に凝縮する物質の厚さ方向に生じる温度差が小さくなり、また、以下に記述するように、基準温度に戻るために作業サイクル間で必要な時間が低減する。また、大面積上板 90 によると、より多くのタイプIIガスをポンプ注入できるが、それは、凝縮するガスの厚さが同じでも、面積がより大きいと、凝縮するガスの全体積が増大するからである。大面積上板 90 によって、バッフルのアレイ 34 の、残りのバッフルに到達するタイプIIガスの量、およびその残りのバッフルの下側の吸着剤（図示されていない）が低減される。10

【 0 0 3 7 】

図 10 には、第二段アレイの円形大面積上板 90 および、その上にガス 102 が凝縮して積もった層の断面側面図が示されている。凝縮したガスは、凝縮したタイプIIガスからなる。前述のとおり、処理チャンバー 13 からのガスには、前面バッフルを通過して、第二段アレイの上板 90 上で凝縮するものがある。これらのガスは、凝縮して厚さ t を有する層 102 となり、そうしたガスは、熱伝導率 K を有する。前述のとおり、大面積上板 90 は、非常に低い温度 T_1 に保持される。凝縮したガス 102 の表面の温度は、異なる温度 T_2 となり、それは T_1 よりも温かい。作業チャンバーが使われていなくて、追加のガスがクライオポンプに加えられていないときは、 T_2 は、最後には低下して T_1 に等しく（または非常に近く）なる。しかしながら、作業チャンバーからクライオポンプに新しいガスが導入されて、既に凝縮しているガス 102 の上に凝縮すると、 T_2 は T_1 よりも高くなる。 T_2 と T_1 の差は、凝縮したガス 102 の厚さ t 、凝縮したガス 102 の熱伝導率 K ならびに、板 90 上で凝縮する流入ガスの温度および到達率（流量、rate of arrival）の関数である。凝縮したガス 102 の層が厚ければ厚いほど、処理チャンバー 13 における作業サイクルの後、 T_2 が T_1 に戻るのにかかる時間が長くなる。 T_2 が閾値温度を超えていると、クライオポンプは、作業チャンバーから効果的にガスをポンプで排出することができず、 T_2 が閾値温度を超えている期間が長ければ長いほど、作業チャンバー 13 を使うことのできない期間が長くなる。そうすると、ガスを作業チャンバーから受け取った後、 T_2 が閾値レベルよりも下がるのに必要な時間は、いつクライオポンプを再生すべきかを決定するのに用いられる要因となる。したがって、凝縮したガス 102 の厚さを最小にすることは、再生サイクルの間の時間を最大とするのに有益である。20

【 0 0 3 8 】

図 11 A および図 11 B には、大面積上板 90 が、どのように凝縮したガス 102 の厚さを最小にするのかが例示されている。まず、図 11 A および図 11 B に示されるような円柱形の板（円板）に対して、凝縮したガス 102 は、およそ円柱形の体積を形成する（側面がわずかに丸くなることと、大面積上板 90 の反対の側を凝縮したガスが取り巻くことを無視する）ことに注意する。図 11 A には、小さな直径 D_1 を有する円形の上板 110 の断面側面図が示されている。板 110 は、バッフルのアレイ 34 の頂部バッフルとなっている。簡素化のため、バッフルのアレイ 34 に角度が付いた縁が示されていることは無視する。上板 110 は、その上に凝縮したガス 112 の層を有する。凝縮したガス 112 は体積 V を有しており、形は円柱形である。図 11 B には、大きな直径 D_2 を有する円形の大面積上板 114 の断面側面図が示されており、ここで D_2 は D_1 よりも大きい。大面積上板 114 は、その上に凝縮したガス 116 の層を有している。凝縮したガス 116 は、板 110 上の凝縮したガス 112 と同じ体積 V を有する。しかしながら、凝縮したガス 116 の厚さ t_2 は、図 11 A の板 110 上の凝縮したガス 112 の厚さ t_1 よりも小さい。円柱形の体積は、 $D^2 / 4$ に厚さ t を掛けたものである。そうすると、板の直径が D_1 から D_2 に増大することは、凝縮したガス 112 および 116 の等しい体積 V の厚さが t_1 から t_2 に低減することを意味する。したがって、大面積上板 114 は、霜の304050

体積が等しいと、板 110 よりも早く T_2 から T_1 に戻すことができる。また、大面積上板 114 は、板 110 ができるよりも多くのガスをその上に凝縮して積もさせて、許容される時間で T_2 から T_1 に低減できる。また、凝縮したガス 116 が所定の体積であると、 T_1 と T_2 の差は小さいので、大面積上板 114 の温度 T_1 を小さな上板 110 の温度 T_1 よりも高くでき、なおも凝縮したガス 116 の温度 T_2 を許容されるように保持できる。

【 0039 】

図 9 に戻ると、大面積上板 90 は、タイプIIガスをより多く捕獲し、これらのタイプIIガスが、バッフルのアレイ 34 における残りのバッフルおよび、それら残りのバッフルのいくつかまたはすべての上にある吸着剤（図示されていない）に到達するのを防ぐことによっても、クライオポンプを向上させている。タイプIIガスは、吸着剤上で凝縮するが、そのような凝縮があると、吸着剤がタイプIIIガスを吸着する能力が低下する。タイプIIガスは、大面積上板 90 上で凝縮して、タイプIIIガスのために吸着剤を使わずにおくことが好ましい。大面積上板 90 によって、大面積上板 90 の縁と放射シールド 36 の間の切れ目 92 が、バッフルのアレイ 34 の残りのバッフルと放射シールド 36 の間の切れ目 94 よりも小さくなる。切れ目 92 が小さくなることによって、大面積上板 90 と放射シールド 36 の間を通過するタイプIIガスの量が低減する。しかしながら、切れ目が小さくなることで、バッフルのアレイ 34 の残りのバッフル上にある吸着剤に到達するタイプIIIガスの動きも緩慢になり、それによって、これらのガスに対してのポンプの排気速度（pumping speed）が低下する。また、大面積上板 90 の表面積が大きくなることで、大面積上板 90 は、作業チャンバーからの放射に対してより敏感なものになる。大面積上板 90 での放射の被曝が増大すると、大面積上板 90 への熱負荷そしてひいては、第二ステージへの熱負荷が増大する。

【 0040 】

本発明の一実施形態による円形のクライオポンプにおいて、円形の大面積上板 90 の直径 D_2 は 6.5 インチであり、バッフルのアレイ 34 における残りのバッフルの直径 D_1 は 5.28 インチである。そのような構造のテストにおいては、タイプIIIガスのポンプ排気速度が約 12% 低減されることが分かった。しかしながら、これらとは直径が異なってもよい。円形の大面積上板 90 は、バッフルのアレイ 34 よりも大きな、いかなる直径を有していてもよいが、板と放射シールド 36 との間に切れ目は残しておいて、タイプIIIガスのポンプ排気速度を適切なものにする。バッフルのアレイ 34 は、典型的には放射シールド 36 の約 70% の直径を有する。大面積上板 90 は、放射シールド 36 の約 70% から 98% までの直径を有する。円形でないクライオポンプについては、大上板は、放射シールドの 50% から 95% までの断面積を有する。好ましくは、上板投影面積は、放射シールドの前面開口面積の 73% ~ 90% である。上板は、その底面上に吸着剤を支持する。

【 0041 】

図 12 は、特定の円形クライオポンプのための、様々なサイズの大面積上板についての、テストの結果を示すグラフである。そのグラフでは、凝縮したガス（「霜」）の体積が増大するときの、凝縮したガスの表面温度が示されている。テストで用いられる特定のクライオポンプについて、凝縮したガスの表面温度に対する閾値温度 120 は 27K であり、これよりも高い温度は、許容されず、クライオポンプを再生することが必要とされる。より面積の大きな上板は、温度を閾値温度 120 未満に保持したまま、凝縮したガスをより大きな体積で保持できるということがグラフに示されている。例えば、直径 5.0 インチの円形大面積上板 1 は、凝縮したガスの表面温度が閾値温度 120 を超える前に、約 2.3 in³（立方インチ）の凝縮したガスを積もせることができる。別の例において、直径 5.5 インチの円形の大面積上板 2 は、凝縮したガスの表面温度が閾値温度 120 を超える前に、約 2.7 in³ の凝縮したガスを積もせることができる。さらに別の例において、直径 6.0 インチの円形の大面積上板 3 は、凝縮したガスの表面温度が閾値温度 120 を超える前に、約 3.1 in³ の凝縮したガスを積もせることができる。4 番目

10

20

30

40

50

の例において、直径 6 . 5 インチの円形の大面積上板 4 は、凝縮したガスの表面温度が閾値温度 120 を超える前に、約 $2 . 6 \text{ in}^3$ の凝縮したガスを積もらせることができる。

【 0 0 4 2 】

図 13 には、図 3 ~ 図 8 において前述されたような前面バッフル 40 と、図 9 ~ 図 11 において記述された板のような大面積上板 90 との双方が組み込まれているクライオポンプ 10 の断面側面図が示されている。前面バッフル 40 と大面積上板 90 とを組み合わせるのは有益である。前面バッフル 40 によると、スパッター板を用いる通常の前面アレイによるほど、処理チャンバー 13 からの放射が、バッフルの第二段アレイ 34 および上板 90 に到達できない。放射が低減すると、バッフルのアレイ 34 の温度も低下し、特に、前面バッフル 40 に最も近いバッフル / 上板 90 の温度が下がる。前記のとおり、大面積上板 90 は、凝縮したガスをより大きな体積で捕獲し、許容される温度を保持することができる。

【 0 0 4 3 】

図 14 は、前面バッフル 40 と大面積上板 90 の双方が組み込まれたクライオポンプ 10 の利点を示すチャートである。図 14 は、クライオポンプが既にポンプ除去した体積の合計の関数として、様々な流量で保持することのできる真空のテスト結果を示している。テストで用いられるクライオポンプについては、 1×10^{-6} トルという閾値圧 122 を超えてはならない。クライオポンプが閾値圧 122 未満の圧力を保持できないなら、そのクライオポンプは再生する必要がある。図 1 に示されるクライオポンプのような、毎分 100 標準立方センチメーター（「sccm」）という流量でガスをポンプ除去する標準クライオポンプは、閾値圧 122 未満の圧力を保持できなくなる前に、約 1750 リットルをポンプ除去（124）できるということが、チャートに示されている。対照的に、230 sc cm という流量でガスをポンプ除去する標準クライオポンプは、閾値圧 122 未満の圧力を保持できなくなる前に、約 420 リットルのガスしかポンプ除去（126）できない。前面バッフル 40 と大面積上板 90 の双方が組み込まれたクライオポンプ 10 は、230 sc cm でポンプ除去するが、閾値圧 122 未満の圧力を保持できなくなる前に、1,100 リットルを超えるポンプ除去（128）が可能である。前面バッフル 40 と大面積上板 90 の一方のみを有するクライオポンプは、230 sccm で例示される 2 つのポンプ除去 126 と 128 の間の結果を提示することになる。

【 0 0 4 4 】

図 15 A および図 15 B には、大面積上板 90 を用いる、本発明のさらに別の実施形態が例示されている。この実施形態において、前面アレイは、放射シールドの壁に結合されている棒 132 および 134 で支えられる同心環（concentric rings）130 を備えている。速度（流量）を増すために、同心環には、図 1 に例示されるようなシェブロンが含まれているが、各環は、一方向にのみ角度を有する円錐台形環（frustococonical ring）である。好み角度は、 $10^\circ \sim 60^\circ$ の範囲内であるが、より好みは、 $35^\circ \sim 45^\circ$ の範囲にある。角度の選択は、第二段における速度と放射熱負荷の兼ね合いで決まる。好みは、各環の外径は、その次に大きな環の内径とほぼ同じか、それよりも少し大きい。環は、放射シールドの側壁によって、支えられていることが示されているが、それらは、放射シールドの基部まで縦に延びる支柱によって支えられてもよい。

【 0 0 4 5 】

他の実施形態において、前述のような、前面バッフルアレイおよび / または大上板を有するクライオポンプは、形が丸くない。そのような丸くはないクライオポンプの例が、米国特許第 6,155,059 号に記述されており、その内容は、援用することによって、その全体がここに組み入れられる。長方形のクライオポンプについては、大上板が、好みは、放射シールドの断面の 50 % から 98 % を覆う。他の実施形態において、前述のような、前面バッフルアレイおよび / または大上板を有するクライオポンプは、据え付けのクライオポンプ（in situ cryopump）であるか、付属のポンプ（appendage pump）である。そのような、据え付けのクライオポンプおよび付属のクライオポンプの例が、PCT 出願 PCT / US 2009 / 065168 に記載されており、その内容は、援用すること

10

20

30

40

50

によって、その全体がここに組み入れられる。

【0046】

ここで引用されるすべての特許、公開公報および参考文献の教示は、援用することによって、その全体がここに組み入れられる。

【0047】

本発明は、その実施形態を参照して、詳細に示され記述されるが、添付の特許請求の範囲に包含される発明の範囲から逸脱することなく、形状および細部に様々な変更を加えてもよいことが当業者には理解される。

なお、本発明は、実施の態様として以下の内容を含む。

【態様1】

10

第一段前面バッフルを備えるクライオポンプであって、

前記前面バッフルは、前記クライオポンプの開口を実質的に覆うように配置され、複数のオリフィスを有し、各オリフィスは、そのオリフィスの縁で曲げられて前記前面バッフルに取り付けられているフラップを有し、各フラップは、前記前面バッフルを通る経路に配置されているクライオポンプ。

【態様2】

前記複数のオリフィスの各々は、形が長方形である態様1に記載のクライオポンプ。

【態様3】

前記複数のオリフィスの各々は、形が円形である態様1に記載のクライオポンプ。

【態様4】

20

前記フラップのサイズおよび形が、実質的に前記オリフィスと同じである態様1に記載のクライオポンプ。

【態様5】

前記フラップが、前記前面バッフルに対して10°と60°の間の角度で曲げられている態様1に記載のクライオポンプ。

【態様6】

前記フラップが、前記前面バッフルに対して25°と35°の間の角度で曲げられている態様1に記載のクライオポンプ。

【態様7】

前記フラップが、前記前面バッフルに対して35°と45°の間の角度で曲げられている態様1に記載のクライオポンプ。

30

【態様8】

前記フラップが取り付けられている各オリフィスの縁が、前記前面バッフルの中心に最も近い縁である態様1に記載のクライオポンプ。

【態様9】

さらに第二段アレイを備え、その第二段アレイは、

冷凍器の第二段に熱的に結合され、少なくとも一つの冷却面の少なくとも一部が吸着剤で覆われている複数の冷却バッフルと、

前記冷凍器の第二段に熱的に結合され、前記前面バッフルと前記複数の冷却バッフルとの間に配置されて、前記前面バッフルから見て前記複数の冷却バッフルを超えて延びている上板とを有する態様1に記載のクライオポンプ。

40

【態様10】

前記上板が、前記複数の冷却バッフルを超えて延びて、前記クライオポンプの放射シールドの断面の50%から98%を覆っている態様9に記載のクライオポンプ。

【態様11】

第二段を備えるクライオポンプであって、前記第二段は、

冷凍器の第二段に熱的に結合され、少なくとも一つの冷却面の少なくとも一部が吸着剤で覆われている複数の冷却バッフルと、

前記冷凍器の第二段に熱的に結合され、第一段アレイと前記複数の冷却バッフルとの間に配置されて、前面バッフルから見て前記複数の冷却バッフルを超えて延びている上板と

50

を有するクライオポンプ。

[様 1 2]

前記上板が、前記複数の冷却バッフルを超えて延びて、前記クライオポンプの放射シールドの断面の 50 % から 98 % を覆っている様 1 1 に記載のクライオポンプ。

[様 1 3]

前記複数の冷却バッフルが、冷却バッフルのアレイとして配置されている様 1 1 に記載のクライオポンプ。

[様 1 4]

前記第二段を放射からシールドする放射シールドの開口を横切って配置される第一段前面シールドをさらに備え、その前面シールドが角度の付いたバッフルを有する様 1 1 に記載のクライオポンプ。

10

[様 1 5]

前記バッフルが、前面バッフルから曲げられ、そこに取り付けられているフラップを有する様 1 4 に記載のクライオポンプ。

[様 1 6]

前記バッフルが、前記放射シールドに支持される環を有する様 1 4 に記載のクライオポンプ。

[様 1 7]

前記環が、前記シールドの前面から放射状に外を向くように角度が付けられている様 1 6 に記載のクライオポンプ。

20

[様 1 8]

前記環が、前記前面シールドの前面から約 10 ° ~ 60 ° の範囲の角度が付けられている様 1 7 に記載のクライオポンプ。

[様 1 9]

前記環が、前記前面シールドの前面から約 25 ° ~ 35 ° の範囲の角度が付けられている様 1 7 に記載のクライオポンプ。

[様 2 0]

前記環が、前記前面シールドの前面から約 35 ° ~ 45 ° の範囲の角度が付けられている様 1 7 に記載のクライオポンプ。

30

[様 2 1]

クライオポンプ用の前面バッフルであって、

前記クライオポンプの開口を実質的に覆うように設置される金属板と、

その金属板上に分布する複数のオリフィスであって、各オリフィスが、そのオリフィスの縁で曲げられて前記前面バッフルに取り付けられているフラップを有し、各フラップが、前記前面バッフルを通る経路に配置されている複数のオリフィスとを備える前面バッフル。

[様 2 2]

前記金属板が、その金属板の中心近くから外側の縁までの、前記複数のオリフィスがまったく分布していない少なくとも一つの経路を有する様 2 1 に記載の前面バッフル。

40

[様 2 3]

前記複数のオリフィスの各々は、形が長方形である様 2 1 に記載の前面バッフル。

[様 2 4]

前記複数のオリフィスの各々は、形が円形である様 2 1 に記載の前面バッフル。

[様 2 5]

前記フラップのサイズおよび形が、実質的に前記オリフィスと同じである様 2 1 に記載の前面バッフル。

[様 2 6]

前記フラップが、前記金属板に対して 10 ° と 60 ° の間の角度で曲げられている様 2 1 に記載の前面バッフル。

[様 2 7]

50

前記フランプが、前記金属板に対して 25° と 35° の間の角度で曲げられている態様 21 に記載の前面バッフル。

[態様 28]

前記フランプが、前記金属板に対して 35° と 45° の間の角度で曲げられている態様 21 に記載の前面バッフル。

[態様 29]

前記フランプが取り付けられている各オリフィスの縁が、前記前面バッフルの中心に最も近い縁である態様 21 に記載の前面バッフル。

[態様 30]

クライオポンプ用の前面バッフルを作る方法であって、
金属板を準備し、

10

前記金属板に複数のオリフィスを作り、各オリフィスにおいて、前記金属板の金属の少なくとも一部が、前記オリフィスの縁で円形の前記金属板に取り付けられたままになるようにし、

前記金属の一部を、前記金属板の表面に対してある角度をなすように前記縁で曲げる方法。

[態様 31]

前記金属板に少なくとも一つのオリフィスを作るのに、円形のオリフィスを作る態様 30 に記載の方法。

[態様 32]

20

前記金属板に少なくとも一つのオリフィスを作るのに、長方形のオリフィスを作る態様 30 に記載の方法。

[態様 33]

前記金属の一部が、前記オリフィスの、前記金属板の中心に最も近い縁に取り付けられている態様 30 に記載の方法。

[態様 34]

前記複数のオリフィスを作るのに、前記金属板の中心から縁までの少なくとも一つの経路がオリフィスを有さないように、前記金属板上に前記複数のオリフィスを配置する態様 30 に記載の方法。

[態様 35]

30

前記複数のオリフィスを作るのに、レーザー切断、水噴射切断、機械的切断、エッチングおよび打抜きの少なくとも一つを行う態様 30 に記載の方法。

[態様 36]

クライオポンプ用の第二段アレイであって、

冷凍器の第二段に結合されるように配置され、少なくとも一つの冷却面の少なくとも一部が吸着剤で覆われている複数の冷却バッフルと、

前記冷凍器の第二段に熱的に結合され、前面バッフルと前記複数の冷却バッフルとの間に配置されて、前記前面バッフルから見て前記複数の冷却バッフルを超えて延びている上板とを備える第二段アレイ。

[態様 37]

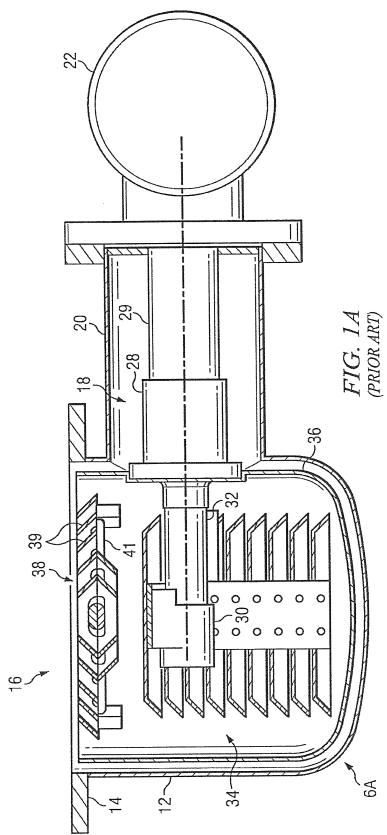
40

前記上板が、前記冷却バッフルを超えて延びて、前記クライオポンプの放射シールドの断面の 50% から 98% を覆っている態様 36 に記載のクライオポンプ用の第二段。

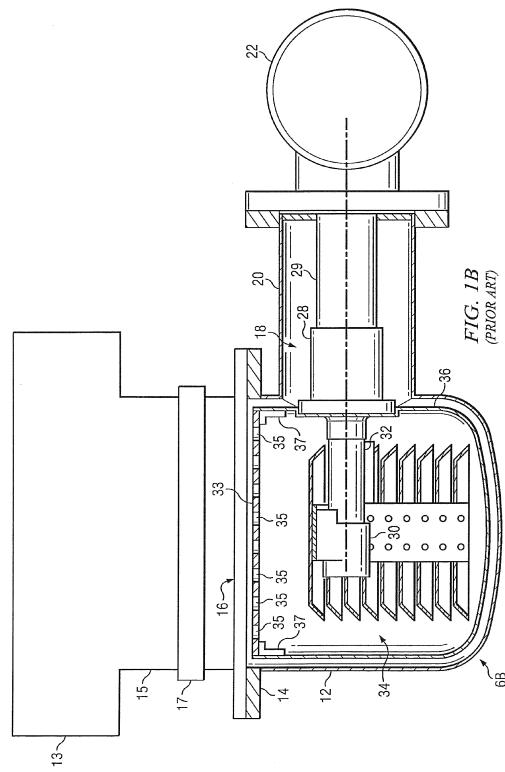
[態様 38]

前記複数の冷却バッフルが、冷却バッフルのアレイとして配置されている態様 36 に記載のクライオポンプ用の第二段。

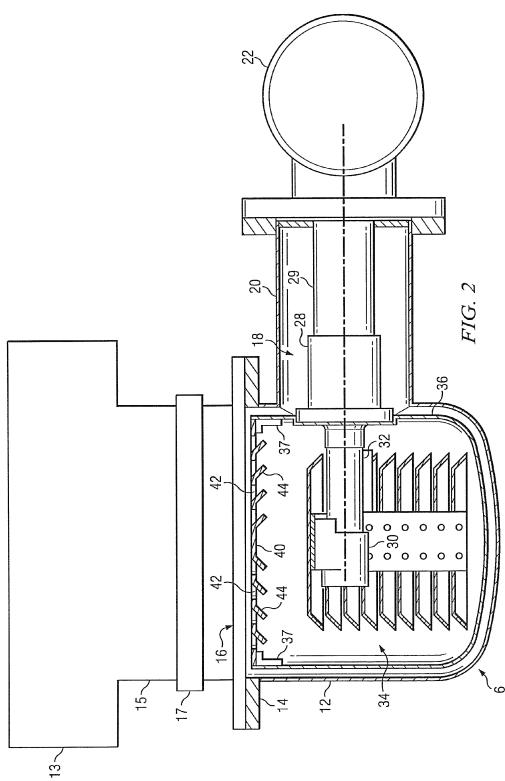
【図 1 A】



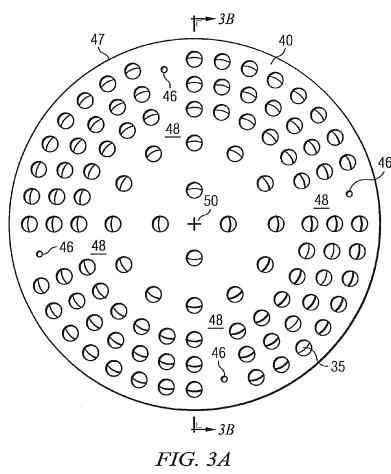
【 図 1 B 】



【 図 2 】



【図3A】



【図3B】

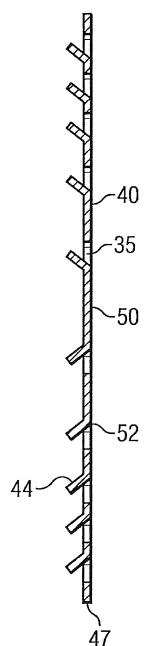


FIG. 3B

【図3C】

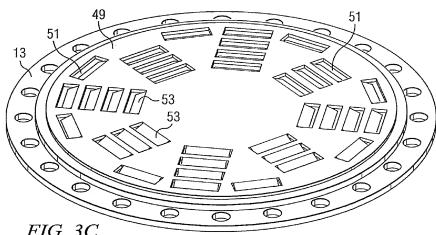


FIG. 3C

【 図 4 】

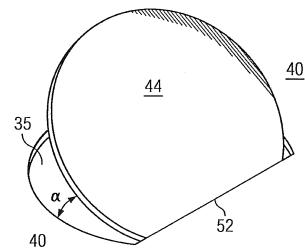


FIG. 4

【 図 5 】

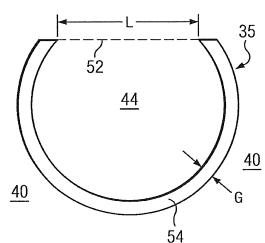


FIG. 5

【図8A】

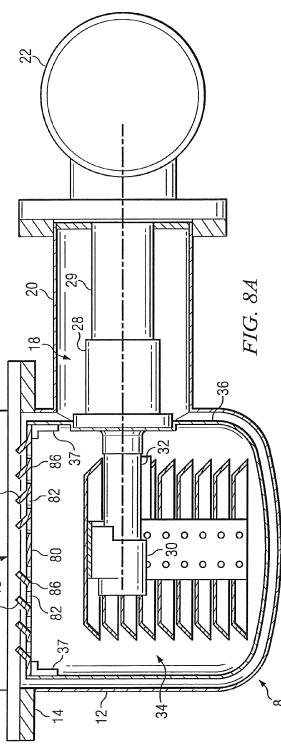


FIG. 84

【 四 6 】

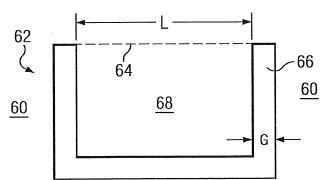


FIG. 6

【 义 7 】

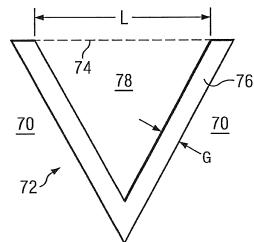
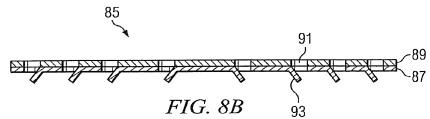
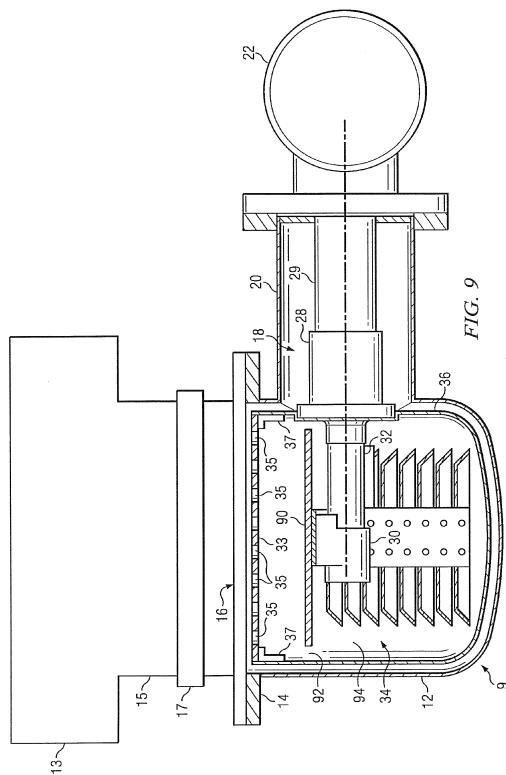


FIG. 7

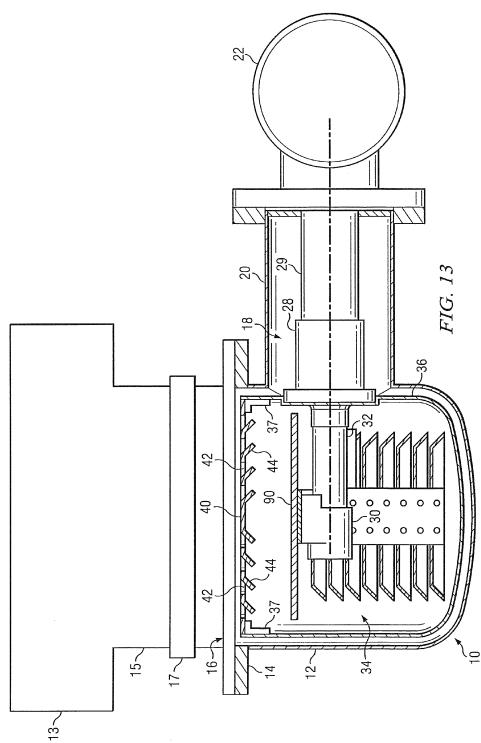
【図 8 B】



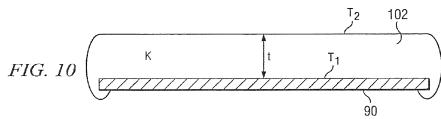
【図9】



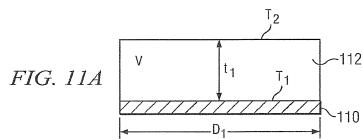
【図13】



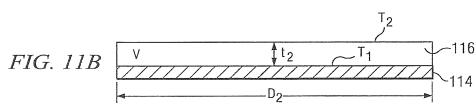
【図10】



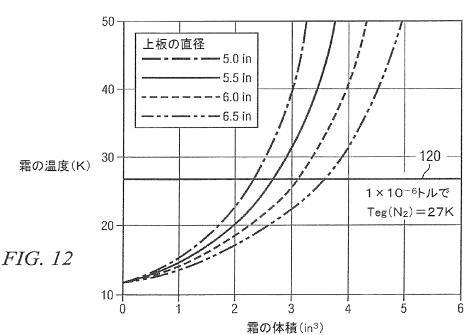
【図11A】



【図11B】



【図12】



【 図 1 4 】

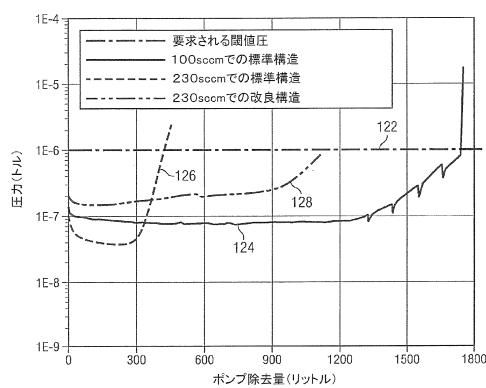
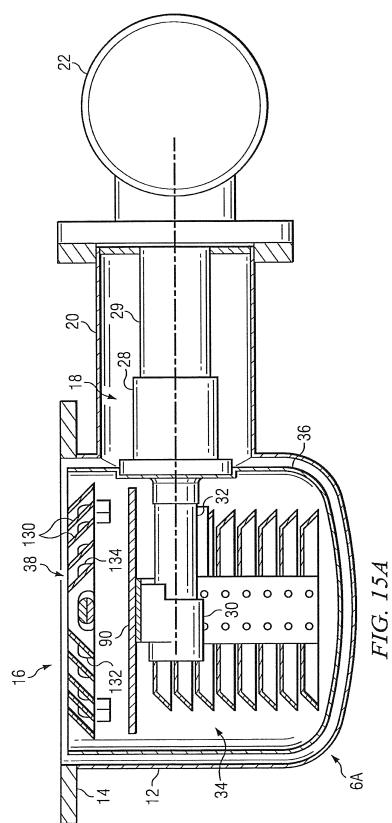
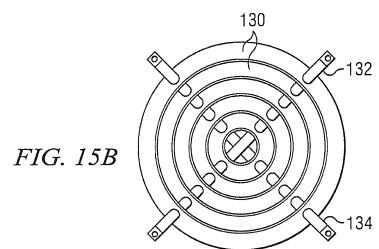


FIG. 14

【図 15 A】



【図 15 B】



フロントページの続き

(74)代理人 100154771
弁理士 中田 健一

(74)代理人 100155963
弁理士 金子 大輔

(72)発明者 シソエフ・セルゲイ
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 01469, タウンゼント, タイラー ロード 117

(72)発明者 パートレット・アレン・ジェイ
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 01569, アックスプリッジ, フリーダムズ ウェイ 45

(72)発明者 キヤセロ・ジョン・ジェイ
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02766, ノートン, ケンジントン ロード 47

(72)発明者 ウェルズ・ジェフリー・エー
アメリカ合衆国, ニューハンプシャー州 03055, ミルフォード, ベアー コート 24

(72)発明者 エアコバッチ・マイケル・ジェイ
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02703, サウス アトレボロ, オールド ステージコーチ ロード 58

審査官 山本 崇昭

(56)参考文献 実開昭 58-124679 (JP, U)
実開昭 63-112282 (JP, U)
特開昭 62-051777 (JP, A)
特開 2010-084702 (JP, A)
特表平 02-502034 (JP, A)
特表昭 63-501585 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 04 B 25/00 - 37/20

F 04 B 41/00 - 41/06