

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4934776号
(P4934776)

(45) 発行日 平成24年5月16日 (2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年3月2日 (2012.3.2)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 39/04 (2006.01)	H O 1 L 39/04
F O 4 D 13/02 (2006.01)	F O 4 D 13/02 Z A A C
F O 4 D 29/046 (2006.01)	F O 4 D 29/046 Z
F O 4 D 29/058 (2006.01)	F O 4 D 29/058
F O 4 D 29/58 (2006.01)	F O 4 D 29/58 E
請求項の数 10 (全 40 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2002-534716 (P2002-534716)	(73) 特許権者	512025872
(86) (22) 出願日	平成13年1月12日 (2001.1.12)		エーティーエムアイ パッケージング、インク、
(65) 公表番号	特表2004-511902 (P2004-511902A)		ATMI Packaging, Inc.
(43) 公表日	平成16年4月15日 (2004.4.15)		アメリカ合衆国 55438 ミネソタ州
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/001080		、ブルーミントン、ルイジアナ アベニュー サウス 10851
(87) 国際公開番号	W02002/031372		10851 Louisiana Avenue South, Bloomington, Minnesota 55438 U. S. A.
(87) 国際公開日	平成14年4月18日 (2002.4.18)		
審査請求日	平成20年1月9日 (2008.1.9)	(74) 代理人	100079980
(31) 優先権主張番号	60/239, 187		弁理士 飯田 伸行
(32) 優先日	平成12年10月9日 (2000.10.9)	(74) 代理人	100167139
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 飯田 和彦
(31) 優先権主張番号	09/724, 815		
(32) 優先日	平成12年11月28日 (2000.11.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 浮上磁気軸受を用いた流体ポンプ送り又は混合システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

安定した支持構造体上に配置された容器内の流体をポンプ送り又は混合するためのシステムであって、

前記容器内に設置するための磁気インペラと、

前記磁気インペラを浮上させるための、前記容器の外部に設けられた少なくとも 1 つの超伝導素子と、

前記超伝導素子に熱的にリンクされた冷却源と、

前記磁気インペラに回転を誘導するために前記超伝導素子を回転させるための原動デバイスと、

から成る流体ポンプ送り又は混合システム。

【請求項 2】

前記超伝導素子を熱的に隔絶するチャンバーを画定する壁を含み、該チャンバーを画定する該壁が、該超伝導素子と一緒に回転される構成とされている請求項 1 に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

【請求項 3】

前記冷却源への熱的リンクが、前記チャンバーの少なくとも一部分を貫通して延長して前記超伝導素子を直接支持しており、該チャンバーを画定する前記壁は、回転運動を可能にする軸受によって支持されており、前記原動デバイスは、無端ベルトによって前記壁に結合されたモータであり、該無端ベルトが、該モータの回転運動を前記壁及び熱的リンク

に伝達して前記超伝導素子を回転させる請求項 2 に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

【請求項 4】

前記磁気インペラは、該磁気インペラが回転されたとき所望のポンプ送り又は混合する働きをする少なくとも 1 つのブレード又はバーンを備えている請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

【請求項 5】

前記容器は、入口と出口を有する遠心ポンプ送りヘッドであり、前記磁気インペラの回転によって前記流体を該入口から出口へ圧送する請求項 1 に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

10

【請求項 6】

前記入口は、前記ポンプ送りヘッドの、前記超伝導素子に近接する側とは反対側の容器壁に設けられている請求項 5 に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

【請求項 7】

前記磁気インペラは、前記超伝導素子の回転軸線に対して非対称の磁界を創生するように互いに異なる極性を有する第 1 磁石と第 2 磁石を含む請求項 1 に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

【請求項 8】

前記容器は、可撓袋から成る請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

20

【請求項 9】

前記冷却源は、ロッドによって前記超伝導素子に熱的にリンクされた、液体寒剤を収容した容器である請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

【請求項 10】

前記冷却源は、前記超伝導素子を冷却することができる冷凍機である請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の流体ポンプ送り又は混合システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の属する技術分野

本発明は、一般に、流体等の混合又はポンプ送りに関し、特に、超伝導素子によって浮上される回転磁気軸受を用いたポンプ送り又は混合システム及びその関連構成部品及び関連する方法に関する。

30

【0002】

発明の背景

商業規模で製造されるほとんどの薬剤溶液及び懸濁剤は、満足な収率（歩留まり）を達成し、最終製品中における成分の均一な分布を保証するために高度に制御された、全体に亘る完全な混合を必要とする。混合工程を全うするためにしばしば攪拌機付きタンクが用いられるが、通常は、機械的掻き混ぜ機又はインペラ（例えば、金属ロッドに 1 組の混合ブレードを取り付けたもの）を用いた方が、より高度の混合が得られる。通常、機械的掻き混ぜ機又はインペラは、単純に容器の頂部の開口を通して下降され、外部モータによって回転されて所望の混合作用を創生する。

40

【0003】

このような構成の 1 つの制約又は欠点は、混合中汚染又は流体の漏れが生じるおそれがあることである。混合ブレード又はインペラを担持しているロッドは、通常、動的シール又は動的軸受を通して容器内へ導入されるが、この導入開口は、バクテリアやその他の汚染物の侵入経路となり、その結果、製品を劣化させる原因となる。それとともに、動的シール又は動的軸受は流体漏れを起こしやすいので、危険な又は有毒流体、又は、病原微生物の懸濁剤を伴うアプリケーションには、環境汚染の危険性も存在する。又、動的シール又は動的軸受のような構造物は、通常、届き難いひだやすき間を有しているので、洗浄及び滅菌処理を困難にする。これらの問題は無菌溶液、薬剤等のすべての製造業者に関係する

50

ものであるから、米国食品医薬品局（FDA）は、そのような流体、特に静脈注射用の流体に対しては厳格な加工要件を規定している。

【0004】

又、近年、医薬品の製造において生合成経路の使用が著しく増大しているが、この急激に発展している産業に従事する業者を悩ませる問題がある。主たる問題は、たんぱく質薬剤（よく知られている例では、インシュリン）を生成するのにしばしば用いられる遺伝子工学によって改変されたバクテリア細胞の懸濁剤の場合、栄養素を循環させるために緩やかな混合を必要とすることである。インペラと容器の壁との間に過度に激しい混合又は接触が起こると、その結果として生じる作用力と剪断応力が、剪断応力に敏感なたんぱく質分子のみならず、バクテリア細胞の有意の一部分を損傷又は破壊するおそれがある。このことは、その製造工程の有効収率を低下させるばかりでなく、懸濁剤中に追加の除去工程を必要とするような有害な屑を創出する原因となる。

10

【0005】

この問題を克服するための試みとして、従来からいろいろな代替混合技術が提案されている。流体を無菌状態で掻き混ぜるための最も一般的な提案は、テフロン（登録商標）、ガラス等の不活性層で被覆された回転永久磁石バーを用いることである。そのような永久磁石バーは、攪拌機容器の底壁上に設置されており、容器の外部に配置された駆動磁石によって回転される。もちろん、そのような外部から駆動される磁石バーを用いれば、駆動磁石から攪拌磁石へ回転力を伝達するために容器内に動的軸受又はシール、又は、その他の開口を設ける必要性を回避することができる。従って、完全に密閉されたシステムが得られる。このことは、もちろん、流体の漏れを防止し、危険な物質（例えば、細胞障害性剤、低引火点の溶媒、血液製品等）によって惹起される汚染を防止し、洗浄を容易にし、望ましい無菌内部環境を維持することを可能にする。

20

【0006】

しかしながら、この混合技術は、多くのアプリケーションにおいて使用することを許容されないような幾つかの周知の欠点を有している。例えば、駆動磁石は、攪拌磁石バーに作用するトルクを創出するばかりでなく、バーを容器の底壁に接触させようとする軸方向の吸着推力をも創出する。その結果、もちろん、攪拌磁石バーと容器の底壁との間の界面に相当大きな摩擦を惹起することになる。この無制御の摩擦は、望ましくない熱を発生し、流体内に望ましくない剪断応力を創出する。従って、温度と剪断応力に非常に敏感なたんぱく質や生細胞等の壊れやすい生物分子は、この混合工程中損傷されやすく、その結果生じる屑が製品を汚染することになる。更に、磁気バー式掻き混ぜ機は、インペラによって可能にされる度合の循環作用を創出することができず、従って、商業生産操業において望ましいとされるタイプの大型攪拌機付きタンクの全容積全体に亘って有効な混合を達成するように大型化することができない。

30

【0007】

動的軸受又は軸シールを設ける必要性を排除するための別の試みとして、混合インペラを容器の外部に設置されたモータに遠隔結合する外部磁石を備えた混合容器が提案されている。典型的な磁気結合器は、外部モータに取り付けられた駆動磁石と、インペラを担持する攪拌磁石とから成る。上述した磁気バー式混合技術の場合と同様に、駆動磁石と攪拌磁石とは、十分なトルクを創生するのに十分に強固な両者間の結合を保証するために密に近接した位置に保持される。そのような提案の1つの例は、米国特許第5,470,152号にみられる。

40

【0008】

上述したように、創生される高いトルクによってインペラを容器の壁に圧接することになり、相当大きな摩擦を発生する。容器内にローラ軸受を戦略的に（諸条件・効果など配慮して）配置することによって、インペラと容器の壁との間の摩擦作用を相当に減少させることができる。しかしながら、ころ軸受と容器の壁又はインペラとの間の界面に高い応力が生じる結果、混合するたんぱく質と生細胞を摩砕し、それだけ収率を損なうことになる。更に、ころ軸受は、水成溶液やその他の溶媒との腐食反応を生じやすく、やがて劣化し

50

て、インペラの回転速度を遅らせる摩擦損失を惹起し、混合作用を低下させ、最終的に製品の望ましくない汚染につながることになる。これらの軸受は、又、洗浄を困難にするという問題をも生じる。

【 0 0 0 9 】

上述した制約に対処しそれらを克服する試みとして、磁気結合式混合器に生じる有害な摩擦作用を減少させることを企図した浮上式軸受が提案されている。垂直方向にのみ反発浮上力を維持するために特別に構成された磁気結合器を用いることによって、攪拌磁石と駆動磁石との間の大きな推力を除去することができ、その結果として、剪断応力と摩擦熱を除去することができるとされている。そのような構成の1つの例は、米国特許第5,478,149号に開示されている。

10

【 0 0 1 0 】

しかしながら、この方式に依然として残されている1つの制約は、浮上を起こさせる手段として磁石対磁石の相互作用だけに依存していることである。従って、垂直方向には所望の浮上力を創生するが、側方の変位を制御することができない本質的に不安定なシステムを提供することになる。その結果として、インペラを横方向に安定化させるために軸受リングの形とした外部接触軸受が必要とされる。この「部分的な」浮上は、インペラと容器壁との間の摩擦を減少させるが、上述した磁気結合式の、ローラ軸受付き混合器の欠点を完全には解消することはできない。

【 0 0 1 1 】

接触型又はその他のタイプの機械的ローラ軸受を設ける必要性を排除するための試みとして、インペラを安定化させるための複雑なフィードバック制御が提案されている。典型的な構成では、浮上磁石の横に電磁石が配置される。しかしながら、浮上磁石と安定化用電磁石との間に1mm未満の僅かな離隔を設定するのに高い電力を必要とすることが、この方式の大きな欠点である。更に、この解決策は、非常に複雑である。なぜなら、まずまずの安定性を得るためにでも、安定化用磁石を複雑なコンピュータによるソフトウェアルーチンによって積極的にモニターし、正確に制御しなければならないからである。この複雑さと、それに随伴するメンテナンス費用の結果として、このうわべだけの解決策は、商業分野では受け入れられなかった。又、この解決策は、工業又は商業規模の量の流体を混合するのに適するように首尾よく大型化することができるかどうか疑問である。

20

【 0 0 1 2 】

更に、磁気軸受を浮上させるために超伝導材を用いることも提案されている。しかしながら、当該技術分野の近年の進歩にもかかわらず、所要の超伝導効果を創生するためには極度に低い温度が必要とされることからこの技術を混合システムに適用するには重大な制約がある。最近発見された「高温」超伝導体でさえ、磁気軸受内に信頼しうる安定した浮上を誘導するには77~130°Kのレベルの低温を必要とする。従来、流体の望ましくない冷却を防止するためには、軸受と、クライオスタット(低温恒温槽)の壁と、超伝導素子との間に比較的広い離隔距離を設定する必要があったために、この方式を工業的に応用することには制約があった。今日までのところ、この技術の流体への応用は、主として、必然的に発生する低温効果による影響をほとんど心配する必要のない分野、例えば、常温核融合実験、フライホイール又はその他のエネルギー貯蔵デバイス、又は宇宙旅行に用いられるような寒剤等をポンプ送りする技術分野に限られていた(例えば、米国特許第5,747,426号又は4,365,942号参照)。

30

40

【 0 0 1 3 】

本出願人の米国特許第5,567,672号には、超伝導素子を冷却するのに用いられる冷却源を収容するクライオスタットの二重壁の真空ジャケット(隙間)全体によって超伝導素子から熱的に離隔される浮上、磁気「非接触」軸受が開示されている。この離隔が、低温の超伝導素子と、浮上軸受及び混合すべき流体との間の熱伝達を少なくし、それによって、細胞懸濁剤や血液のような温度に敏感な流体を混合する技術に超伝導素子を使用することを可能にした。しかしながら、二重壁の真空隙間によって設定される超伝導素子と浮上軸受との間の間隔が大きくなることの結果として、軸受の安定性と負荷容量を相当

50

に低下させる。そのことが、この構成の適用可能範囲を制限することになり、特に、粘性の流体への適用や、商業規模の操業に必要とされる大容量の流体への適用を除外することになる。

【0014】

従って、流体、特に、超高純度の、又は、危険な、又は、微妙な流体溶液や懸濁剤を混合又はポンプ送りするための、浮上軸受を備えた改良されたシステムを求める要望がある。そのようなシステムは、容器の底壁又は側壁との接触を避けるために安定した態様で浮上する磁気軸受を用いることが好ましい。軸受は流体内で浮上するので、混合容器内に突入させ混合ロッド等の構造物を必要としない。従って、動的軸受又はシールを設ける必要性及びそれに随伴するあらゆる有害作用を排除することができる。混合ロッド等を容器の壁を貫通させて設ける必要がないので、汚染された血液等の危険な又は生物流体等を取り扱う場合、汚染の危険性を回避し、そのような流体への暴露の危険性を少なくために、混合前に容器を完全に密封することができる。又、容器と軸受は、使い捨て可能な材料で製造することができ、1回の使用ごとに廃棄することも可能であるから、洗浄又は滅菌工程の必要もなくなる。容器の壁を貫通する混合又は攪拌ロッドが存在しないので、ゆっくり回転するインペラを密封された容器内の偏心位置（中心軸線から外れた位置）に保持することができ、従って、非常に穏やかな、しかも全体に亘っての完全な混合を達成するために容器をその中心軸線を中心として独立して回転させることが可能になる。

10

【0015】

温かい、又は温度に敏感な流体の場合でも、所望の浮上を得るための超伝導の使用は、超伝導素子を磁気軸受から熱的に隔絶し、かつ、離隔させ、別個の実質的に隔絶された冷却源を設けることによって可能にされる。この熱的隔絶と離隔との組合せにより、容器内にも、軸受にも、混合すべき又はポンプ送りすべき流体にも有意の（問題になるような）冷却を惹起することを回避することができる。超伝導体の使用は、又、浮上力を得るために磁石対磁石の反発力だけに依存することを排除し、それに伴って、安定した浮上を保証するために能動的な電子制御システムを設ける必要性をも排除することができる。全体として、本発明のシステムは、特に、安定性、混合品質、安全性と信頼性の面で、既存の混合又はポンプ送り技術を越える優れた特性を有し、より大規模な工業的操業に使用するために容易に適合させることができる。

20

【0016】

発明の開示

これらの要望を充足するために、本発明の第1側面によれば、超伝導素子によって浮上される、流体内で混合又はポンプ送り作用を創生することができる磁気軸受、インペラ、ロータ又はその他のデバイス（以下、総称して「磁気軸受」とも称する）を用いて、温度感受性（温度に敏感な）流体等の流体を混合又はポンプ送りすることができる幾つかのシステムが提供される。この磁気軸受は、超伝導素子を収容するためのクライオスタット又はその他のハウジングの壁に近接して配置された容器内に設置することができる。所望の超伝導効果を創生し、磁気軸受内に浮上を誘導するために必要な冷却は、超伝導素子に熱的にリンク（連結）された別個の冷却源によって供給される。クライオスタット又はその他のハウジングの外側壁は、超伝導素子を囲繞するチャンバーを画定することができる。このチャンバーは、超伝導素子を軸受を収容している容器から熱的に隔絶する。このチャンバーは、超伝導素子からクライオスタット又はその他のハウジングの外側壁への熱伝達を最少限にするために、真空にすることが好ましいが、それに代えて断熱材を充填してもよい。この熱的隔絶と離隔は、浮上軸受と超伝導素子との間の離隔距離を相当に小さくすることができるように、超伝導素子を陽気に隣接したクライオスタット又はその他のハウジングの外側壁に密に近接させて配置することができることを意味する。それによって、浮上する磁気軸受の磁気剛性と負荷容量を高める。しかも、超伝導素子をクライオスタット又はその他のハウジングの壁から熱的に隔絶することができるので、磁気軸受、従って、容器並びにその中に収容されている流体が、所望の超伝導効果を創生するのに必要とされる低温に露呈されることがない。浮上する磁気軸受と超伝導素子の一方を回転させるため

30

40

50

の手段を容器の外部に設けることによって、所望のポンプ送り又は混合作用が得られる。

【 0 0 1 7 】

上述の説明から分かるように、適用される用途にもよるが、本発明の混合又はポンプ送りシステムを用いることによって幾つかの利点を得られる。第 1 に、回転する磁気軸受は流体内で浮上するので、機械的な攪拌又は混合ロッドを容器の壁を貫通させて延在させる必要がない。このことは、所望ならば、容器を外部環境から完全に密封することが可能であることを意味する。それによって、動的軸受又はシールを設ける必要性を排除し、それに伴う流体漏れ、無菌性等の問題を回避し、本発明の構成を、超高純度の、又は、危険な流体をポンプ送り又は混合する用途に使用するのに特に適したものとする。更に、超伝導素子と磁気軸受との間の離隔距離を最小限にすることによって磁気軸受の極めて安定した浮上が可能にされる。超伝導素子がクライオスタット壁から熱的に隔絶され物理的に分離されているので、本発明のシステムは、温度感性流体をポンプ送り又は混合するのに使用することさえ可能である。いずれにしても、軸受の非接触の安定した浮上は、細胞懸濁剤等の敏感な流体に有意の有害効果を及ぼすおそれのある摩擦熱と、望ましくない剪断応力の発生を抑制する。

10

【 0 0 1 8 】

本発明の一実施形態においては、磁気軸受は、互いに離隔された第 1 永久磁石と第 2 永久磁石を含み、それらの磁石を支持軸の両端に取り付けることができる。第 1 永久磁石は、超伝導素子によって浮上せしめられるようにクライオスタットの外側壁に近接した流体容器内に配置される。当業者には明らかなように第 1 永久磁石の極性は所望の浮上を達成する上で決定的に重要な要素ではないが、第 1 永久磁石は、ディスク形とし、垂直方向に両極に分極することが好ましい。それによって、永久磁石が創生する磁界が実質的に対称形となり、垂直軸線に対して所望の安定した軸受の浮上と自由回転が確保される。

20

【 0 0 1 9 】

第 2 永久磁石は、磁気軸受を回転させるための原動デバイス（好ましくは、モータの回転軸に結合された駆動磁石）を構成する。磁気軸受の安定性が特に重要とされるアプリケーションにおいては、この駆動磁石は、2 個以上の磁石を含むものとし、この実施形態においては、第 2 永久磁石の一部を構成する 2 つの反対極性のサブ磁石に対応する少なくとも 2 つのサブ磁石を有するものとする。これらの互いに協同するサブ磁石は、駆動トルクを伝達するための所望の磁気結合を創生することに加えて、軸受を垂直方向に適正にバランスした状態に保持するために超伝導素子によって提供される浮上力と均衡する吸着力を創生する。これらの協同するサブ磁石対は、又、浮上する軸受を軸方向に心合した状態に保持し、能動的制御の必要なしに軸受の側方変位を防止する。サブ磁石対によって創生される磁気結合は、磁気軸受を非常に安定した態様で回転させることを可能にする。それによって、軸受が容器の底壁と側壁の間に偶発的に接触する可能性を少なくし、従来技術のポンプや混合器にみられる電磁石、ローラ軸受との構造物を設ける必要性を排除する。

30

【 0 0 2 0 】

磁気軸受の一変型バージョンにおいては、磁気軸受を囲繞する流体又は他の物質より軽いガス又は他の物質を保持するための少なくとも 1 つの、好ましくは複数のチャンバーが設けられる。これらのチャンバーは、磁気軸受を流体内で浮上させるのを助成する働きをし、それと同時に、磁気軸受によって創生されるピン止め力が磁気軸受を容器内の所望の位置に適正に位置づけされた状態に保持するのを助成する。このように、チャンバーは、超伝導素子が供給しなければならない浮上力の量を少なくする働きをする。

40

【 0 0 2 1 】

超伝導素子は、高温即ち「タイプ II」の超伝導材として周知のメルトテクスチャー加工されたイットリウム - バリウム酸化銅（YBCO）の比較的薄いペレットから形成することができる。超伝導素子と冷却源との間の熱的リンク（連結）は、望ましい熱伝達特性を有する材料で形成された最長ロッドによって設定される。銅、真鍮、アルミニウム等の金属は、この目的に特に適しているが、良好な熱伝導性及び、又は低い熱抵抗を有する他の任意の材料を使用することができる。そのようなロッドは、熱伝達を最大限にするために一

50

端が超伝導素子の面全体に完全に接触し係合する比較的大きい表面積を有するように円筒形状とすることができる。ロッドの一端は室温のままのクライオスタット又は他のハウジングの外側壁によって画定されるチャンバー内に超伝導素子を支持するとともに、ロッドの他端は冷却源に熱的に接触した状態に保持される。冷却源は、寒剤を $4.2 \sim 130^{\circ}\text{K}$ の温度に保持する、好ましくは液体窒素を $65 \sim 80^{\circ}\text{K}$ の温度に保持する別個の冷却チャンバーの形とすることができる。液体寒剤に代えて、ロッドを冷却するための代替手段を使用することも可能であり、例えば、超伝導素子のためのクライオスタット又は他のハウジングの完全に外部に保持された別個の閉サイクル冷凍機を設けてもよい。

【0022】

磁気軸受は混合ロッド又はその他の形態の駆動軸を設ける必要なしに浮上することができるので、流体を収容した容器を外部環境から完全に密封することができ、容器を流体をポンプ送りするためではなく混合するために用いることができることを理解されたい。そのような構成を用いることによって、危険な、又は生物学的に活性の流体を環境に露呈させる危険など、混合中の流体漏れや汚染を防止することができる。又、密閉容器と磁気軸受を使い捨て可能な材料で形成することも可能であるから、混合操作が完了して流体が回収されたならば、密閉容器と磁気軸受を両方とも単に廃棄することができる。それによって、密閉容器と磁気軸受を洗浄又は滅菌する必要性が回避される。

10

【0023】

容器の壁を貫通する駆動軸のための動的軸受又はシールを設ける必要がないので、磁気軸受の回転垂直軸線を容易に容器の中心軸線から偏倚させることができる。その場合、そのような偏心位置に設置された軸受の回転方向に対して反時計回り方向に容器を回転させることができる。そうすることによって、緩やかな、しかも全体に亘っての完全な混合を効率的な態様で実施することができる。

20

【0024】

又、密閉容器に代わる他の代替手段も可能であることを理解されたい。もちろん、例えば所望の結果を得るためには戸外に露出することを必要とするある種の溶液又は懸濁剤を混合する場合には、容器を単に周囲環境に開放しておくこともできる。あるいは又、回転する磁気軸受/インペラが流体を容器を通して移動させるポンプ送り作用を発揮するように、容器を入り口と出口だけで実質的に密封するようにしてもよい。頂部が開放した、又は実質的に密封された容器を使い捨て材料で製造することも可能であり、それによって、洗浄又は滅菌の必要を回避するために使用後密閉容器と磁気軸受を両方とも廃棄することができるようにする。又、この容器は、その中に入れられる流体の容積によって実質的に寸法が決定される可撓袋又はその他の非剛性タイプの容器とするこもできる。

30

【0025】

更に、上述したシステムは、静止超伝導素子と、浮上磁石及び別個の「被駆動」磁石を含む磁気軸受の使用に基づいていることを理解されたい。この被駆動磁石に容器の頂部に近接した位置から駆動力が与えられ、一方、浮上力は、容器の底壁に近接して配置された別の浮上磁石によって与えられる。このシステムは多くの実用用途において上述した幾つかの利点をもたらすが、混合容器の頂部又はポンプ送りヘッドに障害物が存在しない状態に保持する方が有利である。例えば、混合容器の頂部に流体注入ポートや、温度センサーコネクタや、pHセンサーコネクタとうのいろいろなポートや接続器が設けられていると、浮上軸受を容器の頂部から駆動する場合、ポートやコネクタ等の構造物に干渉し、操作を多少とも困難にすることがあるからである。このことは又、流体入口を容器の頂部又は頂壁に設けることが望ましいとされる、ポンプ送りチャンバーや遠心ポンプ送りヘッドに浮上磁気軸受を用いる場合にも当てはまる。

40

【0026】

更に、駆動磁石が、浮上磁気軸受の駆動磁石が位置する側とは反対側にある被駆動磁石から偶発的に脱結合してしまった場合、軸が垂直方向の安定性を喪失して落下し、容器の底壁又は側壁に接触してしまうことがある。これが起きると、密封容器であればその容器を開放しない限り、あるいは、容器内の流体を何らかの形で攪乱せずには、軸受の安定した

50

浮上を回復することは不可能である。

【 0 0 2 7 】

頂部駆動構成に代わる代替手段を設けることの更に別の理由は、頂部駆動構成を採らない場合、流体を収容する容器として高さが固定された容器を用いる必要性を排除することができることである。例えば、容器が可撓袋である場合、袋の高さ寸法は、袋自体のサイズ及び全体形状とともに、袋内に入れられた流体の量によって決められる。薄型の（高さの低い）浮上軸受又はインペラをそのような可撓袋の底部からのみ安定した非接触態様で磁氣的に駆動する構成とすることによって、ポンプ送り又は混合作用の度合を犠牲にすることなく、袋の高さを低い寸法とすることができる。

【 0 0 2 8 】

又、磁気軸受を容器の同じ側から駆動し、かつ、浮上させる構成とすることによって、永久磁石の所要個数を少なくすることができる。なぜなら、その場合、浮上磁石を同時に「被駆動」磁石としても機能させることができるからである。磁石の総所要個数を少なくすることは、材料コストを削減するのみならず、製造工程が比較的複雑でない軸受を製造することにもつながる。

【 0 0 2 9 】

かくして、本発明のもう1つの目的は、磁気軸受を提供することであり、特に、超伝導素子によって浮上せしめられ、容器の外部に配置された、好ましくは容器の、超伝導素子が配置されている側と同じ側に配置された手段によって磁氣的に駆動される、ブレード又はベーン等を備えた又は備えていない薄型の、ディスク形磁気軸受又はインペラを提供することである。かくして、この磁気軸受は、袋等の可撓容器を含むいろいろなタイプの容器内でその高さに配慮する必要なしに流体を混合又はポンプ送りするのに使用することができる。又、上述したように、この磁気軸受は、使い捨て可能なプラスチック容器と共に、（又は、使い捨て可能なプラスチックのポンプ送りチャンバー又はヘッドと組み合わせて使い捨て可能なインペラブレードと共に）用いることができる。

【 0 0 3 0 】

この第2の目標を達成するために、本発明は、浮上磁気軸受を用いる第2の実施形態のポンプ送り又は混合システムを提供する。この実施形態では、熱的に隔絶された超伝導素子を、上述したように所望の熱的隔絶を与えるために真空にするか、又は、断熱処理する（断熱材を施す）ことができるチャンバーを画定する壁の内側に収容するが、原動デバイスは、別個の駆動磁石を含む磁気軸受を回転させるのではなく、上記壁と超伝導素子の両方を一緒に回転させる構成とする。従って、磁気軸受に対する浮上力も原動力も、同じ超伝導素子（実際には数個の構成部品で形成することができる）によって供給される。磁気軸受は、その適正な回転を保証するために、超伝導素子の回転軸線に対して協同して非対称の磁界を創生する異なる極性を有する少なくとも2つの永久磁石を含むものとする。この軸受は、又、混合又はポンプ送り作用を高めるために1つ又は複数のブレード又はベーンを担持したものとすることができる。この実施形態の変型バージョンとして、超伝導素子を熱的に隔絶するためのチャンバーを画定する壁と一緒に冷却源をも回転させてもよい（あるいは、冷却源が、チャンバーを原動デバイスに結合する働きをする構成としてもよい。）いずれの場合も、薄型磁石担持軸受は、低温の超伝導素子から熱的にしかくされ隔絶された状態に常時保たれままで、安定した支持構造体の上に座置する容器（又はポンプ送りチャンバー又はヘッド）の底部から効率的かつ効果的に浮上せしめられ回転される。

【 0 0 3 1 】

狭い開口を有する容器を用いた場合、典型的なパンケーキ形又はディスク形の磁気軸受を流体内に挿入することが困難又は不可能な場合がある。従って、本発明は、この第2実施形態のポンプ送り又は混合システムに使用するのに特に適合させた磁気軸受の変型バージョンを提供する。この磁気軸受は、低背（背の低い）ロッドの形とする。このロッドの両端にそれぞれ1つの磁石を担持させる。これらの磁石は、軸受を回転する超伝導素子の上方に配置した場合、浮上磁石兼被駆動磁石として機能することができる。

【 0 0 3 2 】

別の変型バージョンとして、各々同一極性の少くとも2つの磁石を担持した2つの低背ロッドを好ましくはそれらの中心点でピン止め結合する。かくして、それらのロッドは、容器の狭い開口に容易に通すことができる薄型磁気軸受を構成するように互いに相対的に回転することができる。各ロッドの端部の磁石は、同じ極性を有するので、軸受を浮上させ駆動する働きをするのみならず、容器内での回転中2つのロッドを不整列状態に保持するように互いに反発する。2つのロッドをピン止め結合する代わりに、又は、ピン止め結合することに加えて、一方又は両方のロッドを可撓性材料で製造することができ、単一の一体部材として形成することも可能である。剛的に結合された2つのロッドから形成された軸受は、ロッドが可撓性である故に、容器の狭い開口を通すために変形させることができる。

10

【0033】

この第2実施形態のシステムは熱的離隔という有利な特性を有することから温度敏感性流体をポンプ送り又は混合するのに用いるのに好適であるが、このシステムは非温度敏感性（温度に敏感でない）流体又は極低温流体をポンプ送り又は混合するのに用いる子とも可能であることを理解されたい。低温の流体又は非温度敏感性流体をポンプ送り又は混合する場合、磁気軸受を収容している容器のための支持構造体から超伝導素子を熱的に離隔させる必要がないので、例えば、回転超伝導素子を囲繞する抜気された（真空にされた）ハウジング又はチャンバーを完全に省除することができる。その場合でも、磁気軸受の望ましい安定した非接触浮上を達成することができる。

【0034】

20

本発明の第3側面によれば、熱的に隔絶された超伝導素子が、上述したのと実質的に同様の態様で磁気軸受の浮上を可能にする一方で、超伝導素子に近接して配置された別個の原動デバイスが磁気軸受を回転させる働きをする構成とする。この実施形態の最も好ましいバージョンでは、超伝導素子は、環状とし、クライオスタット又はそれに類するデバイスの外側壁によって画定される、超伝導素子の形状に対応する形状のチャンバー内に配置する。このチャンバーは、超伝導素子に対して所望の熱的離隔及び隔絶を設定するように真空とするか、断熱処理することができる。クライオスタットの外側壁は、又、例えば一端にS N交互極性の駆動磁石を担持した軸のような原動デバイス的一部分を受容するための孔又は開口を、超伝導素子を収容する上記チャンバーの中心に画定する構成とする。この軸の他端は、原動デバイス的一部分を構成するモータに連結する。一方、磁気軸受には、超伝導素子の形状に対応する形状の第1「浮上用」磁石と、それぞれ対応する駆動磁石に結合する少くとも2つの交互極性の「被駆動」磁石を担持させる。被駆動軸に対するこの磁気結合は、浮上軸受に対して所望の回転を与える働きをし、それと併行して超伝導素子が軸受を容器内で浮上させる働きをする。

30

【0035】

超伝導素子に所要の冷却を施すために、熱的リンクによって超伝導素子を別個の冷却源、例えば適当な液体寒剤を保持した容器又は閉サイクル冷凍機に連結する。外部環境からの、又は、外部環境への熱伝達を防止するために、超伝導素子と同様に、ロッド及び冷却源も、それぞれの抜気された、又は、断熱処理されたチャンバー内に保持することが好ましい。抜気する場合、3つのチャンバーを連通させることが好ましいが、各チャンバーを仕切り壁などによって区切られた状態に保持し、個々に抜気又は断熱処理してもよい。かくして、第2実施形態の場合と同様に、このシステムもやはり、所望のポンプ送り又は混合作用を発揮するために熱的に隔絶され離隔された磁気軸受を、流体を収容した容器内で効率的かつ効果的に回転させることができる。ただし、この実施形態のシステムは非温度敏感性流体又は極低温流体をポンプ送り又は混合するのにも用いることができるので、第2実施形態におけるように、熱的離隔は必須の要件ではないことを理解されたい。

40

【0036】

本発明の第4側面によれば、容器は、静止した又は流動する流体を収容するパイプの形とする。このパイプをそれと対応する形状の超伝導素子（2つの互いに離隔した構成部片として形成することが好ましい）で囲繞する。各超伝導素子を、例えば該素子を囲繞する壁

50

によって画定されるチャンバーを真空にすることによって、又は、該チャンバーに断熱処理を施すことによって、パイプの外側壁から熱的に離隔させ隔絶させる。パイプ内に配置した軸受に、超伝導素子の部片の数に対応する数の浮上磁石を担持させ、安定した浮上力が得られるように超伝導素子の部片を軸受の両端にそれぞれ配置することが好ましい。先に述べたように、超伝導素子は、液体窒素収容容器又は冷凍機等の別個の冷却源に熱的にリンクさせることができる。このリンクにより、超伝導素子が磁気軸受をパイプ内で安定した非接触態様で浮上させるように所要の冷却を与えることができる。

【 0 0 3 7 】

軸受を回転させるために、容器の外部に配置され、原動デバイスによって回転される駆動磁石に対応する複数の被駆動磁石を担持させる。あるいは別法として、容器の周りに巻線を巻装し、軸受に担持された、又は付設された被駆動磁石に回転を誘導する電界を創生するために巻線に電流を供給する構成とする。いずれの場合も、パイプ又は他の細長い容器内に「インライン」で使用するのに適する浮上回転磁気軸受を設ける。

10

【 0 0 3 8 】

「インライン」用実施形態の変型例においては、超伝導素子を収容するためのチャンバーを画定するクライオスタット又はその他の壁を容器内に配置し、超伝導素子を軸受内の浮上磁石に対応させるとともに、原動デバイスの一部を構成する別個の室温駆動磁石を軸受内の反対極性の被駆動磁石に対応させて整列させ、磁気結合を設定する。チャンバーは、超伝導素子を軸受及び周囲流体から熱的に隔絶するために抜気するか、断熱処理することが好ましい。又、軸受内に浮上を誘導するために超伝導素子に所要の冷却を与えるための別個の冷却源も設ける。超伝導素子及びそれを囲繞するチャンバーは、第3実施形態の場合と同様に、いずれも環状形状にすることができる。この環状チャンバーを形成する内側壁は、軸受の近接する被駆動磁石に結合するために駆動磁石を担持した被駆動軸の端部を受容するための孔を画定する。軸受には、又、ポンプ送り又は混合作用を高めるために1つ又は複数のブレード又はペーンを担持させることもできる。

20

【 0 0 3 9 】

本発明の第5側面によれば、ポンプ送り又は混合作用を受ける流体を収容するのに用いるための組立体を提供する。この組立体は、流体を保持することができる可撓性の使い捨て可能な材料で形成された容器と、該容器内に配置された磁気軸受から成る。かくして、磁気軸受を近接する超伝導素子によって容器内に浮上させるようにしたポンプ送り又は混合システムと連携して使用した場合、この容器と軸受は、いずれも、ポンプ送り又は混合操作が完了して流体が回収された後、廃棄処分することができる。この容器は、例として挙げれば、頂部開口容器、パイプ、流体流を受け取るための入口と流体流を吐出するための出口を有する容器、密封された容器、及び可撓袋から成る群から選択することができる。輸送中などに軸受を袋又は容器に対して適正位置に保持するために、強磁性体材料等から成る結合器を収容したアタッチメント又はカバーを設けることもできる。

30

【 0 0 4 0 】

各システムに用いられる磁気軸受をその特定のシステムにとって適正なものとし、適正なサイズとすることも重要である。そうするために、本発明の第6側面によれば、磁気軸受と容器の一方に信号を発生するための発信器を設け、その信号を受け取るための受信器をシステム内の他のどこかに、例えば超伝導素子に近接したところに配置する（又は受信器を磁気軸受と容器の一方に設け、発信器をシステム内の他のどこかに、例えば超伝導素子に近接したところに配置する）ことができる。その場合、システムを適正な信号が受信される時点まで不作動又は「ロックアウト」状態に維持するために、コンピュータのような、システムのための制御器を用いることができる。

40

【 0 0 4 1 】

本発明の第7側面によれば、上述した各システムのセットアップを助成するためのキットを提供する。ある磁界を創生する永久磁石に浮上を誘導するためには、現場での冷却中それと同じ磁界の存在下で超伝導素子をその転移温度以下にまで冷却することが必要とされる。この冷却工程が超伝導素子にその磁界を「記憶」させ、それによって、同様な磁界が

50

生じるたびに所望の安定した信頼性の高い浮上力を創生させる。現場での冷却中に磁界を創生するために磁気軸受自体を用いることも可能であるが、磁気軸受は多くの場合容器内に予め密封されている。そのため、現場冷却中に磁石を超伝導素子に適正に整列させ、超伝導素子から適正に隔離させることは不可能ではないにしても、困難である。

【 0 0 4 2 】

この問題を克服するために、本発明のキットは、上述したポンプ送り又は混合システムの1つに使用するために設計された特定の磁気軸受内に収容された浮上磁石と同一のサイズ、形状及び磁界分布を有する少くとも1つの充電磁石を含むものとする。超伝導素子を充電するためのこの充電磁石は、冷却中超伝導素子に近接した位置に、例えば超伝導素子を囲繞するクライオスタット又は他のチャンバーの上面上に（又は軸受のための安定した支持構造体上に）設置する。転移温度以下までの冷却が完了したならば、充電磁石を取り外し、それに代えて対応する磁気軸受を収容した容器を設置することができる。

10

【 0 0 4 3 】

このキット又は充電磁石には、スペーサを含めることもできる。このスペーサは、浮上させるべき実際の磁気軸受を収容した容器を所定位置に設置したとき磁気軸受の所望の浮上高さが得られるのを保証するために、充電磁石が磁気軸受を超伝導素子に対してその上方に正しい隔離距離に位置づけするのを可能にする。このスペーサは、充電工程に干渉するのを回避するために非磁性材料で製造する。いろいろな異なるサイズ、形状及び形態の充電磁石（例えば、環状の磁石）を用意することによって、磁気軸受内のどのようなサイズ又は形状の浮上磁石にたいしても適合するように超伝導素子の現場冷却を容易に実施することが可能である。

20

【 0 0 4 4 】

現場冷却中、充電磁界を創生するために磁気軸受又は別個の充電磁石のいずれが用いられるかに関係なく、例えば軸受又は充電磁石の位置が冷却中適正な位置でなかった場合のように、超伝導素子内に望ましくない磁束を誘導することがある。その場合、不適正な充電は磁気軸受が安定した態様で浮上するのを妨害することがあるので、超伝導素子を「再充電」する必要がある。

【 0 0 4 5 】

本発明の第8側面によれば、再充電を容易にするために超伝導素子に近接した位置に加熱器を設けることができる。この加熱器を付勢することによって、超伝導素子を転移温度から再充電のための温度にまで迅速に昇温させることができる。軸受又は充電磁石の位置が調整又は修正されたならば、加熱器をオフにして超伝導素子を所望の磁界の存在下で再度転移温度にまで冷却させることができる。もちろん、所望の安定した浮上が達成されるまでこの操作を必要なだけ繰り返すことができる。

30

【 0 0 4 6 】

上述した実施形態の多くにおいて、軸受は容器に対して固定された一定の軸線を中心として回転されるので、ポンプ送り又は混合作用は、本質的に局部化される。これは、例えば容器が磁気軸受に比べて比較的大きい場合のようにある種の状況下では望ましくない場合がある。従って、本発明の第9側面によれば、ポンプ送り又は混合作用を提供するために用いられる特定のシステムに、超伝導素子を物理的に移動させるための原動デバイスを設けることができる。（超伝導素子を移動させながら回転させてもよい。）超伝導素子を容器に対して相対的に移動させることにより浮上磁気軸受を超伝導素子と同様な経路に追従させて移動させる。

40

【 0 0 4 7 】

本発明の第10側面によれば、例えば容器内の流体を混合又はポンプ送りするために磁気軸受を浮上させ回転させる方法を提供する。この方法は、容器内に磁気軸受を設置する工程と、超伝導素子によって該磁気軸受内に浮上を誘導する工程を含む。超伝導素子は、クライオスタット又は他のハウジングの外側壁によって画定される抜気又は断熱処理されたチャンバー内に配置することができる。そのようなチャンバーが存在する場合、そのチャンバーは、容器、流体及び磁気軸受を別個の冷却源に熱的にリンクされた超伝導素子から

50

熱的に隔絶し離隔させる働きをする。浮上する磁気軸受と超伝導素子の一方を容器内で回転させれば、所望の混合又はポンプ送り作用が得られる。先に述べたように、磁気軸受と容器は、使い捨て可能な材料で形成することができ、混合が完了して流体が回収された後、廃棄することができる。本発明は、上述したその他の実施形態の目的を達成するための他の方法も提供する。

【 0 0 4 8 】

本発明の上記目的及び発明の内容は、添付図を参照して以下に記述する本発明の実施形態の説明から一層明らかになるう。

【 0 0 4 9 】

好ましい実施形態の説明

図 1 を参照すると、本発明の混合又はポンプ送りシステム 10 の第 1 実施形態が示されている。この実施形態では、磁気軸受（単に「軸受」とも称する）14 に所望の浮上を起こさせる超伝導素子のための冷却源を保持するためにクライオスタット（低温恒温槽）12 が用いられる。軸受 14 は、クライオスタット 12 の外部に配置された容器 16 内に設置される。容器 16 内には、予め流体 F を入れておいてもよく、あるいは、軸受を処置位置に設置した後に流体 F を充填してもよい。ここでいう「流体」とは、例えば流体懸濁剤、ガス状懸濁剤（総称して、単に「懸濁剤」と称する）、ガス等を含む流動可能な任意の物質を意味する。流体を保持するための容器 16 は、円筒形状として示されており、頂部が開放したものであってよい。あるいは、容器 16 は、混合中に流体が外部環境から汚染されたり、外部へ漏出したりするのを回避するために完全に密封されたものとしてもよく、あるいは、流体 F を容器 16 の入口から出口へポンプ送りするようにしてもよい（図 2 参照）。いずれの場合にも、容器 16 は、流体を収容するのに適した任意の材料、例えばガラス、プラスチック、金属等で製造することができる。もちろん、後に詳述するように、容器 16 を混合又はポンプ送りが完了した後廃棄するものとする場合は、容器の素材として軽量プラスチック又はその他の高密度ポリマーを使用することが特に望ましい。

【 0 0 5 0 】

図 1 に示されるように、容器 16 は、クライオスタット 12 の外側壁 18 の上に座置させる。この外側壁 18 は、非磁性ステンレス鋼で製造することが好ましいが、磁気軸受 14 を浮上させ回転させる能力が実質的に影響されない限り、他の材料の使用も、もちろん可能である。この壁 18 の内側に壁と並置して超伝導素子 20 が配置される。超伝導素子 20 は、該素子と別個の冷却源 24 との間の熱的リンク（連結手段）として機能するロッド 22 によって支持される。クライオスタット 12 の外側壁 18 は、低温の超伝導素子 20 を比較的温かい容器 16、磁気軸受 14 及び流体 F から熱的に隔絶するために好ましくは抜気される（真空にされる）チャンバー 25 を画定する。この真空チャンバー 25 内への超伝導素子 20 の配置は、熱的リンクの役割をするロッド 22 によって可能にされる。チャンバー 25 によって設定される熱的隔絶と離隔が、超伝導素子 20 を、その温度にも、容器 16 の温度にも影響することなく、外側壁 18 に非常に近接させた位置に設置することを可能にする。チャンバー 25 の存在は、超伝導素子 20 から壁 18 の内側面までの離隔距離を相当に短くすることを可能にするので、図示の好ましい実施形態では、超伝導素子 20 と壁 18 との間の間隙 G は、10 mm 以下であり、必要ならば、ほぼ 0.01 mm にまで狭めることができる。離隔距離のこの大幅な縮減は、その結果として磁気軸受を低温の超伝導素子の上方に浮上させるための従来技術の方式に随伴する冷却作用を受けることなく、磁気軸受 14 の浮上安定度、磁気剛性及び負荷容量を高めることができる。

【 0 0 5 1 】

図示されたこの第 1 実施形態では、冷却源 24 は、液体窒素のような寒剤を保持した別個の実質的に密閉された冷却チャンバー 26 である。チャンバー 26 は、熱伝達を最少限にするためにクライオスタット 12 の外側壁 18 から熱的に離隔された外側壁 28 によって画定される。寒剤を冷却チャンバー 26 内へ導入するための入口管 I がこの壁 28 を貫通して設けられている。寒剤 C が暖まったとき蒸気 P をチャンバー 26 から逃がすために、排気出口管 O も設けられている（入口と出口を示す図 1 の動作矢印参照）。図示の実施形

態では、入口管 I 及び出口管 O は、熱伝導率の低い材料で形成することができ、例えば非磁性ステンレス鋼で形成された細長い薄壁管とすることができ、冷却チャンバー 26 をクライオスタット 12 内に懸架するために密封又は溶接される。当業者には明らかなように、ステンレス鋼のような熱伝導率の低い材料で形成された薄壁管を使用することにより、入口管又は出口管からクライオスタット 12 の壁 18 への熱伝達の量は無視しうる程度の量となる。入口管 I 及び出口管のための密封又は溶接方法は、必要ならば、チャンバー 25 の真空状態を維持することができるような方法とすべきである。図示の実施形態は冷却チャンバー 26 の支持構造の一例を示しているが、冷却チャンバー 26 とクライオスタット 12 の壁 18 との間の熱伝達を最少限にする他の任意の支持手段を使用することができることは、当業者には明らかであろう。

10

【0052】

冷却源 24 と超伝導素子 20 との間の熱的リンクとして機能するロッド 22 は、円筒形とすることができ、冷却チャンバー 26 の外側壁 28 を貫通して延長させることができる。ロッド 22 と超伝導素子 20 との間の熱伝達を最大限にするために、超伝導素子 20 の全表面積を円筒形ロッド 22 の上面に接触させるべきである。ロッド 22 は、真鍮、銅又はアルミニウム等の良好な熱伝導性と低い熱抵抗を有する材料で形成することができる。

【0053】

図 1 から分かるように、又、上記の説明で簡単に述べたように、この第 1 実施形態では外側壁 18 と内側の冷却チャンバー 26 の組合せによって超伝導素子 20 を囲繞するチャンバー 25 を画定する。チャンバー 25 は、冷却チャンバー 26 の壁 28 からクライオスタット 12 の外側壁 18 への熱伝達を最少限にするために抜気する（真空にする）ことが好ましい。この抜気圧（真空圧）は、少なくとも 10^{-3} トルとすることが好ましく、より好ましくは 10^{-5} トルとするが、もちろん、特定の用途の要件に応じて変更することができる。重要な要素は、容器 16 又はその中に保持されている流体 F が冷却されるのを回避するために、冷却源 24（この実施形態では寒剤 C を保持した冷却チャンバー 26）及び超伝導素子 20 から外側壁 18 への熱伝達を最少限にすることである。この熱伝達を最少限にする 1 つの好ましい態様としてこの実施形態では真空チャンバー 25 が提案されているが、所望の熱的隔絶を設定するための他の手段の使用も可能であり、例えば、チャンバー 25 内に断熱材等を挿入してもよい。

20

【0054】

斯界において周知のように、ある磁界の存在下で超伝導素子 20 を冷却させると、超伝導素子 20 は、永久磁石によって誘導される電流を、該永久磁石（浮上磁石）が超伝導素子の上方へ一定距離だけ浮上するように分配することができる。その浮上距離は、永久磁石（浮上磁石）によって創生される磁界の強度と方向によって決まる。基本的には反発力が発生するのであるが、実際に発生するピン止め力が、浮上磁石を超伝導素子 20 に、あたかも両者が目に見えないばねによって連結されているかのようにつなぎ止める。この形のつなぎ止めは、互いに反発し合う 2 つの対向した永久磁石を用いる磁気軸受のための慣用の浮上方式では得られない。なぜなら、バランスした反発力を発生するとともに、2 つの磁石をつなぎ止める働きをするピン止め力が存在しなからである。

30

【0055】

本発明のシステム 10 のこの好ましい実施形態では、超伝導効果を発揮する素子 20 は、「高温」即ち「タイプ II」の超伝導体であり、好ましくは、図示の液体窒素チャンバー 25 のような冷却源 24 を用いてほぼ $77 \sim 78^{\circ}\text{K}$ の温度にまで冷却されると、永久磁石内に所望の浮上特性を発生させるメルトテクスチャー加工されたイットリウム - バリウム酸化銅の比較的薄い円筒形ペレットから形成される。もちろん、より高い、又は、より低い作動温度を有する他の周知の超伝導材の使用も可能であり、本出願人の米国特許第 5,567,672 号に記載されている他の高温超伝導剤を参照されたい。又、同特許の記載は、ここに編入されたものとする。

40

【0056】

この好ましい実施形態における磁気軸受 14 は、流体 F 内で浮上するように超伝導素子 2

50

0 に近接した位置で容器 1 6 内に位置づけするための第 1 永久磁石 3 2 を含む。この第 1 磁石 3 2 の極性は所望の浮上力を創生する上で決定的に重要な要素ではないが、第 1 磁石 3 2 は、ディスク形とし、垂直方向に分極化することが好ましい。それにより、第 1 磁石 3 2 によって実質的に対称形の磁界が創生され、軸受 1 4 の、超伝導素子 2 0 の上方への安定した浮上が得られ、かつ、垂直軸線に対する軸受の自由回転が可能にされる。

【 0 0 5 7 】

比較的深い流体容器に使用するのに特に適合された磁気軸受 1 4 のバージョンでは、支持軸 3 4 を第 1 永久磁石 3 2 に連結し、該磁石から垂直に延長させる。軸 3 4 に沿って、少なくとも 1 つの、好ましくは 2 つのインペラ組立体 3 6 を担持させる。インペラ組立体 3 6 は、磁気軸受 1 4 が回転されると、所望のポンプ送り作用を、又は、図 1 の場合には混合作用を提供する働きをする。容器 1 6 内で浮上する磁気軸受 1 4 の回転は、軸 3 4 の上端に取り付けられた第 2 永久磁石 3 8 (図 1 に点線で示され、図 2 には実線で示されている) と、容器 1 6 の外部に配置された駆動磁石 4 0 との間に形成される磁気結合によって可能にされる。駆動磁石 4 0 は、電気モータ 4 2 などのような駆動手段によって回転され、その回転駆動トルクが、駆動磁石 4 0 と第 2 永久磁石 3 8 の間に形成される磁気結合によって磁気軸受 1 4 に伝達され、所望のポンプ送り又は混合作用を提供する。回転方向は、図 1 及び 2 では動作矢印によって反時計回り方向として示されているが、回転方向は、単に駆動磁石 4 0 の回転方向を逆転させることによって容易に逆転させることができることは明らかである。

【 0 0 5 8 】

作動において、流体をポンプ送り又は混合する方法の本発明の一実施例を実施する場合、流体 F と磁気軸受 1 4 を収容した容器 1 6 を、抜気又は断熱処理されたチャンバー 2 5 内に設置された超伝導素子 2 0 に近接したクライオスタット 1 2 の壁 1 8 の外側に設置する。ディスク形の第 1 永久磁石 3 2 を超伝導素子 2 0 の近接位置に位置させると、該第 1 永久磁石によって創生される対称形の磁界が軸受 1 4 全体を容器 1 6 の底壁から上方へ安定した態様で浮上させる。この浮上により第 2 永久磁石 3 8 を駆動磁石 4 0 との係合関係にもたらし、両者の間に所望の磁気結合を形成する。この磁気結合は、駆動トルクを伝達することに加えて、磁気軸受 1 4 の回転を安定化させる働きをする。モータ 4 2 又は他の原動デバイスが作動されて駆動磁石 4 0 を回転させ、それによって、軸受 1 4 に定常的な安定した回転を誘導する。回転するインペラ組立体 3 6 は、流体 F を緩やかな、しかも徹底した態様で混合又はポンプ送りする働きをする。

【 0 0 5 9 】

軸受 1 4 が完全に浮上して流体内に完全に浸漬されるので、容器 1 6 をどのような態様であれ貫通する混合又は攪拌ロッドを設ける必要性が排除される。従って、そのような貫通ロッドのための動的軸シールや支持軸受を容器の壁に設ける必要性も排除される。これに関連して、流体 F と磁気軸受 1 4 を収容した容器 1 6 を混合作業の前に外部環境から完全に密封することができ、流体漏れや汚染を防止する更なる保証が確保されるという利点を得られる。これに関連するもう 1 つの利点は、以下に詳述するように、容器 1 6 及び磁気軸受 1 4 を比較的安価な使い捨て可能材料で形成することができ、混合が完了した後、単に廃棄することができることである。いうまでもなく、このことは、容器 1 6 及び磁気軸受 1 4 の洗浄及び滅菌を不要にするので有利である。かくして、磁気軸受と流体を収容したプラスチック容器又は可撓袋のような使い捨て容器を混合作業の前に完全に密封しておけば、混合作業の後、流体内容物を回収した後、磁気軸受と容器をふくむ組立体全体をそのまま廃棄することができる。このことは、危険な流体の場合、その混合中も、混合後も、流体が周囲環境に露呈される危険性を少なくし、又、流体がポンプ送り又は混合作業の前又は作業中に汚染されるのを防護するのに役立つ。

【 0 0 6 0 】

本発明のシステム 1 0 のこの第 1 実施形態の、流体 F をポンプ送りするのに特に適合された変型バージョンが、図 2 に示されている。このバージョンでは、容器 1 6 は、少なくとも 1 つの流体入口 4 4 と、少なくとも 1 つの出口 4 6 を有する。磁気軸受 1 4 は、流体 F を入

口 4 4 から出口 4 6 を圧送する（動作矢印参照）ことによって所望のポンプ送り作用を提供する働きをする回転インペラ組立体 3 6 を担持したものとすることが好ましい。モータ 4 2 又は他の原動デバイスの回転速度を増減することによって、又は、軸受 1 4、インペラブレード 3 6 のサイズ、形状又はスタイルを調節することによって、又は、全体的に異なる設計のものと差し替えることによって、精密な度合のポンプ送り作用を提供することができる。

【 0 0 6 1 】

図 2 に示された実施例のもう 1 つの改変は、超伝導素子 2 0 に所要の冷却を施すために、液体寒剤を保持したクライオスタットを冷却源とするのに代えて、閉サイクル冷凍機 4 8 を用いることである。冷凍機 4 8 は、超伝導素子 2 0 を収容したハウジング 1 8（上述したクライオスタットの外側壁 1 8 の均等物であってよい）の外部に配置することができる。第 1 実施形態の場合と同様に、ハウジング 1 8 によってチャンバー 2 5 が画定される。チャンバー 2 5 は、やはり、超伝導素子 2 0 からハウジング 1 8 への熱伝達を最少限にするために、真空にするか、断熱材を充填するすることが好ましい。ただし、ハウジング 1 8 内には冷却源 2 4 が収容されていないので、ハウジング 1 8 は、一般に定義されるようないわゆる「クライオスタット」ではない。しかしながら、（ 1 ）冷却源 4 8 がハウジング 1 8 から、従って容器 1 6、磁気軸受 1 4 及び流体 F から離隔して配置されており、（ 2 ）ハウジング 1 8 が、超伝導素子 2 0 と容器 1 6 を離隔させ、熱的に隔絶するチャンバー 2 5 を画定するので、望ましい二重の熱的離隔が可能であり、それに伴う利点が得られる。更に別の変型構成として、冷凍機 4 8 を主冷却源として使用し、停電や機械的な故障が生じた場合に副冷却源即ち「バックアップ」冷却源として機能する極低温チャンバー（図示せず）を設けることもできる。

【 0 0 6 2 】

本発明のシステム 1 0 の多くの重要な側面のうちの更に別の一面によれば、容器 1 6 の壁を貫通して延長する混合ロッド又はその他の機械的攪拌機が存在しないので、磁気軸受 1 4 を図 3 に示されるように偏心位置に設置することをも可能にする。即ち、図 3 の変型実施例では、超伝導素子 2 0、磁気軸受 1 4 及び駆動磁石 4 0 を容器 1 6 の垂直中心軸線から偏倚した位置で軸方向に整列させる。この方式を用いる子との 1 つの特別な利点は、容器 1 6 をもその中心軸線の周りに回転させるのと併行して磁気軸受 1 4 を非常に遅い速度で回転させることができることである。それによって、剪断応力に敏感な流体に使用するのに特に有利な、緩やかで、しかも全体に亘っての完全な混合が得られる。もちろん、この構成は、容器 1 6 が、図 2 に示されるように完全に密封され、入口 4 4 と出口 4 6 を備えている場合でも、周囲環境に開放している場合でも、用いることができる。図 3 は、例示の目的で、外側壁 1 8 を有し、壁 2 8 によって画定された冷却チャンバー 2 6 を有する図 1 に示された実施形態のクライオスタット 1 2 を示しているが、図 3 の構成には、図 2 の第 2 実施形態のハウジング 1 8 と閉サイクル冷凍機 4 8 を使用することも可能である。

【 0 0 6 3 】

第 1 実施形態に使用するためのものとして説明されたタイプの磁気軸受 1 4 を用いる場合、磁気軸受が容器 1 6 の側壁に接触するのを確実に回避するために必要な磁気軸受の安定度がある種の用例では重要な関心事になることが、実験を通して判明した。かくして、磁気軸受 1 4 を極めて高い安定度でもって回転させ、有害な接触を完全に回避するために、図 4 a 及び 4 b の変型実施例では、第 2 永久磁石 3 8 と駆動磁石 4 0 の各々に少なくとも 2 対の、好ましくは 4 対の互いに協同するサブ磁石 5 0 a、5 0 b を設ける。図 4 a 及び 4 b に示されるように、これらのサブ磁石 5 0 a と 5 0 b は、互いに反対の極性を有しており、それによって、互いに引きつけ合い、浮上する磁気軸受 1 4 が側方へ実質的に変位するのを防止する働きをする。ただし、この吸着力は、第 1 永久磁石 3 2 と冷却されたときの超伝導素子 2 0 との間に創生されるばねに似た吸着力と反発力とが組み合わさった浮上 / ピン止め力によって釣り合わされる。それによって、磁気軸受 1 4 が容器 1 6 の頂壁（それが存在する場合）と接触する可能性を回避することができる。全体として、磁気軸受 1 4 は、この構成を用いた場合、格別に安定した回転をすることができ、それによって、

回転する磁気軸受 14 が、詳述すれば、第 1 及び第 2 永久磁石 32, 38 又はインペラ組立体 36 のブレードが容器 16 の底壁又は側壁に密に近接する位置にまで変位したとすれば生じるであろう望ましくない摩擦熱や剪断応力を防止する更なる防護を提供する。

【0064】

当業者には明らかなように、浮上力及び駆動力が、容器の頂壁及び底壁からではなく、容器の他の区域から得られるようにシステム 10 の構成部品を構成し直すことができる。例えば、図 4c に示されるように、超伝導素子 20 を収容するためのクライオスタット 12 又は他のハウジングを容器 16 の 1 側壁に隣接させて配置するとともに、駆動磁石 40 を容器 16 の反対側の側壁に隣接させて配置する。その場合、軸受 14 は、横にして回転させることができ、テーブル T などの別個の安定した支持構造体によって支持することができる。容器 16 は、密封されたものとして示されているが、ここに開示されたどのタイプの容器でも、パイプでさえも、図 4 に示される委の構成に用いることができることは明らかであろう。

10

【0065】

図 1 又は図 2 の実施形態においても、又はここに開示された他の実施形態においても、磁気軸受 14 を浮上させるのを助成するために、周囲流体 F より軽い物質を収容するための少くとも 1 つの、好ましくは複数のチャンバー 60 を設ける。チャンバー 60 は、軸受 14 の各磁石 32, 38 に隣接させて設けることができ、更に、必要ならば、軸 34 の周りにも設けることができる。流体 F が水である場合、又は水の比重と同様の比重を有する場合、この好ましい実施形態では、チャンバー 60 に入れる物質は、例えば空気とすることができる。しかしながら、流体 F が、グリセリンに近い比重を有する流体のような、より粘度の高い流体である場合は、チャンバー 60 に入れる流体として、水などのより軽い流体、あるいはより軽いガス、又はそれらの組合せを用いることができる。かくして、これらのチャンバー 60 は、軸受 14 を流体 F 内に「浮揚」するのを助成することによって浮上させるのを助成する働きをする。もちろん、超伝導素子 20 によって創生される「ピン止め」力と、第 2 永久磁石 38 と駆動磁石 40 の間に創生される浮上及び整列力（磁気軸受を浮上させる力と軸方向に整列させる力）も、磁気軸受 14 をその回転中適正位置に保持するのを助成する働きをする。磁気軸受 14 がディスク又はパンケーキ形の第 1 及び第 2 永久磁石 32, 38 と円筒形の軸 34 から成るものである場合、各チャンバー 60 は、環状とすることが好ましい。流体を充填したチャンバー 60 の代わりに、浮上助成機能を果たすものとして他の浮揚性材料を用いることも可能である。

20

30

【0066】

先に述べたように、本発明のシステム 10 の多くの利点のうちの 1 つは、磁気軸受 14 が流体 F 内で浮上し、回転させるための混合又は攪拌ロッドを必要としないので、容器 16 を外部の周囲環境から完全に密封することができることである。従って、磁気軸受 14 と容器 16 を比較的安価な使い捨て可能材料で形成することによって、混合が完了し、流体 F が回収された後、磁気軸受と容器を両方共そのまま廃棄することができる。もちろん、そのような材料は、ポンプ送り又は混合作業が完了した後洗浄又は滅菌する必要がないようにするために、流体をポンプ送りするための容器 16（図 2）を形成するのにも、あるいは、流体を混合するための頂部が開放した容器を形成するのにも、用いることができる。

40

【0067】

又、図示の磁気軸受 14 は、好ましい実施形態の一例にすぎず、他のいろいろな構成が可能であることを理解されたい。例えば、ディスク形磁気軸受は、単に回転するだけでそれ自体がある程度の混合作用を創生するので、インペラブレードは必ずしも必要とされない。1 つ又は複数のブレードを設ける場合は、特に容器 16 の高さが比較的低い場合、軸 34 の長さを短くすることができるように、あるいは軸 34 をなくすことができるように、ブレードをディスク形の第 1 永久磁石 32 の周りに円周方向に取り付けることもできる。又、ブレード付きインペラ組立体 36 に代えて、他の構造物を使用することも可能である。例えば、多少とも効率的な回転をするように、それに伴って、回転されたとき混合又は

50

ポンプ送り作用を高めるように設計されたベーン又はそれに類する部材を有するディスク形ホイールを使用することができる。容器 16 の深さ、及び軸 34 が設けられている場合軸 34 の長さを必要に応じて増減することもできる。上述したどの実施形態においても、磁気軸受を構成するすべての構成部品には、汚染又は腐食の可能性を少なくするとともに、洗浄を必要とする場合、洗浄を容易にするために、テフロン（登録商標）又はその他の不活性物質を被覆することができる。

【0068】

もちろん、本発明のシステムは、実験室設備で実験及び研究に用いられる小バッチの溶液や流体懸濁材剤の混合又はポンプ送りに使用する用途の他に、大規模ベースでの医薬品の製造に用いられる工業的又は商業的ポンプ送り又は混合作業に適用できるようにシステムの構成部品を容易にスケールアップ（大型化）することができる。磁気軸受の浮上は、図に例示の目的で示されたものよりはるかに大きい容量のシステムでも容易に達成することができ、従って、本発明の構成は、加工中、緩やかで、しかも全体に亘って完全な混合処理を必要とする医薬品や、その他の任意の溶液又は懸濁材剤の商業的生産に特に好適である。

【0069】

今日までの実験によって、上述した本発明のシステム 10 の有効性が実証された。これらの実験を実施するのに用いられたシステム 10 のセットアップは、図 1 に示されるように、軸方向に整列した上側磁石と下側磁石と、垂直に延長した支持軸に取り付けられたインペラ組立体を備えたものであった。メルトテクスチャー加工された $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ の直径 30 mm、厚さ 25 mm の円筒形ペレットを超伝導素子として使用し、図 1 に示されたものに類似した構成のクライオスタット内に設置した。このクライオスタットは、約 1 リットルの液体窒素を充填された冷却チャンバーを有するものであった。0.4 テスラの表面磁界強度を有する Nd - Fe - B 永久磁石を下側の第 1 永久磁石として用いた。

【0070】

このセットアップを用いて実施された実験の結果、比較的温かい流体を充填された容器内で磁気軸受をクライオスタットの上面の上方に極めて安定した望ましい態様で浮上させることが可能であることが実証された。最大 7 mm もの浮上離隔距離が達成され、しかも、その浮上は、寒剤として僅か 1 リットルの液体窒素を用いて最高 5 時間もの間安定していた。このセットアップを用いた最初の実験では、低粘度のモデル流体として水を用いた。磁気軸受の回転速度としては、最高 600 rpm の回転速度が得られた。この回転速度の上限は、この実験で駆動磁石を回転させるのに用いられたモータの容量によってのみ制限された。どの回転速度においても、磁気軸受の脱結合や不安定作動はみられなかった。高粘度のモデル流体であるグリセリンの場合は、磁気軸受の何らかの脱結合が観察されるまでに 60 rpm の最高回転速度が得られた。本発明のシステムを用いて得られる混合能力を更に実証するために、SEPHADEX パウダー（直径 50 ~ 150 ミクロンの乾燥ビード）を水を充填した容器の底部に堆積させ、浮上磁気軸受を回転させた。ほぼ 5 分間の混合の後均一な懸濁液が得られた。

【0071】

図 1 ~ 4 に示された上述のシステム 10 は、静止超伝導素子 20 と、「浮上」磁石に加えて、容器の、超伝導素子のある側とは反対側の端部に配置された駆動機構に結合するための 1 つ又は複数の別個の被駆動磁石を含む磁気軸受 14 に依拠しているが、ポンプ送り又は混合システムの他の実施形態として、浮上のためだけでなく、同時に駆動トルクを伝達するためにも用いられる磁石を含む浮上回転磁気軸受を備えたものとすることもできる。一実施形態として、この駆動トルクは、磁気軸受を回転する超伝導素子に結合するピン止め力によって供給される構成とすることができる。この場合、回転する超伝導素子が磁気軸受を、たとえ両者の間に物理的接触を設定しなくても、磁気軸受を回転させることができる。

【0072】

より具体的に説明すれば、図 5 に示される本発明のこの第 2 実施形態によれば、ポンプ送

10

20

30

40

50

り又は混合システム 100 は、2つの別個の構成部品、即ち、比較的薄い、ディスク形超伝導素子 106 を圍繞してチャンバー 108 を画定する外側壁 104 を含む第 1 構成部品 102 a と、冷却源 110 を含む第 2 構成部品 102 b とで構成することができるクライオスタット 102 を含む。外側壁 104 は、非磁性ステンレス鋼等の非磁性材料で製造することが好ましいが、システム 100 の作動に干渉することがなく、熱伝導率が比較的低いものである限り、他の材料の使用も、可能である。超伝導素子 106 を圍繞するチャンバー 108 は、超伝導素子を壁 104 から熱的に隔絶し離隔させるために上述したように真空にするか、断熱処理を施すことができる。ただし、以下に述べるように、ポンプ送り又は混合すべき流体が温度敏感流体でない場合は、チャンバー 108 を省除することができる。

10

【0073】

チャンバー 108 を抜気する場合、真空源に接続するための弁 112 を外側壁 104 に設けることができ、残留ガスを吸収し、所望の抜気圧が維持されるようにするためのゲッター 114 (例えば、活性炭素のインサート等)を、随意選択として、チャンバー 108 内に挿入することができる。上述した各実施形態の場合と同様に、抜気圧は、ほぼ 10^{-3} トル又はそれ以上とすることが好ましい。

【0074】

超伝導素子 106 は、チャンバー 108 内にクライオスタット 102 の第 1 部分 102 a の外側壁 104 とは独立して支持される。その支持は、壁 104 によって囲われ、細長い熱的リンク 118 の一端に支持されたプラットホーム 116 によって与えられる。熱的リンク 118 は、高い熱伝導率 (例えば、50 ワット/ケルビン又はそれ以上)を有する金属又はその他の材料で形成することが好ましい。超伝導素子 106 に所要の冷却を与えるために、熱的リンク 118 の他端を、先に述べたように、クライオスタット 102 の第 2 部分 102 b の一部を構成する冷却源 110 に接触するように位置づけする。(ここで、クライオスタットとは、超伝導素子を、それが単一のユニットであれ、複数の構成部品から成るものであれ、低温状態に保持し維持することができる構造体、又は構造体の組み合わせのことをいう。)冷却源 110 は、窒素等の液体寒剤 C を収容したデュワー瓶のような頂部が開放した容器 119 として例示されているが、冷却源として、現場での冷却が完了した後磁石を超伝導素子の上方へ浮上させるのに必要な冷却を与えることができる閉サイクル冷凍機又はその他の任意のデバイスを用いることも可能である。クライオスタット 102 の第 1 部分 102 a の壁 104 が図示のように液体寒剤 C に接触している場合、壁 104 の、ポンプ送り又は混合すべき流体 F を収容した容器 132 に隣接した部分への熱伝達は無視しうる程度であることを理解されたい。なぜなら、(1)壁 104 は、熱伝導率の低い薄い材料で形成することができ、(2)壁 104 の、容器 132 に隣接した部分は、室温の周囲環境によって圍繞されているからである。

20

30

【0075】

超伝導素子 106 を回転させることができるようにするために、1つ又は複数の環状のロー軸受 122 から成るロー軸受組立体 120 によって、チャンバー 108 を画定する壁 104 を含む、クライオスタット 102 の第 1 部分 102 a を支持する。図 5 から分かるように、これらのロー軸受 122 は、超伝導素子 106 を収容したクライオスタット 102 の第 1 部分 102 a を回転軸線の周りに回転させる。軸受 122 を支持するための軸受ハウジング 124 又はそれに類する構造体は、近接する安定した支持構造体 126 に固定される。図示の実施形態では、原動デバイスは、モータ 131 の軸 130 にキー止め又は取り付けられたプーリ 129 から回転運動をクライオスタット 102 の第 1 部分 102 a に伝達する働きをする無端ベルト 128 を含む。モータ 131 は、可変速、可逆電気モータであってよいが、超伝導素子 106 を、特に、超伝導素子 106 を収容しているクライオスタットの第 1 部分 102 a を回転させるのに必要な回転運動を奏せする他のタイプのモータを使用することも可能である。

40

【0076】

混合すべき流体 F を収容した容器 132 (以下に述べるように、流体を搬送するための遠

50

心ポンプ送りヘッドの形とすることもできる)は、回転超伝導素子106に近接させて、好ましくは、磁気軸受134によって創生される磁界に干渉しない材料で形成された安定した支持表面T上に配置される。先に述べたように、容器132は、任意の形状の剛性容器(頂部が開放した容器、入口と出口を有し密閉された容器、パイプのような中空円筒形容器等)、又は可撓性のプラスチック袋、又は剛性のインサートを有する可撓袋、又は剛性の又は半剛性の容器内に挿入された可撓袋などであってよい。唯一の要件は、容器132は、混合又はポンプ送りすべき流体Fを少くとも一時的に収容することができることである。

【0077】

この実施形態において望ましい混合又はポンプ送り作用を創出するために、磁気軸受134が、容器132内に配置され、超伝導素子106によって浮上されるとともに回転されるようになされている。詳述すれば、クライオスタット102の、超伝導素子106を収容した第1部分102aが、無端ベルト128によって伝達される回転運動の結果として回転される。この回転が、容器132内の磁気軸受134を回転させ、容器132内に保持されている流体Fを混合又はポンプ送りする。チャンバー104が真空にされているか、又は断熱処理されている場合、浮上力を提供する低い温度の超伝導素子106と、容器132、従って流体Fとの間に所望の熱的離隔が設定された状態で、磁気軸受134が安定した、信頼しうる態様で回転される。磁気軸受134は、複数の混合ブレードB(図6a及び6b参照)、ペーンV(図6a, 6bには示されていない。図7参照)、又はインペラを形成する構造体を備えたものとして行うことができる。ただし、血液やその他のタイプの細胞懸濁液のような特に繊細な流体を扱う場合は、望ましい混合作用を得るために図5に示されるようなブレード等のない薄型のディスク形磁気軸受134を用いることができる。

【0078】

図6aと6bを合わせみることによって分かるように、磁気軸受134は、少くとも2つの永久磁石135a, 135bを備えている。これらの磁石135a, 135bは、磁気軸受134を超伝導素子106の上方へ浮上させる働きをするのみならず、回転運動を磁気軸受134に伝達する働きをもする。当業者には明らかなように、回転運動を効率的に伝達するためには、磁石135a, 135bによって創生される磁界は、超伝導素子106の回転軸線に対して軸非対称でなければならない。一実施例では、磁石135a, 135bは、ディスク形であり、垂直軸線に沿って分極されている。(図6bは、1対の超伝導素子106a, 106bの上方に浮上した交互極性(S極とN極)の永久磁石135a, 135bを示し、極性の方向と軸線は動作矢印で示されている。)これらの磁石135a, 135bは、永久磁性を示すいろいろな周知の材料、例えば、ネオジム-鉄-ボロン(NdFeB)、サマリウムコバルト(SmCo)、アルミニウムとニッケルとコバルトの化合物(アルニコ)、セラミック、又はそれらの混合物で製造することができる。磁石135aと135bとは、例えばプラスチックのようなマトリックス材Mによって連結することができる。あるいは別法として、磁石135a, 135bは、マトリックス材Mの別々の部材内に埋設してもよく、あるいは、単一の部材(図示せず)内に埋設してもよい。又、先に述べたように、磁気軸受134には、それが回転されたとき発揮するポンプ送り又は混合作用の度合いを高めるために、随意選択として、1つ又は複数のブレードB、ペーン又はそれに類する構造物を担持させることができる。

【0079】

更に別の変型例として、クライオスタット102の、冷却源(液体寒剤容器(頂部が開放したもの、又は密封され、入口及び出口ポートを備えたもの)又は冷凍機)を含む第2部分102bは、クライオスタットの第1部分102aに固定的に取り付け、両者が一緒に回転するようにすることができる(図5の開放した冷却容器119の頂部に示された点線参照)。この回転運動は、先に述べたように、無端ベルトとモータの組み合わせによって与えることができるが、別法として、クライオスタット102の、冷却源を含む第2部分102bと、モータ又はそれに類する原動デバイス(図示せず)のインライン軸との直接

10

20

30

40

50

連結によって与えることもできる。

【0080】

先に略称したように、システム100のこの実施形態は、低温（例えば極低温）の又は非温度感性流体を混合又はポンプ送りするためであれば、抜気、断熱処理又は他の何らかの方法により超伝導素子106を周囲環境から熱的に離隔させる必要なしに用いることができる。その場合、超伝導素子106を囲繞する壁104又はチャンバー108は、特に必要としない。なぜなら、超伝導素子106を容器132を支持する構造体から熱的に離隔させる必要がないからである。そのような変型例の場合でも、磁気軸受134の安定した信頼しうる浮上を達成することができる。

【0081】

以上の説明から分かるように、流体を混合するのではなくポンプ送りする構成の場合にも、図5に示されたのと同じ駆動機構及びクライオスタットを用いることができる。遠心ポンプ送りヘッド150の形とした容器132の一バージョンが、図7に示されている。このポンプ送りヘッド150は、入口154と出口156を有するポンプチャンバー152を含む。（もちろん、非遠心ポンプ送りヘッドの場合のように入口と出口を逆にすることもできる（図2参照））。チャンバー150は、浮上磁気軸受158（図に示されるように複数のベーンVを備えていてもよく、あるいは複数のブレード（図示せず）を担持するものであってもよい）を収容している。磁気軸受158には、互いに異なる極性を有する少くとも2つの永久磁石160a, 160bが埋設又は何らかの態様で設けられる。磁気軸受158は、ポンプ送り又は混合作用を促進するために任意所望の形状を有する不活性マトリックス材Mを有するものとしてすることができる。先に述べたように、これらの磁石160a, 160bは、それに近接する回転超伝導素子106にによって浮上力と回転トルクの両方を付与される。

【0082】

浮上磁気軸受158に対する回転駆動力を、容器兼ポンプ送りヘッド150の、磁気軸受が浮上力を受ける側と同じ側から与えることの1つの利点は、流体入口154（入口と出口の位置が逆にされる構成の場合は、出口156）を、ポンプ送り又は混合作用に干渉することなく、容器兼ポンプ送りヘッド150の反対側のどの部位にでも、所望ならば中心位置にでも配置することができることである。又、容器兼ポンプ送りヘッド150のこの反対側は、駆動作用に干渉することなく、又、磁気軸受158の設計変更を必要とすることもなく、図に示されるように切頭円錐形とすることができ、あるいは、何らかの態様で外方へ突出させることができる。

【0083】

先に略述したように、ある種の用例においては容器132の開口が中くらいのサイズの磁気軸受134でさえも流体F内へ挿入するのに小さすぎる場合がある。そのような場合、この特定の要件を充足する軸受134の変型バージョンが図8a~8cに示されている。第1変型バージョンでは、磁気軸受134aは、両端又はその近くに浮上/被駆動磁石135a, 135bの1つを担持した不活性マトリックス材Mで形成された細いロッドの形とされる。この軸受134aは、直立姿勢に起立させて容易に容器の開口に挿入することができる。軸受134aは、容器内に挿入されて容器の底壁の下の回転超伝導素子106に係合する位置におかれると、浮上されるとともに回転せしめられ、容器内の流体Fをポンプ送り又は混合する働きをする。狭い開口を通しての挿入を更に容易にするために、マトリックス材Mを、エラストマー材、又は、自由に撓曲又は屈曲させることができる材料とすることもできる。

【0084】

狭い開口を有する容器に使用するための磁気軸受134bの第2変型バージョンは、図8bに示されている。この軸受134bは、マトリックス材Mで形成された第1及び第2細長ロッド180と、各々のロッドの両端に担持された浮上/被駆動磁石135a, 135bから成り、各異なるロッドに同じ極性を有する少くとも2つの磁石が保持される。一実施例においては、2つのロッド180は、それらの中心ににおいてピン止めされ（図連結

10

20

30

40

50

ピン 1 8 2 参照)、ハサミ状に折り畳むことができる。従って、図 8 c から分かるように、磁気軸受 1 3 4 b は、容器 1 3 2 の開口を通すことができるように折り畳むことができる。軸受 1 3 4 b の 2 つのロッド 1 8 0 は、容器内に挿入されて容器の底壁の下の回転超伝導素子 1 0 6 に係合する位置におかれると、拡げられる。同じ極性を有する磁石 1 3 5 a 又は 1 3 5 b は互いに近接した位置におかれるので、軸受 1 3 4 b が回転すると、2 つのロッド 1 8 0 のそれぞれの端部は互いに反発し合う。それによって、2 つのロッドは、容器 1 3 2 内では整列した(重なり合う)位置をとるのを阻止される。2 つの別個のロッド 1 8 0 をピン止めて軸受 1 3 4 b を構成する方法に代えて、ロッド 1 8 0 を可撓性材料で十字の形の一体に成形してもよい。その場合、軸受 1 3 4 b の十字形のロッド 1 8 0 は、撓曲させて狭い開口を通すことができ、開口を通された後は、超伝導素子 1 0 6 の上方に浮上するための所望の形態(この例では十字形)に弾発的に戻る。

10

【0085】

本発明の更に別の側面によれば、ポンプ送り又は混合システム 2 0 0 の第 3 実施形態が提供される。図 9、9 a、9 b 及び 1 0 に示されるこの第 3 実施形態においては、磁気軸受 2 0 4 を浮上させ、回転駆動するための力は、流体容器 2 0 2 (図では頂部開放容器として示されているが、上述したように、密閉容器、ポンプ送りチャンバー又はヘッド、可撓袋、パイプ等であってもよい)の同じ側から供給される。このシステム 2 0 0 では、磁気軸受 2 0 4 は、2 つの磁気サブシステム、即ち、磁気軸受 2 0 4 を浮上させる働きをする、好ましくはリングの形とした第 1 永久磁石(浮上磁石) 2 0 6 を含む第 1 磁気サブシステムと、磁気軸受 2 0 4 に駆動トルクを伝達するために好ましくはリング形の第 1 磁石 2 0 6 の内側に配置された少なくとも 2 つの交互極性の被駆動磁石 2 0 8 a、2 0 8 b (図 9 a 及び 9 b 参照)を含む第 2 磁気サブシステムから成る。

20

【0086】

図 9 は、リング形永久磁石 2 0 6 が磁気軸受 2 0 4 に対して浮上力を与える構成としたシステム 2 0 0 全体を示す。リング形永久磁石 2 0 6 の分極は、図 9 b に長い垂直矢印で示されるように垂直方向である。被駆動磁石 2 0 8 a、2 0 8 b は、ディスク形であり、磁気結合器を構成し、浮上する磁気軸受 2 0 4 に回転駆動トルクを伝達する反対極性即ち交互極性(図 9 b に短い動作矢印で示されている)を有する。浮上磁石 2 0 6 と被駆動磁石 2 0 8 a、2 0 8 b は、それらをプラスチック等の軽い不活性マトリックス材 M 内に埋設するか、取り付けることによって単一の剛性構造体として一体化することが好ましい。

30

【0087】

このリング形の浮上磁石 2 0 6 に対応させるために、この実施形態に用いるための超伝導素子 2 1 0 は、環状とされる。超伝導素子 2 1 0 は、高温超伝導材(YBCO等)の単一部片で形成することもでき、あるいは、複数の構成部品又はセグメントで構成することもできる。超伝導素子 2 1 0 は、ある磁界の存在下で、それと同じ磁界を創生するリング形永久磁石 2 0 6 と整列した状態で転移温度にまで冷却されると、磁気軸受 2 0 4 を極めて安定した信頼しうる態様で容器 2 0 2 内で浮上させるばねのような反発/吸着(反発力と吸着力とが組み合わさった)浮上/ピン止め力を提供する。図 9 では、容器 2 0 2 は、このシステム 2 0 0 に使用するために設計された特別なクライオスタット 2 2 0 の外側表面上に支持されるものとして示されているが、容器 2 0 2 は、超伝導素子 2 1 0 を該容器内に保持されている磁気軸受 2 0 4 に所望の浮上を誘導するのに十分に近接したい値に配置することができる限り、例えばテーブル(図示せず)のような任意の安定した支持構造体上に支持することも、本発明の基本的な教示の範囲内である。

40

【0088】

上述した各実施形態におけるのと同様に、磁気軸受 2 0 4 に回転運動を付与するために原動デバイスが用いられる。原動デバイスは、環状の超伝導素子 2 1 0 に近接してそれと同心関係に配置することが好ましい。この第 3 実施形態のシステム 2 0 0 に用いるための原動デバイスの 1 例は、磁気軸受 2 0 4 の被駆動磁石 2 0 8 a、2 0 8 b に対応し、磁気結合を設定するようにそれらの被駆動磁石と反対の極性を有する駆動磁石 2 1 2 a、2 1 2 b を含むものである(図 9 参照)。駆動磁石 2 1 2 a、2 1 2 b は、原動デバイスの一部

50

を構成する軸 2 1 4 に結合することが好ましい。駆動磁石 2 1 2 a , 2 1 2 b は、軸 2 1 4 に直接取り付けてもよいが、図 9 に示されるようにマトリックス材 M (図 9 には参照番号を付されていないが、図 9 b を参照されたい) に埋設又は取り付けてもよい。駆動磁石 2 1 2 a , 2 1 2 b を、例えば環状超伝導素子 2 1 0 の開口又は孔 2 1 9 内に挿入することにより磁気軸受 2 0 4 に近接して配置し、原動デバイス原動デバイスの一部を構成するモータ 2 1 6 を用いて軸 2 1 4 を回転させることによって、浮上する磁気軸受 2 0 4 を浮上と併行して同時に回転させることができる。磁気軸受 2 0 4 には、そのリング形浮上磁石 (第 1 永久磁石) 2 0 6 (又は、軸受 2 0 4 の周縁を構成するマトリックス材 M) に固定した 1 つ又は複数のブレード B を設けることができるが、所望の混合作用を得るために単に平滑な (ブレードのない) 薄型磁気軸受 (図 5 参照) を用いることも、本発明の範囲内である。図 9 及び 1 0 に示され、先に略述したように、リング形浮上磁石 2 0 6 と別個の被駆動磁石 2 0 8 a , 2 0 8 b から成る磁気軸受 2 0 4 を含む混合又はポンプ送りシステム 2 0 0 は、信頼性の高い、安定した回転 / 浮上を得られることを保証するために特別なクライオスタット 2 2 0 を用いることができる。図 9 の断面図に明示されているように、クライオスタット 2 2 0 は、超伝導素子 2 1 0 に所要の冷却を間接的に与えるための別個の冷却源 2 2 1 を含む。冷却源 2 2 1 は、後述するように、特別クライオスタット 2 2 0 の別個の部分に指示され、収容されている。図示の実施形態では、冷却源 2 2 1 (図 9 では、必ずしも一定の縮尺率で示されていない) は、二重壁のデュワー瓶のような容器 2 2 2 を含み、容器 2 2 2 内に液体寒剤 C (窒素) を収容した第 1 チャンバー 2 2 4 が懸架されている。二重壁容器 2 2 2 によって第 1 チャンバー 2 2 4 の周りに画定される第 2 チャンバー 2 2 3 は、通常は室温である周囲環境への熱伝達を最少限にするために抜気又は断熱処理することが好ましい。懸架されたチャンバー 2 2 2 に特定の選択された液体寒剤 C を充填するためと、排気ガスを逃がすためのポート 2 2 6 も、設けられている。上述した第 1 及び第 2 実施形態の場合と同様に、冷却源 2 2 1 は、上述した構成ではなく、閉サイクル冷凍機 (図示せず) の形を取ることもでき、その場合は、二重壁容器 2 2 2 をシステム 2 0 0 から完全に省除することができる。

【 0 0 8 9 】

冷却源 (図示の実施形態では、容器 2 2 2) と、リング形超伝導素子 2 1 0 を支持するためにクライオスタット 2 2 0 内に懸架されたリング形プラットホーム 2 3 0 との間に熱的リンク 2 2 8 が設けられる。プラットホーム 2 3 0 の使用は、超伝導素子 2 1 0 の温度を転移温度以下に (Y B C O のような「高温」超伝導材の場合は、87 ~ 93 ° K の範囲が好ましい) 維持するために望ましいが、熱的リンク 2 2 8 を直接超伝導素子 2 1 0 にまで延長させることも可能であるから、プラットホーム 2 3 0 の使用は、本発明にとって決定的に重要なものではなく、特別クライオスタット 2 2 0 の一部として必須の要件ではない。熱的リンク 2 2 8 は、銅、真鍮、アルミニウム、又は比較的高い熱伝導率を有する他の任意の材料の中実ロッドとすることができるが、中実ロッドとはせず、特に、窒素のような、自由に流動することができる液体寒剤 C が冷却源 2 2 1 として用いられる場合は、熱的リンク 2 2 8 に開放チャンネル 2 3 2 を形成することも可能である。このチャンネル 2 3 2 は、懸架チャンバー 2 2 4 からの寒剤 C を直接プラットホーム 2 3 0 へ到達させることができる。もちろん、寒剤 C との直接接触は、超伝導素子 2 1 0 に対してより能率的で効率的な冷却を与えることができる。

【 0 0 9 0 】

超伝導素子 2 1 0 を支持し、熱伝導によって所望の冷却を与えるリング形プラットホーム 2 3 0 は、銅、真鍮、アルミニウム、又は比較的高い熱伝導率を有する他の任意の材料で製造することができる。プラットホーム 2 3 0 は、図に示されるように、中実リングの形とすることができるが、中空リング (例えば、円形又は楕円形のトーラス (円環体) 、図示せず) とすることもできる。これによって m 液体寒剤 C がリング形のプラットホーム 2 3 0 の周りを完全に圍繞して流れることができ、冷却を超伝導素子 2 1 0 に伝達する効率を一層増大させることができる。いずれにしても、プラットホーム 2 3 0 を用いる場合は、所望の円滑で、均一で、信頼しうる浮上を達成するために超伝導素子 2 1 0 の対応する

表面に対して完全な接触が得られるように配慮すべきである。

【0091】

システム200によってポンプ送り又は混合すべき流体が温度感受性流体である場合、容器202への熱伝達を少なくするために、プラットホーム230及び環状の超伝導素子210を囲繞するリング形の壁又は囲い234によって第1チャンバー235を画定する。更に、円筒形の壁又は囲い236によって熱的リンク232を囲繞し、第2チャンバー237を画定することができる。これらの第1及び第2チャンバー235、237は、周囲環境と、それらのチャンバー内に保持されている素子との間の熱伝達を最少限にするために抜気又は断熱処理することが好ましい。好ましい実施形態では、各囲い234、236は、非磁性ステンレス鋼で形成されるが、磁気軸受204の浮上に干渉しない限り、他の材料の使用も可能である。上述した第2実施形態の場合と同様に、第3実施形態のシステム200も、極低温流体又は非温度感受性流体をポンプ送り又は混合するのに用いることも可能であり、その場合は、囲い234、236を抜気又は断熱処理する必要はなく、上述した特別のクライオスタット220を使用する必要すらない。

10

【0092】

囲い234、236によって画定されるチャンバー235、237と、チャンバー223の3つのチャンバーを、すべて、互いに連通させて一体的な真空空間（図示せず）を形成する構成とすることができる。この構成は、例えば、それらの3つのチャンバーのうちの1つに設けた弁（図示せず）を用いることによって3つのチャンバーのすべてを1回の操作で抜気することができるので、セットアップを容易にする。ただし、各チャンバー223、235、236の各々を別々に抜気することも、もちろん可能である。又、チャンバー223、235、236を抜気することに代えて、それらのチャンバーのうちの幾つかの、又は、すべてのチャンバーに断熱材（図示せず）を充填してもよい。

20

【0093】

又、この実施形態において磁気軸受204を回転させるために、駆動磁石212a、212bを磁気軸受204に密に近接させて配置することが望ましく、容器202の、超伝導素子210がある側と同じ側に配置することが好ましい。従って、特別クライオスタット220、より具体的には、壁又は囲い234に、室温の温度下にある駆動磁石212a、212bを担持した軸214の端部を導入することができる円筒形の孔又は開口部240を画定する。この構成の結果として、原動デバイスの一部である軸214は、超伝導素子210と同心関係となる。軸214は、又、浮上磁石206を超伝導素子210に整列させたとき、駆動磁石212a、212bが被駆動磁石208a、208bと整列するように位置づけされる。かくして、軸214及び駆動磁石212a、212bは、超伝導素子210に近接してそれと同心関係に位置づけされるにもかかわらず、容器202、流体F及び磁気軸受204と同様に室温に保持される。

30

【0094】

図9のシステム200と連携して使用するための遠心ポンプ送りヘッド250の一実施例が図11に示されている。この遠心ポンプ送りヘッド250は、随意選択としての1つ又は複数のブレード又はペーンV（図11の側面図では直立している）を担持した浮上磁気軸受252と、流体入口254（浮上力と回転駆動力が容器202の同じ側から供給されるので、ポンプ送りヘッド250の一方の側の中心に配置することができる）と、流体出口256と、被駆動磁石258a、258bと、リング形の浮上磁石260を含む。

40

【0095】

図12の断面図に示された本発明の更に別の実施形態においては、インライン式ポンプ送り又は混合システム300は、容器をパイプ304の形とした場合のようにインライン用途に適合するようになされた磁気軸受302を含む。磁気軸受302は、互いに間隔を置いて配置された第1及び第2浮上磁石305a、305bを含み、安定した浮上を達成するように、好ましくは第1及び第2浮上磁石305a、305bは、磁気軸受302の両端に1つずつ配置される。浮上磁石305a、305bは、容器に対応する形状とすることが好ましく、従って、容器がパイプ304の形とされた場合は、浮上磁石は環状とする

50

ことを意味する。浮上磁石 305a, 305b は、磁気軸受 302 の一部を構成する軸 306 に担持され、軸 306 には更に被駆動磁石 308 が担持される。被駆動磁石 308 は、この実施形態では容器として機能するパイプ 304 の形状に対応するように環状に配列された交互に異なる極性を有する複数のサブ磁石 308a, 308b・・・308n (図 12b 参照) で構成することができる。これらの 3 つの磁石 305a, 305b 及び 308 は、軸 306 に結合するプラスチック等の不活性マトリックス材 M に埋設又は取り付けることができる。磁気軸受 302 の軸 306 には、1 つ又は複数のブレード B を担持させることもできる。

【0096】

この実施形態では、第 1 クライオスタット 310a と第 2 クライオスタット 310b が設けられる。図 12a の断面図に明示されているように、第 1 「クライオスタット」 310a は、軸受 302 を浮上させるための環状の超伝導素子 312a の形とした超伝導素子を含む。この環状超伝導素子 312a は、クライオスタット 310a によって画定されるチャンパー 314a 内に懸架される。チャンパー 314a は、パイプ 304 又はその中を通る流体 F に対する熱伝達を最少限にするために抜気又は断熱処理される。クライオスタット 310a は、パイプ 304 の外側表面に隣接した内側壁 (図示せず) を含むものとすることができるが、そのような壁は、超伝導素子 312a を圍繞する真空又は断熱空間によって熱離隔が設定されることからして必ずしも必要ではない。超伝導素子 312a は、環状の支持ブラットホーム 316a に結合することができ、ブラットホーム 316a は、1 つ又は複数の別個の冷却源 318 に熱的にリンクさせることができる。ブラットホーム 316a と冷却源 318 とのこの連結 (熱的リンク) は、図 12 には図式的に示されているが、先の説明から分かるように、液体寒剤を保持した容器又は閉サイクル冷凍機を超伝導素子 312a に熱的にリンクする働きをするロッドを含むものとすることができる。第 2 「クライオスタット」 310b も、詳細には示されていないが、上述した第 1 クライオスタット 310a と同じ構造とすることができる。

【0097】

図 12b 及び 12c を参照して説明すると、パイプ 304 内の磁気軸受 302 を回転するための 2 つのこととなる原動デバイスが示されている。図 12b の断面図に示された原動デバイスの第 1 のバージョン (変型例) は、パイプ 304 の外側表面に担持された機械的ボール又はロー軸受のような軸受 322 に回転自在に支承された駆動磁石組立体即ち磁気駆動組立体 320 を含む。駆動磁石組立体 320 は、交互に異なる極性を有する複数の駆動磁石 320a, 320b・・・320n を有する。磁気軸受 302 の被駆動磁石 308a, 308b・・・308n の場合と同様に、駆動磁石組立体 320 の駆動磁石 320a, 320b・・・320n も、プラスチック等の不活性マトリックス材 M に埋設又は取り付けられている。原動デバイスの一部を構成する無端ベルト 324 が、駆動磁石組立体 320 と、モータ M (好ましくは、上述したように可逆、可変速電気モータ) のスピンドル又は軸に担持されたプーリ W に摩擦係合する。

【0098】

この構成から明らかなように、磁気軸受 302 は、浮上磁石 305a, 305b と、それに隣接しているが、パイプ 304 の外側表面から (又は、クライオスタット 310a, 310b の内側壁が設けられている場合は、その内側壁から) 熱的に離隔された超伝導素子 312a, 312b との相互作用により、パイプ 304 内で浮上せしめられる。次いで磁気駆動組立体 320 を回転させると、磁気軸受 302 が、容器として機能するパイプ 304 内で回転せしめられ、所望のポンプ送り又は混合作用を発揮する。たとえ流体 F が磁気軸受 302 の周りを通して流動していても、磁気軸受 302 は、その浮上磁石 305a, 305b に作用する超伝導素子 312a, 312b によって創生されるピン止め力の結果としてパイプ 304 内に所望の位置に保持される。

【0099】

原動デバイスの第 2 バージョンは、図 12b の断面図と同様の断面図である図 12c に示されている。この第 2 バージョンでは、磁気駆動組立体 320 と、無端ベルト 324 と、

10

20

30

40

50

モータから成る駆動機構に代えて、パイプ 304 の周りに電界を創生することによって磁気軸受 302 に回転運動が与えられる。即ち、回転運動は、パイプ 304 の周りに巻線 326 を巻装し、それに例えば電源 328 又は他の AC 電流源から電流を供給することによって与えられる。磁気軸受 302 は、交互極性を有する被駆動磁石 308a, 308b, ..., 308n を担持しているので、巻線 326 によって創生される電界により回転される。

【0100】

インライン式ポンプ送り又は混合システム 400 の更に他の実施形態が図 13 に示されている。この実施形態のクライオスタット 402 は、基本的にパイプ 403 の流体流路内に直接配置され、パイプ内に環状の（又は上側と下側の）流体チャンネル 404a, 404b を画定する。クライオスタット 402 は、超伝導素子 410 を収容するためのチャンバー 408 を画定する外側壁 406 を有する。超伝導素子 410 は、環状形状とすることができ、その場合、チャンバー 408 も同様の形状とされる。チャンバー 408 は、超伝導素子 410 を外側壁 406 から熱的に離隔するために抜気又は断熱処理することができる。超伝導素子 410 は、別個の冷却源 412 に熱的にリンクされている。（図 13 では、超伝導素子 410 も、冷却源 412 も図式的に示されている。）このクライオスタット 402 は、図 9 に示された第 3 実施形態に関連して上述したクライオスタット多くの点で類似しており、同様な、多少向きを変えただけの構成を用いている。

【0101】

超伝導素子 410 のための環状チャンバー 408 を形成する壁 406 は、室温の孔又は開口部 414 を画定し、開口部 414 内に原動デバイスの一部分、例えば少なくとも 2 つの駆動磁石を担持した軸 416 の一端を挿入することができる。図 13 に示された例では、原動デバイスは、3 つの駆動磁石 418a, 418b, 418c を含むものとして示されており、そのうちの 1 つは、じく 416 の回転軸線と整列している。軸 416 の他端は、該軸を、従って駆動磁石 418a, 418b, 418c を回転させるモータに連結される。駆動磁石 418a, 418b, 418c は、軸 416 に直接結合してもよく、あるいは、不活性マトリックス材 M に埋設又は取り付けてもよい。

【0102】

磁気軸受 420 は、クライオスタット 402 の外側壁 406 に近接してパイプ 403 内に配置される。磁気軸受 420 は、超伝導素子 410 にサイズ及び形状において対応する浮上磁石 422 と、超伝導素子 410 の駆動磁石 418a, 418b, 418c に対応する被駆動磁石 424a, 424b, 424c を含む。浮上磁石 422 及び被駆動磁石 424a, 424b, 424c は、マトリックス材 M に取り付けられるか、マトリックス材 M 内に埋設される。マトリックス材 M は、所望のポンプ送り又は混合作用を発揮する 1 つ又は複数のブレード B をも支持することができる。

【0103】

作動において、モータが軸 416 を回転させて回転運動を駆動磁石 418a, 418b, 418c に伝達する。これらの駆動磁石 418a, 418b, 418c と反対極性の被駆動磁石 424a, 424b, 424c との間に磁気結合が形成される結果として、磁気軸受 420 が流体 F 内で回転される。それと同時に、磁気軸受 420 は、超伝導素子 410 と浮上磁石 422 との間にピン止め力が創生される結果として、流体 F 内に磁力によって懸架された状態に保持される。この作動は、第 3 実施形態に関連して上述したのと実質的に同じであるから、これ以上は説明しない。

【0104】

いろいろな随意選択としての改変が、ある種の状況下においては、上述した本発明の各システムのセットアップ又は性能を高めることがあり、あるいは、それらのシステムを特定の用途、目的又はアプリケーションに適合させることができる。先に述べたように、ポンプ送り又は混合作用を受ける流体を保持するための使い捨て容器は、可撓袋の形とすることもできる。そのような可撓袋 500 の一例が、磁気軸受 502 を浮上させるための図 5 のシステム 100 と連携するものとして図 14 に示されている。袋 500 は、試用のため

に販売する前に袋の中に流体Fと磁気軸受502（上述した幾つかのタイプの磁気軸受の1つ又はその均等物であってよい）を入れて密封しておいてもよく、あるいは、流体と磁気軸受を袋内へ導入し、後に袋から回収することができるようにする密封自在の（又は再密封自在の）開口を有するものとすることもできる。

【0105】

磁気軸受502と、袋500（恒久的に密封されたものであれ、再密封自在のものであれ）は、いずれも、プラスチックのような安価な、使い捨て可能な材料で製造することができる。従って、両者は、ポンプ送り又は混合作業が完了し、流体Fが回収された後、そのまま廃棄することができる。又、可撓袋500の垂直方向の寸法（高さ）は、その中に保持される流体Fの容積によって規定される。従って、磁気軸受502を収容した可撓袋500を超伝導素子106に近接したクライオスタット、テーブルT又はその他の支持構造体の表面上に直接設置することに代えて、可撓袋500を別個の剛性又は半剛性の容器（図示せず）内に挿入することも可能である。この構成は、流体Fが、磁気軸受を袋500に接触することなく自由に回転させるのに十分な垂直方向の寸法を袋500に与えるのを助成する。あるいは別法として、可撓袋500には、磁気軸受の回転を妨害することなく該袋の剛性を高めるために内側又は外側補強材（図示せず）を設けることもできる。

【0106】

磁気軸受502が流体と共に、又は流体なしで袋500内に予めパッケージされている場合、磁気軸受が近接する磁石又はその他の金属製構造物に偶発的に結合してしまうことがある。この結合を破ろうとすると、袋がパンクしたり、避けたり、その他の何らかの損傷を受けやすい。従って、特に、袋500が、その製造中、中に磁気軸受502を入れて密封される場合、図14aに示されるように、磁性材等で形成された結合部材522を有するアタッチメント、カバー又はそれに類するデバイスを袋500に隣接して設置することが望ましい。この結合部材522は、アタッチメント520が所定位置に置かれると、磁気軸受502に吸着し、該軸受との間に磁気結合を形成する。この結合の結果として、磁気軸受502は、近接する袋内の磁石やその他の磁気構造物と結合するのを防止される。アタッチメント520は、ゴムなどの非磁性材で製造すべきである。結合部材522は、磁気軸受502によって創生される磁界を遮蔽する。袋500と磁気軸受502を含む組立体を使用するときは、単にアタッチメント520を袋500から外して、磁気軸受502と結合部材522との磁気結合を破ればよい。

【0107】

上述したどのシステムにおいても、ポンプ送り又は混合作用は、基本的には局部化される。そのような局部的なポンプ送り又は混合作用は、容器が磁気軸受に比して比較的大きいような場合、望ましくない場合がある。この問題を解決するために、ポンプ送り又は混合作用を行うのに用いられる特定のシステムに、超伝導素子を物理的に移動させて（超伝導素子は同時に回転されていてもよい）、浮上磁気軸受を超伝導素子の移動経路に追従させるための原動デバイスを設けることができる。

【0108】

図14bを参照すると、そのための機構の1例が、図5のシステム100と図14の可撓袋500とを組み合わせた構成に使用されるものとして示されている。この例では、システム100は、クライオスタット102の第1部分102a（軸受120と、無端ベルト128と、モータ131と、軸と、プーリを含むものとする）と、冷却源541を回転駆動するための第1原動デバイス540の他に、第2原動デバイス542を含むものとする。第2原動デバイス542（図14bでは点線の輪郭線で図式的に示されている）は、クライオスタット102の第1部分102aを、従って超伝導素子106を直線的に左右に（図14bの動作矢印Lを参照）移動させることができる。かくして、磁気軸受502を浮上させ回転させることに加えて、袋500又は流体を収容したその他の容器を左右に移動させることができる。これによって、非局部的ポンプ送り又は混合作用を得ることができる。第2原動デバイス542は、クライオスタットの第1部分102a（又は、図9の実施形態におけるようにクライオスタット全体）、超伝導素子

106 (又は、図9の実施形態におけるように磁気軸受502)を回転させるための第1原動デバイス540、及び冷却源541(図9に示されるようにクライオスタットの一部分を構成するもの、又は、図2に示されるように全く別個の構成部品であってもよい)等のすべての所要部品を支持するためのプラットフォーム(図示せず)のような支持構造体を含むものとすることができる。又、第2原動デバイス542は、直線運動デバイスとする代わりに、超伝導素子を袋500又は他の容器の固定位置に対して円形又は楕円形のパターンに、あるいは、回転する磁気軸受502によって提供される全体的混合又はポンプ送り作用を高める他の任意の方向に移動させるものとすることができる。又、混合又はポンプ送り作用を更に高めるために、袋500又は容器を別途に回転又は移動させることもできる(図3の上述した実施形態参照)。

10

【0109】

上述した各システムに用いられる磁気軸受は、その特定のシステムにとって適正に適合させ、かつ、適正なサイズとすることも重要である。その目的のために、磁気軸受と容器のどちらか一方に信号を発生するための発信器を設け、その信号を受け取るための受信器をシステムに(例えば、超伝導素子に近接した位置又はその他の位置に)設けるか、反対に、発信器をシステムに設け、受信器を磁気軸受と容器のどちらか一方に設けることもできる。そのような構成の1例が、図14に示されている。この例では、発信器550が磁気軸受502自体に設けられ、受信器560がクライオスタット102内に設けられている(図14aでは、発信器550又は受信器560が容器として機能する可撓袋に設けられている)。その場合、発信器550と受信器560が互いに通信するまで(即ち、発信器550が受信器560によって受信される適正な信号を発信するまで)磁気軸受502を回転させるシステムを不作動即ち「ロックアウト」状態に維持するために、システムのための制御器、例えばコンピュータ(図示せず)又はその他の論理デバイスを用いることができる。使用される発信器/受信器や、電磁式、超音波式、光式又はその他の任意のワイヤレス又は遠隔発信及び受信デバイス等の斯界において周知の任意のタイプのものであってよい。

20

【0110】

本発明の更に他の側面によれば、上述した各システムのセットアップを容易にするためのキットが提供される。本明細書並びに本出願人の先行出願に略述されているように、ある磁界を創生する永久磁石に浮上を誘導するためには、現場での冷却中それと同じ磁界の存在下で超伝導素子とその転移温度以下にまで冷却することが必要とされる。この冷却工程が超伝導素子にその磁界を「記憶」させ、それによって、磁気軸受又は追加の磁石が超伝導素子の上に置かれるたびに所望の浮上を該磁気軸受内に誘導する。現場冷却中に磁界を創生するために磁気軸受自体を用いることも可能であるが、磁気軸受は多くの場合容器内に予め密封されている。そのため、現場冷却中に磁石を超伝導素子に適正に整列させ、超伝導素子から適正に離隔させることは不可能ではないにしても、困難である。

30

【0111】

この問題を克服するために、図15に示される本発明のキットは、上述したポンプ送り又は混合システムの1つに使用するために設計された特定の磁気軸受内に収容された浮上磁石と同一のサイズ、形状及び磁界分布を有する少なくとも1つの充電磁石600を含むものとする。この充電磁石600は、冷却中超伝導素子602に近接した位置に、例えば超伝導素子を囲繞するクライオスタット604又はテーブル(図示せず)又は他のチャンパーの上面上に設置する。図に示されるように、充電磁石600は、スペーサ606を含むものとする。このスペーサ606は、充電磁石600が、磁気軸受(図示せず)を現場冷却中超伝導素子602の上方に浮上させるべき離隔距離に位置づけするのを可能にする。それによって、浮上させるべき実際の磁気軸受を収容した容器を所定位置に設置したとき、該磁気軸受の所望の浮上高さが得られるのを保証する。スペーサ606は、充電工程に干渉するのを回避するために非磁性材料で形成される。このキットにいろいろな異なるサイズ、形状及び形態の充電磁石(例えば、環状の磁石)を用意することによって、磁気軸受内のどのようなサイズ又は形状の浮上磁石にも適合するように超伝導素子現場

40

50

冷却を容易に実施することが可能であり、超伝導素子の転移温度以下までの冷却が完了したならば、充電磁石 600 を取り外し、それに代えて対応する磁気軸受を収容した容器（図示せず）を超伝導素子 602 の上方に設置すればよく、それによって磁気軸受に所望の安定した信頼しうる浮上を誘導することができる。

【0112】

現場冷却中、充電磁界を創生するために磁気軸受（図示せず）又は別個の充電磁石 600 のいずれが用いられるかに関係なく、例えば磁気軸受又は充電磁石 600 の位置が冷却中適正な位置でなかった場合のように、超伝導素子 602 内に望ましくない磁束を誘導することがある。その場合、不適正な充電が、磁気軸受が安定した態様で浮上するのを妨害することがあるので、超伝導素子 602 を「再充電」する必要がある。超伝導素子のこの再充電を容易にするために、超伝導素子に電気加熱コイルのような加熱器 H を設けることができる。電源 P 又はその他の電流源（図示せず）を用いてこのコイルを付勢することによって、超伝導素子 602 をその転移温度から再充電のための温度にまで迅速に昇温させることができる。図 15 に図式的に示されているように、電源 P は、クライオスタット 604 の外部に配置することが好ましい。磁気軸受又は充電磁石 600 の位置が調整又は修正されたならば、加熱器 H をオフにして超伝導素子 602 を所望の磁界の存在下で再度転移温度にまで冷却させることができる。

【0113】

以上要約すれば、本発明は、回転されたとき流体をポンプ送り又は混合する働きをする磁気軸受を浮上させるために超伝導技術を用いる、又は、超伝導技術の使用を容易にする多数のシステム 10、100、200、300、並びに、それらのシステムの変型、及び、それらのシステムに関連する方法を提供する。1つのシステム 10 においては、磁気軸受 14 は、超伝導素子 20 を収容するための外側壁又はその他のハウジング 18 を有するクライオスタット 12 の外部に配置された流体容器 16 内に設置される。超伝導素子 20 に熱的にリンクされた別個の冷却源 24（図 1 及び 3 の極低温チャンバー 26 又は図 2 の冷凍機 48）が、所望の超伝導効果を創生し、磁気軸受 14 に浮上を誘導するための所要の冷却を与える。磁気軸受は流体 F 内で浮上するので、混合又は攪拌ロッドを容器の壁を貫通して延長させる必要がなく、従って、そのようなロッドのための動的軸受又はシールを設ける必要がない。

【0114】

更に、クライオスタット 12 の外側壁 18 又はその他のハウジングは、超伝導素子 20 を流体 F 及び磁気軸受 14 を収容した容器 16 から熱的に隔絶し離隔させるチャンバー 25 を画定する。この熱的隔絶は、チャンバー 25 を抜気するか、チャンバー 25 に断熱材を充填することによって与えられる。この熱的隔絶及び離隔のお陰で、超伝導素子 20 を容器 16 及び磁気軸受 14 に隣接した外側壁又はハウジング 18 に密に近接させて配置することができ、それによって、磁気軸受 14 と超伝導素子 20 との間の離隔間隔即ち間隙を大幅に縮減することができる。それによって、浮上する磁気軸受 14 の磁気剛性及び負荷容量を高め、磁気軸受を粘性の流体又は比較的大容量の流体に使用するのに適したものとすることができる。

【0115】

磁気軸受と超伝導素子との間の離隔間隔が縮減された結果として得られる極めて安定した磁気軸受の浮上は、又、回転する磁気軸受と容器の底壁又は側壁に接触するおそれを大幅に少なくする。このため、この構成は、剪断応力又は摩擦熱の作用に敏感な流体に使用するのに特に適する。しかも、超伝導素子 20 は、容器 16 から実質的に熱的に隔絶され離隔されるので、磁気軸受 14 及び容器内に収容された流体 F を冷却源 24 によって創生される低温から遮蔽することができ、所望の超伝導効果を創生し、その結果としての磁気軸受の所望の浮上を達成する。この構成は、温度感受性流体を混合又はポンプ送りすることを可能にする。流体 F 内に浮上する磁気軸受 14 を回転及び、又は安定化するために容器 16 の外部に設けた手段、例えば磁気軸受 14 に結合された 1 つ又は複数の回転駆動磁石を用いることによって、所望のポンプ送り又は混合作用が提供される。

【 0 1 1 6 】

本発明は、又、所要の原動力が容器の、超伝導素子が配置されている側と同じ側から提供されるようにした実施形態の流体ポンプ送り又は混合システム 1 0 0 , 2 0 0 を提供し、更に、パイプ等の形とした容器内に配置されたインライン式磁気軸受を回転させるためのシステム 3 0 0 , 4 0 0 を提供する。

【 0 1 1 7 】

本発明のいろいろな実施形態の上記の記載は、例示及び説明の目的でなされたものであり、この記載は、本発明をそこに開示された形態に厳密に限定することを企図したものではない。上記の教示に鑑みているいろいろな改変や変更が可能である。ここに説明された実施形態は、本発明の原理とその実用的用途の好適な例示であり、それによって、当業者が本発明をいろいろな実施形態及びその変型形態で利用することができ、企図した特定の用途に適用することができるようにする。そのようなすべての改変及び変型は、本出願の請求項によって規定される本発明の範囲内であることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は、流体を容器内で混合するために浮上磁気軸受を外部駆動装置又は駆動磁石によって回転し、冷却源を、寒剤を保持したクライオスタットの外側壁によって画定された別個の冷却チャンバーとした本発明のシステムの一実施形態の部分断面図であり、一部を破除し、一部を概略図で示す。

【図 2】 図 2 は、流体を超伝導素子のためのハウジングに隣接して配置された容器を通してポンプ送りするために回転する浮上磁気軸受を使用し、冷却源を閉サイクル冷凍機とした本発明の別の実施形態の拡大断面図であり、一部を切除し、一部を概略図で示す。

【図 3】 図 3 は、超伝導素子と、容器と、磁気軸受と、駆動磁石を軸方向に整列させて配置するが、超伝導素子、磁気軸受及び駆動磁石を容器の垂直中心軸線に対して偏心位置で回転及び移動させる構成とした、本発明の第 1 実施形態のシステムの部分断面図であり、一部を破除し、一部を概略図で示す。

【図 4 a】 図 4 a は、本発明の好ましい実施形態の磁気軸受の極めて高い回転安定性が要求される状況下で用いられる駆動磁石の底面図である。

【図 4 b】 図 4 b は、図 4 a の駆動磁石が磁気軸受の一部を構成すると同様の構成の第 2 永久磁石に磁気結合されていることを示す本発明のシステムの部分断面図であり、一部を破除し、一部を概略図で示す。

【図 4 c】 図 4 c は、軸受の浮上を助成する、空気等の周囲流体より軽い物質を保持するための複数のチャンバーを有する軸受を備えたポンプ送り又は混合システムの一変型実施形態の部分断面図であり、一部を切除し、一部を概略図で示す。

【図 5】 図 5 は、熱的に隔絶された低温超伝導素子によって浮上せしめられる磁気軸受を使用し、磁気軸受を容器内で回転させるための原動力が超伝導素子自体を回転させることによって得られるようにした本発明のポンプ送り又は混合システムの変型実施形態の部分断面図であり、一部を破除し、一部を概略図で示す。

【図 6 a】 図 6 a は、回転する超伝導素子によって駆動することができる浮上磁気軸受の一変型例の上からみた概略平面図である。

【図 6 b】 図 6 b は、図 6 a の磁気軸受が 2 つの構成部片で構成された回転する超伝導素子の上方に浮上しているところを示す概略側面図である。

【図 7】 図 7 は、容器を遠心ポンプ送りヘッドの形とし、遠心ポンプ送りヘッドの入口から出口へ流体をポンプ送りするための浮上する回転磁気軸受を備えた変型例を示す一部破除された、一部断面による概略側面図である。

【図 8 a】 図 8 a は、比較的狭い開口を有する容器に使用するために特に適合された磁気軸受の変型例を示す透視図である。

【図 8 b】 図 8 b は、比較的狭い開口を有する容器に使用するために特に適合された磁気軸受の別の変型例を示す透視図である。

【図 8 c】 図 8 c は、図 8 b の磁気軸受が容器の狭い開口に挿入するために半ば折り畳まれた状態にあるところを示す概略透視図である。

10

20

30

40

50

【図 9】 図 9 は、別個の浮上磁石と被駆動磁石を同じ薄型磁気軸受上に担持させ、磁気軸受に対する浮上力は、熱的に隔絶された超伝導素子によって与えられ、磁気軸受の回転運動は、回転軸に結合され、超伝導素子を保持するための抜気又は断熱処理されたチャンバーの開口内に配置された駆動磁石を含む原動デバイスによって与えられるようにした本発明のポンプ送り又は混合システムの第 2 実施形態の部分断面図であり、一部を破除し、一部を概略図で示す。

【図 9 a】 図 9 a は、図 9 のシステムに用いるための磁気軸受の一実施形態の上面図又は底面図である。

【図 9 b】 図 9 b は、図 9 及び 9 a の磁気軸受が超伝導素子の上方に浮上しているところを示す部分断面図であり、被駆動磁石が所望の回転運動を創生するために対応する駆動磁石に結合される態様を示す。

10

【図 10】 図 10 は、図 9 の実施形態のポンプ送り又は混合システムと連携して用いるためのクライオスタットの好ましいバージョンの上面図である。

【図 11】 図 11 は、図 9 の実施形態のポンプ送り又は混合システムと連携して用いるための遠心ポンプ送りヘッドの一部破除された、一部断面による側面図である。

【図 12】 図 12 は、本発明のポンプ送り又は混合システムの更に別の変型実施形態の一部断面による概略側面図である。

【図 12 a】 図 12 a は、図 12 の線 12 a - 12 a に沿ってみた断面図である。

【図 12 b】 図 12 b は、図 12 の線 12 b - 12 b に沿ってみた断面図である。

【図 12 c】 図 12 c は、図 12 の実施形態の断面図であるが、原動デバイスが電界を発生して磁気軸受を回転させる電流を受け取るために容器の周りに巻装された巻線の形とされた例を示す。

20

【図 13】 図 13 は、図 9 の実施形態と幾つかの点で類似しているが、インライン用の浮上磁気軸受の一実施形態を示す部分断面図である。

【図 14】 図 14 は、流体を混合するために磁気軸受を担持した密封可撓袋を使用する態様を示すとともに、このシステムと組み合わせて適正な軸受が用いられることを保証するために発信器と受信器を用いる態様の一例を示す一部断面による、一部を破除された拡大部分側面図である。

【図 14 a】 図 14 a は、磁気軸受に結合するための結合器を含むアタッチメントを示す一部断面による、一部を破除された拡大部分側面図である。

30

【図 14 b】 図 14 b は、図 14 のシステムにおいて、超伝導素子を、従って磁気軸受を容器内で左右に移動させるための直線運動デバイスのような第 2 原動デバイスを示す一部断面による、一部を破除された拡大部分側面図である。

【図 15】 図 15 は、転移温度にまで冷却される超伝導素子を充電するのに用いるためのキットの一部を構成することができる、スペーサを含む充電磁石と、超伝導素子を再充電のためにその転移温度以上の温度にまで加熱するための加熱器を示す一部断面による拡大部分側面図である。

【符号の説明】

10 ポンプ送り又は混合システム

12 クライオスタット

40

14 磁気軸受

16 容器

18ハウジング、壁、外側壁

20 超伝導素子

22 ロッド、円筒形ロッド

24 冷却源

25 チャンバー、液体窒素チャンバー

25 真空チャンバー

26 チャンバー、冷却チャンバー、極低温チャンバー

28 壁、外側壁

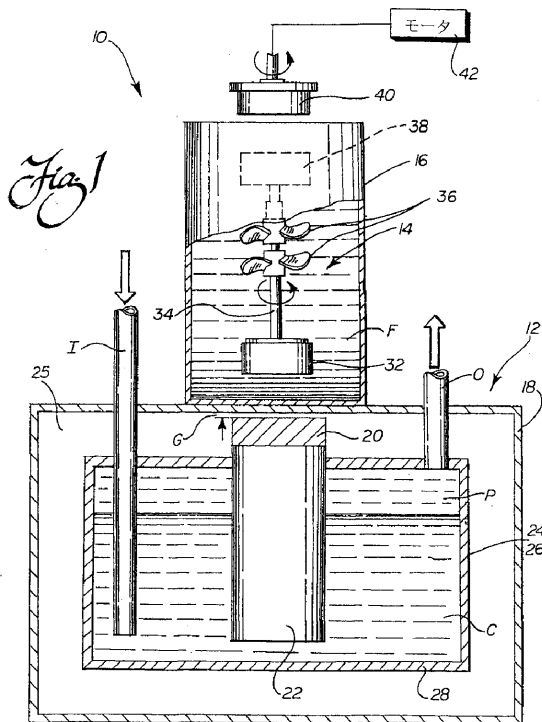
50

3 2 , 3 8	永久磁石	
3 4	支持軸、軸	
3 6	インペラブレード、インペラ組立体	
4 0	駆動磁石	
4 2	モータ、電気モータ	
4 4	入口	
4 6	出口	
4 8	冷却源、閉サイクル冷凍機	
5 0 a , 5 0 b	サブ磁石	
6 0	チャンバー	10
1 0 0	ポンプ送り又は混合システム	
1 0 2	クライオスタット	
1 0 2 a	構成部品、部分	
1 0 2 b	構成部品、部分	
1 0 4	チャンバー	
1 0 4	壁、外側壁	
1 0 6	ディスク形超伝導素子、超伝導素子	
1 0 6 a , 1 0 6 b	超伝導素子	
1 0 8	チャンバー	
1 1 0	冷却源	20
1 1 2	弁	
1 1 4	ゲッター	
1 1 6	プラットホーム	
1 1 8	熱的リンク	
1 1 9	冷却容器	
1 2 0	ローラ軸受組立体、ローラ軸受、軸受	
1 2 4	軸受ハウジング	
1 2 6	支持構造体	
1 2 8	無端ベルト	
1 2 9	プーリ	30
1 3 0	軸	
1 3 1	モータ	
1 3 2	容器	
1 3 4	ディスク形磁気軸受、磁気軸受	
1 3 4 a , 1 3 4 b	磁気軸受	
1 3 4 , 1 3 4 a , 1 3 4 b	軸受	
1 3 5 a , 1 3 5 b	永久磁石、被駆動磁石	
1 5 0	ポンプ送り又は混合ヘッド、チャンバー	
1 5 4	入口	
1 5 6	出口	40
1 5 8	磁気軸受	
1 6 0 a , 1 6 0 b	永久磁石、磁石	
1 8 0	ロッド	
2 0 0	ポンプ送り又は混合システム	
2 0 2	容器	
2 0 4	磁気軸受	
2 0 6	リング形永久磁石、磁石	
2 0 8 a , 2 0 8 b	被駆動磁石	
2 1 0	リング形超伝導素子、環状超伝導素子	
2 1 0	超伝導素子	50

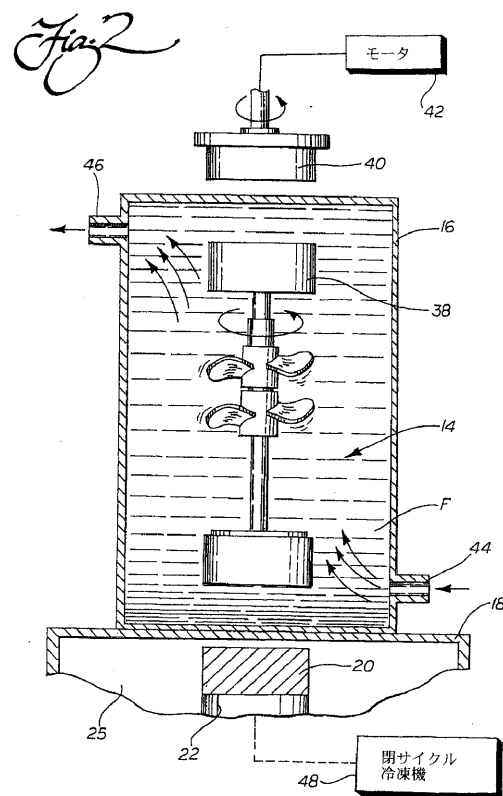
2 1 2 a , 2 1 2 b	駆動磁石	
2 1 4	軸	
2 1 6	モータ	
2 1 9	孔	
2 2 0	クライオスタット	
2 2 1	冷却源	
2 2 2	チャンバー、二重壁容器、容器	
2 2 3 , 2 3 5 , 2 3 6	チャンバー	
2 2 4	チャンバー、懸架チャンバー	
2 2 6	ポート	10
2 2 8	熱的リンク	
2 3 0	プラットホーム、リング形プラットホーム	
2 3 0	直接プラットホーム	
2 3 2	開放チャンネル、チャンネル、熱的リンク	
2 3 4 , 2 3 6	チャンバー	
2 3 5 , 2 3 7	チャンバー	
2 4 0	開口部	
2 5 0	遠心ポンプ送りヘッド	
2 5 2	磁気軸受	
2 5 4	入口	20
2 5 6	出口	
2 5 8 a , 2 5 8 b	被駆動磁石	
2 6 0	浮上磁石	
3 0 0	インライン式ポンプ送り又は混合システム	
3 0 2	磁気軸受	
3 0 4	パイプ	
3 0 5 a , 3 0 5 b	浮上磁石、磁石	
3 0 6	軸	
3 0 8 a , 3 0 8 b . . . 3 0 8 n	サブ磁石	
3 0 8	被駆動磁石	30
3 0 8 a , 3 0 8 b	被駆動磁石	
3 1 0 a , 3 1 0 b	クライオスタット	
3 1 2 a , 3 1 2 b	環状超伝導素子	
3 1 4 a	チャンバー	
3 1 6 a	プラットホーム	
3 1 8	冷却源	
3 2 0	駆動磁石組立体、磁気駆動組立体	
3 2 0 a , 3 2 0 b . . . 3 2 0 n	駆動磁石	
3 2 2	軸受	
3 2 4	無端ベルト	40
3 2 6	巻線	
3 2 8	電源	
4 0 0	インライン式ポンプ送り又は混合システム	
4 0 2	クライオスタット	
4 0 3	パイプ	
4 0 4 a , 4 0 4 b	流体チャンネル	
4 0 6	壁、外側壁	
4 0 8	環状チャンバー	
4 1 0	超伝導素子	
4 1 2	冷却源	50

4 1 4	開口部	
4 1 6	軸	
4 1 8 a , 4 1 8 b , 4 1 8 c	駆動磁石	
4 2 0	磁気軸受	
4 2 2	浮上磁石	
4 2 4 a , 4 2 4 b , 4 2 4 c	被駆動磁石	
5 0 0	可撓袋、袋	
5 0 2	磁気軸受	
5 0 6	スペーサ	
5 2 0	アタッチメント	10
5 2 2	結合部材	
5 4 0	原動デバイス	
5 4 1	冷却源	
5 4 2	原動デバイス	
5 5 0	発信器	
5 6 0	受信器	
6 0 0	充電磁石	
6 0 2	超伝導素子	
6 0 4	クライオスタット	
6 0 6	スペーサ	20
B	ブレード、混合ブレード	
C	液体寒剤。寒剤	
F	流体	
G	間隙	
H	加熱器	
I	入口管	
M	モータ	
M	不活性マトリックス材、マトリックス材	
O	出口管、排気出口管	
P	蒸気	30
P	電源	
T	テーブル、支持表面	
V	ベーン	
W	ブーリ	

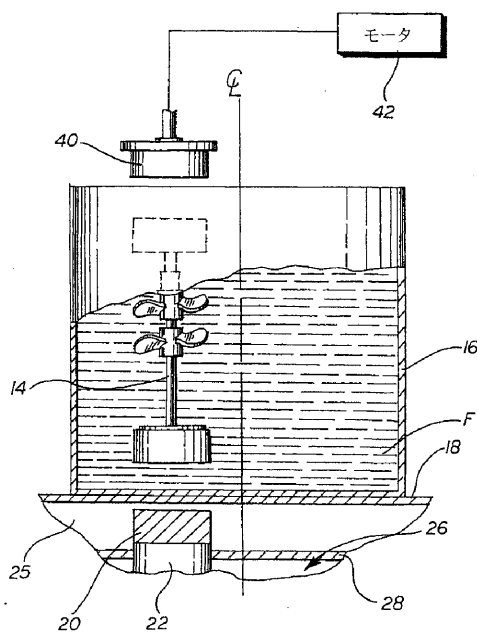
【 図 1 】



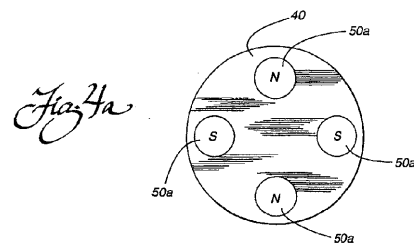
【 図 2 】



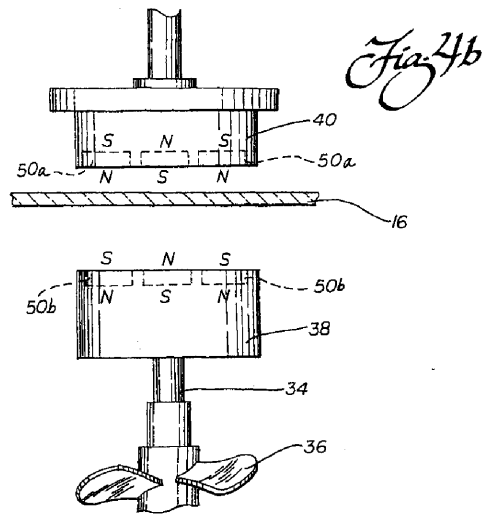
【圖 3】



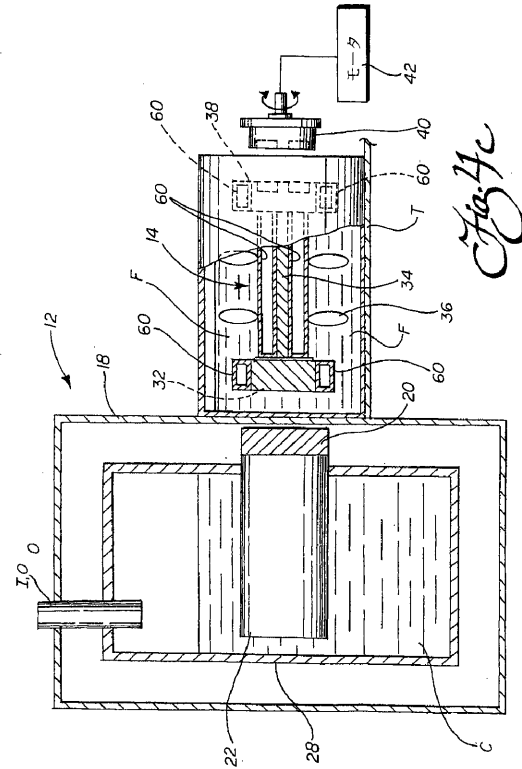
【 図 4 a 】



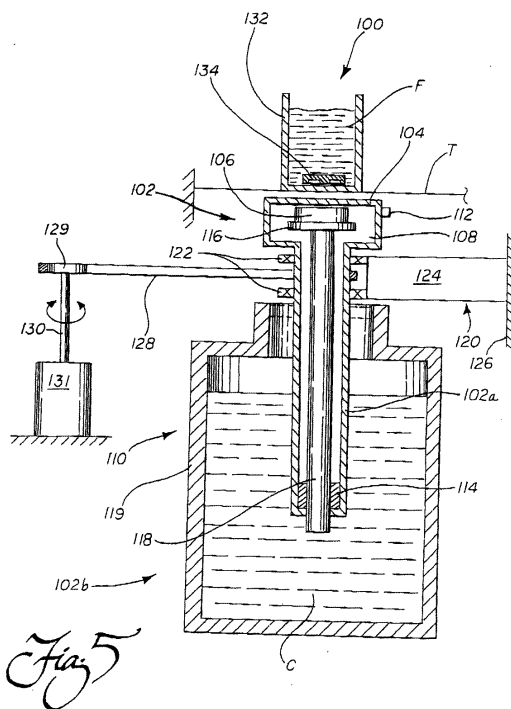
【図 4 b】



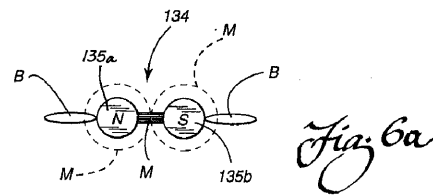
【図 4 c】



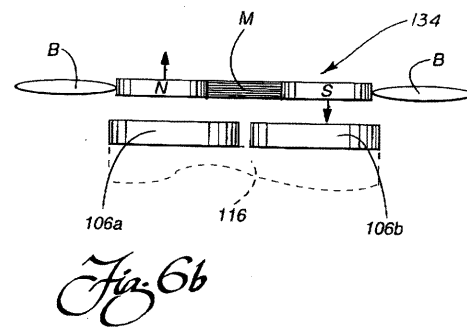
【図 5】



【図 6 a】



【図 6 b】



【図 7】

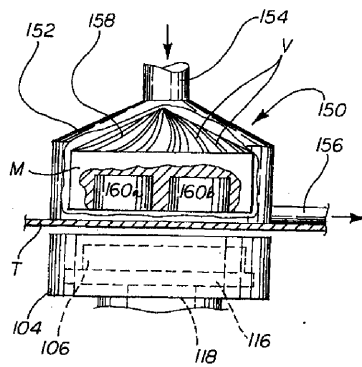


Fig. 7

【図 8 a】

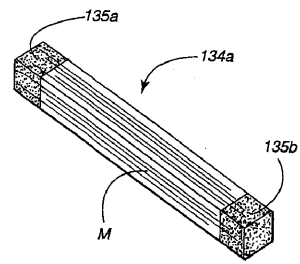


Fig. 8a

【図 8 b】

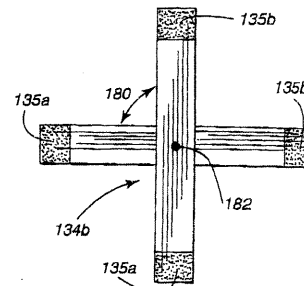


Fig. 8b

【図 8 c】

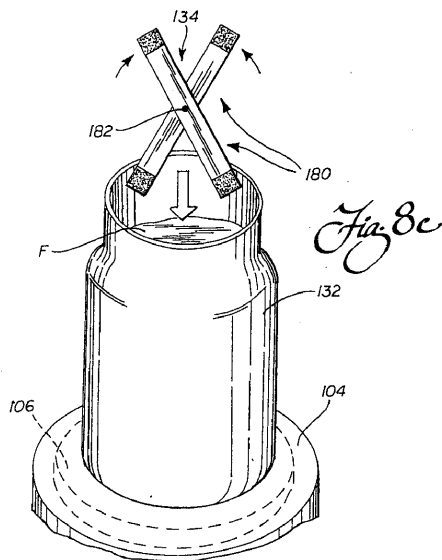


Fig. 8c

【図 9】

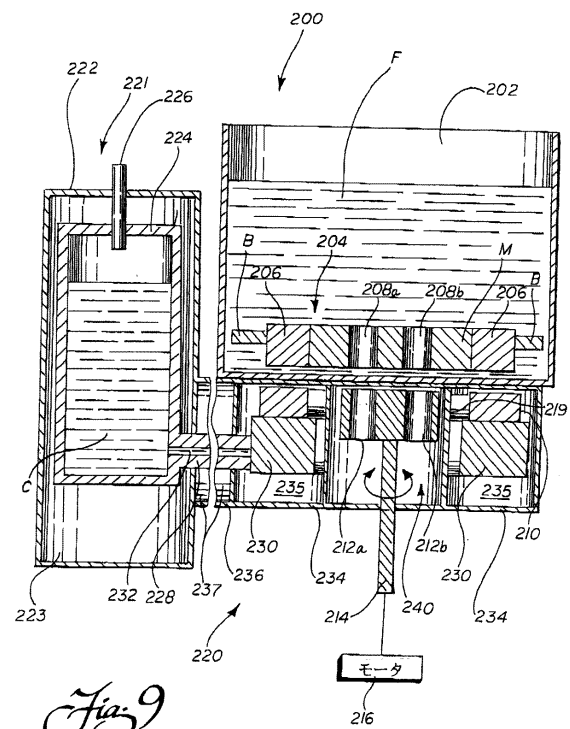
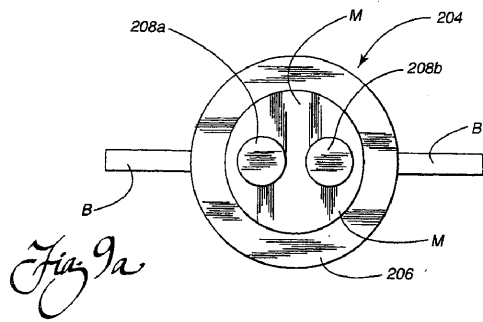
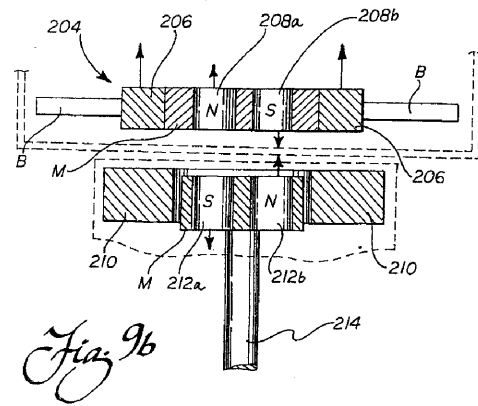


Fig. 9

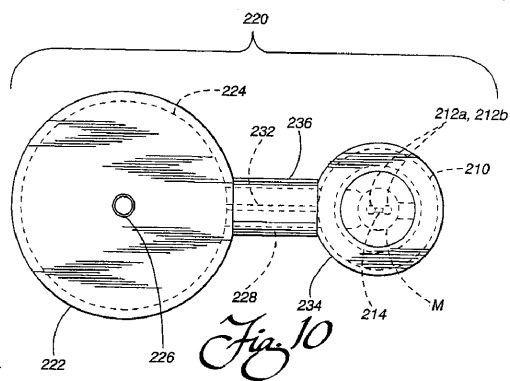
【図 9 a】



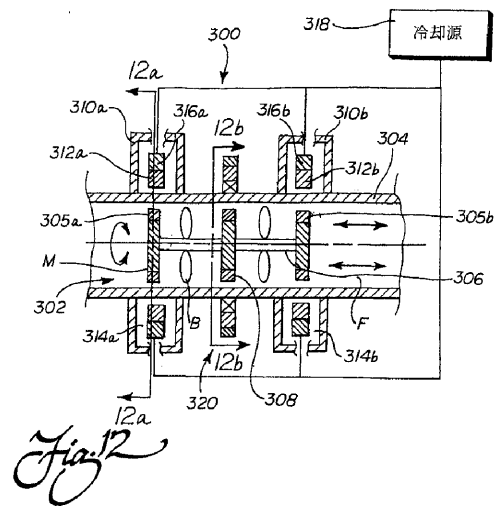
【図 9 b】



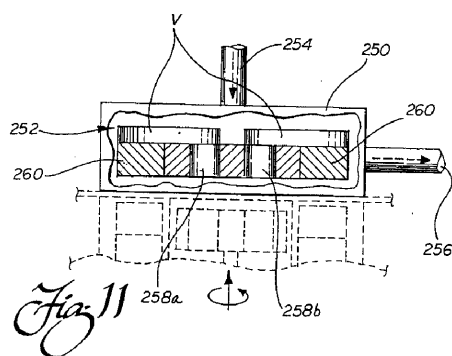
【図 10】



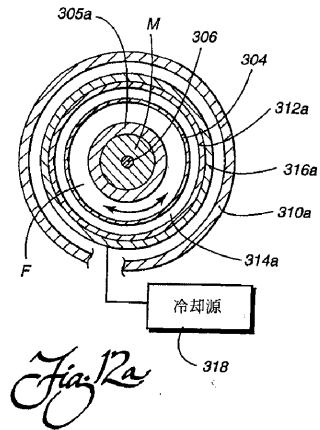
【図 12】



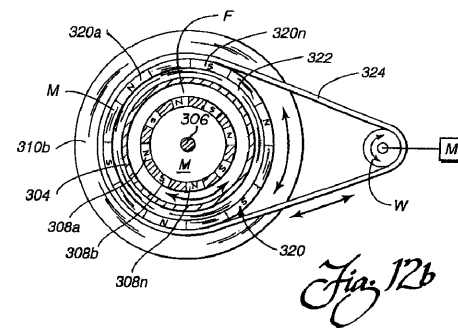
【図 11】



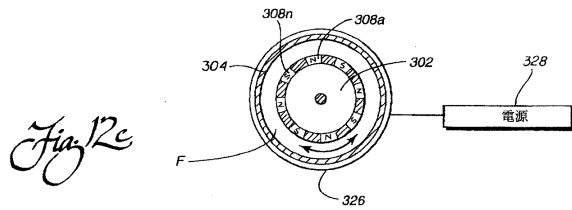
【図12a】



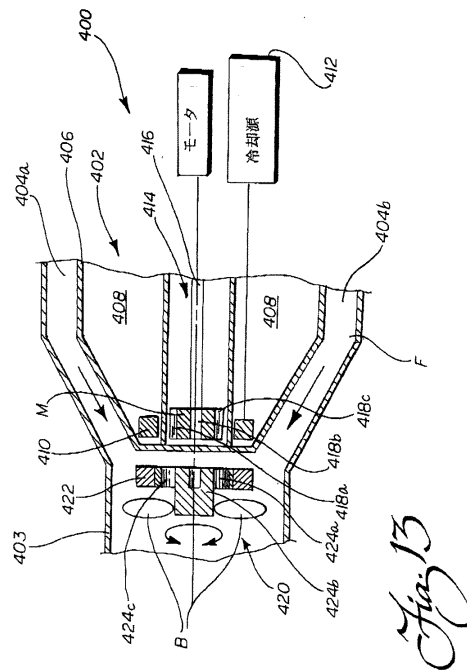
【図12b】



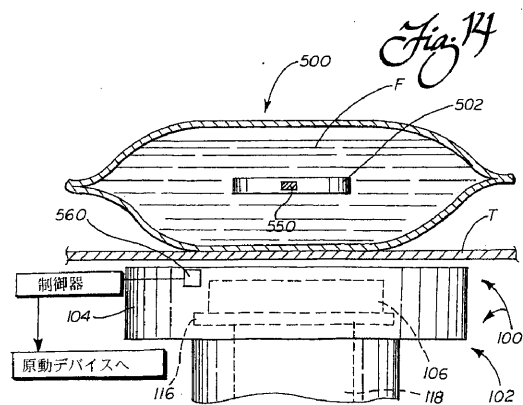
【図12c】



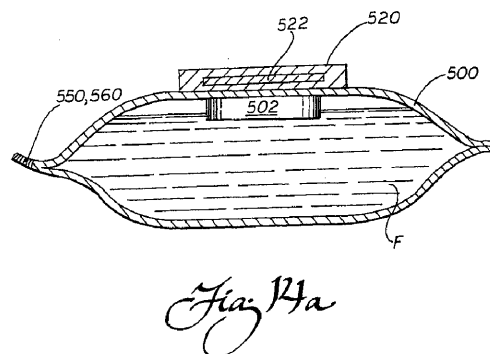
【図13】



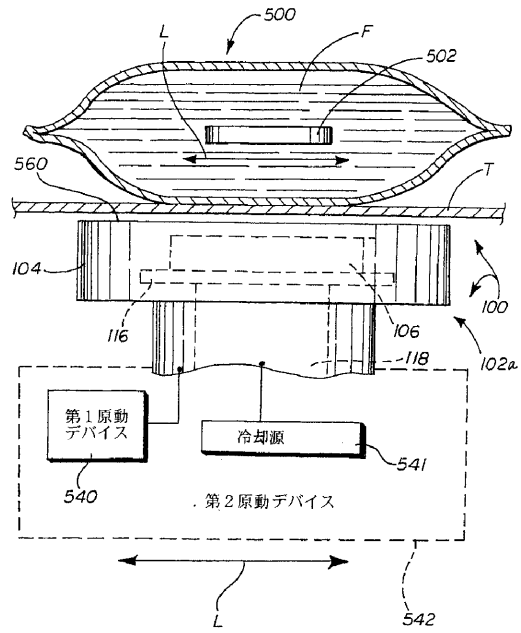
【図14】



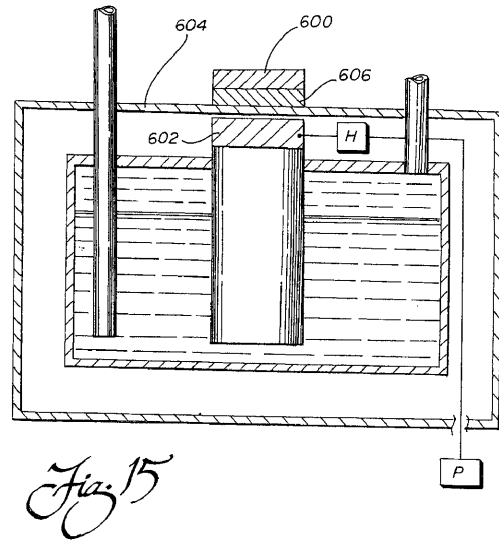
【図14a】



【図14b】



【図15】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
F 1 6 C	32/04	(2006.01)	F 1 6 C 32/04 Z
F 2 5 B	9/00	(2006.01)	F 2 5 B 9/00 F

(72)発明者 テレンティープ,アレクサンドル,エヌ.
 アメリカ合衆国 ケンタッキー州 4 0 5 1 5 , レキシントン, スプリングクリーク ドライブ
 4 6 8 8

審査官 正山 旭

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 39/04
 F04D 13/02
 F04D 29/046
 F04D 29/058
 F04D 29/58
 F16C 32/04
 F25B 9/00