



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 20 355 T2** 2006.02.16

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 981 691 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 20 355.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/05048**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 911 203.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/046509**

(86) PCT-Anmeldetag: **09.03.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **16.09.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **22.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F04D 19/04** (2006.01)
F04D 17/16 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
37744 10.03.1998 US

(73) Patentinhaber:
Varian, Inc., Palo Alto, Calif., US

(74) Vertreter:
Kahler, Käck & Mollekopf, 86899 Landsberg

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, IT, LI

(72) Erfinder:
CASARO, Fausto, I-10141 Torino, IT; HAWKINS, Larry, Torrance, US; McMULLEN, Patrick, Torrance, US; MEEKS, Crawford, Calabasas, US; O'LEARY, Don, Blarney, County Cork, IE

(54) Bezeichnung: **VAKUUMPUMPE MIT FANGLAGERANORDNUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einer Fanglageranordnung und insbesondere eine solche Pumpe mit einer Anordnung, die mit einem thermischen Kompensator und einem Axialpositionssensor versehen ist.

[0002] Eine Vakuumpumpe wie z.B. eine Turbomolekularpumpe, die typischerweise eine Rotoranordnung mit integralen Rotorscheiben und einen Pumpenkörper mit integralen Statorringen aufweist, ist im US-Patent 5 238 362 beschrieben. Wenn ein solcher Turbomolekularpumpenrotor durch Magnetlager abgestützt ist, kann er vorzugsweise mit Fanglagern versehen sein, die ermöglichen, dass der Rotor sicher die Drehung verlangsamt, ohne die Pumpe zu beschädigen, wenn beispielsweise das primäre Magnetlager-Schwebesystem aufgrund eines Verlusts an elektrischer Leistung deaktiviert wird, eine Überlastung der Magnetlager oder eine Fehlfunktion der Steuerelektronik stattfindet. US A3650581 offenbart eine Vakuumpumpe mit einer Fanglageranordnung. Es ist ferner bevorzugt, eine solche Fanglageranordnung innerhalb der Antriebswelle der Rotoranordnung anzuordnen, um eine kompakte Konstruktion bereitzustellen und eine leichte Wartung zu ermöglichen, wie es im US-Patent Nr. 5 833 374 offenbart ist, das auf Varian, Inc., übertragen wurde.

[0003] Außerdem kann die durch die Vakuumpumpe erzeugte Wärme auf die Antriebswelle der Rotoranordnung übertragen werden, was eine Wärmeausdehnung verursacht. Eine solche Ausdehnung der Antriebswelle kann die Zwischenräume zwischen den Fanglageroberflächen und den Innenflächen der Antriebswelle ändern, was sich folglich auf den Eingriff der Fanglager mit der Antriebswelle auswirkt. Die Fanglageranordnung muss mögliche Änderungen der Zwischenräume kompensieren können, um eine optimale Leistung bereitzustellen, sowie ein Mittel zur Überwachung solcher Änderungen bereitstellen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Es ist daher eine Aufgabe dieser Erfindung, eine Vakuumpumpe mit einer verbesserten Fanglageranordnung bereitzustellen, die in der Lage ist, eine Beschädigung am Rotor und an den Statoren aufgrund eines Ausfalls des Primärlagersystems zu verhindern.

[0005] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Vakuumpumpe mit einer Fanglageranordnung mit einer Rotorantriebswelle und einem Primärlagersystem bereitgestellt, wobei die Fanglageranordnung umfasst:
eine axial langgestreckte Zentralwelle mit einem pro-

ximalen und einem distalen Ende;
Ringlager, die auf die Zentralwelle aufgesetzt und an dieser befestigt sind;
einen nahe dem distalen Ende der Zentralwelle angeordneten Sensor zum Erfassen der Position der Antriebswelle bezüglich der Zentralwelle;
wobei die Antriebswelle einen röhrenförmigen Hohlraum mit einem offenen Ende, Seitenwänden und einem geschlossenen Ende aufweist;
wobei die Zentralwelle und die Ringlager innerhalb des Hohlraums angeordnet sind und koaxial zur Antriebswelle angeordnet sind;
dadurch gekennzeichnet, dass die Fanglageranordnung umfasst:
einen Metallring, der am offenen Ende des Hohlraums befestigt ist, und
eine Einheit zum Einschränken der Bewegung der Ringlager entlang der Achse der Antriebswelle, wobei die Einheit an dem Metallring befestigt ist;
wobei die Seitenwände der Antriebswelle mit den Ringlagern in Reibungseingriff stehen, wenn das Primärlagersystem deaktiviert wird.

[0006] Die Fanglageranordnung der vorliegenden Erfindung kann die Konstruktionsparameter für den Eingriff der Fanglager durch Kompensieren von Änderungen des Zwischenraums zwischen einer Zentralhohlwelle, an der die Fanglager abnehmbar montiert sind, und den Innenflächen der Antriebswelle der Rotoranordnung besser aufrechterhalten. Die Anordnung der Fanglager innerhalb des röhrenförmigen Hohlraumteils der Antriebswelle ermöglicht eine leichte Abnahme und einen leichten Austausch der Fanglager ohne den Bedarf, die Magnetlager und den Antriebsmotor oder andere Pumpenkomponenten abzumontieren.

[0007] Eine Fanglageranordnung, die die vorliegende Erfindung verkörpert und mit der die obigen und weitere Aufgaben gelöst werden können, kann als ein Paar von Fanglagern, die durch einen axialen Abstandhalter getrennt sind, der auf der Außenfläche einer Zentralhohlwelle montiert ist, die innerhalb und koaxial innerhalb eines röhrenförmigen Hohlraums der Antriebswelle der Rotoranordnung angeordnet ist, einen Polymerring, der am Öffnungsende des Hohlraums angeordnet ist und als thermischer Kompensator wirkt, um den axialen Laufzwischenraum der Antriebswelle einzuschränken, und einen Positionssensor, der an der Zentralhohlwelle an ihrem Vorderende zum Überwachen eines solchen axialen Zwischenraums angebracht ist, umfassend charakterisiert werden. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Positionssensor gekennzeichnet sein als umfassend einen Lichtemitter und einen Lichtempfänger zum Erfassen des axialen Zwischenraums zwischen der Zentralhohlwelle an ihrem Vorderende, welches einer Reflexionszielfläche zugewandt ist, die am geschlossenen Ende des Hohlraums in der Antriebswelle angebracht

ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Die zugehörige Figur, die in diese Beschreibung aufgenommen ist und einen Teil von dieser bildet, ist eine schematische Seitenschnittansicht einer Fanglageranordnung, die diese Erfindung verkörpert, und dient zusammen mit der Beschreibung zum Erläutern der Prinzipien der Erfindung.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0009] Das vorstehend erwähnte US-Patent 5 238 362, herausgegeben am 24. August 1993 an Casaro et al., wird durch Bezugnahme als eine Hochvakuumpumpe mit einer bestimmten Anzahl von Pumpstufen beschreibend hierin aufgenommen, die eine Fanglageranordnung dieser Erfindung enthalten kann. Jede Stufe besteht aus einem Rotor und einem Stator, wie auf dem Fachgebiet gut bekannt ist. Die Fanglageranordnung ist als Sicherheitssystem vorgesehen, um dem Rotor zu ermöglichen, unbeschädigt die Drehung zu verlangsamen, wenn das Primärlagersystem deaktiviert wird.

[0010] Wie in der Figur gezeigt, weist die Rotorantriebswelle **10** einen hohlen, röhrenförmigen Hinterendteil, der einen Hohlraum **13** mit geschlossenem Ende bildet, wobei die Öffnung vom Pumpenrotor **14** distal ist, und eine Zentralhohlwelle **12**, die innerhalb des hohlen Inneren der Antriebswelle **10** in einer koaxialen Beziehung zu dieser angeordnet ist, auf. Die Zentralhohlwelle **12** ist Flucht-zu-Flucht mit Fanglagern **15** versehen und an einer Endscheibe **31** befestigt, die zusammen eine Fanglager-"Kassette" bilden. Im Allgemeinen weisen Kugellager hinsichtlich der Lebensdauer begrenzte Eigenschaften auf und müssen während der Wartung gelegentlich ausgetauscht werden. Die vorliegende Erfindung verbessert das leichte Vorsehen einer solchen Wartung erheblich, da der Rotor **14**, die Magnetlager **16** (ein Außenmagnetlager **16a** und ein Innenmagnetlager **16b**) und/oder der Antriebsmotor **19** für die Vakuumpumpe nicht abmontiert werden müssen, um zu den Fanglagern zu gelangen. Die Fanglagerkassette kann einfach gelöst und die Fanglager ausgetauscht werden.

[0011] Im bevorzugten Ausführungsbeispiel sind zwei Paare von Fanglagern **15** (ein Außenfanglagerpaar **15a** und ein Innenfanglagerpaar **15b**) an der und um die Hohlwelle **12** montiert. Die Außenfanglager **15a** und die Innenfanglager **15b** sind "aneinanderliegende" doppelte Paare von Schrägkontakt-Kugellagern. Wie in der Figur gezeigt, weisen die äußeren Ringe für die Innenfanglager **15b** einen kleineren Durchmesser auf als jene der Außenfanglager **15a**. Die Schrägkontakt-Kugellager drehen sich, wenn ein axialer und/oder radialer Druck auf ihre äußeren Rin-

ge aufgebracht wird. Es ist möglich, andere Arten von Lagern zu verwenden und die Anzahl von verwendeten Fanglagern auf der Basis der Größe der Rotorantriebswelle zu verändern.

[0012] Eine röhrenförmige Abstandshülse **17** ist zwischen die Außen- und die Innenfanglager **15a** und **15b** eingefügt, welche zum Aufrechterhalten eines festgelegten axialen Abstandes zwischen diesen und zum zweckmäßigen Vorbelasten der Stützen, wenn die Mutter **18** aufgeschraubt wird, dient. Eine sicherbare Gewindemutter **18** um die Hohlwelle **12** ist vorgesehen, um die Außenfanglager **15a**, die Abstandshülse **17** und die Innenfanglager **15b** zu befestigen und axial nach unten zu spannen. Die Richtung des Gewindes an der sicherbaren Mutter **18** ist so festgelegt, dass verhindert wird, dass die sicherbare Mutter **18** durch das Drehmoment infolge Drehverlangsamung abgeschraubt wird.

[0013] Die äußeren Ringe der doppelten Fanglager **15** weisen Außendurchmesser auf, die ermöglichen, dass sie gemäß vorbestimmten Konstruktionszwischenräumen innerhalb den röhrenförmigen Hohlraum **13** der Antriebswelle **10** passen. Die Bohrung des Hohlraums **13** ist gerade groß genug, um einen radialen Zwischenraum vorzusehen, um zu ermöglichen, dass sich die Antriebswelle **10** unter normalen Umständen dreht, ohne die Fanglager **15** zu berühren. Die Innenfläche des röhrenförmigen Hohlraums der Antriebswelle **10** steht mit den äußeren Ringen der Fanglager **15** im Fall, dass das primäre Schwebemagnetlagersystem unerwartet ausfällt oder abschaltet, in Reibungseingriff.

[0014] Die Fanglager dienen auch als axiales Sicherheits-Positionssteuermittel, da sich die Rotoranordnung im Fall eines Verlusts an magnetischer Schwebung axialer Richtung bewegt. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die Bohrung des röhrenförmigen Hohlraums in der Antriebswelle **10** mindestens einen Absatz auf, der eine Stufe bildet. Wie in der Figur gezeigt, ist die Bohrung des röhrenförmigen Hohlraums **13** nicht gleichmäßig und die Stufe **11** ist vorgesehen, um die axiale Bewegung der Rotoranordnung in einer axialen Richtung zu steuern. Die zum Ausbilden der Stufe **11** verwendete Bohrung ist kleiner bemessen als der Außendurchmesser der äußeren Ringe der Innenfanglager **15b**, wodurch die axiale Bewegung der Rotoranordnung eingeschränkt wird. Die Stufe **11** steht mit dem äußeren Ring der Innenfanglager **15b** in Reibungseingriff, wenn das primäre Schwebemagnetlagersystem unerwartet ausfällt oder abschaltet.

[0015] Wie in der Figur gezeigt, ist ein flanschförmiger Metallring **20** an einer Polymerhülse **21** befestigt und am offenen Ende des Hohlraums **13** in der Antriebswelle **10** für den Zweck der Steuerung der Bewegung der Rotoranordnung in der axialen Richtung

entgegengesetzt zur Stufe **11** befestigt. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die Polymerhülse **21** eine Metallkappe **22** auf, die dazu ausgelegt ist, in das offene Ende des Hohlraums **13** zu passen, und der Innendurchmesser der Metallkappe **22** ist so bemessen, dass er kleiner ist als der Außendurchmesser der äußeren Ringe der Außenfanglager **15a**, wodurch die axiale Bewegung der Rotoranordnung eingeschränkt wird. Der Flansch **20** ist an der Antriebswelle **10** durch eine Reihe von Schrauben **35** befestigt. Mit anderen Worten, die Stufe **11** und die Metallkappe **22** dienen zusammen als axiales Steuermittel zum Vorsehen von bidirektionalen axialen Sicherheitskontaktf lächen, um die axiale Bewegung der Rotoranordnung im Fall eines Schwebungsverlusts zu begrenzen. Wenn sie sich in der richtigen Position befindet, steht das Vorderende der Metallkappe **22** mit dem äußeren Ring der Außenfanglager **15a** in Reibungseingriff, wenn das primäre Schwebemagnetlagersystem unerwartet ausfällt oder abschaltet.

[0016] Die Fanglageranordnung der vorliegenden Erfindung kann mögliche Änderungen in den axialen Zwischenräumen kompensieren, um eine optimale Leistung aufrechtzuerhalten. In Vakuumpumpen können eine Gasreibung, Wirbelströme, Hystereseverluste und andere Effekte die Antriebswelle der Rotoranordnung erhitzen, was eine Wärmeausdehnung der Antriebswelle verursacht. Eine solche Wärmeausdehnung der Antriebswelle kann die Zwischenräume zwischen den äußeren Ringen der Fanglager und den entsprechenden Kontaktf lächen an der Antriebswelle ändern, was sich somit auf die Eingriffsparameter der Fanglager auswirkt. Um Änderungen in den axialen Zwischenräumen zu verhindern, besteht die Polymerhülse **21** vorzugsweise aus einem Material mit einem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten (wie im Fall einer Polymer- gegen eine Stahlwelle) als die Rotorwelle **10**. Wenn die Antriebswelle **10** erhitzt wird und sich ausdehnt, dehnt sich die Polymerhülse **21** nach innen aus, um den axialen Zwischenraum mit den Außenfanglagern **15a** aufrechtzuerhalten. Somit kompensiert die Ausdehnung der Polymerhülse **21** jegliche Ausdehnung der Antriebswelle **10**.

[0017] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Axialpositionssensor **25** in die Hohlwelle **12** an ihrem Vorderende eingesetzt. Der Positionssensor **25** ist vorzugsweise ein optischer Infrarotdetektor, der Licht emittiert, das an einem Ziel **28** mit planarer Oberfläche, das sich am geschlossenen Ende des Hohlraums **13** befindet, zurückreflektiert wird. Der optische Detektor umfasst eine Miniaturleuchtdiode (nicht dargestellt) und einen Phototransistordetektor (nicht dargestellt), der in eine Harzkapsel eingesetzt ist. Der vom Axialpositionssensor **25** entnommene elektrische Strom ändert sich als Funktion des am Ziel **28** reflektierten Lichts, was direkt mit dem axialen

Zwischenraum zwischen den Innenfanglagern **15b** und der Stufe **11** sowie der Position der Antriebswelle **10** relativ zur Hohlwelle **12** in der axialen Richtung korreliert. Die Steuereinheit (nicht dargestellt) für das Magnetlager-Schwebesystem überwacht die Stromentnahme des Axialpositionssensors **25** und steuert den Fanglagerzwischenraum durch Aufrechterhalten eines konstanten Spalts zwischen dem Axialpositionssensor **25** und der Zieloberfläche **28**.

[0018] Die Anordnung des Axialpositionssensors **25**, wie vorstehend beschrieben, hat mehrere Vorteile. Seine Nähe zum gewünschten axialen Steuerort minimiert den Fehler beim Messen der Position der Antriebswelle **10**, der durch Wärmeausdehnung in dem Bereich zwischen der Stufe **11** und dem Ziel **28** mit planarer Oberfläche verursacht werden kann. Die Anordnung des Positionssensors **25** in der Hohlwelle **12** innerhalb des röhrenförmigen Hohlraums **13** schützt den Sensor auch vor einer Verunreinigung aufgrund von aggressivem gepumpten Gas. Die einzige potentielle Verunreinigungsquelle sind Verschleißteilchen von den Fanglagern **15** und eine Abschirmung (nicht dargestellt) kann verwendet werden, um zu verhindern, dass solche Teilchen den Positionssensor **25** erreichen. Schließlich hilft die Anordnung des Axialpositionssensors **25** innerhalb der Hohlwelle **12**, die Größe des Pumpengehäuses **35**, die für das Magnetlagersystem erforderlich ist, zu minimieren, und hilft, den Sensor vor einer mechanischen Beschädigung zu schützen.

[0019] Das vorstehend zusammen mit der Figur beschriebene Beispiel soll den Schutzbereich der Erfindung nicht begrenzen. Viele Modifikationen und Abänderungen sind innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung möglich. Radiale Sensoren **30** zum Erfassen von Änderungen der Zwischenräume in den radialen Richtungen können beispielsweise vorgesehen werden. Obwohl die Figur die radialen Positionssensoren **30** außerhalb der Rotorwelle **10** zeigt, können sie innerhalb der Zentralwelle **12** angeordnet sein, um die Pumpengröße zu minimieren und die Messfühler zu schützen. Die radialen Sensoren können exakt im gleichen Abschnitt axial angeordnet sein, in dem ein radiales Stellglied (durch die Ziffer **16** in der Figur angegeben) angeordnet ist, was Vorteile bezüglich der Verschiebungserfassungsgenauigkeit und der Steuerlogikeinfachheit bereitstellt. Obwohl vorstehend auf einen optischen Sensor Bezug genommen wurde, können Sensoren einer anderen Art verwendet werden. Kurz gesagt, sollen solche Modifikationen und Abänderungen, die für einen Fachmann ersichtlich sein können, innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung liegen.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe mit einer Fanglageranordnung mit einer Rotorantriebswelle (**10**) und einem Primär-

lager- (16) System, wobei die Fanglageranordnung umfasst:

eine axial langgestreckte Zentralwelle (12) mit einem proximalen und einem distalen Ende;

Ringlager (15), die auf die Zentralwelle (12) aufgesetzt und an dieser befestigt sind;

einen nahe dem distalen Ende der Zentralwelle (12) angeordneten Sensor (25) zum Erfassen der Position der Antriebswelle (10) bezüglich der Zentralwelle (12);

wobei die Antriebswelle (10) einen röhrenförmigen Hohlraum (13) mit einem offenen Ende, Seitenwänden und einem geschlossenen Ende aufweist;

wobei die Zentralwelle und die Ringlager innerhalb des Hohlraums (13) angeordnet sind und coaxial zur Antriebswelle angeordnet sind;

dadurch gekennzeichnet, dass die Fanglageranordnung umfasst:

einen Metallring (20), der am offenen Ende des Hohlraums (13) befestigt ist, und

eine Einheit zum Einschränken der Bewegung der Ringlager entlang der Achse der Antriebswelle (10), wobei die Einheit an dem Metallring (20) befestigt ist; wobei die Seitenwände der Antriebswelle (10) mit den Ringlagern (15) in Reibungseingriff stehen, wenn das Primärlagersystem deaktiviert wird.

2. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 1, wobei die Einschränkungseinheit ferner einen Hülse (21) mit einer Kappe (22) aufweist, der sich entlang der Seitenwände des Hohlraums (13) zwischen der Antriebswelle (10) und der Zentralwelle (12) nach innen erstreckt.

3. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 2, wobei der Hülse (21) aus einem Polymermaterial besteht und die Kappe (22) aus Metall besteht.

4. Vakuumpumpe mit der Fanganordnung nach Anspruch 3, wobei der Sensor (25) zum Erfassen der axialen Position der Antriebswelle (10) bezüglich der Zentralwelle (12) dient.

5. Vakuumpumpe mit der Fanganordnung nach Anspruch 4, wobei die Zentralwelle röhrenförmig ist und der Sensor innerhalb eines hohlen Teils der Zentralwelle an ihrem distalen Ende gehalten wird.

6. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 5, wobei der Rotorantrieb eine lichtreflektierende Innenfläche (28) aufweist, die sich am geschlossenen Ende des Hohlraums befindet, und der Sensor (25) zur lichtreflektierenden Innenfläche unter Einhaltung eines Zwischenraums in einer gegenüberliegenden Beziehung steht.

7. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 6, wobei der Sensor einen Lichtemitter und einen Lichtempfänger umfasst.

8. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 3, welche ferner eine röhrenförmige Hülse um die Zentralwelle umfasst, die zwischen einem ersten und einem zweiten Ringlager angeordnet ist, und wobei sich das erste Ringlager nahe dem distalen Ende der Zentralwelle befindet und sich das zweite Ringlager nahe dem proximalen Ende der Zentralwelle befindet.

9. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 8, wobei die Polymerhülse einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als die Antriebswelle und der Hülse (21) eine vordere Kappe aufweist, die mit dem zweiten Ringlager in Reibungseingriff steht und zum Einschränken der axialen Bewegung der Antriebswelle wirkt, wenn das Primärlagersystem deaktiviert wird.

10. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 8, welche ferner einen Stufenteil (11) in den Seitenwänden der Antriebswelle umfasst, der den Durchmesser des Hohlraums verringert, wobei der Stufenteil (11) der Seitenwand der Antriebswelle mit dem ersten Ringlager in Reibungseingriff steht und zum Einschränken der axialen Bewegung der Antriebswelle wirkt, wenn das Primärlagersystem deaktiviert wird.

11. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 3, wobei das Primärsystem ein Magnetlager-Schwebesystem ist.

12. Vakuumpumpe mit der Fanglageranordnung nach Anspruch 3, wobei die Zentralwelle (12) entferntbar innerhalb des Hohlraums angeordnet ist und die Ringlager (15) abnehmbar an der Zentralwelle befestigt sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

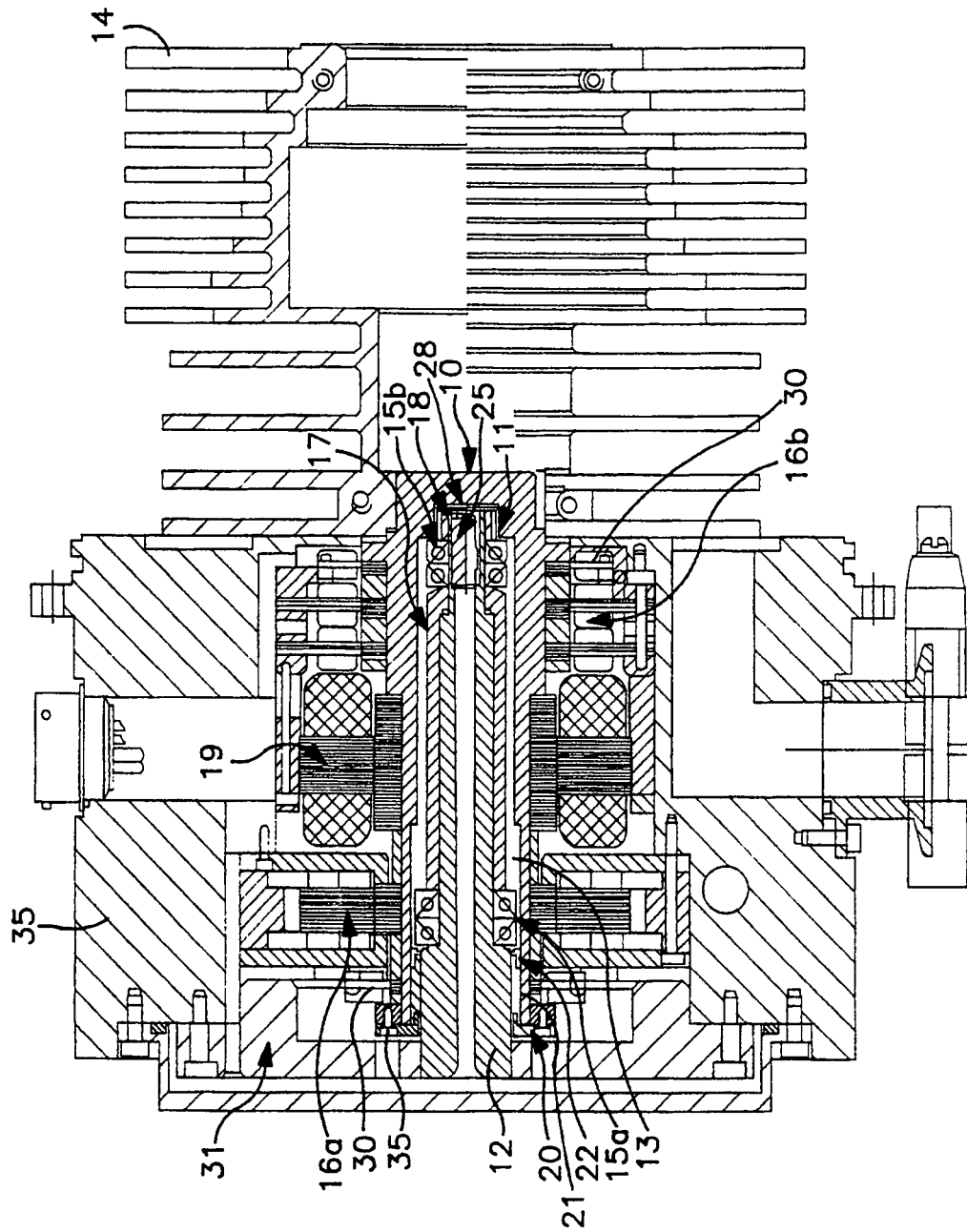


FIG. 1