



(11) **EP 4 506 572 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.02.2025 Patentblatt 2025/07

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04^(2006.01) F04D 27/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24220715.7**

(22) Anmeldetag: **17.12.2024**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Wielsch, Pascal**
35390 Gießen (DE)
• **Wirth, Adrian**
35619 Braunfels (DE)
• **Mekota, Mirko**
35630 Ehringshausen (DE)

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **VAKUUMPUMPE MIT RFID-TRANSPONDER UND RFID-LESEGERÄT**

(57) Eine Vakuumpumpe umfasst einen Sensor, der an einer ersten Komponente der Vakuumpumpe angeordnet ist und ausgebildet ist, eine physikalische Eigenschaft der ersten Komponente zu messen, und einen RFID-Transponder, der an der ersten Komponente angebracht ist und mit dem Sensor in einer kommunikativen Verbindung steht. Die Vakuumpumpe umfasst ferner ein RFID-Lesegerät, das an einer zweiten Komponente der

Vakuumpumpe, die von der ersten Komponente verschieden ist, mit einem derartigen Abstand bezogen auf den RFID-Transponder angebracht ist, dass das RFID-Lesegerät und der RFID-Transponder in einer kommunikativen Verbindung stehen. Ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Vakuumpumpe ist ebenfalls beschreiben.

Fig. 2

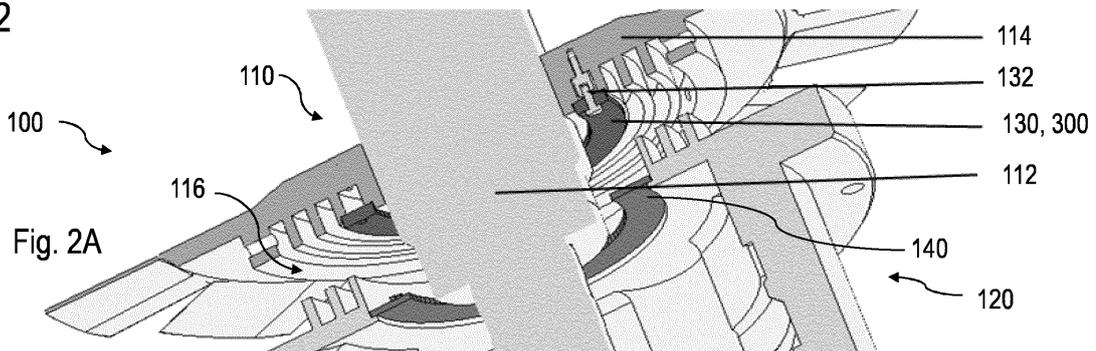


Fig. 2A

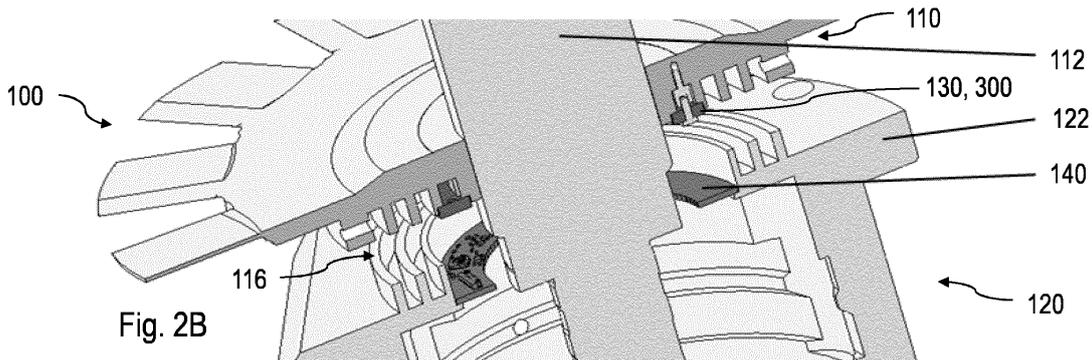


Fig. 2B

EP 4 506 572 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einem Sensor, der an einer Komponente der Vakuumpumpe angeordnet und ausgebildet ist, eine physikalische Eigenschaft dieser Komponente zu messen, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Vakuumpumpe.

[0002] Während des Betriebs einer Vakuumpumpe ist es notwendig, bestimmte physikalische Eigenschaften von Komponenten der Vakuumpumpe zu erfassen. Beispiele solcher Eigenschaften sind die Temperatur eines Rotors der Vakuumpumpe oder dessen Drehzahl. Um beispielsweise das bestmögliche Leistungsverhalten und gleichzeitig die erforderliche Betriebssicherheit bzw. Betriebsfestigkeit der Vakuumpumpe dauerhaft zu erreichen, ist die Erfassung solcher Eigenschaften unerlässlich.

[0003] Um physikalische oder chemische Eigenschaften von Komponenten der Vakuumpumpe messen zu können, die sich schnell drehen, beispielsweise physikalische oder chemische Eigenschaften einer Rotorwelle, werden häufig kontaktlose Messverfahren verwendet. Zur Messung der Temperatur einer Rotorwelle kann beispielsweise ein Pyrometer mit thermischen oder fotoelektrischen Detektoren eingesetzt werden. Um die Temperatur der Rotorwelle auf zuverlässige Weise zu ermitteln, muss jedoch der Emissionsgrad einer Messoberfläche an der Rotorwelle genau bekannt sein, die mittels des Pyrometers erfasst wird. Außerdem wird meistens angenommen, dass sich ein solcher Messparameter wie der Emissionsgrad der Messoberfläche während des Betriebs der Vakuumpumpe nicht ändert. Diese Annahme ist jedoch unter den spezifischen Betriebsbedingungen der Vakuumpumpe möglicherweise nicht korrekt. Beispielsweise kann aufgrund von Eigenschaften der zu fördernden Gase eine Beschichtung der Oberflächen der Vakuumpumpe auftreten, die den Emissionsgrad der Messoberfläche ändert.

[0004] Alternativ können zur indirekten Messung der Temperatur des Rotors der Vakuumpumpe Leistungskennlinien verwendet werden, bei denen die Rotortemperatur einer bestimmten Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe zugeordnet ist. Darüber hinaus können magnetisch-induktive Messmethoden eingesetzt werden, um die Rotortemperatur indirekt zu messen.

[0005] Die bekannten kontaktlosen Messmethoden für bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften von Komponenten der Vakuumpumpe erfordern daher meistens bestimmte Annahmen, beispielsweise bezüglich der zeitlichen Konstanz bekannter Messparameter, wie vorstehend erläutert. Darüber hinaus erfordern die bekannten kontaktlosen Messmethoden meist eine spezifische Kalibrierung der Vakuumpumpe, bevor diese ausgeliefert werden kann, was mit erheblichen Kosten verbunden sein kann. Ferner können die bekannten kontaktlosen Messmethoden oberflächenempfindlich sein, und ihre Zuverlässigkeit kann von der jeweiligen

Betriebssituation bzw. dem momentanen Lastfall der Vakuumpumpe abhängen.

[0006] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vakuumpumpe und ein Verfahren zum Betreiben einer solchen zu schaffen, mit denen eine kontaktlose Messung einer vorgegebenen physikalischen oder chemischen Eigenschaft einer Komponente der Vakuumpumpe auf zuverlässige Weise ohne aufwändige Kalibrierung möglich ist.

[0007] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe und ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen angegeben.

[0008] Die Vakuumpumpe umfasst einen Sensor, der an einer ersten Komponente der Vakuumpumpe angeordnet ist und ausgebildet ist, eine physikalische Eigenschaft der ersten Komponente zu messen, und einen RFID-Transponder, der an der ersten Komponente angebracht ist und mit dem Sensor in einer kommunikativen Verbindung steht. Der RFID-Transponder ist eine Einrichtung mit Sender und Empfänger zur Identifikation, welche im Radiofrequenzbereich arbeitet (RFID von Engl.: Radio Frequency Identification). Die Vakuumpumpe umfasst ferner ein RFID-Lesegerät, das an einer zweiten Komponente der Vakuumpumpe, die von der ersten Komponente verschieden ist, mit einem derartigen Abstand bezogen auf den RFID-Transponder angebracht ist, dass das RFID-Lesegerät und der RFID-Transponder in einer kommunikativen Verbindung stehen.

[0009] Die Vakuumpumpe kann beispielsweise eine Turbomolekularpumpe sein, und die erste Komponente kann beispielsweise ein Rotor einer solchen Turbomolekularpumpe sein. Die erste Komponente kann jedoch auch eine andere, schwer zugängliche Komponente der Vakuumpumpe sein, die nicht rotiert. Der Sensor ist beispielsweise ein Temperatursensor, der an einem Rotor einer Turbomolekularpumpe angebracht ist, oder ein anderer Sensor wie etwa ein Gyroskop oder ein Dehnungsmessstreifen.

[0010] Der RFID-Transponder und das RFID-Lesegerät bilden ein RFID-System, das einerseits eine Identifikation des RFID-Transponders durchführt, indem beispielsweise auf einem Mikrochip des RFID-Transponders eine eindeutige Kennung gespeichert ist, die mittels eines Abfragesignals des RFID-Lesegeräts sozusagen nach dem Aufwecken des RFID-Transponders abgefragt und an das RFID-Lesegerät gesendet wird. Durch diese Identifikation ist sichergestellt, dass das RFID-Lesegerät mit dem gewünschten RFID-Transponder und mit keiner anderen Einrichtung in einer kommunikativen Verbindung steht.

[0011] Der RFID-Transponder und der Sensor benötigen vorzugsweise keinen eigenen Energiespeicher wie etwa eine Batterie. Stattdessen kann die Energieversorgung des RFID-Transponders und des Sensors mittels elektromagnetischer Wellen erfolgen, die das RFID-Le-

segerät emittiert. Gesendete Signale des RFID-Lesegeräts, beispielsweise das vorstehend genannte Abfragesignal oder weitere Signale, können von dem RFID-Transponder empfangen und gleichgerichtet werden, um den RFID-Transponder und den Sensor mittels eines solchen gleichgerichteten Signals mit Energie zu versorgen.

[0012] Da der RFID-Transponder und der Sensor beide an der ersten Komponente angebracht sind, beispielsweise an einem Rotor einer Turbomolekularpumpe, und kommunikativ in Verbindung stehen, können Messwerte des Sensors, welche die physikalische Eigenschaft der ersten Komponente repräsentieren, von den Sensor auf den RFID-Transponder und von diesem auf das RFID-Lesegerät übertragen werden, das ebenfalls mit dem RFID-Transponder in kommunikativer Verbindung steht. Das RFID-Lesegerät kann ausgebildet sein, die erfassten Messwerte des Sensors auszuwerten und entsprechende Informationen, z.B. bezüglich der Temperatur eines Rotors der Vakuumpumpe, an eine Steuereinrichtung der Vakuumpumpe weiterzugeben.

[0013] Die Verwendung des RFID-Transponders und des RFID-Lesegeräts gestattet somit eine drahtlose Übertragung bzw. Erfassung von Messwerten der physikalischen Eigenschaft der ersten Komponente, beispielsweise der Temperatur des Rotors der Turbomolekularpumpe. Eine solche drahtlose Erfassung der Messwerte des Sensors erfordert einen geringen Aufwand, da keine individuelle Kalibrierung des Gesamtsystems beispielsweise vor Auslieferung der Vakuumpumpe erforderlich ist.

[0014] Außerdem sind keine zusätzlichen Annahmen bezüglich bestimmter Eigenschaften der ersten Komponente erforderlich, wie etwa bezüglich des Emissionsgrads einer Messoberfläche bei einer pyrometrischen Temperaturmessung. Stattdessen kann der Sensor vorab kalibriert und an der ersten Komponente der Vakuumpumpe angeordnet werden, um eine direkte Messung der physikalischen Eigenschaft der ersten Komponente ohne weitere Annahmen durchzuführen. Dies gestattet eine genaue Ermittlung der physikalischen Eigenschaft der ersten Komponente.

[0015] Der Abstand zwischen dem RFID-Lesegerät und dem RFID-Transponder ist vorzugsweise derart gewählt, dass ein elektrischer Schwingkreis des RFID-Transponders an eine Resonanzfrequenz der RFID-Kommunikation zwischen dem RFID-Lesegerät und dem RFID-Transponder angepasst werden kann. Bei einem zu großen Abstand oder bei Veränderungen der Geometrie zwischen dem RFID-Transponder und dem RFID-Lesegerät ist eine Kommunikation zwischen diesen unter Umständen nicht mehr möglich.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform sind der RFID-Transponder und das RFID-Lesegerät benachbart zueinander in einem Innenraum der Vakuumpumpe angeordnet. Der Innenraum kann sich innerhalb eines Gehäuses der Vakuumpumpe befinden und außerdem bevorzugt den evakuierten Bereich der Vakuumpumpe um-

fassen. Das RFID-Lesegerät kann daher mit einer oder mehreren Vakuumdurchführungen in Verbindung stehen, die beispielsweise eine Kommunikation des RFID-Lesegeräts mit einem Steuergerät der Vakuumpumpe und eine Übertragung von Messwerten an dieses ermöglichen. Die Anordnung des RFID-Transponders und des RFID-Lesegeräts in dem Innenraum der Vakuumpumpe ermöglicht eine direkte Erfassung von Messwerten der physikalischen Eigenschaft der ersten Komponente, wenn diese in dem Innenraum der Vakuumpumpe angeordnet und gegebenenfalls von außen, d.h. von außerhalb des Gehäuses der Vakuumpumpe, nicht zugänglich ist.

[0017] Der Sensor kann in den RFID-Transponder integriert sein. Eine solche Kombination des Sensors mit dem RFID-Transponder benötigt wenig Bauraum und gestattet dadurch eine flexible Anordnung des RFID-Transponders mit integriertem Sensors an der ersten Komponente.

[0018] Alternativ können der Sensor und der RFID-Transponder voneinander beabstandet an der ersten Komponente angeordnet sein. Wenn der Sensor die Temperatur der ersten Komponente erfasst, beispielsweise die Temperatur eines Rotors der Vakuumpumpe, kann die Temperatur an der ersten Komponente an einer gewünschten Installationsposition des Sensors für den Betrieb des RFID-Transponders zu hoch sein. Wenn der Sensor beispielsweise an einem Rotor einer Turbomolekularpumpe angebracht ist, können an bestimmten Stellen des Rotors Temperaturen größer als 85°C auftreten, bei denen ein Betrieb eines RFID-Transponders mit integriertem Sensor nicht möglich ist. In einem solchen Fall kann lediglich der Sensor an der gewünschten Installationsposition angebracht sein, während der RFID-Transponder an einer Position angebracht sein kann, an der zu hohe Temperaturen für dessen Betrieb nicht zu erwarten sind. Bei der voneinander beabstandeten Anordnung des Sensors und des RFID-Transponders an der ersten Komponente können diese entweder drahtlos oder über Kabel miteinander kommunizieren.

[0019] Der RFID-Transponder kann ferner als Leiterplatte (PCB-Board) ausgebildet sein, die in die erste Komponente eingebettet ist. Die Komponenten des RFID-Transponders können bei einer solchen Ausführungsform in das Material der Leiterplatte integriert und dadurch beispielsweise vor hohen Fliehkräften geschützt sein, wenn die erste Komponente der Rotor der Vakuumpumpe ist. Die Komponenten des RFID-Transponders können bei einer solchen Ausführung zunächst mittels standardisierter Fertigungsverfahren auf die Leiterplatte aufgebracht und anschließend mit einer geeigneten Vergussmasse, beispielsweise auf Basis eines Zweikomponenten-Epoxids, armiert werden. Dadurch können die Komponenten zusätzlich gegenüber den auftretenden Fliehkräften geschützt werden.

[0020] Zwischen dem RFID-Transponder und der ersten Komponente kann eine Abschirmung angeordnet sein. Eine solche Abschirmung kann beispielsweise eine

Ferritschicht umfassen. Durch die Abschirmung können elektromagnetische Verluste in dem Material der ersten Komponente verhindert werden. Falls keine Abschirmung zwischen dem RFID-Transponder und der ersten Komponente gewünscht ist, kann alternativ ein ausreichender Abstand des RFID-Transponders, beispielsweise in einer axialen Richtung entlang einer Rotorwelle der Vakuumpumpe, von mindestens 2 bis 3 mm bezogen auf metallische Oberflächen innerhalb der Vakuumpumpe vorgesehen sein.

[0021] Die erste Komponente kann ein rotierendes Element der Vakuumpumpe umfassen, an dem der RFID-Transponder und der Sensor angebracht sind, während die zweite Komponente ein nicht rotierendes Element der Vakuumpumpe umfassen kann, an dem das RFID-Lesegerät angebracht ist. Das rotierende Element kann beispielsweise ein Rotor einer Turbomolekularpumpe sein, während das nicht rotierende Element ein Stator einer solchen Turbomolekularpumpe sein kann. Die Verwendung des RFID-Transponders und des RFID-Lesegeräts zur Übertragung von Messwerten des Sensors gestattet somit eine direkte und kostengünstige Erfassung von Messwerten der physikalischen Eigenschaften des rotierenden Elements bzw. Rotors ohne zusätzliche Aufwände und Annahmen.

[0022] Bei der Installation des RFID-Transponders an dem rotierenden Element bzw. Rotor kann der RFID-Transponder möglichst nah an einer Drehachse des rotierenden Elements positioniert sein, um die Fliehkräfte zu minimieren, die auf den RFID-Transponder wirken. Zusätzlich kann der RFID-Transponder eine Armierung aufweisen, um den RFID-Transponder zusätzlich vor der Wirkung der Fliehkräfte zu schützen.

[0023] Elemente oder Bauteile des RFID-Transponders und des Sensors können ferner derart an dem rotierenden Element bzw. Rotor angeordnet sein, dass sich Unwuchten des rotierenden Elements gegenseitig kompensieren. Mit anderen Worten können die Elemente des RFID-Transponders und des Sensors derart über die erste Komponente verteilt sein, dass die Unwucht des rotierenden Elements bzw. Rotors minimiert und im Idealfall gleich Null ist. Eine solche Anordnung verhindert Störungen aufgrund einer Unwucht während des Betriebs der Vakuumpumpe.

[0024] Der RFID-Transponder kann darüber hinaus mittels einer Verschraubung in das rotierende Element eingefügt sein. Dies kann einen einfachen Austausch des RFID-Transponders gestatten.

[0025] Das RFID-Lesegerät kann eine integrierte Elektronik aufweisen. Dies kann einen kompakten Aufbau des RFID-Lesegeräts ermöglichen. Durch die integrierte Elektronik kann das RFID-Lesegerät ferner bereits ausgewertete Daten ausgeben.

[0026] Alternativ oder zusätzlich kann mindestens eine Elektronikkomponente, die dem RFID-Lesegerät zugeordnet ist, in ein Steuergerät der Vakuumpumpe integriert sein. Dies gestattet einen einfachen Aufbau des RFID-Lesegeräts. Allerdings ist in diesem Fall eine elekt-

rische Verbindung zwischen der Elektronikkomponente und dem RFID-Lesegerät erforderlich, beispielsweise mittels eines Koaxialkabels.

[0027] Der RFID-Transponder und/oder das RFID-Lesegerät können ferner ausgebildet sein, ein Messsignal des Sensors mittels einer Lastmodulation von dem RFID-Transponder auf das RFID-Lesegerät zu übertragen. Eine solche Lastmodulation umfasst das Einschalten und Ausschalten eines Lastwiderstands des RFID-Transponders und/oder des RFID-Lesegeräts, um eine Amplitudenmodulation zu erreichen.

[0028] Mittels der Lastmodulation bzw. des Schaltens des Lastwiderstands kann ein moduliertes Signal bei Hilfsträgerfrequenzen erzeugt werden, d.h. bei Frequenzen außerhalb der Frequenzbänder, die üblicherweise für die RFID-Kommunikation vorgesehen sind. Das RFID-Lesegerät kann ein Bandpassfilter für solche Hilfsträgerfrequenzen aufweisen, bei denen der RFID-Transponder das Messsignal des Sensors überträgt, beispielsweise mittels der Amplituden- bzw. Lastmodulation. Durch ein solches Bandpassfilter wird sichergestellt, dass das gewünschte Messsignal und keine Störsignale mittels des RFID-Lesegeräts empfangen werden.

[0029] Ferner können das RFID-Lesegerät und der RFID-Transponder jeweils eine Antenne aufweisen, die konzentrisch kreisförmig ausgebildet sein kann oder eine Halbschalenform aufweisen kann. Solche Antennenformen können eine sichere Datenübertragung zwischen dem RFID-Transponder und dem RFID-Lesegerät auch dann sicherstellen, wenn die erste Komponente mit dem RFID-Transponder bezogen auf die zweite Komponente mit dem RFID-Lesegerät schnell rotiert.

[0030] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zum Messen einer physikalischen Eigenschaft einer ersten Komponente in einer Vakuumpumpe, die einen Sensor aufweist, der an der ersten Komponente angebracht ist. Gemäß dem Verfahren sendet ein RFID-Lesegerät, das an einer zweiten Komponente der Vakuumpumpe angebracht ist, die von der ersten Komponente verschieden ist, ein Signal an einen RFID-Transponder, der an der ersten Komponente angebracht ist und mit dem Sensor in einer kommunikativen Verbindung steht. Das Signal des RFID-Lesegeräts wird von dem RFID-Transponder empfangen, um den RFID-Transponder und den Sensor mit Energie zu versorgen. Mittels des Sensors wird mindestens ein Messwert der physikalischen Eigenschaft der ersten Komponente erfasst und von dem Sensor zu dem RFID-Transponder übertragen. Anschließend wird der mindestens eine Messwert mittels einer Lastmodulation in dem RFID-Transponder und/oder in dem RFID-Lesegerät von dem RFID-Transponder zu dem RFID-Lesegerät übertragen. Das RFID-Lesegerät kann den Messwert anschließend auswerten.

[0031] Das Verfahren ist folglich für den Betrieb der vorstehend beschriebenen Vakuumpumpe vorgesehen, um während dieses Betriebs die physikalische Eigenschaft der ersten Komponente, beispielsweise die Temperatur eines Rotors der Vakuumpumpe, zu messen.

Daher gelten für das Verfahren die vorstehenden Ausführungen zu der Vakuumpumpe entsprechend, und dies gilt insbesondere hinsichtlich der Vorteile und der bevorzugten Ausführungsformen. Ferner versteht es sich, dass sämtliche hierin genannten Merkmale miteinander kombinierbar sind, sofern nicht explizit etwas Gegenteiliges angegeben ist.

[0032] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines Abschnitts einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe, in welchem ein RFID-Transponder und ein RFID-Lesegerät angeordnet sind,

Fig. 2 perspektivische Ansichten der Anordnung von Fig. 1,

Fig. 3 zwei Ausführungen von Antennen für den RFID-Transponder und das RFID-Lesegerät von Fig. 1 und 2,

Fig. 4 eine Schnittansicht eines anderen Abschnitts einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe, in welchem ein RFID-Transponder und ein RFID-Lesegerät angeordnet sind, und

Fig. 5 eine Schnittansicht eines weiteren Abschnitts einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe mit RFID-Transponder und ein RFID-Lesegerät.

[0033] Fig. 1 zeigt schematisch einen Abschnitt einer Vakuumpumpe 100, die als Turbomolekularpumpe ausgebildet ist. Die Turbomolekularpumpe 100 umfasst einen Rotor 110 mit einer Rotorwelle 112 und mehreren Rotorscheiben, von denen eine Rotorscheibe 114 im Bereich einer Labyrinth-Dichtung 116 in Fig. 1 gezeigt ist.

[0034] Ferner umfasst die Turbomolekularpumpe 110 einen Stator 120, von dem in Fig. 1 jedoch lediglich eine Labyrinth-Nabe 122 dargestellt ist. Die Oberseite der Labyrinth-Nabe 122 und die Unterseite der dargestellten Rotorscheibe 114 bilden zusammen die Labyrinth-Dichtung 116.

[0035] Im Betrieb der Turbomolekularpumpe 100 dreht sich der Rotor 110 sehr schnell gegenüber dem Stator 120, beispielsweise mit einer Drehzahl von mehreren 10.000 Umdrehungen pro Minute. Die Rotornabe 112 und die Rotorscheibe 114 gehören somit zu den drehenden Komponenten der Vakuumpumpe bzw. Turbomolekularpumpe 100, während der Stator 120 mit der Labyrinth-Nabe 122 zu den nicht drehenden Komponenten der Turbomolekularpumpe 100 gehört.

[0036] Im Betrieb der Turbomolekularpumpe 100 ist es beispielsweise zum Sicherstellen einer dauerhaften Betriebsfestigkeit erforderlich, physikalische oder chemische Eigenschaften von Komponenten der Turbomole-

kularpumpe 100 zu erfassen bzw. zu messen. Zu diesen Eigenschaften gehört beispielsweise die Temperatur des Rotors 110.

[0037] Um die Temperatur des Rotors 110 zu erfassen bzw. zu messen, umfasst die Turbomolekularpumpe 110 einen RFID-Transponder 130, der mittels einer Verschraubung 132 an der Rotorscheibe 114 angebracht ist. Der RFID-Transponder 130 wird auch als RFID-Tag bezeichnet. In den RFID-Transponder 130 ist ein Temperatursensor 134 integriert. Das Gegenstück zu dem RFID-Transponder bildet ein RFID-Lesegerät 140, das an der Labyrinth-Nabe 122 des Stators 120 angebracht ist, beispielsweise mittels einer Verschraubung oder durch Verkleben.

[0038] Der RFID-Transponder 130 und das RFID-Lesegerät 140 bilden zusammen ein RFID-System, d.h. ein System zur Identifikation, das im Radiofrequenzbereich arbeitet (RFID von Engl.: Radio Frequency Identification). Der RFID-Transponder 130 weist einen Mikrochip auf, auf dem eine eindeutige Kennung gespeichert ist. Ferner ist der RFID-Transponder 130 eine passive Einrichtung, die keinen Energiespeicher wie etwa eine Batterie umfasst. Dies bedeutet, dass der Temperatursensor 134 ebenfalls keine eigene Energiequelle aufweist. Stattdessen erfolgt die Energieversorgung des RFID-Transponders 130 und des Temperatursensors 134 mittels des RFID-Lesegeräts 140, d.h. mittels elektromagnetischer Wellen, die das RFID-Lesegerät 140 emittiert.

[0039] Genauer gesagt sendet das RFID-Lesegerät 140 mittels einer Antenne, die nachstehend näher beschrieben ist, ein Abfragesignal in Richtung des RFID-Transponders 130. Das Abfragesignal wird mittels einer Antenne des RFID-Transponders 130 empfangen und dient einerseits zum Aktivieren bzw. "Aufwecken" des RFID-Transponders 130. Ferner werden das Abfragesignal und/oder weitere Signale des RFID-Lesegeräts 140 mittels eines Gleichrichters des RFID-Transponders 130 in Signale zur Energieversorgung sowohl des RFID-Transponders 130 als auch des integrierten Temperatursensors 134 umgewandelt.

[0040] Außerdem wird das Abfragesignal des RFID-Lesegeräts 140 von der Elektronik des RFID-Transponders 130 ausgelesen, um in Ansprechen auf dieses Signal ein Signal mit der eindeutigen Kennung des RFID-Transponders 130 an das RFID-Lesegerät 140 zurückzusenden. Dadurch wird sichergestellt, dass eine korrekte Kommunikation zwischen dem RFID-Transponders 130 und dem RFID-Lesegerät 140 erfolgt und von diesem keine Signale anderer Einrichtungen bzw. Störsignale empfangen werden.

[0041] Mittels des Mikrochips des RFID-Transponders 130 werden Messwerte bzw. Daten des integrierten Temperatursensors 134 erfasst. Der RFID-Transponder 130 umfasst neben dem Temperatursensor 134 auf seinem Mikrochip einen MikroController und einen Spannungsregler, die auf einer gemeinsamen Platine 300 (vgl. Fig. 3) montiert bzw. zusammen mit einer Antenne 310 in diese integriert sind.

[0042] Die erfassten Messwerte bzw. Daten des Temperatursensors 134 werden über eine Amplitudenmodulation des von dem RFID-Transponder 130 emittierten elektromagnetischen Feldes an das RFID-Lesegerät 140 übertragen. Die Amplitudenmodulation erfolgt beispielsweise durch Ein- und Ausschalten eines Lastwiderstands, was auch als Lastmodulation bezeichnet wird. Bei Frequenzen, die zur RFID-Kommunikation verwendet werden und beispielsweise 13,56 MHz betragen, entstehen durch das Schalten des zusätzlichen Lastwiderstands Signale weiterer Frequenzen, d.h. sogenannte Hilfsträgerfrequenzen. Diese Hilfsträgerfrequenzen werden zur Datenübertragung zwischen dem RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140 genutzt.

[0043] Das RFID-Lesegerät 140 umfasst ein Bandpassfilter für die Hilfsträgerfrequenzen. Mittels einer Demodulation der Signale, die von dem RFID-Lesegerät 140 empfangen werden, werden Signale bzw. Daten erzeugt, die mittels einer Elektronik des RFID-Lesegeräts 140 als Messdaten des Temperatursensors 134 identifiziert und interpretiert werden können. Eine Auswertelektronik für die Messdaten des Temperatursensors 134 ist folglich bei der vorliegenden Ausführungsform in das RFID-Lesegerät 140 integriert.

[0044] Im Einzelnen umfasst das RFID-Lesegerät 140 neben einer Antenne zum Senden und Empfangen der vorstehend beschriebenen Signale einen Hochfrequenz-Reader-Chip, einen Mikrocontroller und eine Anpassungsschaltung, die beispielsweise Spulen und digital durchstimmbare Kondensatoren umfasst. Die Elektronik des RFID-Lesegeräts 140 dient einerseits zur Regelung der Sendeleistung der Antenne des RFID-Lesegeräts 140 und zum Decodieren des modulierten elektromagnetischen Feldes, um dadurch die von dem RFID-Transponder 130 übertragenen Signale als Daten des Temperatursensors 134 zu interpretieren.

[0045] Die Elektronik des RFID-Lesegeräts 140 ist darüber hinaus mit einer nicht dargestellten Antriebselektronik der Vakuumpumpe 100 verbunden, so dass mittels der Antriebselektronik der Vakuumpumpe 100 ein Zugriff auf das RFID-Lesegerät 140 bzw. die von diesem bereitgestellten Daten erfolgen kann. Für eine solche Kommunikation zwischen der Antriebselektronik der Vakuumpumpe und dem RFID-Lesegerät 140 werden beispielsweise bekannte Softwareprotokolle verwendet.

[0046] Der RFID-Transponder 130 ist innerhalb der Reichweite des RFID-Lesegeräts 140 angeordnet, um eine drahtlose Energieübertragung und Datenkommunikation zwischen dem RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140 zu gewährleisten. Der Abstand der jeweiligen Antennen des RFID-Transponders 130 und des RFID-Lesegeräts 140 liegt typischerweise im Bereich einiger Millimeter. Bei der Ausgestaltung der Antenne 310 (vgl. Fig. 3) des RFID-Transponders 130 ist eine pumpenspezifische Anpassung eines elektrischen Schwingkreises des RFID-Transponders 130 an eine Resonanzfrequenz der RFID-Kommunikation erforderlich. Mit anderen Worten wird ein solcher elektrischer

Schwingkreis des RFID-Transponders 130 unter Berücksichtigung des gegebenen Abstands zwischen dem RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140 bzw. zwischen deren Antennen kalibriert.

[0047] Die Antennen des RFID-Transponders 130 und des RFID-Lesegeräts 140 sollten außerdem einen ausreichenden axialen Abstand, d.h. entlang der Rotorachse 112, d.h. in Fig. 1 in vertikaler Richtung, bezogen auf Oberflächen anderer metallischer Bauteile bzw. Komponenten der Vakuumpumpe 100 aufweisen, um elektromagnetische Verluste in dem Material dieser Komponenten zu verhindern. Ein solcher ausreichender axialer Abstand beträgt beispielsweise 2 bis 3 mm. Wenn ein solcher Abstand zwischen den Antennen des RFID-Transponders 130 und des RFID-Lesegeräts 140 bezogen auf metallische Komponenten der Vakuumpumpe 100 unterschritten werden soll, ist eine geeignete Abschirmung beispielsweise mittels einer Ferritschicht (nicht dargestellt) notwendig.

[0048] Da der Temperatursensor 134 in den RFID-Transponder 130 integriert ist, sind zur Messung der Temperatur des Rotors 110 keine weiteren Komponenten erforderlich, d.h. zusätzlich zu dem RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140. Da während des Betriebs der Turbomolekularpumpe 100 aufgrund der hohen Drehzahlen des Rotors 110 hohe Fliehkräfte auftreten, ist der Transponder 130 möglichst nah an einer Drehachse der Rotorwelle 112 angeordnet (vgl. auch Fig. 2), d.h. radial im Bereich des Innendurchmessers der Rotorscheibe 114, d.h. möglichst nahe an diesem Innendurchmesser.

[0049] Um den Transponder 130 einschließlich des integrierten Temperatursensors 134 zusätzlich gegenüber den im Betrieb der Turbomolekularpumpe 100 auftretenden Fliehkräften zu schützen, ist der RFID-Transponder 130 einschließlich seiner Antenne 310 und des Temperatursensors 134 als eingebettete Leiterplatte 300 bzw. Embedded PCB-Board ausgestaltet (vgl. auch Fig. 2 und 3). Die Komponenten des RFID-Transponders 130 einschließlich der Antenne und des Temperatursensors 134 sind hierbei in das Material der Platine 300 eingebunden, um diese Komponenten einschließlich der Antenne 310 und des Temperatursensors 134 gegenüber den hohen Fliehkräften zu schützen.

[0050] Die Komponenten des RFID-Transponders 130 werden beispielsweise mittels standardisierter Fertigungsverfahren auf ein PCB-Board aufgebracht und mit einer geeigneten Vergussmasse auf Basis eines Zweikomponenten-Epoxids armiert, um durch eine solche Armierung mittels Vergussmasse eine zusätzliche Sicherung gegenüber den auftretenden Fliehkräften zu erreichen. Außerdem wird vorteilhafterweise ein Platinsubstrat und/oder Antennensubstrat verwendet, das bei einer vorgesehenen Temperatur und einer vorgesehenen Drehzahl des Rotors 110 der Turbomolekularpumpe 100 eine geeignet hohe Streckgrenze mit entsprechender Temperaturstabilität aufweist.

[0051] Der Temperatursensor 134 ist als digitaler Tem-

peratursensor ausgestaltet, wobei die thermische Kopp-
 lung zwischen dem Temperatursensor 134 und der Rotor-
 welle 112 beispielsweise mittels eines "Thermal Pads"
 (d.h. mittels eines Lötkontakts zur thermischen Kopp-
 lung) optimiert werden kann. Bei einer solchen Optimie-
 rung wird eine Kupferleitung in der Leiterplatte 300 des
 RFID-Transponders 130 an eine Position geführt, die
 einen direkten Kontakt, beispielsweise mittels einer me-
 tallischen Auflagefläche, oder einen indirekten Kontakt,
 beispielsweise mittels einer Auflagefläche eines Schraub-
 enkopfs bei einer Verschraubung der Platine des RFID-
 Transponders, mit dem Material der Rotorwelle 112 auf-
 weist.

[0052] Neben einer solchen Ausgestaltung mit bereits
 integriertem Temperatursensor 134 kann der Tempera-
 tursensor 134 auch durch eine temperatursensitive Aus-
 gestaltung der Antenne 310 des RFID-Transponders 130
 realisiert werden. Alternativ oder zusätzlich können auch
 weitere elektronische Bauteile des RFID-Transponders
 130 temperaturabhängige Eigenschaften aufweisen, die
 erfasst werden können, um anhand dieser erfassten
 Eigenschaften die Temperatur des RFID-Transponders
 130 und damit des Rotors 110 zu ermitteln.

[0053] Bei einer nicht dargestellten alternativen Aus-
 führungsform kann der Temperatursensor 134 auch au-
 ßerhalb des RFID-Transponders 130 angeordnet sein.
 Der Temperatursensor 134 kann beispielsweise an einer
 Position angeordnet sein, von der zu erwarten ist, dass
 die Temperatur während des Betriebs der Turbomoleku-
 larpumpe 100 an deren Rotor 110 mehr als 85°C beträgt.
 In einem solchen Fall sollte die Elektronik des RFID-
 Transponders 130 an einer Position an dem Rotor 110
 angeordnet werden, an der die Temperatur stets geringer
 als 85°C ist.

[0054] Die Elektronik des RFID-Lesegeräts 140 ist
 über Signalleitungen (nicht dargestellt) über Vakuum-
 durchführungen der Turbomolekularpumpe 100 mit de-
 ren Antriebselektronik bzw. Steuerelektronik (nicht dar-
 gestellt) verbunden. Wie vorstehend erläutert, ist die
 Auswerteelektronik für die Messdaten des Temperatursen-
 sors 134 bei der vorliegenden Ausführungsform in
 das RFID-Lesegerät 140 integriert. Alternativ kann die
 Auswerteelektronik für die Daten, die das RFID-Lesege-
 rät 140 von dem RFID-Transponder 130 empfängt, je-
 doch auch in die Antriebselektronik der Turbomoleku-
 larpumpe 100 oder in ein separates Modul außerhalb der
 Turbomolekularpumpe 100 integriert sein.

[0055] Ferner kann auch die gesamte Elektronik des
 RFID-Lesegeräts 140, d.h. nicht nur die Auswerteelekt-
 ronik, in einem Controller der Turbomolekularpumpe 100
 integriert werden und damit entfernt von der Antenne des
 RFID-Lesegeräts 140 angeordnet sein. In einem solchen
 Fall ist die Antenne des RFID-Lesegeräts 140 mit der in
 den Controller der Turbomolekularpumpe 100 integrierten
 Elektronik über ein Koaxialkabel verbunden. Die
 Länge eines solchen Koaxialkabels sollte jedoch mög-
 lichst gering sein, und eine Auftrennung einer Abschir-
 mung eines solchen Koaxialkabels zum Herstellen einer

Vakuumdurchführung kann zu Energieverlusten führen.

[0056] Daher ist im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 die
 Elektronik des RFID-Lesegeräts 140 auf einer gemein-
 samen Platine mit der Antenne des RFID-Lesegeräts
 140 im Innenraum der Turbomolekularpumpe 100 ange-
 ordnet, d.h. innerhalb deren Vakuumbereich. Ein Koaxi-
 alkabel ist folglich bei dieser Ausführungsform nicht
 erforderlich. Die Elektronik des RFID-Lesegeräts 140
 wird über eine digitale Schnittstelle angesteuert, bei-
 spielsweise 12C oder SPI, und die erforderlichen Signal-
 leitungen sind über eine Vakuumdurchführung mit dem
 Controller der Turbomolekularpumpe 100 verbunden.

[0057] Zur Kommunikation zwischen dem RFID-
 Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140 sind
 deren Komponenten, beispielsweise deren Schwingkrei-
 se, an die Frequenz zur Kommunikation zwischen dem
 RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140
 angepasst. Die Frequenzen für eine solche RFID-Kom-
 munikation liegen beispielsweise zwischen 10 und 15
 MHz. Alternativ kann auch ein Frequenzbereich zwi-
 schen 800 und 900 MHz oder zwischen 2 und 5 GHz
 (als UHF-System) verwendet werden, beispielsweise für
 eine Verwendung des RFID-Transponders 130 bei ho-
 hen Temperaturen.

[0058] Im Betrieb der Turbomolekularpumpe 100 ver-
 sorgt das RFID-Lesegerät 140 den RFID-Transponder
 130 mit dem integrierten Temperatursensor 134 in vor-
 definierten Zeitintervallen mit Energie, beispielsweise in
 einem kurzen vordefinierten Zeitintervall für jede Sekun-
 de. Innerhalb eines solchen Zeitintervalls werden ein
 oder mehrere jeweilige Messwerte des Temperatursen-
 sors 134, d.h. Messwerte der Temperatur des Rotors 110,
 mittels der vorstehend beschriebenen Lastmodulation
 von dem RFID-Transponder 130 auf das RFID-Lesege-
 rät 140 übertragen und mittels der integrierten Elektronik
 des RFID-Lesegeräts 140 ausgewertet.

[0059] Fig. 2 zeigt zwei perspektivische Ansichten des
 Abschnitts der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe
 bzw. Turbomolekularpumpe 100, der als Schnittansicht
 in Fig. 1 dargestellt ist und den Bereich der Labyrinth-
 Dichtung 116 umfasst. Fig. 2A zeigt eine Ansicht von
 unten auf die Rotorscheibe 114 und die Labyrinth-Nabe
 122, während Fig. 2B eine Ansicht von oben auf die
 Rotorscheibe 114 und die Labyrinth-Nabe 122 zeigt.

[0060] Wie man erkennen kann, sind die Platine 300
 des RFID-Transponders 130 (vgl. auch Fig. 3) und die
 Platine des RFID-Lesegeräts 140 derart ringförmig aus-
 gebildet, dass die jeweilige Platine die Rotorwelle 112
 umschließt. Die beiden Platinen des RFID-Transponders
 130 und des RFID-Lesegeräts 140 umschließen die
 Rotorwelle 112 innerhalb der Labyrinth-Dichtung 116
 derart, dass der Abstand der jeweiligen Platine bezogen
 auf die Drehachse der Rotorwelle 112 minimiert ist. Da-
 durch werden die Fliehkräfte, die während des Betriebs
 der Turbomolekularpumpe 100 auf die Komponenten
 bzw. Elemente des RFID-Transponders 130 ausgeübt
 werden, ebenfalls minimiert, wenn sich der RFID-Trans-
 ponder 130 zusammen mit dem Rotor 110 der Turbo-

molekularpumpe 100 dreht.

[0061] Die Elemente bzw. Bauteile auf der Platine 300 des RFID-Transponders 130 können zusammen mit der Verschraubung 132 eine zusätzliche Unwucht des Rotors 110 hervorrufen. Um eine solche zusätzliche Unwucht zu minimieren, werden die Elemente bzw. Bauteile des RFID-Transponders 130 einschließlich der Verschraubung 132 derart über den Umfang der Platine des RFID-Transponders 130 verteilt, dass ein Summenvektor von Einzelunwuchten der Bauteile und der Antenne des RFID-Transponders 130 einschließlich der Verschraubung 132 bezüglich des Betrags minimiert und im Idealfall der Nullvektor ist. Mit anderen Worten sind die Komponenten bzw. Bauteile des RFID-Transponders 130 einschließlich der Antenne und der Verschraubung 132 derart über den Umfang der Platine 300 des RFID-Transponders 130 anzuordnen bzw. zu verteilen, dass sich die Einzelunwuchten dieser Komponenten bzw. Bauteile gegenseitig kompensieren.

[0062] Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf eine jeweilige Ausführungsform der Platine 300 des RFID-Transponders 130 (vgl. Fig. 1 und 2) mit einer jeweiligen Ausführungsform der Antenne 310. Fig. 3A zeigt eine erste Ausführungsform der Antenne 310, bei der einzelne Windungen einer Leiterbahn 320 konzentrisch und kreisförmig auf der Platine 300 verlaufen. Beginnend mit einer äußeren Windung verringert sich der Durchmesser der Leiterbahn 320 bei jedem Umlauf über die kreisförmige Platine 300 bis zur innersten Windung. Fig. 3B zeigt hingegen eine zweite Ausführungsform der Antenne 310 mit einer halbschalenförmigen Anordnung von Leiterbahnen 320.

[0063] Mittels der konzentrischen Anordnung der Leiterbahn 320 von Fig. 3A lässt sich eine größere Form der Antenne 310 im Vergleich zur halbschalenförmigen Anordnung der Leiterbahn 320 von Fig. 3B realisieren. Das Maximum des elektromagnetischen Feldes, das die Antenne 310 emittiert, liegt bei der ersten Ausführungsform von Fig. 3A jedoch im Zentrum der Antenne, d.h. im Bereich der Drehachse der Rotorwelle 112 (vgl. Fig. 1 und 2). Bei der Halbschalenform der Leiterbahn 320 von Fig. 3B entsteht das elektromagnetische Feld hingegen koaxial um die Rotorwelle 112 herum. Dadurch ist die zweite Ausführungsform von Fig. 3B weniger anfällig gegenüber Störungen bei der RFID-Kommunikation zwischen dem RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140.

[0064] Fig. 4 zeigt eine alternative Ausführungsform für die Anordnung des RFID-Transponders 130 an dem Rotor 110 der Turbomolekularpumpe 100 und des RFID-Lesegeräts 140 an dem Stator 120 der Turbomolekularpumpe 100, und zwar im Bereich einer magnetischen Lagerung 400. Die magnetische Lagerung 400 ist als Permanentlager ausgebildet und umfasst zwei Stapel von Permanentmagneten 410, von denen einer an der Rotorwelle 112 und ein weiterer an einem Zapfen eines Hochvakuumsterns 420 des Stators 120 angeordnet ist.

[0065] Der RFID-Transponder 130 ist wiederum als

Platine ausgebildet, in welche die Komponenten des RFID-Transponders 130 eingebettet sind. Ferner ist der RFID-Transponder 130 bzw. dessen Platine konzentrisch zu der Drehachse der Rotorwelle 112 angeordnet, so dass die Drehachse der Rotorwelle 112 eine Mittelachse bzw. Symmetrieachse für den RFID-Transponder 130 darstellt. Dies gilt ebenso für das RFID-Lesegerät 140, dessen Komponenten folglich ebenfalls in eine Platine eingebettet sind und das ebenso symmetrisch zu der Drehachse der Rotorwelle 112 angeordnet ist. Die Drehachse der Rotorwelle 112 bildet folglich eine gemeinsame Mittelachse bzw. Symmetrieachse sowohl für den RFID-Transponder als auch für das RFID-Lesegerät 140.

[0066] Darüber hinaus gelten die vorstehenden Ausführungen bezüglich der Merkmale der Platinen des RFID-Transponders 130 und des RFID-Lesegeräts 140 sinngemäß ebenso für die Ausführungsform von Fig. 4. Die Merkmale umfassen unter anderem die möglicherweise erforderliche Abschirmung des RFID-Transponders 130, dessen Armierung mit Hilfe einer Vergussmasse, die Verkabelung einschließlich einer Vakuumdurchführung für das RFID-Lesegerät 140, die beiden Ausführungsformen der Antennen, die in Fig. 3 dargestellt sind, und die zyklische Energie- und Datenübertragung zwischen dem RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140.

[0067] Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe bzw. Turbomolekularpumpe 100, bei der eine RFID-Kommunikation zwischen dem RFID-Transponder 130 und dem RFID-Lesegerät 140 in einem anderen Bereich der Rotorwelle 112 vorgesehen ist als bei den Ausführungsformen von Fig. 1 bis 4. Bei der Ausführungsform von Fig. 5 sind der RFID-Transponder und das RFID-Lesegerät in einem Bereich eines Antriebsmotors der Vakuumpumpe angeordnet, d.h. in axialer Richtung entlang der Rotorwelle 112 in einem axialen Bereich einer Holweck-Pumpstufe 500 der Vakuumpumpe 100 und jenseits bzw. unterhalb eines Vorsprungs 510 der Rotorwelle 112. Im Detail sind der RFID-Transponder und das RFID-Lesegerät entweder in einem Bereich von Antriebsmagneten 520 der Rotorwelle 112 oder in einem Bereich eines Wuchtrings 530 der Rotorwelle 112 angeordnet.

[0068] Der Übersichtlichkeit halber sind der RFID-Transponder 130 und das RFID-Lesegerät 140 in Fig. 5 nicht explizit dargestellt. Ihre Anordnung ist jedoch grundsätzlich der in Fig. 4 gezeigten Anordnung ähnlich, außer dass der RFID-Transponder 130 und das RFID-Lesegerät 140 nicht an radial verlaufenden Flächen wie in Fig. 4, sondern an axial verlaufenden Flächen der Rotorwelle 112 bzw. eines entsprechenden Elements eines Stators (nicht dargestellt) des Antriebsmotors angeordnet sind. Ansonsten gelten die vorstehenden Ausführungen bezüglich des RFID-Transponders 130 und des RFID-Lesegeräts 140 sinngemäß wiederum auch für die Ausführungsform von Fig. 5.

[0069] Zusätzlich zu dem Temperatursensor 134 (vgl.

Fig. 1) kann der RFID-Transponder 130 weitere Sensoren umfassen bzw. mit solchen Sensoren an der Rotorwelle 112 kommunikativ in Verbindung stehen. Beispiele solcher Sensoren sind Gyroskope oder Dehnungsmessstreifen.

[0070] Darüber hinaus kann die Kombination aus RFID-Transponder 130 und RFID-Lesegerät 140 verwendet werden, um eine Beschichtungsdicke beispielsweise an der Rotorwelle 112 zu ermitteln, falls aufgrund des Vakuumprozesses bzw. der Verwendung der Turbomolekularpumpe 100 Ablagerungen an Komponenten der Turbomolekularpumpe 100 zu erwarten sind. Dies kann beispielsweise durch reaktive Gase bedingt sein, die mittels der Turbomolekularpumpe 100 gefördert werden. Ab einer vorbestimmten Beschichtungsdicke oder Grenzdicke beeinträchtigen solche Ablagerungen den Betrieb der Turbomolekularpumpe 100.

[0071] Die von dem RFID-Lesegerät 140 abgestrahlte Leistung, die für die RFID-Kommunikation notwendig ist, stellt ein Maß für die Beschichtung der Antennen des RFID-Transponders 130 und des RFID-Lesegeräts 140 mit Metallen oder Halbleitermaterialien dar. Die Beschichtungsdicke aufgrund von Ablagerungen in der Turbomolekularpumpe 100, d.h. beispielsweise an der Rotorwelle 112, kann geschätzt werden, indem die von dem RFID-Lesegerät 140 abgestrahlte Leistung als Funktion der Zeit erfasst wird, d.h. in regelmäßigen Zeitintervallen.

[0072] Mit anderen Worten gibt die zum Aufbau der RFID-Kommunikation erforderliche Leistung des RFID-Lesegeräts 140 Aufschluss über die bereits vorhandene Schichtdicke von Ablagerungen an den Antennen des RFID-Transponders 130 und des RFID-Lesegeräts 140 und damit an der Rotorwelle 112. Alternativ kann lediglich die Veränderung der Schichtdicke der Ablagerungen anhand der Änderung der zur RFID-Kommunikation erforderlichen Leistung in vorbestimmten Zeitintervallen erfasst und überwacht werden.

Bezugszeichenliste

[0073]

100	Vakuumpumpe bzw. Turbomolekularpumpe
110	Rotor
112	Rotorwelle
114	Rotorscheibe im Bereich einer Labyrinth-Dichtung
116	Labyrinth-Dichtung
120	Stator
122	Labyrinth-Nabe
130	RFID-Transponder
132	Verschraubung
134	Temperatursensor
140	RFID-Lesegerät
300	Platine des RFID-Transponders
310	Antenne des RFID-Transponders
320	Leiterbahn der Antenne

400	Magnetlager
410	Permanentmagnet
420	Hochvakuumstern
500	Holweck-Pumpstufe
510	Vorsprung der Rotorwelle
520	Antriebsmagnet
530	Wuchtring

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (100), umfassend:

einen Sensor (134), der an einer ersten Komponente (110) der Vakuumpumpe (100) angeordnet ist und ausgebildet ist, eine physikalische Eigenschaft der ersten Komponente (110) zu messen,

einen RFID-Transponder (130), der an der ersten Komponente (110) angebracht ist und mit dem Sensor (134) in einer kommunikativen Verbindung steht, und

ein RFID-Lesegerät (140), das an einer zweiten Komponente (120) der Vakuumpumpe (100) mit einem derartigen Abstand bezogen auf den RFID-Transponder (130) angebracht ist, dass das RFID-Lesegerät (140) und der RFID-Transponder (130) in einer kommunikativen Verbindung stehen.

2. Vakuumpumpe (100) nach Anspruch 1, wobei der RFID-Transponder (130) und das RFID-Lesegerät (140) benachbart zueinander in einem Innenraum der Vakuumpumpe (100) angeordnet sind.

3. Vakuumpumpe (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Sensor (134) in den RFID-Transponder (130) integriert ist.

4. Vakuumpumpe (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Sensor (134) und der RFID-Transponder (130) voneinander beabstandet angeordnet sind.

5. Vakuumpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der RFID-Transponder (130) als eine in die erste Komponente (110) eingebettete Leiterplatte (300) ausgebildet ist.

6. Vakuumpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei eine Abschirmung zwischen dem RFID-Transponder (130) und der ersten Komponente (110) angeordnet ist.

7. Vakuumpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei

die erste Komponente (110) ein rotierendes Ele-

- ment der Vakuumpumpe (100) umfasst, an dem der RFID-Transponder (130) und der Sensor (134) angebracht sind, und die zweite Komponente (120) ein nicht rotierendes Element der Vakuumpumpe (100) umfasst, an dem das RFID-Lesegerät (140) angeordnet ist. 5
- 8.** Vakuumpumpe (100) nach Anspruch 7, wobei der RFID-Transponder (130) eine Armierung aufweist. 10
- 9.** Vakuumpumpe (100) nach Anspruch 7 oder 8, wobei Elemente des RFID-Transponders (130) und des Sensors (134) derart an dem rotierenden Element (110) angeordnet sind, dass sich Unwuchten des rotierenden Elements (110) gegenseitig kompensieren. 15
- 10.** Vakuumpumpe (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der RFID-Transponder (130) mittels einer Verschraubung in das rotierende Element (110) eingefügt ist. 20
- 11.** Vakuumpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das RFID-Lesegerät (140) eine integrierte Elektronik aufweist. 25
- 12.** Vakuumpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei mindestens eine Elektronikkomponente, die dem RFID-Lesegerät (140) zugeordnet ist, in ein Steuergerät der Vakuumpumpe (100) integriert sind. 30
- 13.** Vakuumpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der RFID-Transponder (130) und/oder das RFID-Lesegerät (140) ausgebildet sind, ein Messsignal des Sensors (134) mittels einer Lastmodulation von dem RFID-Transponder (130) auf das RFID-Lesegerät (140) zu übertragen. 40
- 14.** Vakuumpumpe (100) nach Anspruch 13, wobei das RFID-Lesegerät (140) ein Bandpassfilter für Hilfsträgerfrequenzen aufweist, bei denen der RFID-Transponder (130) das Messsignal des Sensors (134) überträgt. 45
- 15.** Verfahren zum Messen einer physikalischen Eigenschaft einer ersten Komponente (110) in einer Vakuumpumpe (100), die einen Sensor (134) aufweist, der an der ersten Komponente (110) angebracht ist, wobei das Verfahren umfasst, dass: 50

ein RFID-Lesegerät (140), das an einer zweiten Komponente (120) der Vakuumpumpe (100) an-

gebracht ist, die von der ersten Komponente (110) verschieden ist, ein Signal an einen RFID-Transponder (130) sendet, der an der ersten Komponente (110) angebracht ist und mit dem Sensor (134) in einer kommunikativen Verbindung steht, das Signal des RFID-Lesegeräts (140) von dem RFID-Transponder (130) empfangen wird, um den RFID-Transponder (130) und den Sensor (134) mit Energie zu versorgen, mindestens ein Messwert der physikalischen Eigenschaft der ersten Komponente (110) mittels des Sensors (134) erfasst und von dem Sensor (134) zu dem RFID-Transponder (130) übertragen wird und der mindestens ein Messwert mittels einer Lastmodulation in dem RFID-Transponder (130) und/oder in dem RFID-Lesegerät (140) von dem RFID-Transponder (130) zu dem RFID-Lesegerät (140) übertragen wird. 55

Fig. 1

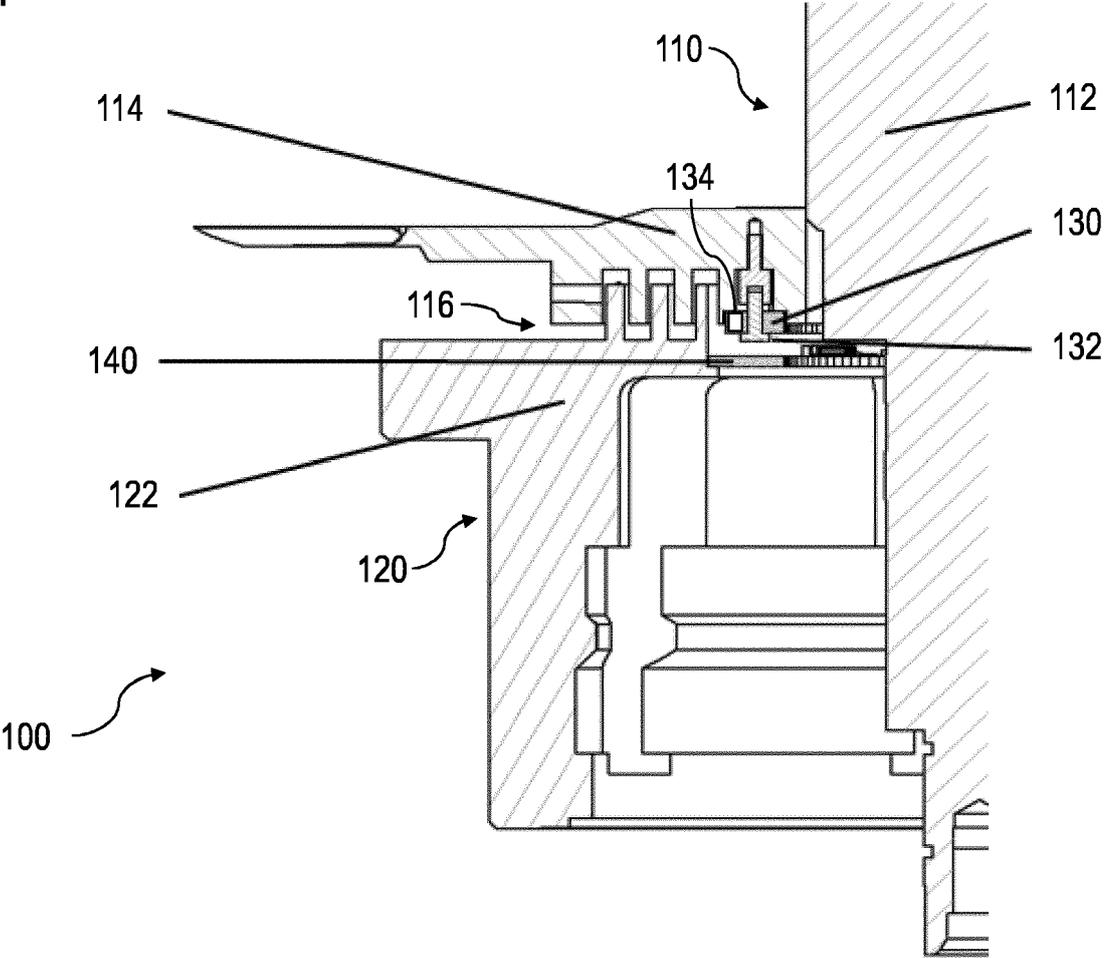


Fig. 2

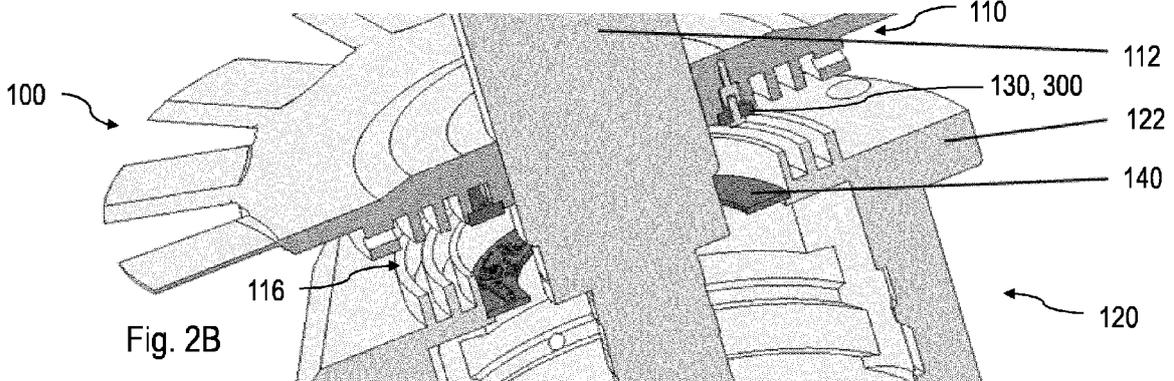
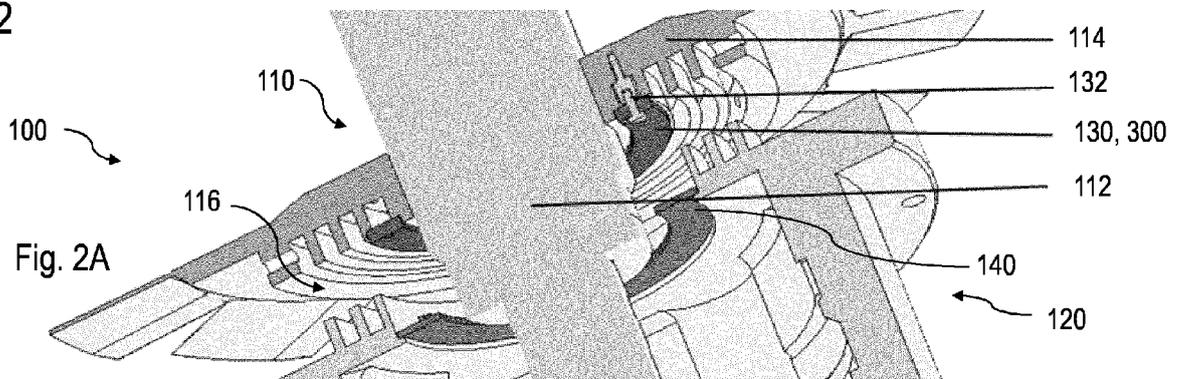


Fig. 3

Fig. 3A

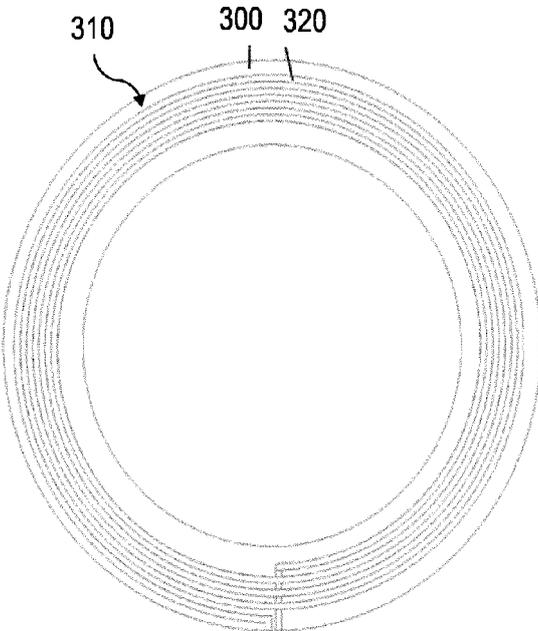


Fig. 3B

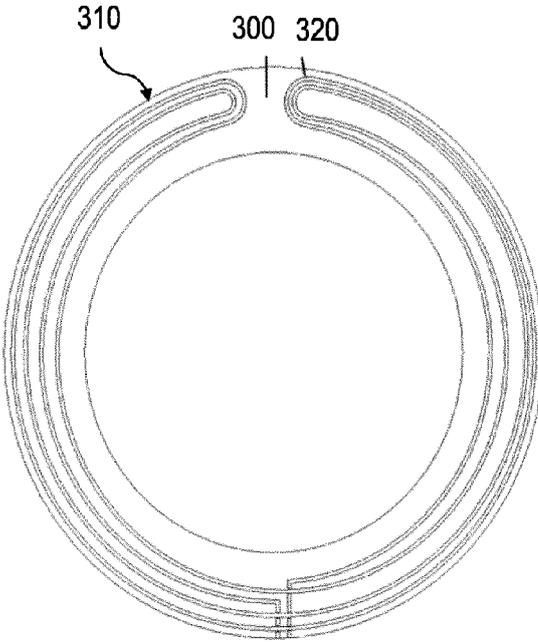


Fig. 4

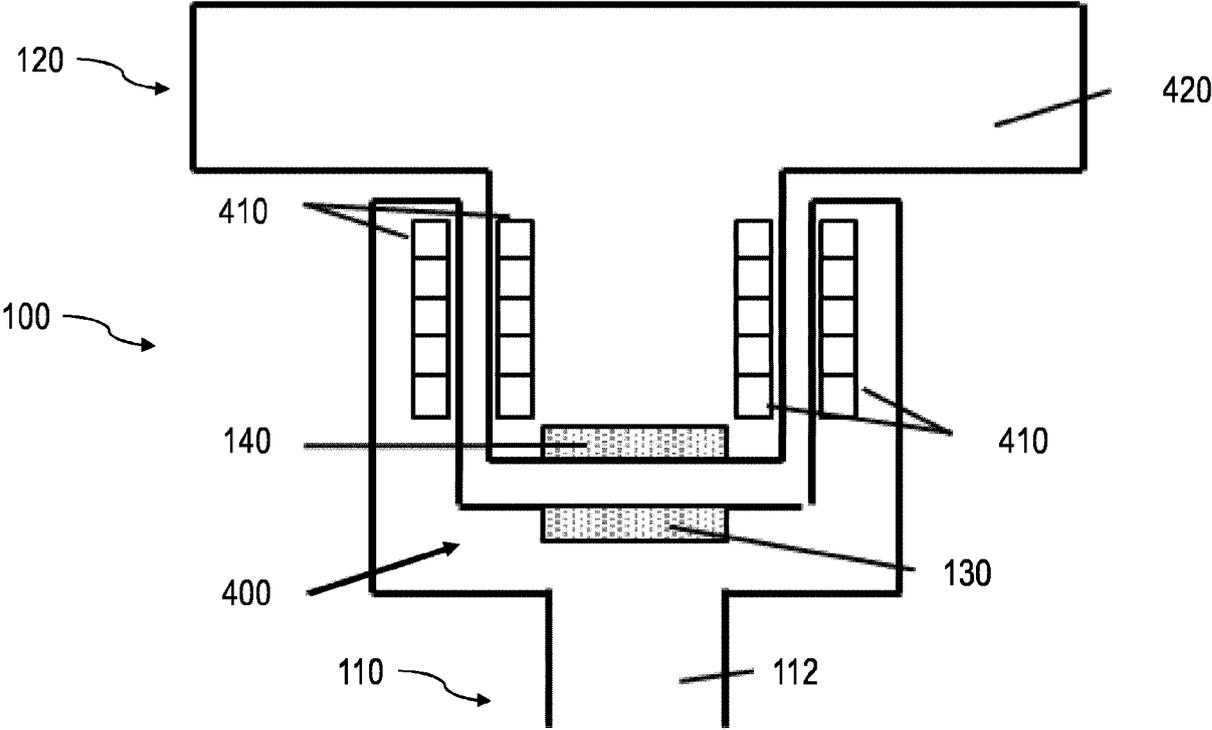


Fig. 5

