(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. Juni 2023 (29.06.2023)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/118490 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01M 3/20 (2006.01) *G01M 3/00* (2006.01)
B01D 46/00 (2022.01) *G01L 27/00* (2006.01)
B01D 65/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/087584

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Dezember 2022 (22.12.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 134 647.9
23. Dezember 2021 (23.12.2021) DE

(71) Anmelder: **INFICON GMBH** [DE/DE]; Bonner Str. 498, 50968 Köln (DE).

(72) Erfinder: **WETZIG, Daniel**; c/o INFICON GmbH, Bonner Str. 498, 50968 Köln (DE). **PUCHALLA-KÖNIG, Jochen**; c/o INFICON GmbH, Bonner Str. 498, 50968 Köln (DE). **DECKER, Silvio**; c/o INFICON GmbH, Bonner Str. 498, 50968 Köln (DE). **WEISS, Sebastian**; c/o INFICON GmbH, Bonner Str. 498, 50968 Köln (DE).

(74) Anwalt: **DOMPATENT VON KREISLER SELTING WERNER - PARTNERSCHAFT VON PATENTANWÄLTEN UND RECHTSANWÄLTEN MBB**; Deichmannhaus am Dom, Bahnhofsvorplatz 1, 50667 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) **Title:** VACUUM LEAK DETECTOR HAVING A SPRAYED-AGAINST MEMBRANE-TEST LEAK, AND METHOD

(54) **Bezeichnung:** VAKUUMLECKSUCHER MIT ANSPRÜH-MEMBRAN-TESTLECK UND VERFAHREN

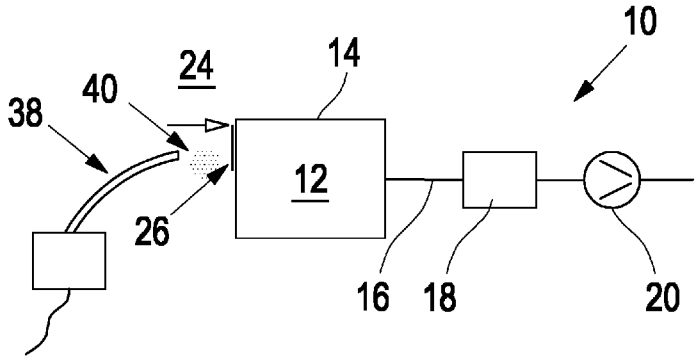


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a vacuum leak detector (10) having a housing (14) enclosing a suction chamber (12), a vacuum pump (20) evacuating the suction chamber (12), and a gas detector (18) connected to the suction chamber (12). According to the invention, the housing (14) has a test leak (26) which connects the outer atmosphere of the housing (14) to the suction chamber (12) and which has a selectively gas-permeable membrane (32).

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Vakuumlecksucher (10) mit einem einen Saugraum (12) umschließenden Gehäuse (14), einer den Saugraum (12) evakuierenden Vakuumpumpe (20) und einem mit dem Saugraum (12) verbundenen Gasdetektor (18) ist vorgesehen, dass das Gehäuse (14) ein die äußere Atmosphäre des Gehäuses (14) mit dem Saugraum (12) verbindendes Testleck (26) mit einer selektiv gasdurchlässigen Membran (32) aufweist.

WO 2023/118490 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Vakuumlecksucher mit Ansprüh-Membran-Testleck und Verfahren

Die Erfindung betrifft einen Vakuumlecksucher mit einem Testleck und ein Verfahren zum Prüfen der Funktionsfähigkeit eines Lecksuchers.

Zur Überprüfung der Dichtheit bzw. zum Auffinden von Leckagen an Prüflingen mit der Prüfgas-Vakuum-Methode werden Leckdetektoren verwendet, die das Auffinden von Leckagen mit Prüfgas ermöglichen. Bei den zu testenden Objekten kann es sich z.B. um Vakuumöfen, Fertigungsanlagen mit Vakuumkammer in der Halbleiterindustrie, Rohrleitungen verschiedener Art oder sonstige Kammern handeln.

Zur Dichtheitsprüfung wird der Prüfling evakuiert. Das Evakuieren kann mit dem Prüfling zugeordneten Pumpsystem erfolgen oder mit einem separaten Pumpsystem, welches mit dem Lecksuchgerät bereitgestellt wird. In das Lecksuchgerät ist ein Prüfgasdetektor integriert, z.B ein Massenspektrometer mit dem das Prüfgas nachgewiesen werden kann. Bei dem Prüfgas kann es sich z.B. um Helium oder Formiergas (95% Stickstoff + 5% Wasserstoff) handeln.

Bei der Dichtheitsprüfung werden die zu testenden Stellen (z.B. Flansch-Dichtungen, Schweißnähte, ...) mit dem Prüfgas an der atmosphärischen Seite des Prüflings besprüht. Liegt an der besprühten Stelle ein Leckagekanal vor, so strömt das Prüfgas zusammen mit der Umgebungsluft durch den Leckagekanal in die Vakuumkammer und strömt weiter zum Vakuumsystem. Dabei kann das Prüfgas mit dem Nachweissystem (z.B. Massenspektrometer) nachgewiesen werden. Die Signalstärke ist ein Maß für die Leckrate und die zeitliche Korrelation von Sprühort und Zeitpunkt und Signalreaktion ist ein Hinweis auf die Leckagestelle.

Bei einer vorhandenen Leckage erfolgt bei Besprühen der Leckagestelle eine Signalreaktion, ein dichter Prüfling ist durch nicht vorhandene Signale während des Sprühens mit Prüfgas gekennzeichnet.

Bei verschiedenen Fehlerfällen bei dieser beschriebenen Methode der Dichtheitsprüfung erfolgt ebenso keine Signalreaktion und kann von einem wirklich dichten Prüfling nicht unterschieden werden. So erfolgt bei der ausgefallenen Sensitivität des Nachweissystems ebenso keine Signalreaktion. Oder wenn die Sprühgasquelle trotz Betätigung des Ventils der Sprühgasquelle kein Prüfgas abgibt erfolgt ebenso trotz möglichem Leck keine Signalreaktion.

Zur Überprüfung der Funktionalität des Prüfsystems wird typischer Weise eine bekannte Leckagestelle an das Vakuumsystem angeflanscht. Eine solche definierte Leckagestelle ist in der Regel mit einem sogenannten Kapillarleck gegeben. Das

Kapillarleck ist derart dimensioniert, dass beim Ansprühen dieses Testlecks eine deutliche Signalreaktion von dem Nachweissystem ausgegeben wird. Die Kapillare muss jedoch ausreichend klein genug sein, damit die kontinuierlich einströmende Luftmenge das Vakuumsystem und den Prüfling nicht negativ beeinflusst. Aus diesem Grund sind derartige Kapillarlecks so dimensioniert, dass der Kanaldurchmesser nur wenige Mikrometer beträgt. Dies hat zur Folge, dass Partikel oder kondensierende Luftfeuchte die Testleckage-Stelle verstopfen können. Dies hat wiederum zur Folge, dass ein funktionierendes Prüfsystem, scheinbar ausgefallen ist, weil das Ansprüh-Kapillar-Leck verstopft ist.

In WO 2006/120122 A1 ist ein Schnüffellecksucher beschrieben, bei dem der Testgaseinlass einen Quarzfenstersensor aufweist. Ein Testleck ist dort nicht vorgesehen. Herkömmlicherweise werden bei Schnüffellecksuchern der in WO 2006/120122 A1 beschriebenen Art Kapillarlecks als Testlecks eingesetzt, wobei das aus dem Testleck zur Atmosphäre hin ausströmende Prüf- oder Testgas mit einer sogenannten Schnüffelsonde aufgesogen und nachgewiesen wird.

Der Erfindung liegt vor diesem Hintergrund die Aufgabe zugrunde, einen Vakuumlecksucher mit einem verbesserten Testleck bereitzustellen und ein entsprechendes Lecksuchverfahren zu ermöglichen.

Der erfindungsgemäße Vakuumlecksucher ist definiert durch die Merkmale von Patentanspruch 1. Das erfindungsgemäße Lecksuchverfahren ist definiert durch die Merkmale von Patentanspruch 11.

Erfindungsgemäß ist an dem den Saugraum des Vakuumlecksuchers umschließenden Gehäuse, welches mit einer den Saugraum evakuierenden Vakuumpumpe und einem mit dem Saugraum verbundenen Gasdetektor verbunden ist, ein die äußere Atmosphäre des Gehäuses mit dem Saugraum verbindendes Testleck mit einer selektiv gasdurchlässigen Membran vorgesehen. Nachdem der Saugraum von der Vakuumpumpe evakuiert wurde, wird das

Testleck derart mit einem Prüfgas besprüht, dass das Prüfgas selektiv durch die Membran in das Innere des Saugraumes gelangt, während Luft oder atmosphärische Gase aus der Umgebung des Vakuumlecksuchers von der Membran blockiert werden. Das durch die Membran in den Saugraum gelangte Testgas wird mit dem Gasdetektor detektiert. Die erfindungsgemäße Membran ermöglicht es, festzustellen, ob das Messsignal des mit dem Gasdetektor gemessenen Testgases dem zu erwartenden Messsignal bei uneingeschränkter Funktionsweise des Vakuumlecksuchers entspricht. Dadurch kann mit Hilfe der Erfindung die Funktionsfähigkeit eines Vakuumlecksuchers auf einfache Weise getestet werden. Zusätzlich wird dabei getestet, dass die Sprühgasquelle, mit der das Prüfgas appliziert wird, einwandfrei funktioniert, also die gewünschte Prüfgasart in ausreichender Menge abgibt.

Das Testleck kann als Ansprühleck ausgebildet sein, um von außen auf das Testleck gesprühtes Testgas selektiv durch die Membran in den Saugraum zu leiten, während von dem Testgas verschiedene Gase blockiert werden.

Die Membran des Testlecks kann Quartz zum selektiven Durchlassen von Helium, Neon oder Wasserstoff aufweisen oder aus Quartz bestehen. Alternativ oder ergänzend kann die Membran Palladium zum selektiven Durchlassen von Wasserstoff und/oder Silber zum selektiven Durchlassen von Sauerstoff aufweisen oder daraus bestehen.

Das Material der Membran kann als dünnwandiges geschlossenes Röhrchen, beispielsweise in Form eines Glasfingers, ausgebildet sein.

Das Membranmaterial kann dazu ausgebildet sein, das Testgas temperaturabhängig selektiv zu leiten oder zu blockieren, während eine Heizung zum Beheizen der Membran vorgesehen ist.

Die Membran kann eine Schichtdicke von wenigen Mikrometern und vorzugsweise maximal etwa 100 µm aufweisen.

Das Testleck kann eine in eine Öffnung des Gehäuses eingesetzte Halterung für die Membran nach Art eines Flansches aufweisen. Die Halterung kann an deren Außenseite und/oder deren Innenseite vorzugsweise von einem Schutzgitter bedeckt werden.

Das Testleck kann mehrere, jeweils von einer oder der selektiv gasdurchlässigen Membran verschlossene Kanäle aufweisen. Hierbei kann die Membran an einem Membranchip angebracht sein, wobei der Membranchip eine Dicke von vorzugsweise weniger als einem Zentimeter und besonders bevorzugt von weniger als einem Millimeter aufweist. Der Membranchip weist ein von der Membran bedecktes Membranfenster auf, das jeweils als Kanal, der den Membranchip vollständig durchdringt, ausgebildet ist und einen Durchmesser von maximal etwa 1000 µm und mindestens etwa 10 µm aufweist, so dass ein Ende des Kanals von der Membran bedeckt ist. Die Membran schließt den Kanal dabei vorzugsweise zur Atmosphärenseite hin ab, d.h. sie bedeckt das dem Saugraum gegenüberliegende Ende des Kanals, um keinen Wasserdampf oder keine Schmutzpartikel aus der Umgebung in den Kanal hinein zu lassen.

Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Membran an einem Membranchip angebracht sein, der mindestens ein von der Membran bedecktes Membranfenster aufweist und eine Dicke von vorzugsweise weniger als 1 mm aufweist. Das Membranfenster ist vorzugsweise von einer offenporigen porösen Struktur getragen, wie z. B. einem Gitter oder einem porösen Festkörpermaterial, um die Membran zu tragen und zu stabilisieren.

An dem Vakuumsystem des Lecksuchers ist ein selektiver Gaseinlass vorgesehen. Der selektive Gaseinlass wird mit einer Membran realisiert, die dicht bzw. nahezu undurchlässig für atmosphärische Gase ist. So ist das Vakuumsystem bei nicht

vorhandenem Prüfgas unbeeinflusst. Sobald Prüfgas auf das Membran-Ansprühleck gesprüht wird, permeiert das Prüfgas durch die Membran in das Vakuumsystem und wird dort mit dem Nachweis-System nachgewiesen, was die Funktionalität des Gesamtsystems (Nachweis-System) und Prüfgas-Sprühquelle bestätigt.

Abhängig von dem verwendeten Prüfgas können passende Membranmaterialien gewählt werden:

- zum selektiven Einlass von Helium wird Quarz verwendet,
- zum selektiven Einlass von Wasserstoff (Bestandteil von Formiergas) wird Palladium verwendet,
- zum selektiven Einlass von Sauerstoff wird Silber verwendet.

Das Material kann als dünnwandiges geschlossenes Röhrchen (Glasfinger) ausgebildet sein. Bei einer solchen Variante muss das Material geheizt werden, damit die Diffusionsgeschwindigkeit des Gases durch die Trennschicht hindurch ausreichend schnell erfolgt. Bei der Ausbildung als dünne, wenige Mikrometer dicke Membran genügt die Verwendung der Membran bei Raumtemperatur, um eine ausreichend schnelle Reaktion zu erhalten.

Im Folgenden wird anhand der Figuren ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 ein Detail aus Fig. 1 und

Fig. 3 ein Detail aus Fig. 2.

Der dargestellte Vakuumlecksucher 10 weist einen Saugraum 12 umgebendes Gehäuse 14 auf, welches durch eine Vakuumleitung 16 mit einem Gasdetektor 18 und einer Vakuumpumpe 20 gasleitend verbunden ist. Das Gehäuse 14 weist einen Testgaseinlass 22 auf, durch den zu prüfendes Testgas aus der äußeren Umgebung 24 des Gehäuses 14 in den Saugraum 12 eingesogen wird, um von dem Gasdetektor 18 analysiert zu werden.

Um die Funktionsfähigkeit des Vakuumlecksuchers 10 prüfen zu können, ist das Gehäuse 14 mit einem Testleck 26 versehen, welches eine Öffnung in dem Gehäuse 14 vollständig bedeckt. Das Testleck 26 ist in Fig. 2 in Explosionsansicht näher dargestellt. Das Testleck 26 weist eine Halterung 28 nach Art eines Flansches auf, der in die zugehörige Öffnung des Gehäuses 14 vollständig hineinpasst und diese dichtend verschließt. Die Halterung 28 ist in dem Ausführungsbeispiel als kreisrunde Scheibe ausgebildet, im Bereich deren Mittelpunktes eine Vertiefung 30 ausgebildet ist. Am Boden der Vertiefung 30 ist ein durch die Halterung 28 hindurchgehendes Loch ausgebildet. In die Vertiefung 30 ist eine selektiv gasdurchlässige Membran als Membranchip 32 eingesetzt, die das Loch im Boden der Vertiefung 30 vollständig und gasdicht verdeckt. Die Membran 32 ist für eine bestimmte Gasart selektiv gasdurchlässig und blockiert sämtliche anderen Gasarten.

Die in Richtung der äußeren Umgebung 24 weisende Oberseite der Halterung 28 und die in Richtung des Saugraumes 12 weisende Unterseite der Halterung 28 sind jeweils von einem Schutzgitter bedeckt, das die Vertiefung 30 mit der Membran 32 und dem von der Membran 32 verdeckten Loch vollständig verdeckt. Beide Schutzgitter 34 sind mit Hilfe von Schraubverbindungen mit der Halterung 28 fest verschraubt.

Der Aufbau der Membran 32 ist in Fig. 3 näher dargestellt. Demnach ist die Membran 32 als Quarzmembranchip ausgebildet und mittig mit ca. 50 als Kanälen ausgebildeten vollständig durch den Membranchip 32 hindurchgehenden Löchern

36 versehen, die in einem Raster mit gleichmäßigen Abständen zueinander angeordnet sind. Jedes der Löcher 36 ist von einer Quarzmembran mit einer Dicke von etwa 10 µm verschlossen. Die Dicke des Membranchips 32 beträgt etwa 0,6 mm. Jedes der Löcher 36 bildet ein Quarzfenster, welches bei einer Membrantemperatur von etwa 25°C selektiv gasdurchlässig für Helium ist, während andere in Luft enthaltene Gase nicht durch die Membran 32 hindurchgelangen. Neben Helium permeieren nur Neon und Wasserstoff durch Quarz jedoch verglichen mit Helium nur in geringerem Maße hindurch, können also grundsätzlich auch als Prüfgas bei Verwendung des Ansprühlecks mit Quarz-Membran zum Einsatz kommen.

Die Schutzgitter 34 schützen den Membranchip 32 vor direktem Kontakt beispielsweise mit einer Sprühpistole 38, wenn die Sprühpistole, wie in Fig. 1 dargestellt, Helium 40 in Richtung des Pfeiles in Fig. 1 auf das Testleck 26 aufsprüht. Das Schutzgitter 34 auf der Unterseite der Halterung 28, d.h. auf der dem Saugraum 12 zugewandten Seite, schützt zum einen ebenfalls den Membranchip 32 und zum anderen das Vakuumsystem, falls der Chip zerbricht oder einzelne herausgebrochene Membranfenster von der Vakuumpumpe 20 angesogen werden.

Ansprüche

1. Vakuumlecksucher (10) mit einem einen Saugraum (12) umschließenden Gehäuse (14), einer den Saugraum (12) evakuierenden Vakuumpumpe (20) und einem mit dem Saugraum (12) verbundenen Gasdetektor (18),

   d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

   dass das Gehäuse (14) ein die äußere Atmosphäre des Gehäuses (14) mit dem Saugraum (12) verbindendes Testleck (26) mit einer selektiv gasdurchlässigen Membran (32) aufweist.

2. Vakuumlecksucher (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Testleck (26) als Ansprühleck ausgebildet ist, um von außen auf das Testleck (26) gesprühtes Testgas selektiv durch die Membran (32) in den Saugraum (12) zu leiten, während von dem Testgas verschiedene Gase blockiert werden.

3. Vakuumlecksucher (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (32) des Testlecks (26) Quarz zum selektiven Durchlassen von Helium, Neon oder Wasserstoff, Palladium zum selektiven Durchlassen von Wasserstoff und/oder Silber zum selektiven Durchlassen von Sauerstoff aufweist.

4. Vakuumlecksucher (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Membran (32) als dünnwandiges geschlossenes Röhrchen, beispielsweise in Form eines Glasfingers, ausgebildet ist.

5. Vakuumlecksucher (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Heizung zum Beheizen der Membran

(32) vorgesehen ist, wobei das Membranmaterial temperaturabhängig selektiv leitet oder sperrt.

6. Vakuumlecksucher (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (32) eine Schichtdicke von wenigen Mikrometern, vorzugsweise maximal 100 µm, aufweist.

7. Vakuumlecksucher (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Testleck (26) eine in eine Öffnung des Gehäuses (14) eingesetzte Halterung (28) für die Membran (32) nach Art eines Flanschs aufweist, die an deren Außenseite und/oder Innenseite vorzugsweise von einem Schutzgitter (34) bedeckt wird.

8. Vakuumlecksucher (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Testleck (26) mehrere jeweils von einer oder der selektiv gasdurchlässigen Membran (32) verschlossene Kanäle aufweist.

9. Vakuumlecksucher (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (32) an einem Membranchip angebracht ist, der eine Dicke von vorzugsweise weniger als 1 cm oder weniger als 1 mm aufweist, wobei der Membranchip mindestens ein von der Membran (32) bedecktes Membranfenster aufweist, das jeweils als den Membranchip vollständig durchdringender Kanal mit einem Durchmesser von maximal etwa 1000µm und mindestens etwa 10µm ausgebildet ist, so dass ein Ende des Kanals von der Membran (32) bedeckt ist.

10. Vakuumlecksucher (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (32) an einem Membranchip angebracht ist, eine Dicke von vorzugsweise weniger als 1 mm aufweist, wobei der Membranchip mindestens ein von der Membran (32) bedecktes

Membranfenster aufweist, das von einer offenporigen porösen Struktur getragen wird.

11. Verfahren zum Testen der Funktionsfähigkeit eines Vakuumlecksuchers (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:

- Evakuieren des Saugraums (12) mit der Vakuumpumpe (20),

- Besprühen des Testlecks (26) mit einem Prüfgas derart, dass das Prüfgas selektiv durch die Membran (32) in das Innere des Saugraumes (12) gelangt, während Luft oder atmosphärische Gase aus der Umgebung (24) des Vakuumlecksuchers (10) von der Membran (32) blockiert werden,

- Detektieren des durch die Membran (32) in den Saugraum (12) gelangten Testgases mit dem Gasdetektor (18),

- Feststellen, ob das Messsignal des Gasdetektors (18) dem zu erwartenden Messsignal bei uneingeschränkter Funktionsfähigkeit des Vakuumlecksuchers (10) entspricht.

1/1

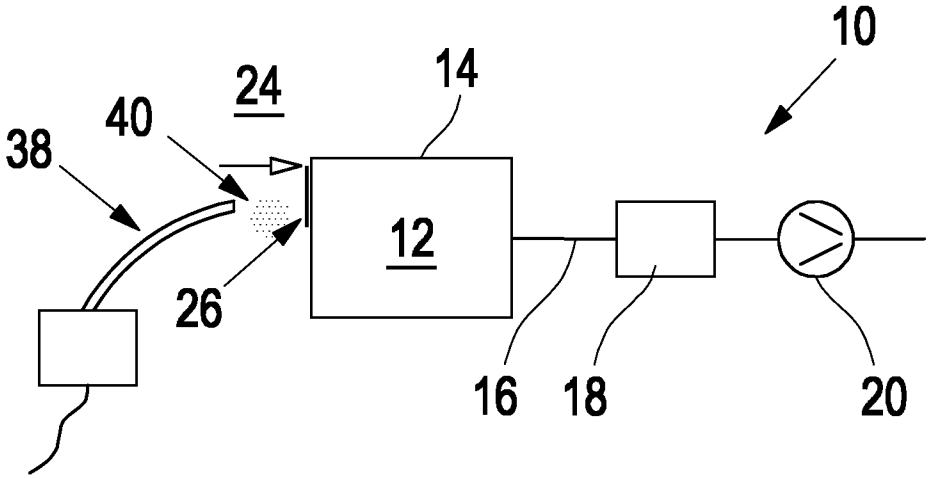


Fig. 1

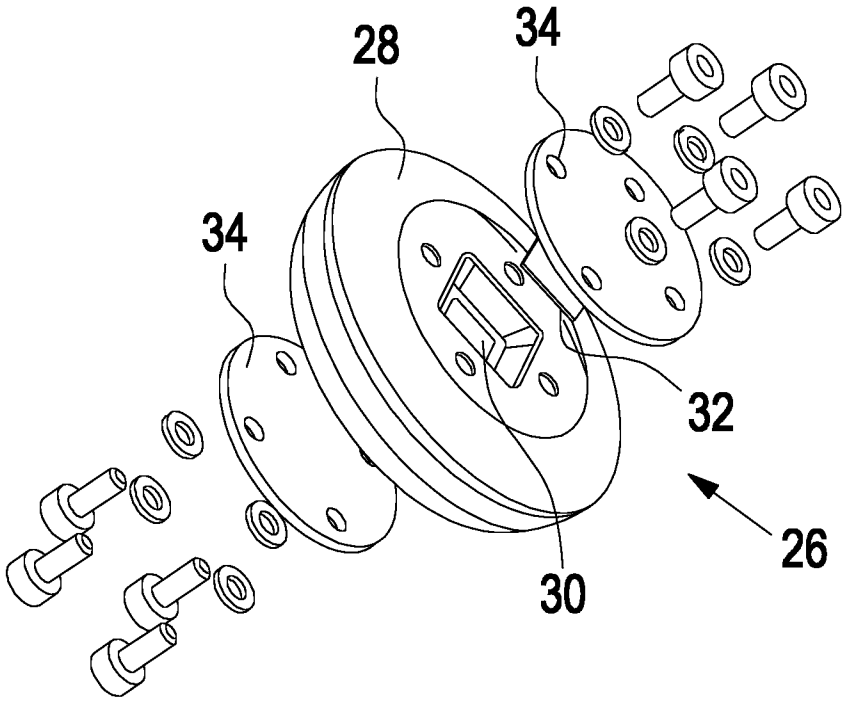


Fig. 2

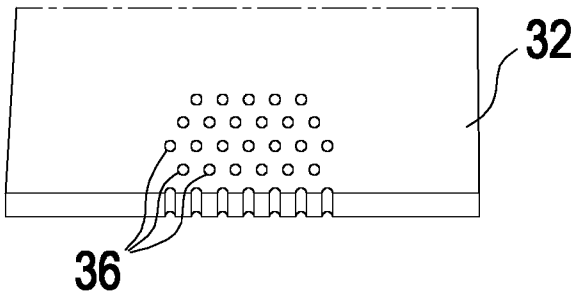


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/087584

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M 3/20(2006.01)i; ***B01D 46/00***(2022.01)i; ***B01D 65/10***(2006.01)i; ***G01M 3/00***(2006.01)i; ***G01L 27/00***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M; B01D; G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009193876 A1 (WETRZIG DANIEL [DE] ET AL) 06 August 2009 (2009-08-06)	1-6,8,11
A	abstract; claims 1-11; figures 1, 2 embodiments of fig. 1 and 2	7,9,10
X	US 9360465 B2 (WETZIG DANIEL [DE]; DALTON SCOTT [US] ET AL.) 07 June 2016 (2016-06-07)	1-5,8,11
A	abstract; claims 1-20; figures 1-4	7,9,10
X	US 2012031162 A1 (ROLFF RANDOLF [DE]) 09 February 2012 (2012-02-09)	1-6,8,11
A	the whole document	7,9,10
X	US 5661229 A (BOHM THOMAS [DE] ET AL) 26 August 1997 (1997-08-26)	1-6,8,11
A	abstract; claims 1-8; figures 1-3	7,9,10
A	US 2011247498 A1 (SCHWARTZ VLADIMIR [US] ET AL) 13 October 2011 (2011-10-13) abstract; claims 1-9; figures 1-3	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 March 2023	**31 March 2023**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Moscelli, Nicola** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/087584

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2009193876 A1	06 August 2009	CN 101171501 A	30 April 2008
		DE 102005021909 A1	16 November 2006
		EP 1880184 A1	23 January 2008
		JP 4806011 B2	02 November 2011
		JP 2008541076 A	20 November 2008
		US 2009193876 A1	06 August 2009
		WO 2006120122 A1	16 November 2006
US 9360465 B2	07 June 2016	BR 112013005109 A2	10 May 2016
		CN 103154689 A	12 June 2013
		DE 102010048982 A1	08 March 2012
		EP 2612126 A1	10 July 2013
		JP 5990172 B2	07 September 2016
		JP 2013536937 A	26 September 2013
		RU 2013114729 A	10 October 2014
		US 2013213114 A1	22 August 2013
		US 2015362467 A1	17 December 2015
		WO 2012028685 A1	08 March 2012
US 2012031162 A1	09 February 2012	BR PI1008911 A2	15 March 2016
		CN 102317753 A	11 January 2012
		DE 102009009370 A1	19 August 2010
		EP 2399113 A1	28 December 2011
		JP 5575812 B2	20 August 2014
		JP 2012518160 A	09 August 2012
		RU 2011138075 A	27 March 2013
		US 2012031162 A1	09 February 2012
		WO 2010094608 A1	26 August 2010
US 5661229 A	26 August 1997	DE 4326265 A1	09 February 1995
		EP 0712488 A1	22 May 1996
		JP H09501237 A	04 February 1997
		KR 960704218 A	31 August 1996
		US 5661229 A	26 August 1997
		WO 9504921 A1	16 February 1995
US 2011247498 A1	13 October 2011	CN 102884409 A	16 January 2013
		EP 2556358 A1	13 February 2013
		EP 3029446 A1	08 June 2016
		JP 5758981 B2	05 August 2015
		JP 2013524228 A	17 June 2013
		KR 20130048729 A	10 May 2013
		RU 2012147519 A	20 May 2014
		US 2011247498 A1	13 October 2011
		US 2012304863 A1	06 December 2012
		WO 2011124618 A1	13 October 2011

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/087584

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01M3/20 B01D46/00 B01D65/10 G01M3/00 G01L27/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01M B01D G01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/193876 A1 (WETRZIG DANIEL [DE] ET AL) 6. August 2009 (2009-08-06)	1-6,8,11
A	Zusammenfassung; Ansprüche 1-11; Abbildungen 1, 2 Ausführungsformen von Fig. 1 und 2	7,9,10
X	US 9 360 465 B2 (WETZIG DANIEL [DE]; DALTON SCOTT [US] ET AL.) 7. Juni 2016 (2016-06-07)	1-5,8,11
A	Zusammenfassung; Ansprüche 1-20; Abbildungen 1-4	7,9,10
X	US 2012/031162 A1 (ROLFF RANDOLF [DE]) 9. Februar 2012 (2012-02-09)	1-6,8,11
A	das ganze Dokument	7,9,10

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
24. März 2023	31/03/2023

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Moscelli, Nicola

2

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/087584

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 661 229 A (BOHM THOMAS [DE] ET AL) 26. August 1997 (1997-08-26)	1-6,8,11
A	Zusammenfassung; Ansprüche 1-8; Abbildungen 1-3	7,9,10

A	US 2011/247498 A1 (SCHWARTZ VLADIMIR [US] ET AL) 13. Oktober 2011 (2011-10-13) Zusammenfassung; Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-3	1-11

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/087584

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009193876 A1	06-08-2009	CN 101171501 A	30-04-2008
		DE 102005021909 A1	16-11-2006
		EP 1880184 A1	23-01-2008
		JP 4806011 B2	02-11-2011
		JP 2008541076 A	20-11-2008
		US 2009193876 A1	06-08-2009
		WO 2006120122 A1	16-11-2006
US 9360465 B2	07-06-2016	BR 112013005109 A2	10-05-2016
		CN 103154689 A	12-06-2013
		DE 102010048982 A1	08-03-2012
		EP 2612126 A1	10-07-2013
		JP 5990172 B2	07-09-2016
		JP 2013536937 A	26-09-2013
		RU 2013114729 A	10-10-2014
		US 2013213114 A1	22-08-2013
		US 2015362467 A1	17-12-2015
		WO 2012028685 A1	08-03-2012
US 2012031162 A1	09-02-2012	BR PI1008911 A2	15-03-2016
		CN 102317753 A	11-01-2012
		DE 102009009370 A1	19-08-2010
		EP 2399113 A1	28-12-2011
		JP 5575812 B2	20-08-2014
		JP 2012518160 A	09-08-2012
		RU 2011138075 A	27-03-2013
		US 2012031162 A1	09-02-2012
		WO 2010094608 A1	26-08-2010
US 5661229 A	26-08-1997	DE 4326265 A1	09-02-1995
		EP 0712488 A1	22-05-1996
		JP H09501237 A	04-02-1997
		KR 960704218 A	31-08-1996
		US 5661229 A	26-08-1997
		WO 9504921 A1	16-02-1995
US 2011247498 A1	13-10-2011	CN 102884409 A	16-01-2013
		EP 2556358 A1	13-02-2013
		EP 3029446 A1	08-06-2016
		JP 5758981 B2	05-08-2015
		JP 2013524228 A	17-06-2013
		KR 20130048729 A	10-05-2013
		RU 2012147519 A	20-05-2014
		US 2011247498 A1	13-10-2011
		US 2012304863 A1	06-12-2012
		WO 2011124618 A1	13-10-2011