

(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

18. Mai 2017 (18.05.2017)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/081136 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01M 3/20 (2006.01)

Daniel; c/o Inficon GmbH, Bonner Straße 498, 50968 Köln (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/077242 (74)

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. November 2016 (10.11.2016)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

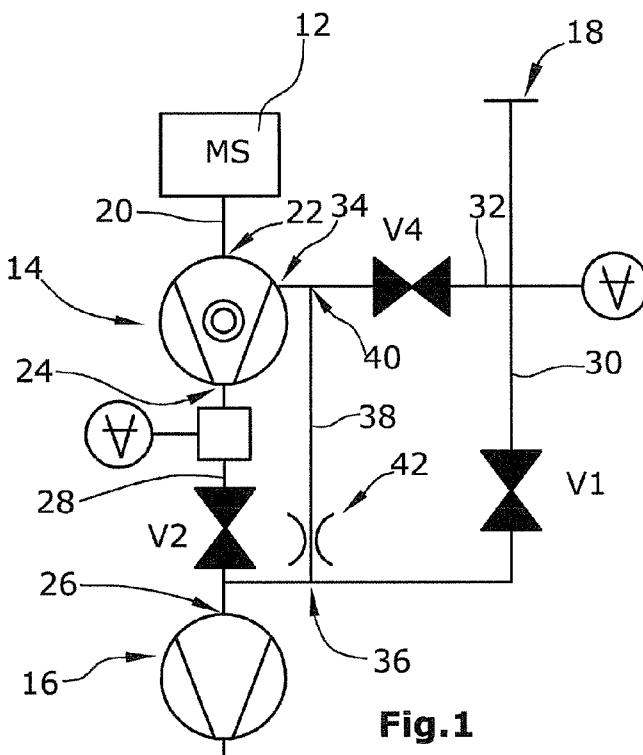
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 222 213.6
11. November 2015 (11.11.2015) DE

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PRESSURE MEASUREMENT AT THE TEST GAS INLET

(54) Bezeichnung : DRUCKMESSUNG AM PRÜFGASEINLASS



(57) **Abstract:** The invention relates to a device for measuring the pressure at the test gas inlet (18) of a mass spectrometric leak detector, wherein a mass spectrometer (12) is connected to the inlet (22) of a high-vacuum pump (14), the outlet (24) of which is connected to the inlet (26) of a fore pump (16), and the inlet (26) of the fore pump (16) is connected to the test gas inlet (18). The invention is characterized in that the inlet (26) of the pre-vacuum pump (16) and at least one intermediate gas inlet (34) of the high-vacuum pump (14) are connected to one another via a connecting line (38) having a flow restrictor (42).

(57) **Zusammenfassung:** Vorrichtung zur Messung des Drucks am Prüfgaseinlass (18) eines massenspektrometrischen Lecksuchers, wobei ein Massenspektrometer (12) mit dem Einlass (22) einer Hochvakuumpumpe (14) verbunden ist, deren Auslass (24) mit dem Einlass (26) einer Vorpumpe (16) verbunden ist, und der Einlass (26) der Vorpumpe (16) mit dem Prüfgaseinlass (18) verbunden ist dadurch gekennzeichnet, dass der Einlass (26) der Vorpumpe (16) und mindestens ein Zwischengaseinlass (34) der Hochvakuumpumpe (14) durch eine Flussdrossel (42) aufweisende Verbindungsleitung (38) miteinander verbunden sind.



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, 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).

Veröffentlicht:

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

Druckmessung am Prüfgaseinlass

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung des Drucks am Prüfgaseinlass eines massenspektrometrischen Lecksuchers.

Bei der massenspektrometrischen Lecksuche werden die auf Dichtheit zu prüfenden Objekte unter Vakuumbedingungen unter Einsatz von Prüfgas getestet. Zum Betrieb des Massenspektrometers muss ein Druck von weniger als 10^{-4} mbar erreicht werden.

Grundsätzlich wird bei den Dichtheitsprüfverfahren mit einem Vakuumlecksucher zwischen der Vakummethode und der Überdruckmethode unterschieden. Bei der Vakummethode wird der Prüfling evakuiert und einer Prüfgasatmosphäre

- 2 -

ausgesetzt. Das aus dem Prüfling abgezogene Gas wird auf Vorhandensein von Prüfgas untersucht. Bei der Überdruckmethode wird der Prüfling mit Prüfgas mit einem Druck beaufschlagt, der größer als der Druck der den Prüfling umgebenden Atmosphäre ist. Die den Prüfling umgebende Atmosphäre wird sodann auf Vorhandensein von Prüfgas untersucht.

Bei der Vakummethode und bei der Überdruckmethode kann die Prüfung entweder integral oder lokalisierend erfolgen. Bei der integralen Dichtheitsprüfung ist der Prüfling in eine Vakuum- beziehungsweise Druckkammer eingebracht und das aus dem Prüfling beziehungsweise der Prüfkammer abgezogene Gas wird auf Vorhandensein von Prüfgas untersucht. Bei der integralen Prüfung wird untersucht, ob der Prüfling mindestens ein Leck aufweist und welche Gesamtleckrate diese Lecks aufweisen.

Bei der lokalisierenden Prüfung soll der Ort eines Lecks ermittelt werden. Bei der lokalisierenden Vakummethode wird der evakuierte und an den massenspektrometrischen Lecksucher angeschlossene Prüfling von außen mit Hilfe einer Sprühpistole mit dem Prüfgas besprüht. Bei der lokalisierenden Überdruckmethode wird der mit Prüfgas druckbeaufschlagte Prüfling von außen mit einer handgeführten Schnüffelsonde abgeschnüffelt.

Bei sämtlichen der oben beschriebenen Verfahren kommt ein massenspektrometrischer Lecksucher zum Einsatz, der einen Prüfgaseinlass aufweist, durch den der zu untersuchende Prüfgasstrom angesaugt wird und dem Massenspektrometer zur Ermittlung des Prüfgaspartialdrucks zugeführt wird. Da eine Untersuchung mit Hilfe des Massenspektrometers nur möglich ist, wenn im Massenspektrometer ein Vakuumdruck herrscht, muss vor dem Öffnen des Prüfgaseinlasses der Totaldruck am Einlass ausreichend abgesenkt sein. Das Massenspektrometer wird von einer Hochvakuumpumpe, meist einer Turbomolekularpumpe, und einer an den Auslass der Hochvakuumpumpe

- 3 -

angeschlossenen Vorvakuumpumpe evakuiert. Ein Zwischengaseinlass der Hochvakuumpumpe ist mit dem Prüfgaseinlass des Lecksuchsystems verbunden.

Ein Groblecknachweis ist möglich, wenn der Druck am Prüfgaseinlass unterhalb des für die Hochvakuumpumpe zulässigen Vordrucks von typischerweise 15 mbar abgesenkt ist. Insbesondere bei großen Volumen (Prüfkammervolumen), die über das Vakuumsystem des Lecksuchers, beispielsweise die Vorvakuumpumpe, evakuiert werden müssen, dauert es lange, bis der für die Hochvakuumpumpe zulässige Vordruck am Prüfgaseinlass unterschritten ist und mit der Prüfung begonnen werden kann.

Daher ist es grundsätzlich wünschenswert, bereits bei einem Einlassdruck von mehr als 15 mbar eine Lecksuche betreiben zu können. Hierzu ist es bekannt, einen geringen Teilgasstrom aus dem Einlassbereich des Lecksuchers dem Nachweissystem zuzuführen. Beispielsweise wird bei dem INFICON-Lecksuchgerät UL400 ein Teilstrom des durch den Prüfgaseinlass angesogenen Gasstroms direkt dem Massenspektrometer zugeführt. Beim direkten Gaseinlass in das Massenspektrometer (Hauptstromverfahren) muss üblicherweise mit einer Flüssigstickstoff-Kühlfalle der Einfluss des Wasserdampfes aus der Atmosphäre auf das Messsignal reduziert oder vermieden werden. Die Drosselung des direkt in das Massenspektrometer eingelassenen Teilstroms ist derart ausgebildet, dass der Teilstrom durch Öffnen eines entsprechenden Ventils ab einem Druck von weniger als 100 mbar dem Massenspektrometer zugeführt werden kann.

Bei dem INFICON-Lecksucher UL500 ist es zu einem frühzeitigen Nachweis eines Leckagesignals (Grobleckmessung) möglich, den Prüfgaseinlass über eine Drossel mit dem Vorvakuum der Turbomolekularpumpe am Massenspektrometer zu verbinden. Die Drossel ist eine Blende, über die bereits direkt nach dem Öffnen des Prüfgaseinlasses bei einem Druck von weniger als 1000 mbar zum Vorevakuierten ein kleiner Heliumanteil im Gegenstrom über die Turbomolekularpumpe in das Nachweissystem (Massenspektrometer) gelangt.

- 4 -

Diese Anordnung ist beispielsweise beschrieben in EP 283543 A1 und EP 0 615 615 B1.

Zur Detektion von Massivlecks eignet sich im ersten Schritt die Bewertung des Totaldruckabfalls zwischen 1000 und 100 mbar. Bei den bekannten Verfahren wird zur Messung des Totaldrucks am Einlassbereich des Lecksuchers ein Drucksensor nach dem Pirani-Messprinzip eingesetzt. Derartige Sensoren sind preiswert und in der Lage, Arbeitsdrücke im Bereich zwischen 10^{-3} und 100 mbar präzise zu messen. Der Totaldruck im Bereich zwischen 100 mbar und 1000 mbar kann jedoch nur unzureichend detektiert werden.

Im zweiten Schritt, wenn der Druck aufgrund eines vorhandenen Massivlecks zu langsam fällt oder sich über das Saugvermögen der Vorpumpe und das durch das Massivleck einströmende Gas ein Gleichgewichtsdruck oberhalb von 15mbar einstellt, soll das Massivleck über das Ansprühen mit einem Prüfgas lokalisiert werden.

Während der Abpumpphase ist das Nachweissystem des Lecksuchers blind geschaltet oder die Empfindlichkeit des Lecksuchers derart reduziert, dass nur bei großen Lecks ein Signal nachweisbar ist. Bei besonders groben Leckagen am Prüfling kann sich die Dauer des Abpumpens noch weiter verlängern oder der erforderliche Arbeitsdruck zum Erreichen der Messbereitschaft mit dem Vakuumsystem gar nicht erreicht werden. In diesem Fall ist die Lokalisierung eines Groblecks mit dem eigentlich für diese Aufgabe vorgesehenen Lecksucher unmöglich.

Der Totaldruck am Einlassflansch des Prüfgaseinlasses kann mit einem typischen Pirani-Drucksensor im Druckbereich zwischen 100 mbar und 1000 mbar nicht gemessen werden. Es soll vermieden werden, für diesen Druckbereich einen eigenen Totaldrucksensor zu verwenden.

- 5 -

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bereits bei deutlich höherem Druck als 15 mbar einen undichten Prüfling anhand einer verbesserten Messung des Totaldrucks am Prüfgaseinlass eines massenspektrometrischen Lecksuchers festzustellen und die Leckage zu lokalisieren.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird definiert durch die Merkmale von Anspruch 1. Das erfindungsgemäße Verfahren ist definiert durch die Merkmale von Anspruch 6.

Die erfindungsgemäße Totaldruckmessung betrifft massenspektrometrische Lecksucher, bei denen das Messvolumen eines Massenspektrometers mit dem Einlass einer Hochvakuumpumpe, zum Beispiel einer Turbomolekularpumpe, verbunden ist und der Auslass der Hochvakuumpumpe mit dem Einlass einer Vorvakuumpumpe verbunden ist. Die zweistufige Vakuumpumpe dient zur Evakuierung des Messvolumens des Massenspektrometers. Der Einlass der Vorvakuumpumpe ist zudem mit dem Prüfgaseinlass verbunden, um das Testgas anzusaugen beziehungsweise die Prüfkammer oder den Prüfling zu evakuieren.

Erfindungsgemäß wird mit Hilfe einer gasführenden Verbindungsleitung der Einlass der Vorvakuumpumpe mit mindestens einem Zwischengaseinlass der Hochvakuumpumpe verbunden. In der Verbindungsleitung wird der Gasstrom mit Hilfe einer Flussdrossel gedrosselt. Die Verbindungsleitung kann beispielsweise von der Vorvakuum-Einlassleitung, die den Prüfgaseinlass mit dem Einlass der Vorvakuumpumpe verbindet, abzweigen. Die Verbindungsleitung kann in eine Hochvakuum-Einlassleitung münden, die den Zwischengaseinlass mit dem Prüfgaseinlass verbindet. Hierbei ist vorteilhafterweise jeweils in der Vorvakuum-Einlassleitung, in der Hochvakuum-Einlassleitung und in der die beiden Vakuumpumpen verbindenden Vakuumleitung jeweils ein Ventil zum separaten Öffnen und Schließen der Leitung vorgesehen.

- 6 -

Beim Evakuieren einer an den Prüfgaseinlass angeschlossenen Prüfkammer oder eines an den Prüfgaseinlass angeschlossenen Prüflings mit Hilfe der Vorvakumpumpe wird Gas durch die Vorvakuum-Einlassleitung aus dem Prüfgaseinlass angesaugt. Über die Verbindungsleitung wird ein Teilstrom aus der Vorvakuum-Verbindungsleitung abgezweigt und dem Zwischeneinlass der Hochvakumpumpe zugeführt. Über den Zwischengaseinlass gelangt der Teilstrom in das Messvolumen des Massenspektrometers. Alternativ kann der Teilstrom auch direkt ins Massenspektrometer eingelassen werden. Dort kann der Partialdruck des jeweils verwendeten Prüfgases, zum Beispiel Helium, bestimmt werden. Anhand des Prüfgaspartialdrucks kann der am Prüfgaseinlass vorliegende Totaldruck ermittelt werden. Hierbei wird angenommen, dass der zu evakuierende Prüfling oder die zu evakuierende Prüfkammer Luft oder ein anderes Gas mit einer Prüfgaskonzentration (Heliumkonzentration) enthält. So wird vom Massenspektrometer zum Beispiel anhand des Luft-Helium-Anteils ein proportionales Signal geliefert, um den Totaldruck am Einlassflansch des Prüfgaseinlasses mit dem Massenspektrometer über den Heliumpartialdruck zu messen.

Die Verbindungsleitung mündet in die Hochvakuum-Einlassleitung zwischen dem Zwischengaseinlass der Hochvakumpumpe und dem Prüfgaseinlass. Falls ein Ventil zum separaten Öffnen und Schließen der Hochvakuum-Einlassleitung vorgesehen ist, mündet die Verbindungsleitung zwischen dem Ventil und dem Zwischengaseinlass in die Hochvakuum-Einlassleitung.

Der über die Verbindungsleitung dem Massenspektrometer zugeführte Teilstrom wird gedrosselt, möglichst auf einen Gasdurchsatz von mehr als 10^{-4} mbar·l/s (bei einer Druckdifferenz über der Drossel von 1000 mbar zu 0 mbar). Die Drosselung erfolgt möglichst nahe an dem Abzweigungspunkt der Verbindungsleitung aus der Vorvakuum-Einlassleitung. Dieser Abzweigungspunkt kann prinzipiell an einer beliebigen Stelle im Vorvakuumstrang zwischen dem Prüfgaseinlass und dem Auslass der Vorvakumpumpe liegen, d.h. bei

Verwendung einer mehrstufigen Vorpumpe auch zwischen den Pumpenstufen. Der Abstand der Drossel zum Abzweigungspunkt der Verbindungsleitung aus der Vorvakuum-Einlassleitung ist also geringer als der Abstand zu der Verbindungsstelle der Verbindungsleitung mit der Hochvakuum-Einlassleitung. Vorzugsweise beträgt der Abstand zu der Abzweigungsstelle mit der Vorvakuum-Einlassleitung etwa ein Drittel und vorzugsweise etwa ein Viertel der Gesamtlänge der Verbindungsleitung. Idealerweise liegt die Abzweigungsstelle direkt im Gasstrom der Vorvakuum-Einlassleitung. Die Drossel ist also möglichst nahe an bzw. gar in der Abzweigung angeordnet, um eine optimale Anströmung der Drossel für einen möglichst guten Gasaustausch zu erreichen, um schnelle Reaktionen zu ermöglichen. Der Volumenbereich innerhalb der Verbindungsleitung zwischen der Abzweigungsstelle aus der Vorvakuum-Einlassleitung und der Drossel ist aufgrund von turbulenter Strömung gut gespült bis zu einer Tiefe, die ungefähr dem Leitungsdurchmesser entspricht.

Die Drossel kann als Blende oder als Kapillare ausgeführt werden. Die ideale Wahl von Länge und Durchmesser ist nach den bekannten Formeln zur Gasströmung durch Blenden und Kapillaren je nach Durchmesser zu wählen, und kann insbesondere bei $25\mu\text{m}$ Kapillardurchmesser eine Länge von 5cm sein, um einen Gasstrom von $5 \cdot 10^{-4}$ mbar l/s bei 1000 mbar gegen 0 mbar zu erreichen. Bei der Wahl von Durchmesser und Länge ist darauf zu achten, dass sich auch bei einem Gasdruck von 15mbar und entsprechend reduzierter Strömung durch die Drossel bzw. verlängerter Gasaustauschzeit in der Drossel ausreichend kurze Ansprechzeiten von typischerweise 1s ergeben.

Die Drossel erlaubt eine präzise Messung des Totaldruck-Verlaufs direkt nach Beginn des Abpumpens mit Hilfe der Vorvakuumpumpe. Das Volumen im Vorvakumbereich der Turbomolekularpumpe, das heißt am Auslass der Turbomolekularpumpe, wird derart dimensioniert, dass der Betrieb zur Massivlecksuche bei geschlossenen Ventilen in der Vakuumleitung zwischen der Hochvakuumpumpe und der Vorvakuumpumpe, in der Hochvakuum-

Einlassleitung und in der Vorvakuum-Einlassleitung ausreichend lange aufrecht erhalten werden kann. Die Dauer, mit der der Betrieb zur Massivlecksuche möglich ist, hängt vom Verhältnis aus dem Fluss durch die Drossel in der Verbindungsleitung und dem Volumen im Vorvakumbereich der Turbomolekularpumpe ab. Zusammen mit dem zulässigen maximalen Totaldruck an der Vorvakuumseite der Hochvakuum-/Turbomolekularpumpe ergibt sich hieraus die maximale Betriebsdauer im Massivleckbetrieb im ungünstigsten Fall zu

$$\text{Betriebsdauer} = V \cdot p_{V,\text{max}} / Q$$

Q: Fluss durch Drossel D1

V: Volumen Vorvakumbereich

$p_{V,\text{max}}$: maximal zulässiger Vorvakuumdruck

Die Auslegung des Volumens muss für die Applikation typische Abpumpzeiten berücksichtigen, da bei fallendem Druck am Prüfgaseinlass auch der Gasstrom Q durch die Drossel kleiner und damit die maximale Betriebsdauer während der Massivlecksuche länger wird. Damit der Betrieb zur Massivlecksuche über eine Stunde ununterbrochen durchgeführt werden kann, ist das Volumen im Vorvakumbereich vorzugsweise größer als 10 cm^3 und idealerweise 20 cm^3 . Im schlechtesten Fall, d.h. das Leck im Prüfling ist so groß, dass die Vorvakumpumpe den Druck nicht reduzieren kann, ergibt sich bei $V=20\text{cm}^3$, $p_{V,\text{max}} = 15 \text{ mbar}$ und $Q=5 \cdot 10^{-4} \text{ mbar l/s}$ eine schlechtest zu erwartende Betriebsdauer von 600s, nach der der Betrieb der Massivlecksuche für weniger als 10s unterbrochen werden muss, um das Vorvakuumvolumen der Turbomolekularpumpe wieder zum Enddruck zu pumpen, wonach der Betrieb zur Massivlecksuche wieder aufgenommen werden kann.

Die Erfindung ermöglicht mit der permanenten Drossel-Verbindung zwischen dem Vorvakumpumpen-Einlass und dem Zwischengaseinlass der Hochvakuumpumpe

eine besonders schnelle Reaktion des Messsignals, eine Messung von Leckraten bei Arbeitsdrücken von mehr als 15 mbar, eine Messung des Totaldrucks am Prüfgaseinlass (Einlassflansch) mit reproduzierbarer Kennlinie und eine präzise Messung des Totaldrucks am Einlassflansch ab 1000 mbar ohne zusätzlichen Drucksensor.

Im Folgenden werden anhand der Figuren Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel und

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel

Im Folgenden werden zunächst die Gemeinsamkeiten der Ausführungsbeispiele beschrieben. Dies sind im Wesentlichen ein Lecksuchsystem mit einem Massenspektrometer 12, einer Hochvakuumpumpe 14, einer Vorvakumpumpe 16 und einem Prüfgaseinlass 18.

Das Massenspektrometer 12 ist über eine gasleitende Messleitung 20 mit dem Einlass 22 der Hochvakumpumpe 14 verbunden. Bei der Hochvakumpumpe 14 handelt es sich um eine Turbomolekularpumpe. Der Auslass 24 der Hochvakumpumpe 14 ist mit dem Einlass 26 der Vorvakumpumpe 16 über eine Vakuumleitung 28 gasleitend verbunden. In der Vakuumleitung 28 ist ein separat schließbares Ventil V2 vorgesehen. Über die beiden Vakumpumpen 14, 16 wird das Messvolumen des Massenspektrometers 12 evakuiert.

Der Prüfgaseinlass 18 ist über eine Vorvakuum-Einlassleitung 30 mit dem Einlass 26 der Vorvakumpumpe 16 gasleitend verbunden, um ein an den Prüfgaseinlass 18 angeschlossenes Volumen (Prüfkammer oder Prüfling) mit der

- 10 -

Vorvakuumpumpe 16 zu evakuieren. Weiterhin ist der Prüfgaseinlass 18 über eine Hochvakuum-Einlassleitung 32 mit dem Zwischenegasinlass 34 der Hochvakuumpumpe 14 verbunden.

An einer Abzweigstelle 36 zweigt von der Vorvakuum-Einlassleitung 30 eine gasleitende Verbindungsleitung 38 ab und mündet an einer Mündungsstelle 40 in die Hochvakuum-Einlassleitung 32. Die Verbindungsleitung 38 verbindet dadurch den Einlass 26 der Vorvakuumpumpe 16 direkt und permanent mit dem Zwischengaseinlass 34 der Hochvakuumpumpe 14, ohne dass ein Ventil in der Verbindungsleitung 38 vorgesehen ist.

Die Verbindungsleitung 38 weist möglichst nah an der Abzweigungsstelle 36 eine Drossel 42 auf, die bei einer Druckdifferenz von 1000 mbar zu 0 mbar über der Drossel einen Gasdurchlass von mehr als 10^{-4} mbar·l/s, nämlich circa 2 10^{-4} mbar·l/s ermöglicht und einen darüber hinausgehenden Gasdurchsatz verhindert.

Die Drossel 42 ist als Blende oder Kapillare ausgebildet.

Der Abstand der Drossel 42 von der Abzweigungsstelle 36 beträgt circa ein Zehntel des Abstands zwischen der Abzweigungsstelle 36 und der Mündungstelle 40, das heißt der Länge der Verbindungsleitung 38.

Die Vorvakuum-Einlassleitung 30 weist zwischen dem Prüfgaseinlass 18 und der Abzweigungsstelle 36 ein separat schließbares Ventil V1 auf. Die Hochvakuum-Einlassleitung 32 weist zwischen dem Prüfgaseinlass 18 und der Mündungsstelle 40 ein separat schließbares Ventil V4 auf.

Im Betrieb sind beim zunächst erfolgenden Grobevakuiieren eines an den Prüfgaseinlass 18 angeschlossenen Volumens (Prüfkammervolumen oder

Prüflingsvolumen) zunächst die Ventile V2 und V4 geschlossen und das Ventil V1 geöffnet. Die Vorvakumpumpe 16 evakuiert dann über den Prüfgaseinlass 18.

Um während dieser Grobevakuiierung über den Prüfgaseinlass 18 den Druck am Prüfgaseinlass 18 messen zu können, ohne dass ein zusätzlicher Drucksensor erforderlich ist, wird über die Verbindungsleitung 38 ein Teilstrom aus der Vorvakuum-Einlassleitung 30 abgezweigt und über den Zwischengaseinlass 34 der Hochvakumpumpe 14 dem Massenspektrometer 12 zugeführt. Mit Hilfe der Drossel 42 wird der Teilgasstrom ausreichend gedrosselt, um von dem Massenspektrometer 12 auswertbar zu sein. Mit Hilfe des Massenspektrometers 12 wird der Partialdruck des in dem abgezweigten Gasstrom enthaltenen Prüfgases ermittelt. Typischerweise wird als Prüfgas Helium eingesetzt, wobei der Heliumpartialdruck gemessen wird. Von dem Heliumpartialdruck wird auf den Totaldruck am Einlassflansch des Massenspektrometers geschlossen.

Das Massenspektrometer 12 wird bei geöffnetem Ventil V2 und geschlossenen Ventilen V1 und V4 evakuiert. Sobald der Druck im Massenspektrometer 12 und im Vorvakumbereich 28 für den Betrieb des Massenspektrometers 12 ausreichend gering sind (1E-4 mbar in 12 und <1 mbar in 28) wird das Ventil V2 geschlossen. Danach wird zum Abpumpen des Prüflings am Prüfgaseinlass das Ventil V1 geöffnet. Sobald der Totaldruck am Prüfgaseinlass 18 einen ausreichenden Wert von circa 15 mbar unterschreitet, wird das Ventil V2 geöffnet, um mit der massenspektrometrischen Analyse zur Lecksuche zu beginnen. Bei weiterem Absenken des Totaldrucks auf unter 2mbar wird mit dem Ziel, den klassischen Gegenstrom-Lecksuchbetrieb zu erreichen, das Ventil V1 geschlossen und das Ventil V4 geöffnet.

Das zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel durch einen zweiten Zwischengaseinlass 44 der Hochvakumpumpe 14. Der zweite Zwischengaseinlass 44 ist über eine mit

- 12 -

einem separat schließbaren Ventil V3 versehenen gasführenden Leitung 46 mit dem Prüfgaseinlass 18 verbunden.

Das dritte Ausführungsbeispiel nach Figur 3 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 dadurch, dass der Abzweigungspunkt 36 zwischen den Pumpenstufen 16a, 16b einer mehrstufigen Vorvakuumpumpe 16 liegt. Grundsätzlich kann der Abzweigungspunkt an einer beliebigen Stelle im Vorvakuumstrang zwischen dem Prüfgaseinlass 18 und dem Auslass 24 der Hochvakuumpumpe 14 liegen.

Mit der erfindungsgemäßen Druckmessung ist es möglich, bei einem massenspektrometrischen Lecksucher über eine massenspektrometrische Partialdruckanalyse den Druck am Prüfgaseinlass bereits bei noch hohen Drücken im Vorvakumbereich während des Evakuierens zu Bestimmen, ohne dass hierfür ein zusätzlicher Drucksensor erforderlich ist.

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Messung des Drucks am Prüfgaseinlass (18) eines massenspektrometrischen Lecksuchers, wobei ein Massenspektrometer (12) mit dem Einlass (22) einer Hochvakumpumpe (14) verbunden ist, deren Auslass (24) mit dem Einlass (26) einer Vorvakumpumpe (16) verbunden ist, und der Einlass (26) der Vorvakumpumpe (16) mit dem Prüfgaseinlass (18) verbunden ist

dadurch gekennzeichnet,

dass der Einlass (26) der Vorvakumpumpe (16) und mindestens ein Zwischengaseinlass (34) der Hochvakumpumpe (14) durch eine eine Flussdrossel (42) aufweisende Verbindungsleitung (38) miteinander verbunden sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (42) einen Gasdurchsatz im Bereich von 10^{-5} mbar·l/s bis 10^{-3} mbar·l/s bei einer an der Drossel (42) anliegenden Druckdifferenz von circa 1000 mbar aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung von der Drossel (42) bis zum vorvakumpumpenseitigen Beginn der Verbindungsleitung (38) geringer ist als die Entfernung von der Drossel (42) zum hochvakumpumpenseitigen Ende der Verbindungsleitung (38).
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (42) als Blende oder Kapillare ausgebildet ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der vorvakuumpumpenseitige Einlass in die Verbindungsleitung (38) verblockt ist.
6. Verfahren zur Messung des Drucks an dem Prüfgaseinlass (18) eines massenspektrometrischen Lecksuchers, wobei ein Massenspektrometer (12) mit dem Einlass (22) einer Hochvakuumpumpe (14) verbunden ist, deren Auslass (24) mit dem Einlass (26) einer Vorvakuumpumpe (16) verbunden ist und der Einlass (26) der Vorvakuumpumpe (16) mit dem Prüfgaseinlass (18) verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass von dem Gasstrom vom Prüfgaseinlass (18) zur Vorvakuumpumpe (16) ein Teilstrom abgezweigt, gedrosselt und mindestens einem Zwischengaseinlass (34) der Hochvakuumpumpe (14) zugeführt wird und der Druck am Prüfgaseinlass (18) durch Messen des Testgaspartialdrucks in dem abgezweigten Teilstrom mit dem Massenspektrometer (12) bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilstrom auf einen Maximalwert im Bereich von 10^{-5} bis 10^{-3} mbar·l/s bei einer Druckdifferenz von circa 1000 mbar gedrosselt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung des Orts der Drosselung des Teilstroms näher zum Einlass (26) der Vorvakuumpumpe (16) als zum Zwischeneinlass (34) der Hochvakuumpumpe (14) angeordnet ist.

- 15 -

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der abgezweigte Teilstrom verblockt wird.

-1/2-

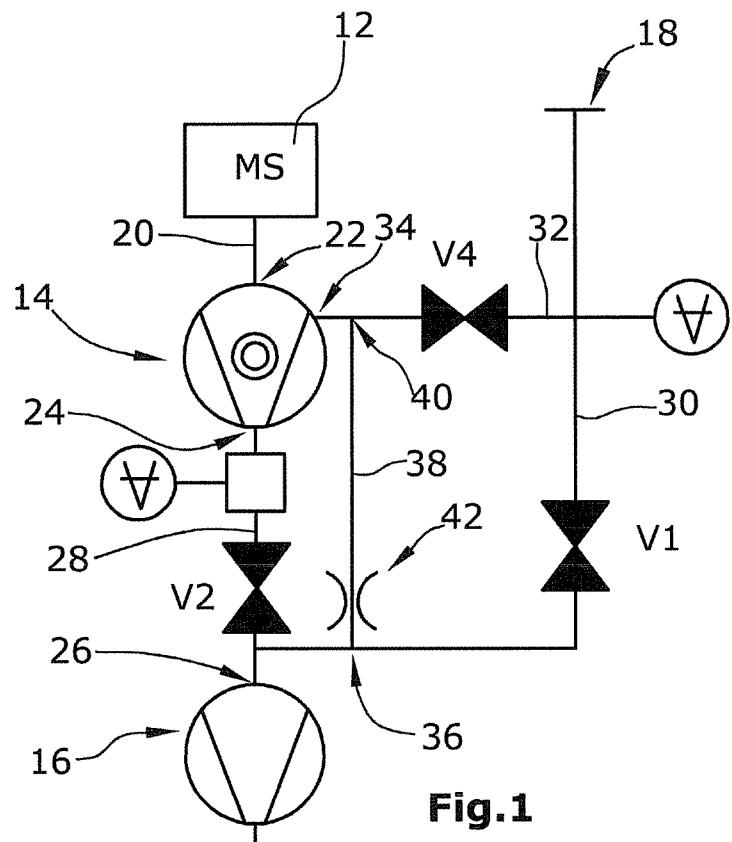


Fig.1

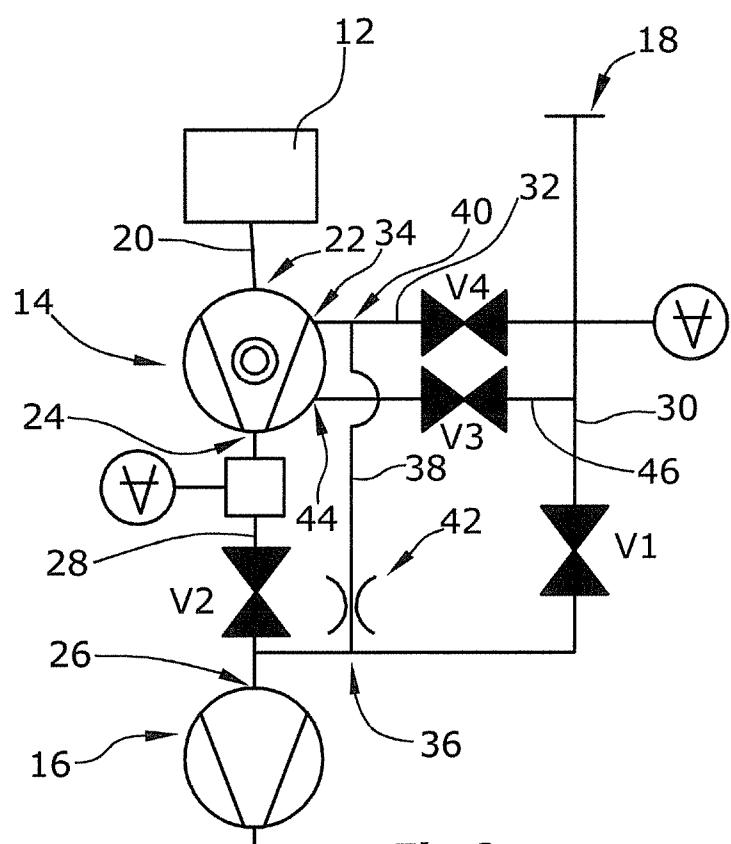


Fig.2

-2/2-

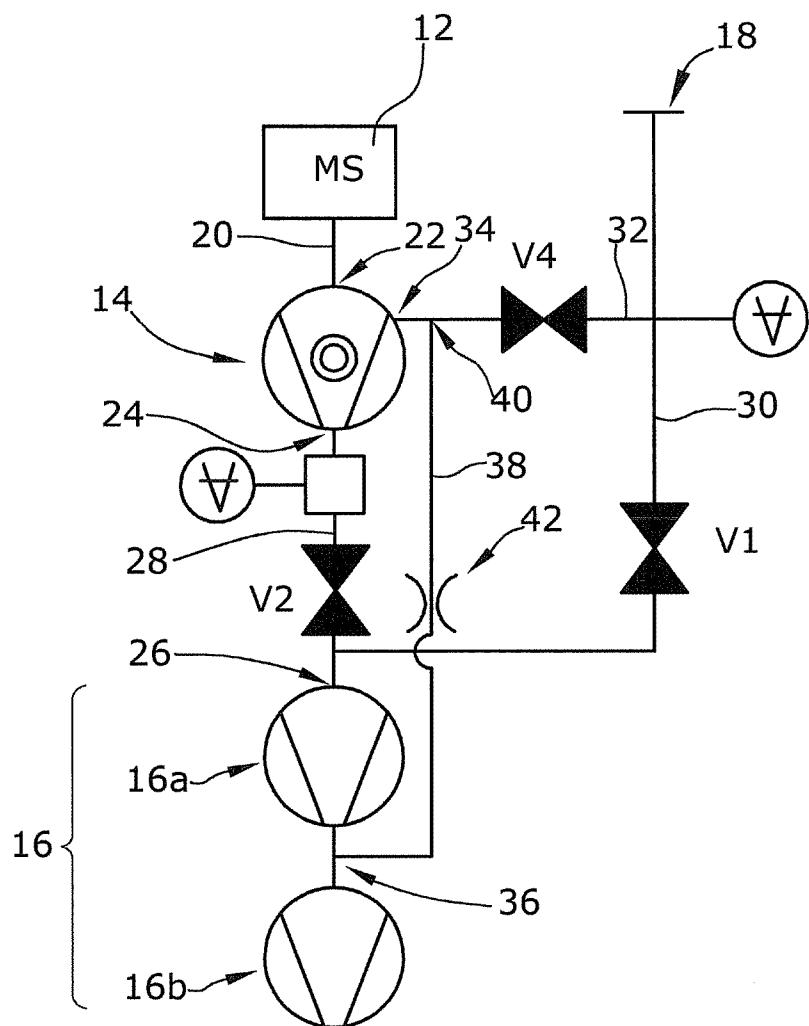


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077242

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01M3/20
ADD.

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

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 | WO 2004/111599 A1 (VARIAN INC [US]; PERKINS CHARLES [US]; PALENSTIJN PIETER N [US]) 23 December 2004 (2004-12-23) abstract figure 2 ----- X WO 2015/036282 A2 (INFICON GMBH [DE]) 19 March 2015 (2015-03-19) abstract figure 1 ----- X DE 41 40 366 A1 (LEYBOLD AG) 9 June 1993 (1993-06-09) abstract figure 2 ----- | 1-9 1-9 1-9 |



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

7 February 2017

15/02/2017

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kister, Clemens

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/077242

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|---|--|
| WO 2004111599 | A1 | 23-12-2004 | CN 1720433 A DE 602004010257 T2 EP 1631807 A1 JP 4431145 B2 JP 2007500364 A US 2005199042 A1 WO 2004111599 A1 | 11-01-2006 02-10-2008 08-03-2006 10-03-2010 11-01-2007 15-09-2005 23-12-2004 |
| WO 2015036282 | A2 | 19-03-2015 | CN 105556272 A DE 102013218506 A1 EP 3047250 A2 JP 2016532122 A US 2016223424 A1 WO 2015036282 A2 | 04-05-2016 19-03-2015 27-07-2016 13-10-2016 04-08-2016 19-03-2015 |
| DE 4140366 | A1 | 09-06-1993 | DE 4140366 A1 DE 59204706 D1 EP 0615615 A1 JP 3140059 B2 JP H07501622 A US 5537857 A WO 9312411 A1 | 09-06-1993 25-01-1996 21-09-1994 05-03-2001 16-02-1995 23-07-1996 24-06-1993 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/077242

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01M3/20
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01M

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 | WO 2004/111599 A1 (VARIAN INC [US]; PERKINS CHARLES [US]; PALENSTIJN PIETER N [US]) 23. Dezember 2004 (2004-12-23) Zusammenfassung Abbildung 2 ----- | 1-9 |
| X | WO 2015/036282 A2 (INFICON GMBH [DE]) 19. März 2015 (2015-03-19) Zusammenfassung Abbildung 1 ----- | 1-9 |
| X | DE 41 40 366 A1 (LEYBOLD AG) 9. Juni 1993 (1993-06-09) Zusammenfassung Abbildung 2 ----- | 1-9 |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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 erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher 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

7. Februar 2017

15/02/2017

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Kister, Clemens

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/077242

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|---|--|
| WO 2004111599 A1 | 23-12-2004 | CN 1720433 A DE 602004010257 T2 EP 1631807 A1 JP 4431145 B2 JP 2007500364 A US 2005199042 A1 WO 2004111599 A1 | 11-01-2006 02-10-2008 08-03-2006 10-03-2010 11-01-2007 15-09-2005 23-12-2004 |
| WO 2015036282 A2 | 19-03-2015 | CN 105556272 A DE 102013218506 A1 EP 3047250 A2 JP 2016532122 A US 2016223424 A1 WO 2015036282 A2 | 04-05-2016 19-03-2015 27-07-2016 13-10-2016 04-08-2016 19-03-2015 |
| DE 4140366 A1 | 09-06-1993 | DE 4140366 A1 DE 59204706 D1 EP 0615615 A1 JP 3140059 B2 JP H07501622 A US 5537857 A WO 9312411 A1 | 09-06-1993 25-01-1996 21-09-1994 05-03-2001 16-02-1995 23-07-1996 24-06-1993 |