

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 737/2015
 (22) Anmeldetag: 17.11.2015
 (45) Veröffentlicht am: 15.06.2017

(51) Int. Cl.: **G01N 15/06** (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01)
B01D 45/04 (2006.01)
 G01N 15/02 (2006.01)
 G01N 21/85 (2006.01)
 G01N 21/94 (2006.01)
 B01D 5/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 AT 515686 A4
 WO 0229382 A1
 PLAUSKAITE, K. et al.: "New Condensation Particle Counter UF-02", Lithuanian Journal of Physics, Vol. 46, No. 4, pp. 489–496 (2006), 1. September. 2006 (1.9.2006), [ermittelt am (30.8.2016)], Ermittelt im Internet: <URL:http://www.academia.edu/18377746/New_condensation_particle_counter_UF02 >

(73) Patentinhaber:
 AVL List GmbH
 8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
 Augustin Martin Dipl. Ing.
 8054 Hitzendorf (AT)

(74) Vertreter:
 Hartinger Mario Dipl. Ing., Kopetz Heinrich Dipl. Ing.
 8020 Graz (AT)

(54) **Kondensationspartikelzähler mit Überführabschnitt**

(57) Die Erfindung betrifft einen Kondensationspartikelzähler (1) mit einem Sättigungsabschnitt (S), dem zumindest ein Einlass (2) für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt (S) stromab (110) ein Kondensationsabschnitt (K), ein Messabschnitt (M) für Kondensationspartikel sowie ein Auslass (4) nachgeordnet sind, wobei der Sättigungsabschnitt (S) zumindest einen Sättigungskörper (10, 19) mit zumindest einem Strömungskanal (9) für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols besitzt und in dem Kondensationsabschnitt (K) eine Mehrzahl von zu dem Messabschnitt (M) führenden Einzelkanälen (24_k) vorgesehen ist. Zwischen dem Sättigungsabschnitt (S) und dem Kondensationsabschnitt (K) ist ein Überführabschnitt (U) vorgesehen, welcher an seiner Einlassseite (200) einen Einlassbereich (22) besitzt, wobei an seiner Auslassseite (210) eine der Mehrzahl der Einzelkanäle (24_k) des Kondensationsabschnitts (K) entsprechende Mehrzahl von Einzelkanälen (23) vorgesehen ist. Der Einlassbereich (22) und die Einzelkanäle (24_k) des Kondensationsabschnitts (K) sind strömungsverbunden und der Übergang von dem Einlassbereich (22) zu den Einzelkanälen (23) des Überführabschnittes (U) ist unter Beibehaltung einer laminaren Aerosolströmung stetig ausgebildet.

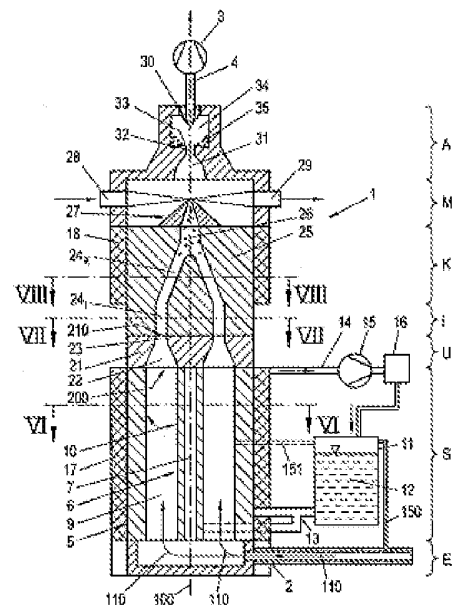


Fig. 1

Beschreibung

KONDENSATIONSPARTIKELZÄHLER MIT ÜBERFÜHRABSCHNITT

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Kondensationspartikelzähler mit einem Sättigungsabschnitt, dem zumindest ein Einlass für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt stromab ein Kondensationsabschnitt, ein Messabschnitt für Kondensationspartikel sowie ein Auslass nachgeordnet sind, wobei der Sättigungsabschnitt zumindest einen Sättigungskörper, mit zumindest einem Strömungskanal für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols aufweist und in dem Kondensationsabschnitt eine Mehrzahl von zu dem Messabschnitt führenden Einzelkanälen vorgesehen ist.

[0002] Kondensationspartikelzähler sind optische Messgeräte zur Erfassung kleiner Feststoffpartikel mit Abmessungen beispielsweise im nm-Bereich, mit welchen ein Trägergas, z.B. Luft, Motorabgase etc. beladen ist. Dieses Trägergas mit den Partikeln wird im Folgenden mit dem einschlägigen Fachbegriff Aerosol bezeichnet. Kondensationspartikelzähler werden beispielsweise in der Reinraumtechnik oder zur Messung von Abgasströmen verwendet.

[0003] Feststoffpartikel im nm-Bereich sind zu klein, um direkt auf optischem Weg detektiert werden zu können. Um solche Feststoffpartikel doch messbar zu machen, werden Kondensationskernzähler verwendet, bei welchen das Aerosol, z.B. ein Abgas, durch eine übersättigte Atmosphäre geschickt wird. Die übersättigte Atmosphäre wird z.B. erzeugt, in dem das Abgas mit Dämpfen eines Betriebsmittels gesättigt und anschließend abgekühlt wird. Die Feststoffpartikel dienen dann als Kondensationskerne und sie werden durch heterogene Kondensation soweit vergrößert, dass sie optisch detektiert werden können. Die Größe der Feststoffpartikel, ab der dieser Kondensationsprozess stattfindet, ist von der Übersättigung abhängig und wird als Kelvin-Durchmesser bezeichnet. Je kleiner der Kelvindurchmesser für eine bestimmte Übersättigung ist, desto kleiner können die Feststoffpartikel sein, die zur Kondensation von Betriebsmittel führen. Entsprechend von Vorgaben, z.B. gesetzlichen Anforderungen, ist beispielsweise für Abgase von Kraftfahrzeugen der Partikelgrößenbereich von größer 20 nm, typischerweise 23 nm, bis 2.5 μm zu detektieren und das Abgas auf eine Temperatur von $<35^\circ\text{C}$ vor der eigentlichen Messung zu konditionieren. Durch die Kondensation steigt die Größe der Partikel an, beispielsweise auf ca. 5 μm . Partikel solcher Größe können einzeln optisch detektiert werden, z.B. mit optischen Partikelzählern auf Basis von Streulicht.

[0004] Ein Kondensationspartikelzähler besteht prinzipiell aus einer Sättigungseinheit, einer Kondensationseinheit und einer Messzelle, wie weiter unten im Detail beschrieben. Dabei sei zum relevanten Stand der Technik beispielsweise die EP 0 462 413 B genannt, welche eine Sättigungseinheit mit einem zylindrischen Körper aus porösem Material zeigt, an den in rechtem Winkel anschließend eine Kondensationseinheit und eine Messzelle folgen.

[0005] Die EP 2 194 370 A1 zeigt geometrisch eine ähnlich aufgebaute Vorrichtung, bei welcher die Sättigungseinheit eine besondere Absperreinrichtung besitzt, um das Eindringen von Betriebsmittel in die Messzelle zu verhindern.

[0006] Die WO 2012/142297 A1 zeigt ein Beispiel einer Sättigungseinheit für einen Kondensationspartikelzähler, bei welcher ein poröser Körper von mehreren Kanälen durchsetzt ist, durch welche das Aerosol strömen kann.

[0007] Schließlich ist der US 2013/0180321 A1 ein Kondensationspartikelzähler der gegenständlichen Art zu entnehmen, wobei ein poröser Körper an seinem Umfang eine Anzahl von Ausnehmungen aufweist, um einer unerwünschten Kapillarwirkung zwischen der äußeren Wandung und dem porösen Körper entgegenzuwirken.

[0008] In dem Sättigungsabschnitt verläuft die Aerosolströmung oft durch einen ringförmigen oder einen zylindrischen Spalt des Sättigungskörpers. Im Sättigungsabschnitt versucht man im Allgemeinen, eine laminare Strömung im Ringspalt oder Zylinderspalt aufrecht zu erhalten, um eine bestmögliche Sättigung des Aerosols zu bewirken. Im Gegensatz dazu sind im Kondensa-

tionsabschnitt mehrere zum Messabschnitt führende Einzelkanäle vorgesehen. Es hat sich gezeigt, dass Probleme auftreten können, wenn im Kondensationsabschnitt eine Mehrzahl von zu dem Messabschnitt führenden Einzelkanälen vorgesehen ist. Insbesondere kann es im Übergangsbereich zwischen Sättigungs- und Kondensationsabschnitt zu Verwirbelungen des Aerosols und unerwünschten Partikelablagerungen kommen.

[0009] Falls man den oft im Kondensationsabschnitt bzw. auch in einem Isolierabschnitt verwendeten ringförmigen Spalt durch Einzelkanäle ersetzt, lässt sich die Aufwachscharakteristik für Partikel flacher gestalten, wodurch der Ausgleich von Fertigungstoleranzen und die Erfüllung gesetzlicher Vorgaben, welche festlegen, welcher Anteil an Partikeln mit einem bestimmten Kelvindurchmesser zu messen ist, erleichtert werden. Aus diesem Grund liegt eine wichtige Aufgabe der Erfindung darin, durch Schaffung eines strömungstechnisch sinnvollen Übergangs zwischen Sättigungsabschnitt und Kondensationsabschnitt die oben genannten Probleme zu beheben bzw. zu vermindern.

[0010] Diese Aufgabe wird mit einem Kondensationspartikelzähler der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwischen dem Sättigungsabschnitt und dem Kondensationsabschnitt ein Überführabschnitt vorgesehen ist, welcher an seiner Einlassseite einen Einlassbereich besitzt und an seiner Auslassseite eine der Mehrzahl der Einzelkanäle des Kondensationsabschnitts entsprechende Mehrzahl von Einzelkanälen vorgesehen ist, wobei der Einlassbereich und die Einzelkanäle des Kondensationsabschnitts strömungsverbunden sind und der Übergang von dem Einlassbereich zu den Einzelkanälen des Überführabschnittes unter Beibehaltung einer laminaren Aerosolströmung stetig ausgebildet ist.

[0011] Dank der Erfindung werden Turbulenzen und daraus resultierende Partikelverluste, die wiederum eine geringere Zähleffizienz zur Folge haben, verhindert. Ebenso wird die Dynamik des Partikelzählers erhöht, da lange Verweil- und Ausräumzeiten vermieden werden können. Unter einem stetigen Übergang vom Einlassbereich zu den Einzelkanälen des Überführabschnitts wird im Rahmen der Erfindung eine stetige Funktion verstanden, bei der hinreichend kleine Änderungen des Arguments nur beliebig kleine Änderungen des Funktionswerts nach sich ziehen. Oder anders ausgedrückt hat ein Graph jener Funktion, welche den stetigen Übergang vom Einlassbereich zu den Einzelkanälen beschreibt, keine Sprungstellen und kann somit ohne Absetzen eines Stiftes gezeichnet werden.

[0012] Vorzugsweise entspricht eine Querschnittsfläche des Einlassbereichs an der Einlassseite des Überführabschnitts einer Querschnittsfläche des zumindest einen Strömungskanals am Ausgang des Sättigungskörpers und/oder die Summe der Querschnittsflächen der Einzelkanäle an der Auslassseite des Überführabschnitts der Summe der Querschnittsflächen der Einzelkanäle am Eingang des Kondensationsabschnitts. Besonders vorteilhaft ist dabei die Querschnittsfläche des Einlassbereichs gleich der Summe der Querschnittsflächen der Einzelkanäle am Eingang des Kondensationsabschnitts.

[0013] Bei einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Überführabschnitt einen Ringeinsatz aufweist, der an seiner Einlassseite eine Öffnung in Fortsetzung des zumindest einen Strömungskanals aufweist, wobei in Strömungsrichtung ausgehend von der Einlassseite des Ringeinsatzes die Öffnung in mehrere Einzelkanäle an der Auslassseite des Ringeinsatzes aufzweigt.

[0014] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Sättigungskörper einen Hohlzylinder mit einem zu diesem konzentrisch angeordneten Innenzylinder aufweist und zwischen beiden Zylindern ein ringförmiger Spalt für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols belassen ist und der Überführabschnitt einen Ringeinsatz aufweist, der an einer Einlassseite einen Ringspalt in Fortsetzung des ringförmigen Spaltes aufweist, wobei ausgehend von der Auslassseite des Ringeinsatzes eine Mehrzahl von Einzelkanälen in die als Ringspalt ausgestaltete Öffnung münden.

[0015] Es hat sich dabei in der Praxis als zweckmäßig erwiesen, wenn der Überführabschnitt und/oder der Ringeinsatz aus einem thermisch leitenden Material, vorzugsweise Aluminium,

besteht bzw. bestehen.

[0016] Falls der Überführabschnitt in thermisch leitender Verbindung mit dem Sättigungsabschnitt und/oder mit dem Kondensationsabschnitt steht bzw. stehen, bzw. wenn der Überführabschnitt mit dem Sättigungsabschnitt und/oder mit dem Kondensationsabschnitt thermisch leitend verbunden ist bzw. sind, lässt sich eine Störung der Aerosolströmung durch Temperaturgradienten im Strömungsweg verhindern. In einer Variante der Erfindung weisen Überführabschnitt und/oder Ringeinsatz eine Heizvorrichtung auf. Dadurch kann verhindert werden, dass es in diesen Bereichen zu Kondensation kommt, beispielsweise indem Überführabschnitt und/oder Ringeinsatz die Temperatur des Sättigungsabschnitts aufweisen.

[0017] Andererseits kann man auf einen besonderen Isolierabschnitt verzichten, wenn der Überführabschnitt und/oder der Ringeinsatz aus einem wärmeisolierenden Material gefertigt ist bzw. sind.

[0018] Die Erfindung samt weiteren Vorteilen ist im Folgenden an Hand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in den Zeichnungen veranschaulicht sind. In diesen zeigen

[0019] Fig. 1 einen schematischen vereinfachten Schnitt durch einen gemäß der Erfindung ausgebildeten Kondensationspartikelzähler,

[0020] Fig. 2 bis 4 in schaubildlicher Darstellung Varianten poröser Körper,

[0021] Fig. 5 einen Schnitt durch eine weitere Variante eines porösen Körpers,

[0022] Fig. 6 einen Schnitt nach der Ebene VI-VI der Fig. 1,

[0023] Fig. 7 einen Schnitt nach der Ebene VII-VII der Fig. 1,

[0024] Fig. 8 einen Schnitt nach der Ebene VIII-VIII der Fig. 1,

[0025] Fig. 9 in einer schaubildlichen Darstellung einen Überführabschnitt für den Übergang von einem Ringspalt auf Einzelkanäle, und

[0026] Fig. 10 den Überführabschnitt der Fig. 9, jedoch aufgeschnitten

[0027] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 wird an Hand einer vereinfachten schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines nach der Erfindung ausgebildeten Kondensationspartikelzählers 1 beschrieben. Ein partikelbeladenes Aerosol, das beispielsweise aus den Abgasen eines Verbrennungsmotors stammt, gelangt über einen Einlass 2, nämlich eine Leitung, in einen Einlassabschnitt E des Zählers 1 aus dem es, hier an seinem oberen Ende, mittels einer Pumpe 3 über einen Auslass 4, nämlich eine Leitung, aus einem Auslassabschnitt A abgesaugt wird. Zwischen dem Einlassabschnitt E und dem Auslassabschnitt A liegen ein Sättigungsabschnitt S, gegebenenfalls ein Überführabschnitt U, ein Isolierabschnitt I, ein Kondensationsabschnitt K und ein Messabschnitt M. Alle diese Abschnitte mit möglichen Varianten sowie deren Funktion werden nachstehend detailliert beschrieben.

[0028] Dem Einlassabschnitt E kommt die Funktion zu, ein gewünschtes Strömungsverhalten, im Allgemeinen ein laminares, in dem in Strömungsrichtung 110 des Aerosols weiter stromabwärts folgenden Kondensationsabschnitt K sicher zu stellen. Die nähere Ausbildung des hier nur schematisch skizzierten Einlassabschnittes E ist jedoch nicht Gegenstand der Erfindung.

[0029] Wie auch aus Fig. 2 ersichtlich, ist in dem Sättigungsabschnitt S ein zweiteiliger Sättigungskörper 10 angeordnet, nämlich ein Hohlzylinder 5, mit einem zu diesem bezüglich einer Längsachse 100 des Sättigungskörpers 10 konzentrisch angeordneten Innenzylinder 6, wobei letzterer hier gleichfalls als Hohlzylinder mit einer Innenbohrung 7 ausgebildet ist. Letztere kann beispielsweise einen mechanisch stabilisierenden und/oder wärmeleitenden Dorn 8 (siehe Fig. 2) zur Temperatureinstellung aufnehmen. Zwischen beiden Zylindern 5 und 6 ist ein Spalt 9 mit ringförmigem Querschnitt für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols in Strömungsrichtung 110, die in Fig. 1 durch Pfeile angedeutet ist, belassen.

[0030] Die beiden Zylinder 5, 6, welche hier einen zweiteiligen Sättigungskörper 10 bilden, bestehen nach dem Stand der Technik aus saugfähigem, porösen Material, beispielsweise aus

gesintertem Kunststoff, einem Dochtmaterial od. dgl. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist jedoch zumindest ein Abschnitt 5n (siehe Fig. 2), hier ein Sektor des Hohlzylinders 5, aus nicht porösem Material, wie z.B. aus Aluminium oder aus einem Kunststoff gefertigt, wobei der restliche Abschnitt 5p aus porösem Material besteht. Falls das poröse Material nicht selbsttragend ist, können nicht gezeigte, z.B. netzartige Haltestrukturen verwendet werden. Der in Fig. 2 gezeigte Abschnitt 5n weist eine Teilquerschnittsfläche 51 sowie eine Materialstärke mit einer radialen Teillänge 131 auf. Der Abschnitt 5p weist eine Teilquerschnittsfläche 52 sowie ebenfalls eine Materialstärke mit einer radialen Teillänge 131 auf. Der Innenzylinder 6 weist eine Materialstärke mit einer radialen Teillänge 132 auf.

[0031] Ein in einem Behälter 11 gespeichertes Betriebsmittel 12, beispielsweise Wasser, ein Alkan oder ein Alkohol, wird über eine Leitungsanordnung 13 zu dem Sättigungskörper 10 geführt, wobei kondensiertes Betriebsmittel beispielsweise über eine Leitung 14, eine Pumpe 15 und ein Filter 16 wieder in den Behälter 11 rückgeführt oder einfach abgeführt werden kann. Allenfalls zur Dosierung bzw. zur Durchflusssteuerung des Betriebsmittels 12 erforderliche Dosiereinrichtungen oder Ventile in den Leitungen 13, 14 sind der besseren Übersicht wegen nicht eingezeichnet.

[0032] Nur angedeutet, da dem Fachmann bekannt, sind eine Heizeinheit 17 für den Sättigungsabschnitt S, beispielsweise ein Heizmantel, und eine Temperier/Kühleinheit 18 für den Kondensationsabschnitt K.

[0033] Es ist weiters bekannt, dass es bei Kondensationspartikelzählern mit externen Betriebsmittelbehältern aufgrund von Druckschwankungen zwischen dem Druck im Aerosol-Einlass bzw. in der Abgaszuleitung zum Kondensationspartikelzähler und dem Innendruck im Betriebsmittelbehälter zu Problemen bei der Betriebsmittelzufuhr kommen kann. Solche Druckschwankungen können beispielsweise dann auftreten, wenn der Aerosoleinlass verstopft ist. Wodurch es zu unerwünschten Störungen des Messbetriebs wie beispielsweise einem Fluten des Strömungswegs des Aerosols bis hin zum Fluten des Messabschnitts M mit Betriebsmittel kommen kann. Ebenso kann es aufgrund von Störungen in der Betriebsmittelzufuhr zu einem unerwünschten Austrocknen des Sättigungskörpers kommen.

[0034] Um die vorgenannten Betriebsstörungen verhindern zu können und einen ständigen Druckausgleich zwischen dem Aerosol-Einlass 2 und dem Betriebsmittelbehälter 11 zu gewährleisten, ist in der in Fig. 1 veranschaulichten Ausführung des Kondensationspartikelzählers 1 eine Druckausgleichleitung 150 zwischen dem rohrförmigen Einlass 2 und dem Behälter 11 skizziert. Vorteilhaft dient die Druckausgleichleitung 150 dazu, Druckunterschiede zwischen dem Aerosoleinlass 2 und dem Betriebsmittelbehälter 11 auszugleichen. Alternativ oder in Ergänzung dazu ist in Fig. 1 eine weitere Druckausgleichleitung 151 strichliert eingezeichnet, die vom Behälter 11 direkt in den Sättigungskörper 10 reicht und zum Druckausgleich zwischen dem Betriebsmittelbehälter 11 und dem Sättigungsabschnitt S dient. Ebenso können eine oder mehrere weitere Druckausgleichleitungen, die hier nicht eingezeichnet sind, erforderlichenfalls zwischen dem Behälter 11 und dem Kondensationsabschnitt K angeordnet sein.

[0035] Das im Sättigungsabschnitt S, der auf eine vorgegebene Temperatur aufgeheizt wird, vorhandene übersättigte Aerosol durchströmt den auf eine gleichfalls vorgegebene Temperatur abgekühlten Kondensationsabschnitt K, wo das Betriebsmittel auf die im Aerosol vorhandenen Partikel aufkondensiert und somit zu der erwünschten Partikelvergrößerung führt. Die Zähleffizienz, d.h. die Anzahl der erfassten Partikel einer bestimmten Größe ist bei sehr kleinen Partikeln gering, steigt dann beispielsweise im Bereich einer Partikelgröße von 15 bis 35 nm sehr rasch an, wobei sie z.B. bei 23 nm 50% beträgt, und liegt bei größeren Partikel, typisch ab 40 nm, bei Werten von über 90%. Zu beachten ist auch, dass die Temperaturdifferenz zwischen Sättigungsabschnitt und Kondensationsabschnitt die Partikelgröße bzw. das Aufwachsen beeinflusst, wobei umso kleinere Partikel erfasst werden, je größer diese Temperaturdifferenz ist.

[0036] Die Lösung mit Abschnitten des Sättigungskörpers 10 auch aus nicht-porösem Material bewirkt eine Inhomogenität der Gassättigung und erlaubt eine Beeinflussung der gemessenen Partikelgrößen in Richtung größerer Partikel. Durch diese Lösung wird die Aufwachscharakteris-

tik bzw. die Zähleffizienzkurve des Gesamtsystems verflacht und ermöglicht besser den Ausgleich von Fertigungstoleranzen bzw. die Erfüllung gesetzlicher Vorgaben, welche festlegen, welcher Kelvindurchmesser gemessen werden soll.

[0037] In der Folge werden einige, nicht einschränkende Beispiele für die abschnittsweise Gestaltung poröser bzw. nicht poröser Abschnitte des Sättigungskörpers gezeigt, wobei es klar sein soll, dass der Begriff „porös“ bedeutet, dass das entsprechende Material für das verwendete Betriebsmittel gut saugfähig sein soll, wogegen ein „nichtporöses“ Material das verwendete Betriebsmittel eben nicht aufnimmt.

[0038] So zeigt Fig. 3 eine in Umfangs- und Höhenrichtung versetzte Anordnung von aus nicht-porösem Material bestehenden Sektorscheiben $5n_1$, $5n_2$, $5n_3$ des äußeren Hohlzylinders 5, dessen Rest aus porösem Material besteht. Die einzelnen Sektorscheiben $5n_1$, $5n_2$ bzw. $5n_3$ aus nicht-porösem Material erstrecken sich entlang von Teilumfängen 121, 122 bzw. 123 in Umfangsrichtung des Hohlzylinders 5 sowie entlang von axialen Teillängen 101, 102 bzw. 103 jeweils in Längsachsenrichtung 100 des Hohlzylinders 5.

[0039] Die Darstellung nach Fig. 4 zeigt einen zylindrischen Sättigungskörper 19, der diesen durchsetzende Bohrungen 20 für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols besitzt, somit anders ausgebildet ist, als der in Fig. 1 gezeigte Sättigungskörper und in seiner Geometrie beispielsweise der Ausbildung nach der eingangs genannten WO 2012/142297 A1 entspricht. Ein segmentförmiger Abschnitt 19n mit einer Teilquerschnittsfläche 191, der beispielsweise zwei Bohrungen 20 enthält, besteht hier aus nicht-porösem Material, z.B. aus Aluminium, wogegen der Rest des Sättigungskörpers 19 ein Abschnitt 19p aus porösem Material mit einer Teilquerschnittsfläche 192 ist. Möglich sind auch Ausführungen, bei welchen der Sättigungskörper zur Gänze aus einem porösen Material besteht, wobei jedoch der Strömungsweg zumindest einer der Bohrungen zumindest über einen Teil ihrer Länge von einem nicht-porösen Material, beispielsweise von einer Metallhülse, begrenzt ist.

[0040] Fig. 5 zeigt, dass ein sektorförmiger Abschnitt 6n des Innenzylinders 6 mit einer Teilquerschnittsfläche 61 aus nicht-porösem Material bestehen kann, wobei der Rest des Innenzylinders ein Abschnitt 6p aus porösem Material mit einer Teilquerschnittsfläche 62 ist. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Innenzylinder 6, der sich hier in radialer Richtung 130 mit einer Teillänge 132 erstreckt, nicht notwendigerweise eine Innenbohrung 7 besitzen muss, sondern auch als voller Zylinder ausgebildet sein kann.

[0041] Es versteht sich, dass verschiedene Kombinationen der Ausgestaltungen poröser und nicht-poröser Abschnitte ein- oder mehrteiliger Sättigungskörper gewählt werden können, die zu dem angestrebten und oben dargelegten Ziel führen, wobei es sich bei praktischen Ausführungsformen bewährt hat, 5 bis 50 Vol.% des Sättigungskörpers aus nicht-porösem Material zu gestalten.

[0042] Wieder auf Fig. 1 zurückkommend und unter Beiziehung der Fig. 6, 7 und 8 sowie der Fig. 9 und 10 erkennt man die Ausbildung des Überführabschnittes U, welchem die Aufgabe zukommt, die Strömung aus dem ringförmigen Spalt 9 möglichst laminar in eine Anzahl von stromab gelegenen Einzelkanälen überzuführen. Dazu ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ein Ringeinsatz 21 vorgesehen, der an seiner Unterseite, die in Einbaulage die Einlassseite 200 des Überführabschnittes U bzw. des Ringeinsatzes 21 bildet, in Fortsetzung des Ringspalt 9 eine Öffnung 22 wiederum in Form eines Ringspalt 9 aufweist, wobei von der Oberseite des Ringeinsatzes, der beispielsweise aus Aluminium besteht, eine Anzahl von Einzelkanälen 23, hier neun Einzelkanäle 23, in die Ringspalt-förmige Öffnung 22 münden. Die hier in Fig. 9 gezeigte Oberseite des Ringeinsatzes 21 bildet in Einbaulage die Auslassseite 210 des Überführabschnittes U. Der Überführabschnitt U bzw. sein Ringeinsatz 21 steht bei einer bevorzugten Ausführungsform in zweckmäßiger Weise mit dem Sättigungsabschnitt S in thermisch leitender Verbindung, um eine unerwünschte vorzeitige Kondensation in diesem Bereich zu verhindern.

[0043] Wesentlich ist dabei ein Übergang von der Ringspalt-förmigen Öffnung 22 in die Einzelkanäle 23 der so stetig wie möglich erfolgt, um die Strömung des Aerosols ohne Verwirbelun-

gen laminar weiter in Einzelkanäle 24_i des Isolierabschnittes I bzw. deren Fortsetzung, nämlich Einzelkanäle 24_k des Kondensationsabschnittes K, zu führen. In diesem Abschnitt sind die Einzelkanäle 24_k in einem Kondensationseinsatz 25 ausgebildet, in dessen oberen Bereich sie wieder zu einem Einzelkanal 26 zusammengeführt sind, welcher dann in eine Vereinzeldüse 27 mündet, die vor oder in dem Messabschnitt M gelegen ist. Aus den Schnitten der Fig. 6, 7 und 8 erkennt man, dass der Ringspalt 9 des Sättigungsabschnittes S (Fig. 6) weiter oben im Isolierabschnitt I (Fig. 7) in Einzelkanäle 23 übergegangen ist. Noch weiter oben, im Bereich des Kondensationsabschnittes K, liegen diese Einzelkanäle bereits enger beisammen (Fig. 8), um dann in den einzigen Einzelkanal 26 kurz vor der Düse 27 überzugehen.

[0044] Diese erfindungsgemäße Ausgestaltung, die dann besonders sinnvoll ist, wenn im Kondensationsabschnitt ein Ringspalt 9 oder ein zylindrischer Spalt - falls der Innenzylinder 6 weggelassen ist - vorliegt, verhindert Turbulenzen und sich daraus ergebende, in hohem Maß unerwünschte, da das Messergebnis verfälschende Partikelverluste. Ebenso werden dadurch lange Verweil- und Ausräumzeiten vermieden. Weiters wird die Dynamik des Zählers erhöht. Da auch durch diese Ausgestaltung die Aufwachscharakteristik verflacht wird, können Fertigungstoleranzen besser ausgeglichen werden. Gesetzliche Vorgaben, die festlegen, welcher Anteil an Partikeln mit einem bestimmten Kelvindurchmesser erfasst werden muss, können gleichfalls besser erfüllt werden.

[0045] Dazu ist anzumerken, dass nach dem Stand der Technik oft auch im Isolierabschnitt I und im Kondensationsabschnitt K die Strömung in einem Ringspalt geführt wird. Das Ersetzen dieses Ringspaltes im Isolierabschnitt und im Kondensationsabschnitt unter Beibehalten des Ringspaltes im Sättigungsabschnitt führt zu einem günstigeren Aufwachsen, wobei sich dadurch auch die entsprechende Kennlinie verflachen lässt, um Fertigungs- und Regelstoleranzen auszugleichen. So ist etwa gesetzlich vorgesehen, dass bei einer Partikelgröße von $23 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$ $50\% \pm 12\%$ der Partikel und bei größeren Partikel entsprechend mehr nachgewiesen werden müssen.

[0046] Der bei diesem Ausführungsbeispiel vorgesehene, jedoch nicht unbedingt erforderliche Isolierabschnitt I mit den Einzelkanälen 24_i sorgt für eine thermische Trennung des Sättigungsabschnittes S von dem Kondensationsabschnitt K.

[0047] Es ist andererseits auch möglich, die Funktion des Überführabschnittes U mit jener des Isolierabschnittes I zu kombinieren. In diesem Fall kann der in Fig. 1 gezeigte Isolierabschnitt I entfallen und der Überführabschnitt U dient auch zur thermischen Trennung von Sättigungsabschnitt S und Kondensationsabschnitt K. Dementsprechend ist dann der Überführabschnitt U aus einem thermisch isolierenden Material gefertigt, beispielsweise aus einem schlecht wärmeleitenden Kunststoff.

[0048] Wenngleich ein Überführabschnitt U bzw. ein Ringeinsatz 21, wie in den Fig. 9 und 10 dargestellt und weiter oben beschrieben, eine besonders bevorzugte Variante der Erfindung darstellt, bei welcher der Überführabschnitt U für einen Übergang von einem Ringspalt zu Einzelkanälen bei Aufrechterhaltung einer laminaren Aerosolströmung sorgt, ist ein Überführabschnitt mit dieser Eigenschaft auch bei anderen Varianten zweckdienlich und kann auch eingesetzt werden, wenn ein Übergang von einem oder mehreren Strömungskanälen 9 am Ausgang des Sättigungsabschnittes S mit anderer Geometrie als jener eines Ringspaltes in die Einzelkanäle 24_i bzw. 24_k erfolgen soll. So kann der Strömungskanal 9 zylindrisch sein, wenn z.B. bei der Ausführung nach Fig. 1 der Innenzylinder 6 entfällt. Auch bei Vorhandensein mehrerer Bohrungen 20 im Sättigungsabschnitt, siehe Fig. 4, könnte ein Übergangsabschnitt vorgesehen sein, der den Übergang zu einer anderen Anzahl von Einzelkanälen 24_i bzw. 24_k oder zu Einzelkanälen anderen Durchmessers bei Sicherung einer laminaren Aerosolströmung ermöglicht.

[0049] In dem Messabschnitt M erfolgt die eigentliche Zählung der durch Kondensation vergrößerten Partikel, die mit dem Aerosolstrom aus der Vereinzeldüse 27 austreten. In bekannter Weise ist hierzu eine Lichteinheit 28 vorgesehen, z.B. eine fokussierte Laserlichtquelle, deren Lichtstrahl auf aus der Düse 27 austretende Partikel trifft. Das entstehende Streulicht wird von einem Photodetektor 29 erfasst und die entstehenden Signale werden an eine nicht darge-

stellte Auswerteeinheit weitergeleitet.

[0050] Das Aerosol mit den Partikeln gelangt nach dem Messabschnitt in den Auslassabschnitt A, der eine besondere Gestaltung aufweist, welche ein Verstopfen einer am Auslass des Zählers 1 angeordneten kritischen Düse 30 verhindern soll. Diese kritische Düse 30 dient in bekannter Weise der Einstellung eines konstanten Volumenstroms und weist einen geringen Durchmesser, typischerweise 0,3 mm, auf, wobei die Gefahr besteht, dass im Laufe des Betriebs die ausströmenden Partikel diese kleine Öffnung verlegen und somit die Messgenauigkeit beeinträchtigen oder die Messung unmöglich machen.

[0051] Um diesem Nachteil zu begegnen, endet im Auslassabschnitt A eine Austrittsleitung 31 aus dem Messabschnitt M in einem verengten Bereich 32, der mit einer scharfen Verwirbelungskante 33 in eine Partikel-Fangkammer 34 mündet. Der verengte Bereich 32 und zusätzlich die Verwirbelungskante 33 führen zu einer Verwirbelung des Aerosolstroms, welche eine Ablagerung von Partikeln vor allem im unteren Randbereich 35 der Partikel-Fangkammer begünstigt, wo (Fig. 1) abgelagerte Partikel angedeutet sind. Ein großer Teil der in Strömungsrichtung 110 bewegten Partikel kann somit von der kritischen Düse 30 ferngehalten werden und muss nur gelegentlich aus der Partikel-Fangkammer 34 ausgewaschen werden.

[0052] Bei den dargestellten bzw. beschriebenen Ausführungsformen sind sämtliche Abschnitte des Partikelzählers längs einer Achse 100 im Wesentlichen koaxial angeordnet, es soll jedoch betont werden, dass eine solche Ausrichtung nicht notwendigerweise die einzig mögliche ist. Vielmehr können Abschnitte des Partikelzählers auch zueinander abgewinkelt verlaufen, wie dies das Beispiel der eingangs genannten EP 2 194 370 A1 zeigt, bei welchem der Sättigungsabschnitt fast waagrecht - unter einem Winkel von 6° bis 7° gegen die Horizontale geneigt - verläuft, wobei daran ein vertikal ausgerichteter Kondensationsabschnitt anschließt.

Patentansprüche

1. Kondensationspartikelzähler (1) mit einem Sättigungsabschnitt (S), dem zumindest ein Einlass (2) für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt (S) stromab (110) ein Kondensationsabschnitt (K), ein Messabschnitt (M) für Kondensationspartikel sowie ein Auslass (4) nachgeordnet sind, wobei der Sättigungsabschnitt (S) zumindest einen Sättigungskörper (10, 19), mit zumindest einem Strömungskanal (9, 20) für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols aufweist und in dem Kondensationsabschnitt (K) eine Mehrzahl von zu dem Messabschnitt (M) führenden Einzelkanälen (24_K) vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen dem Sättigungsabschnitt (S) und dem Kondensationsabschnitt (K) ein Überführabschnitt (U) vorgesehen ist, welcher an seiner Einlassseite (200) einen Einlassbereich (22) besitzt und an seiner Auslassseite (210) eine der Mehrzahl der Einzelkanäle (24_K) des Kondensationsabschnitts (K) entsprechende Mehrzahl von Einzelkanälen (23) vorgesehen ist, wobei der Einlassbereich (22) und die Einzelkanäle (24_K) des Kondensationsabschnitts (K) strömungsverbunden sind und der Übergang von dem Einlassbereich (22) zu den Einzelkanälen (23) des Überführabschnittes (U) unter Beibehaltung einer laminaren Aerosolströmung stetig ausgebildet ist.
2. Partikelzähler (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Querschnittsfläche des Einlassbereichs (22) an der Einlassseite (200) des Überführabschnitts (U) einer Querschnittsfläche des zumindest einen Strömungskanals (9, 20) am Ausgang des Sättigungskörpers (10, 19) entspricht und/oder dass die Summe der Querschnittsflächen der Einzelkanäle (23) an der Auslassseite (210) des Überführabschnitts (U) der Summe der Querschnittsflächen der Einzelkanäle (24_K) am Eingang des Kondensationsabschnitts (K) entspricht.
3. Partikelzähler (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Überführabschnitt (U) einen Ringeinsatz (21) aufweist, der an seiner Einlassseite (200) eine Öffnung (22) in Fortsetzung des zumindest einen Strömungskanals (9, 20) aufweist, wobei in Strömungsrichtung (110) ausgehend von der Einlassseite (200) des Ringeinsatzes (21) die Öffnung (22) in mehrere Einzelkanäle (23) an der Auslassseite (210) des Ringeinsatzes (21) aufzweigt.
4. Partikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sättigungskörper (10) einen Hohlzylinder (5) mit einem zu diesem konzentrisch angeordneten Innenzylinder (6) aufweist und zwischen beiden Zylindern (5, 6) ein ringförmiger Spalt (9) für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols belassen ist und der Überführabschnitt (U) einen Ringeinsatz (21) aufweist, der an einer Einlassseite (200) einen Ringspalt (22) in Fortsetzung des ringförmigen Spaltes (9) aufweist, wobei ausgehend von der Auslassseite (210) des Ringeinsatzes (21) eine Mehrzahl von Einzelkanälen (23) in die als Ringspalt ausgestaltete Öffnung (22) münden.
5. Partikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Überführabschnitt (U) und/oder der Ringeinsatz (21) aus einem thermisch leitenden Material, vorzugsweise Aluminium, besteht bzw. bestehen.
6. Partikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Überführabschnitt (U) mit dem Sättigungsabschnitt (S) und/oder mit dem Kondensationsabschnitt (K) thermisch leitend verbunden ist bzw. sind.
7. Partikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Überführabschnitt (U) und/oder der Ringeinsatz (21) eine Heizvorrichtung aufweisen.

8. Partikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Überführabschnitt (U) und/oder der Ringeinsatz (21) aus einem wärmeisolierenden Material gefertigt ist bzw. sind.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

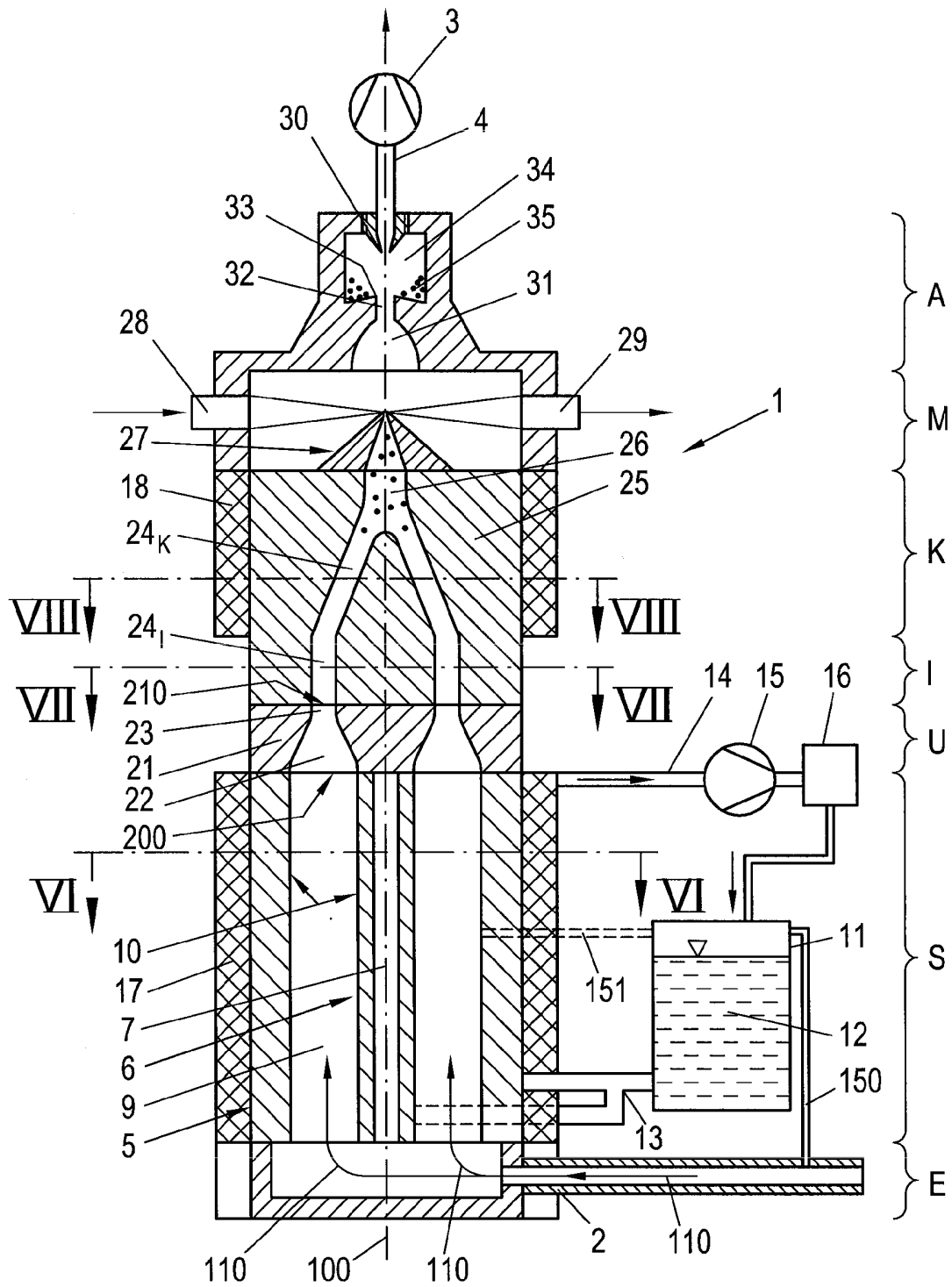


Fig. 1

2/4

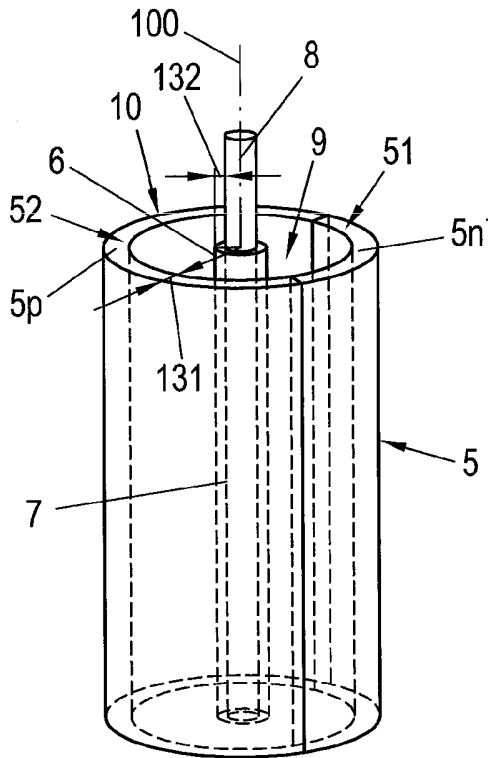


Fig. 2

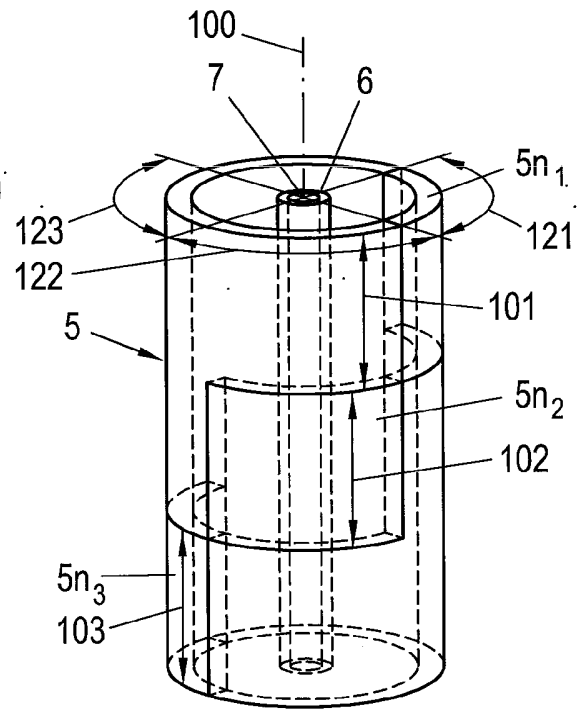


Fig. 3

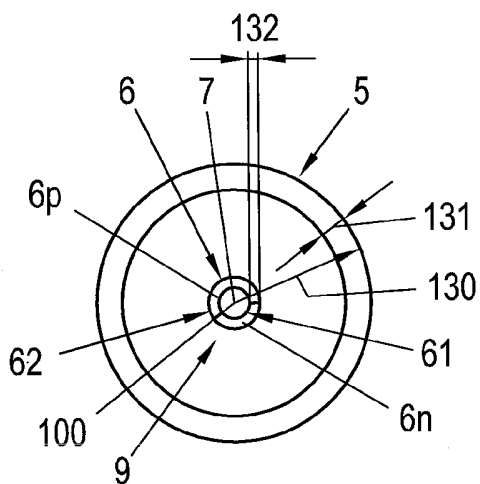


Fig. 5

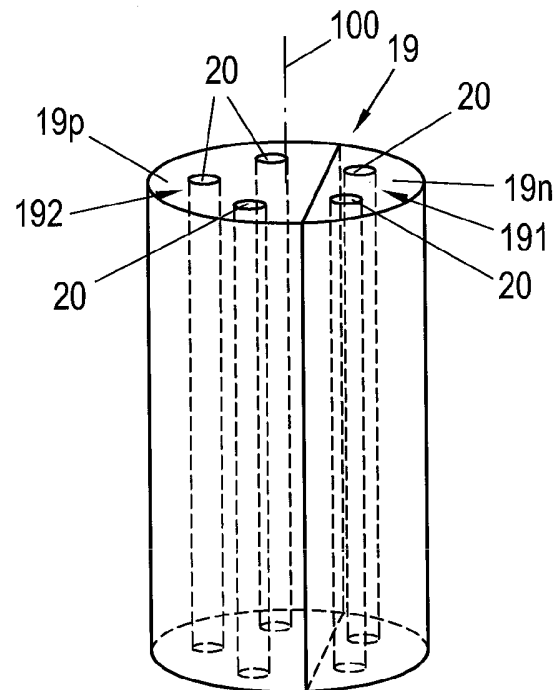


Fig. 4

3/4

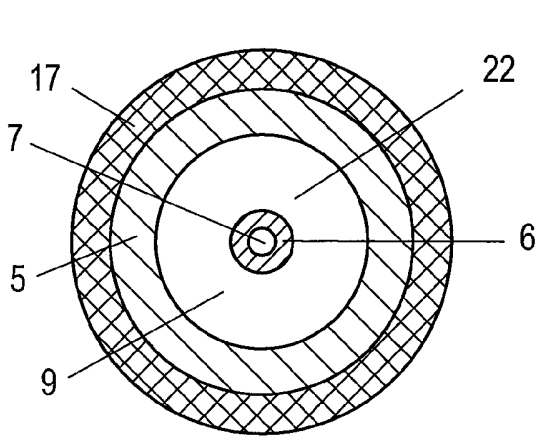


Fig. 6

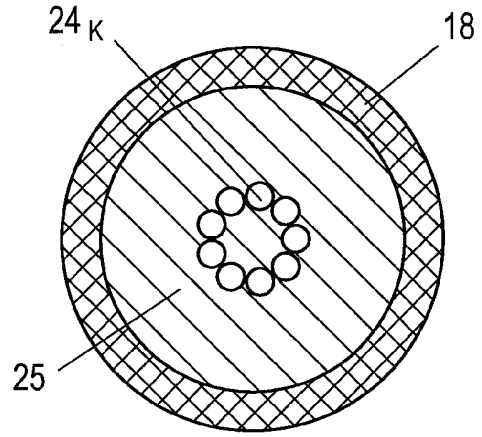


Fig. 8

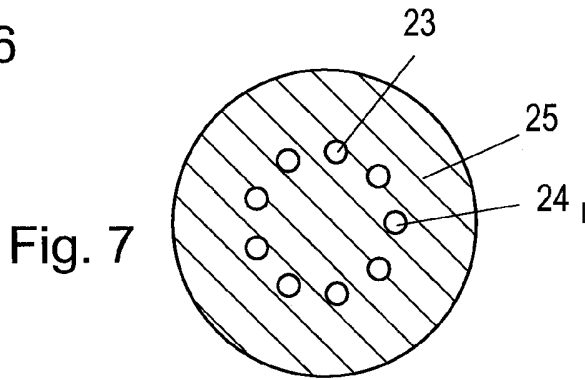


Fig. 7

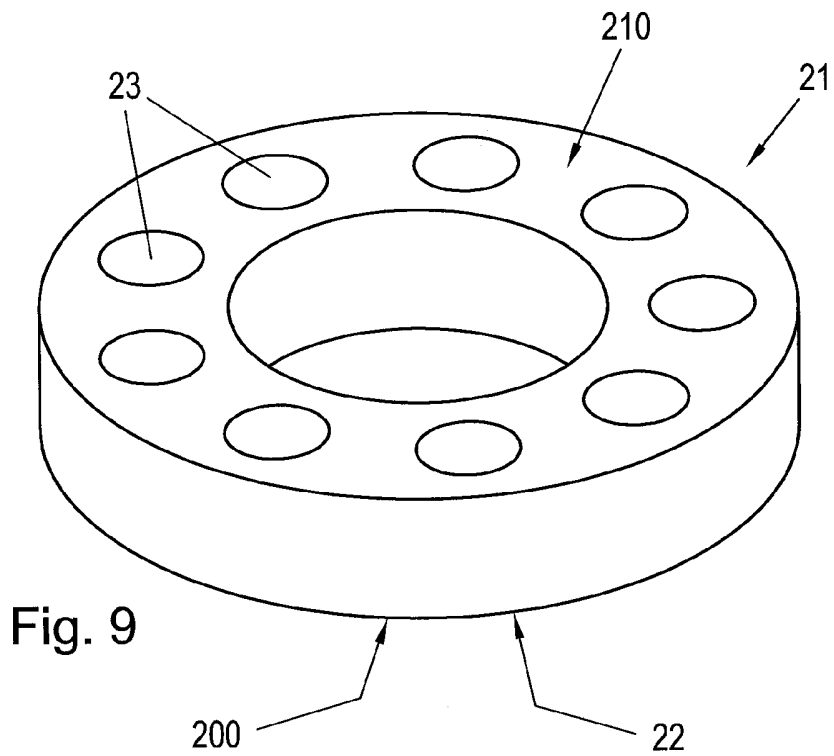


Fig. 9

4/4

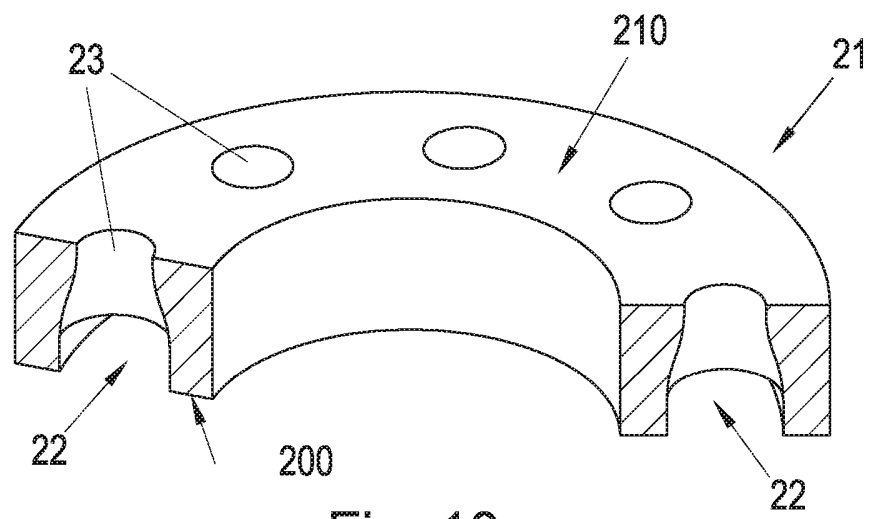


Fig. 10