

(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  
24. Januar 2013 (24.01.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/010864 A2**

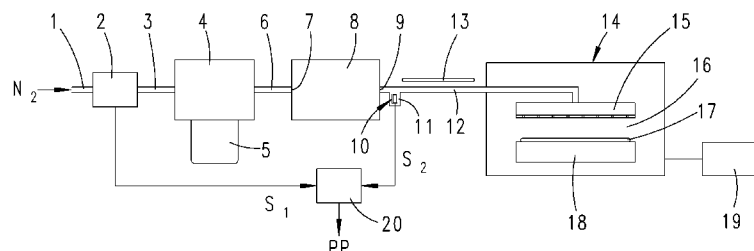
- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
C23C 16/448 (2006.01) G01F 1/68 (2006.01)  
C23C 16/52 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/063539
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
11. Juli 2012 (11.07.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2011 051 931.9 19. Juli 2011 (19.07.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** AIXTRON SE [DE/DE]; Kaiserstraße 98, 52134 Herzogenrath (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** LONG, Michael [US/DE]; Haus Heydenstraße 185, 52134 Herzogenrath-Kohlscheid (DE). GERSDORFF, Markus [DE/DE]; Zeisigweg 42, 52134 Herzogenrath (DE).
- (74) **Anwälte:** GRUNDMANN, Dirk et al.; Rieder & Partner, Corneliusstraße 45, 42329 Wuppertal (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR DETERMINING THE VAPOUR PRESSURE OF A STARTING SUBSTANCE VAPORIZED IN A CARRIER GAS STREAM

(54) **Bezeichnung :** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BESTIMMEN DES DAMPFDRUCKS EINES IN EINEM TRÄGERGASSTROM VERDAMPFTEN AUSGANGSSTOFFES

**Fig. 1**



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a vapour, transported in a carrier gas, of a solid or liquid starting substance, comprising the steps of: heating a vaporizer (8), having an inlet opening (7) and an outlet opening (9); feeding an input gas stream, comprising a carrier gas, through the inlet opening (7) into the vaporizer (8); vaporizing the solid or liquid starting substance within the vaporizer (8); transporting the vapour produced in this way together with the carrier gas as an output gas stream through the outlet opening (9); determining a first value, assigned to the mass flow of the carrier gas in the input gas stream, by means of a first sensor (2); determining a second value, influenced both by the mass flow or partial pressure of the carrier gas and by the mass flow or partial pressure of the vapour in the output gas stream, by a second sensor (10); calculating the value corresponding to the partial pressure of the vapour transported in the output gas stream by establishing a relationship between the values determined by means of the two sensors (2, 10). The invention additionally relates to a device for vaporizing a liquid or solid starting substance in a heatable vaporizer.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/010864 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines in einem Trägergas transportierten Dampfes eines festen oder flüssigen Ausgangsstoffs umfassend die Schritte: Beheizen eines eine Eintrittsöffnung (7) und eine Austrittsöffnung (9) aufweisenden Verdampfer (8); Einspeisen eines ein Trägergas aufweisenden Eingangsgasstroms durch die Eintrittsöffnung (7) in den Verdampfer (8); Verdampfen des festen oder flüssigen Ausgangsstoffs innerhalb des Verdampfers (8); Transportieren des so erzeugten Dampfes zusammen mit dem Trägergas als Ausgangsgasstrom durch die Austrittsöffnung (9); Ermitteln eines dem Massenfluss des Trägergases im Eingangsgasstrom zugeordneten ersten Wert mittels eines ersten Sensors (2); Ermitteln eines sowohl vom Massenfluss beziehungsweise Partialdruck des Trägergases als auch vom Massenfluss beziehungsweise Partialdruck des Dampfes im Ausgangsgasstrom beeinflussten zweiten Wert mit einem zweiten Sensor (10); Berechnen eines dem Partialdruck des im Ausgangsgasstrom transportierten Dampfes entsprechenden Wert durch In-Beziehung-Setzen der mittels der beiden Sensoren (2, 10) ermittelten Werte. Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen oder festen Ausgangsstoffs in einem beheizbaren Verdampfer.

## Vorrichtung und Verfahren zum Bestimmen des Dampfdrucks eines in einem Trägergasstrom verdampften Ausgangsstoffes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines in einem Trägergas transportierten Dampfes eines festen oder flüssigen Ausgangsstoffs.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen oder festen Ausgangsstoffs in einem beheizbaren Verdampfer, in den durch eine Eintrittsöffnung ein Eingangsgasstrom eines Trägergases eintritt, welches den Verdampfer durchströmt und zusammen mit dem durch Verdampfen des Ausgangsstoffes erzeugten Dampf als Ausgangsgasstrom aus dem Verdampfer durch eine Austrittsöffnung austritt.

Ein Verfahren der zuvor beschriebenen Art beziehungsweise eine Vorrichtung der zuvor beschriebenen Art wird von der US 7,238,389 beschrieben. Ein Trägergasstrom durchströmt einen Aerosol-Erzeuger, mit dem ein pulverförmiger Festkörper in Form von Schwebeteilchen in den Trägergasstrom gebracht wird. Diese Aerosolteilchen werden mit dem Trägergasstrom in einen Verdampfer transportiert. Der Verdampfer besteht aus einem Festkörperschaum, der auf eine Verdampfungstemperatur aufgeheizt wird. Durch Oberflächenkontakt mit dem Festkörperschaum werden die Schwebeteilchen innerhalb der Poren des Festkörperschaums verdampft. Der so erzeugte Dampf wird vom Trägergasstrom durch eine Austrittsöffnung aus dem Verdampfer heraus transportiert und in eine Prozesskammer gebracht, in der sich ein Substrat befindet, auf welchem der Dampf unter Ausbildung einer Schicht kondensiert. Hierzu wird der Suszeptor gekühlt.

Die US 4,769,292, die US 4,885,211 und die bereits zuvor zitierte US 7,238,389 geben geeignete organische Ausgangsstoffe an. Es handelt sich dabei um orga-

nische, lichtemittierende Stoffe, mit denen in einem CVD-Reaktor OLEDs hergestellt werden können.

Einen Festkörperverdampfer beschreibt auch die DE 10 2006 026 576 A1. Dort  
5 wird das Aerosol von einem Ultraschall-Erreger durch Aufwirbelung eines Pulvers erzeugt.

Die DE 10 2007 062 977 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Prozessgasen für eine Dampfphasenabscheidung, wobei flüs-  
10 sige Komponenten in flüssiger Phase dosiert werden.

Die DE 689 20 847 T2 beschreibt ein Mikroanemometer zur Erfassung eines Gasflusses, welches individuelle Mikrobrückensensoren enthält.

15 Die DE 692 00 451 T2 beschreibt eine Vorrichtung zum Verdampfen und Einspeisen einer Flüssigkeit mit einem Durchsatzsteuerventil und einem Verdampfungsventil, die miteinander durch einen Kanal verbunden sind.

Die US 5,339,687 beschreibt einen Massenflussmesser mit einem Heizelement  
20 und einem Temperatursensor, die in dem zu messenden Gasstrom liegen.

Die EP 0 370 311 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen Ausgangsstoffs, wobei ein Trägergas durch einen Verdampfer geleitet wird. Der Trägergasstrom wird gemessen. Der mit Dampf gesättigte,  
25 aus dem Verdampfer austretende Trägergasstrom wird mit einem zweiten Sensor gemessen. Messwerte der beiden Sensoren werden in Beziehung gesetzt, um daraus den Partialdruck des Dampfes im Ausgangsstrom zu ermitteln.

Die EP 2 034 047 A1 beschreibt einen Flüssigkeitsverdampfer, in dem ein massenflusskontrollierter Trägergasstrom eingeleitet wird.  
30

Die US 5,288,325 beschreibt einen Verdampfer, bei dem ein massenflussgeregelter Trägergasstrom in eine zu verdampfende Flüssigkeit eingebracht wird. Der Massenfluss des Ausgangsstroms wird ebenfalls gemessen. Die beiden Messwerte werden in Beziehung zueinander gebracht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung zum Verdampfen eines Aerosols zu optimieren.

10 Zur Lösung dieser Aufgabe wird die in den Ansprüchen angegebene Erfindung vorgeschlagen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt einen in Stromrichtung vor der Eintrittsöffnung angeordneten ersten Sensor zur Ermittlung eines dem Massenfluss des in den Verdampfer eintretenden Trägergases. Die Vorrichtung besitzt darüber hinaus einen in Stromrichtung nach der Austrittsöffnung angeordneten zweiten Sensor zur Ermittlung eines sowohl vom Massenfluss beziehungsweise vom Partialdruck des Trägergases als auch vom Massenfluss beziehungsweise Partialdruck des Dampfes im Ausgangsstrom abhängigen Wert. Ferner ist eine Recheneinrichtung vorgesehen, die den Massenflusswert des Trägergases mit dem vom zweiten Sensor ermittelten Wert in Beziehung setzt, um dadurch den Partialdruck des im Trägergas transportierten Dampfes zu berechnen und einen diesbezüglichen Wert zu liefern. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Eingangsgasstrom eines Trägergases durch eine Eintrittsöffnung in einen Aerosolerzeuger und dann zusammen mit dem zu verdampfenden Ausgangsstoff als Schwebeteilchen in den Verdampfer eingespeist. Der zu verdampfende, insbesondere organische Ausgangsstoff kann aber auch im Verdampfer bevorratet sein. Der zu verdampfende Ausgangsstoff wird zusammen mit dem Trägergas in den Verdampfer eingespeist. Es ist ein Aerosol-Erzeuger vorgesehen, mit dem der Ausgangsstoff als Pulver oder Tröpfchen in den Trägergasstrom eingebracht wird. Der Trägergasstrom durchströmt dann den Aerosol-Erzeuger, wird mit dem Ausgangsstoff als

Schwebeteilchen beladen und transportiert letztere in den Verdampfer, wo der feste oder flüssige Ausgangsstoff durch Beheizen des Verdampfers oder eines im Verdampfer angeordneten Verdampfungskörpers verdampft. Der so erzeugte Dampf wird als Ausgangsgasstrom durch die Austrittsöffnung abtransportiert. Zur Ermittlung eines dem Massenfluss des Trägergasstromes zugeordneten ersten Wertes ist als erster Sensor ein Eingangssensor vorgesehen. Bei diesem kann es sich um einen kalorimetrischen Massenflussmesser handeln. Ist ein Aerosol-Erzeuger vorgesehen, so befindet sich der Eingangssensor in Stromrichtung vor dem Aerosol-Erzeuger. Stromabwärts der Austrittsöffnung ist als zweiter Sensor ein Ausgangssensor vorgesehen, mit dem ein dem Ausgangsgasstrom zugeordneter Ausgangswert ermittelt wird. Der Ausgangssensor kann ein kalorimetrischer Sensor sein, bevorzugt handelt es sich um ein Pirani-Vakuummeter. Mit dem ein vom Totaldruck abhängiger Wert gemessen werden kann. Da der Trägergasstrom unverändert, ohne Zuleitung eines weiteren Gasstromes oder Ableiten eines Teiles des Trägergasstromes vom Eingangssensor zum Ausgangssensor strömt, umfasst der vom Ausgangssensor gemessene Messwert Beiträge sowohl des Trägergasmassenflusses als auch des Massenflusses des im Verdampfer erzeugten Dampfes. Da der Massenfluss des Trägergases bekannt ist, kann er verwendet werden, um durch In-Beziehung-Setzen des Eingangsmassenflusswertes und des Ausgangswertes eine Korrektur des Ausgangswertes vorzunehmen. Hierzu wird erfindungsgemäß eine Recheneinrichtung verwendet. Wird mit dem Ausgangssensor ein Massenfluss gemessen, so erfolgt die Korrektur lediglich dadurch, dass der vom Eingangssensor ermittelte Eingangsmassenflusswert vom Ausgangsmassenflusswert abgezogen wird. Mit einem als Ausgangssensor verwendeten Pirani-Vakuummeter wird die Wärmeabgabe eines beheizten Messdrahtes bestimmt. Die Funktionsweise und den Aufbau eines derartigen Pirani-Vakuummeters beschreibt die US 7,322,248 B1. Bei der Verwendung eines derartigen Pirani-Vakuummeters trägt zum einen das Trägergas und zum anderen der vom Trägergas transportierte Dampf zur Wärmeabgabe bei. Da der Massenfluss des Trägergases als

Eingangsmassenflusswert bekannt ist, kann der Beitrag des Trägergases zur Gesamtwärmeabgabe des Messdrahtes rechnerisch kompensiert werden. Hierzu kann beispielsweise auf in Vorversuchen ermittelte Daten zurückgegriffen werden, die als Tabelle oder als funktioneller Zusammenhang in der Rechen-

5 einrichtung abgespeichert sind. Als Folge dessen kann von der ermittelten Gesamtwärmeabgabe des Messdrahtes des Pirani-Vakuummeters der Beitrag des Dampfes zur Wärmeabgabe berechnet werden. Aus diesem Wert kann dann als Ausgangswert der Partialdruck des Dampfes im Ausgangsgasstrom ermittelt werden. Bei der Berechnung kann ferner der Messwert eines Drucksensors mit-

10 berücksichtigt werden, mit dem der Totaldruck im Gesamtsystem gemessen wird. Ein derartiger Drucksensor ist üblicherweise Bestandteil eines Druckreglers, der mit einer Vakuumpumpe zusammen wirkt, um den Totaldruck in der Prozesskammer beziehungsweise in dem der Prozesskammer vorgeordneten Verdampfer auf einem bestimmten Wert zu halten. Das Pirani-Vakuummeter

15 kann in der selben Weise betrieben werden, wie es die US 7,322,248 B1 beschreibt. Die elektrische Schaltung beinhaltet zwei parallele Brücken, deren Knoten von den beiden Eingängen eines Komparators oder Operationsverstärkers abgegriffen werden. Über die Brückenschaltung wird die Heizwendel des Pirani-Vakuummeters mit Leistung versorgt, die vom Ausgang des Kompara-

20 tors beziehungsweise Operationsverstärkers abgegeben wird. Hierdurch wird die Heizwendel des Pirani-Vakuummeters auf einer konstanten Temperatur gehalten, die größer als 400° C ist. Da die Temperatur in einem eindeutigen Verhältnis zum Widerstand der Heizwendel steht, kann die zu Folge der Wärmeabgabe erhöhte Heizleistung direkt am Ausgang des Operationsverstärkers

25 abgegriffen werden.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Abscheiden eines organischen Ausgangsstoffes als Schicht auf einem Substrat, wobei der organische Ausgangsstoff in Form von Schwebeteilchen in einen

30 Trägergasstrom gebracht wird, das so erzeugte Aerosol als Massenfluss des or-

ganischen Materials einem Verdampfer zugeleitet wird, in welchen die Schwere-  
beteilchen durch Wärmezufuhr verdampft werden, der so erzeugte Dampf vom  
Trägergasstrom in eine Prozesskammer gebracht wird, wo er auf der Oberflä-  
che eines Substrates die Schicht bildend kondensiert. Wesentlich ist dabei, dass  
5 der Partialdruck des Dampfes vor dem Eintritt in die Prozesskammer mit dem  
zuvor beschriebenen Verfahren unter Verwendung eines Eingangssensors und  
eines Ausgangssensors ermittelt wird. Die Vorrichtung kann geeignete Mittel  
besitzen, um die Erzeugungsrate des Dampfes zu beeinflussen. Zur Regelung  
dieser Beeinflussungsmittel kann der ermittelte Partialdruck des Dampfes ver-  
10 wendet werden.

In einer Variante der Erfindung, bei der auch der zweite Sensor ein kalorimetri-  
scher Massenflussmesser ist, ist vorgesehen, dass dieser kalorimetrische Massen-  
flussmesser ein Hochtemperaturmassenflussmesser ist. Der Massenflussmesser  
15 besitzt wie beim Stand der Technik (US 3,680,377 oder DE 11 2005 002 773 T5)  
zwei voneinander beabstandete Heizelemente. Jedes der beiden Heizelemente  
wird mittels eines elektrischen Heizstroms beheizt. Hierdurch wird die Tempera-  
tur des an ihnen vorbeiströmenden Gases erhöht. Der an den Heizelementen an-  
liegenden Spannung beziehungsweise aus dem durch die Heizelemente hin-  
20 durchfließenden Strom kann eine Auswerteschaltung den Massenfluss des durch  
den Hohlraum, beispielsweise durch ein Rohr, fließenden Gases ermitteln. Bei  
dem erfindungsgemäß verwendeten Hochtemperaturmassenflussmesser sind  
zwei Heizelemente vorgesehen, die jeweils von einem Filament ausgebildet sind.  
Diese beiden Filamente ragen frei in den vom Gas durchströmten Hohlraum,  
25 beispielsweise ein Rohr. Die beiden Filamente verlaufen im Wesentlichen de-  
ckungsgleich in im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung sich erstreckenden  
Ebenen. Bei den Filamenten kann es sich um Wolframdrähte handeln, die in der  
Art einer Glühwendel einer Glühlampe zu einer Helix geformt sind. Der Ab-  
stand der beiden gedachten Ebenen, in der sich jeweils eines der beiden Filamen-  
30 te erstreckt, ist geringer als eine charakteristische oder die gesamte Länge des



Filamentes. Die charakteristische Länge kann dabei ein Durchmesser einer vom Filament begrenzten Fläche oder der Abstand zweier gedachter Punkte des Filamentes sein. Der Abstand ist derart gering, dass die Temperaturerhöhung, die dem Gas lokal am ersten Filament zugeführt wird, auch noch am zweiten Filament wirksam ist.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus auch einen derartigen Hochtemperaturmassenflussmesser als solchen, bei dem jedes der beiden Heizelemente jeweils von einem frei in den Hohlraum ragenden Filament gebildet ist. Die beiden Filamente erstrecken sich jeweils in einer gedachten Ebene. Die beiden virtuellen Ebenen verlaufen im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des Gases. Die beiden Ebenen verlaufen parallel zueinander. In Strömungsrichtung liegen die Filamente deckungsgleich hintereinander jeweils in einer der Ebenen. Der Durchmesser des Filamentes liegt vorzugsweise bei maximal 5  $\mu\text{m}$ . Im Betriebszustand kann das Filament auf eine Temperatur von etwa 400° C aufgeheizt werden. Die Wandung des Hohlraums, also des Rohres in welches die beiden Filamente hineinragen, kann geheizt werden. Sie wird auf eine Temperatur geheizt, die im Wesentlichen der Temperatur des Filamentes entspricht. Sie kann auch etwas geringer, beispielsweise 10° C geringer sein. Die Temperatur des Filamentes wird so eingestellt, dass sich die Gase, die durch den Hohlraum, also insbesondere das Rohr, hindurchströmen, nicht durch Kontakt am heißen Filament zerlegen. In einer bevorzugten Ausgestaltung wirkt der Hochtemperaturmassenflussmesser mit einer elektronischen Brückenschaltung zusammen. Es kann sich dabei um eine Gleichstrombrücke oder um eine Wechselstrombrücke handeln. Die Wechselstrombrücke wird dabei bevorzugt, weil mit ihr Drifteffekte kompensiert werden können. Bevorzugt besitzt der Hochtemperaturmassenflussmesser zwei Wolfram-Filamente. Diese Filamente sind in der Brückenschaltung mit Widerständen parallel geschaltet. Der am stromaufwärtsliegenden Filament vorbeiströmende Gasstrom kühlt das stromaufwärtsliegende Filament ab. Dies geht mit einem Absinken des Widerstandes des stromauf-

wärtsliegenden Filamentes einher. Das am stromaufwärtsliegenden Filament vorbeiströmende Gas wiederum wird aufgeheizt und gibt seine Wärme teilweise an das stromabwärtsliegende Filament ab, so dass Letzteres sich aufwärmt, mit der Folge, dass der Widerstand des stromabwärtsliegenden Filamentes ansteigt.

5 Dieser Wärmetransport kann durch Vergleich der durch die beiden Filamente fließenden Ströme beziehungsweise der beiden an den Filamenten anliegenden Spannungen ermittelt werden. Ist beispielsweise die Brückenschaltung bei nichtströmendem Gas im Gleichgewicht, so wird sie bei einer Gasströmung aus dem Gleichgewicht gebracht. Es bildet sich eine Brückenspannung, die im Wesentlichen proportional zum Massenfluss durch den Hohlraum beziehungsweise das Rohr ist.

10

Die Erfindung wird nachfolgend anhand beigefügter Zeichnungen erläutert.

Es zeigen:

15

Fig. 1 Ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Abscheiden eines organischen Ausgangsstoffs als Schicht auf einem Substrat;

Fig. 2 in perspektivischer Darstellung ein aus dem Stand der Technik her bekannter Pirani-Sensor;

20

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel in einer Darstellung gemäß Figur 1;

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung eines Hochtemperaturmassenflussmessers, der in die Dampfleitung 12 eingesetzt ist;

25

Fig. 5 eine Gleichstrombrückenschaltung zum Ermitteln des Massenflusses des Gases durch die Dampfleitung 12;

- Fig. 6 schematisch den Temperaturverlauf durch ein an einem Filament vorbeiströmenden Gases in Stromrichtung,
- Fig. 7 schematisch den Temperaturverlauf des an zwei hintereinanderliegenden Filamenten vorbeiströmenden Gases in Strömungsrichtung und
- Fig. 8 eine Wechselstrombrückenschaltung zum Ermitteln des Massenflusses des Gases durch einen Hohlraum, insbesondere die Dampfleitung 12.
- 10 Aus einer nicht dargestellten Gasquelle wird mit nicht dargestellten Ventilen ein Trägergas, bei dem es sich um Wasserstoff, Stickstoff oder um ein Edelgas handeln kann, in eine Trägergasleitung 1 eingespeist. In der Trägergasleitung 1 befindet sich ein Massenflussmesser 2, der nach einem kalorimetrischen Messprinzip arbeitet und der einen Eingangsmassenflusswert  $S_1$  an eine Rechenein-
- 15 richtung 20 liefert, die dem Massenfluss des augenblicklich durch den Massenflussmesser 2 strömenden Trägergases entspricht. Mit einer Trägergasleitung 3 wird das so hinsichtlich seines Massenflusses bekannte Trägergas einem Aerosol-Erzeuger 4 zugeleitet.
- 20 Der Aerosol-Erzeuger 4 kann ein Bürstenrad aufweisen, mit dem von einem zu einem Festkörper gepressten Pulver Pulverteilchen abgerieben werden, die in den Trägergasstrom gebracht werden, der die Pulverteilchen als Schwebeteilchen weiter transportiert, wie er beispielsweise von der US 5,820,678 beschrieben wird. Als Aerosol-Erzeuger 4 kann aber auch ein Schneckenförderer ver-
- 25 wendet werden, wie er beispielsweise von der US 7,501,152 B2 beschrieben wird. Verwendbar ist ebenfalls ein Aerosol-Erzeuger gemäß DE 10 2006 026 576 A1, mit dem ein in einem Vorratsbehälter 5 bevorratetes Pulver aufgewirbelt wird.

Wesentlich ist, dass der Aerosol-Erzeuger von dem Trägergas durchströmt wird. Durch eine Aerosolleitung 6 werden die Schwebeteilchen durch eine Eintrittsöffnung 7 in einen Verdampfer 8 gebracht.

- 5 Im Verdampfer 8 kann sich ein Festkörperschaum befinden, wie er beispielsweise in der US 2009/0039175 A1 beschrieben wird. Dieser Festkörperschaum wird auf geeignete Weise auf eine Verdampfungstemperatur aufgeheizt, so dass die in Kontakt mit der Oberfläche des Verdampfungskörper tretenden Schwebeteilchen verdampfen. Es ist aber auch möglich, dass die Schwebeteil-
- 10 chen durch kontaktlose Erwärmung aufgeheizt werden. Bevorzugt treten die Schwebeteilchen jedoch in die gewundenen Porenhöhlungen des Festkörperschaums ein, um dort durch Oberflächenkontakt mit den vom offenporigen Schaumkörper ausgebildeten Stegen Wärme aufzunehmen.
- 15 Bevorzugt wird ein derartiger Verdampfer 8 verwendet, bei dem die Wärmeübertragungsflächen des Verdampfungskörpers schnell aufgeheizt beziehungsweise abgekühlt werden können, um so durch eine kurzfristige Temperaturänderung die Verdampfungsrate zu beeinflussen.
- 20 Der Partialdruck des durch die Austrittsöffnung 9 aus der Verdampfungskammer 8 austretenden Dampfes im Ausgangsgasstrom hängt von der Verdampfungsrate ab. Der aus der Austrittsöffnung 9 austretenden Ausgangsgasstrom wird durch eine Dampfleitung, die von einer Heizung 13 beheizbar ist, einem CVD-Reaktor zugeführt.

25

Das Reaktorgehäuse 14 des CVD-Reaktors ist gasdicht und beinhaltet ein Gaseinlassorgan 15 in Form eines Duschkopfs. Die vertikal nach unten weisende Gasaustrittsfläche des Gaseinlassorgans 15 weist eine Vielzahl von siebartig angeordneten Gasaustrittsöffnungen auf, durch welche der Ausgangsgasstrom

in eine unterhalb des Gaseinlassorgans 15 angeordnete Prozesskammer 16 eingebracht wird.

Der Boden der Prozesskammer 16 wird von einem Suszeptor 18 gebildet, der gekühlt ist und auf dem ein Substrat 17 liegt. Mittels einer Vakuumpumpe 19 kann innerhalb der Prozesskammer 16 und innerhalb der Verdampfungskammer des Verdampfers 8 der Totaldruck eingestellt werden. Er kann in einem Druckbereich von 0,1 bis 100 mbar geregelt werden. Hierzu ist ein Drucksensor 24 vorgesehen.

10

Bevorzugt wird in der Prozesskammer ein Glassubstrat mit einer lichtemittierenden Schicht aus einem organischen Material beschichtet. Auf das Substrat werden Schichtfolgen abgeschieden, wie sie in den US 7,238,389, US 4,769,292 oder US 4,885,211 beschrieben werden. Zur Abscheidung derartiger OLEDs werden bei Raumtemperatur beziehungsweise bis 300 oder 400° C feste organische Ausgangsstoffe verwendet. Diese werden in der Verdampfungskammer 8 bei Temperaturen zwischen 300 und 400 ° C verdampft.

In einem ersten Ausführungsbeispiel (Figur 1 und Figur 2) steckt in einer Höhlung 11 der Dampfleitung 12, die von einem Blindflansch ausgebildet sein kann, als Ausgangssensor ein Pirani-Sensor 10, der ein Sensorsignal S2 liefert. Dieses Sensorsignal S2 wird ebenfalls der Recheneinrichtung 20 zugeleitet.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel (Figur 3 bis Figur 7) steckt in der Dampfleitung 12 der Sensorabschnitt eines Hochtemperaturmassenflussmessers 26. Mit dem Hochtemperaturmassenflussmesser 26 kann der Massenfluss durch die Dampfleitung 12 bestimmt werden. Dieses Sensorsignal wird ebenfalls der Recheneinrichtung 20 zugeleitet.

Der Ausgangssensor 10 liefert ein Sensorsignal S2, welches ein Wert für die Wärmeabgabe eines Messdrahtes ist, der auf mehr als 400° C beheizt wird. Die Wärmeabgabe hängt vom Totaldruck des Gases innerhalb der Höhlung 11 beziehungsweise der Dampfleitung 12 ab. Der Totaldruck wird über die Vakuumpumpe 19 geregelt und ist somit bekannt. Bekannt ist ferner der Massenfluss des Trägergases durch die Dampfleitung, da dieser dem Massenfluss durch den Massenflussmesser 2 entspricht. Es ist deshalb möglich, von der Gesamtwärmeabgabe der Wendel 21 im Pirani-Sensor 10 an das Gas, den Beitrag des Trägergases abzuziehen. Als Ergebnis verbleibt der Beitrag zur Wärmeabgabe vom im Trägergas transportierten Dampf. Aus diesem Wert kann dann der Partialdruck des Dampfes im Ausgangsgasstrom also in der Dampfleitung 12 berechnet werden.

Die Verwendung eines Pirani-Sensors um den Dampfdruck des Dampfes des verdampften organischen Ausgangsstoffes zu bestimmen ist besonders vorteilhaft, wenn schnell temperierbare Verdampfungskörper verwendet werden, da die Reaktionszeiten eines derartigen Ausgangssensors sehr klein sind.

Die Figur 2 zeigt ein Beispiel eines Sensorkopfes eines Pirani-Sensors wie er in der US 7,322,248 B1 beschrieben wird. Der Sensorkopf besitzt eine etwa entlang der Kanten eines Rechtecks oder eines Trapez aufgehängte, in der Zeichnung nicht dargestellte, Wendel 21 aus Wolfram, die auf Temperaturen über 400° C beheizt wird. Die Wendel 21 wird von zwei an zwei benachbarten Rechteckkanten angreifenden Tragarmen 22 in Position gehalten. Bei der Auswerteschaltung kann es sich um eine doppelte Brückenschaltung handeln, wie sie in der zuvor beschriebenen Druckschrift beschrieben ist. Die Betriebstemperatur der Wendel 21 ist etwa 50° C höher als die Verdampfungstemperatur beziehungsweise die Temperatur innerhalb der Dampfleitung 12. Die Anschlusskontakte 23 können aus Constantan gefertigt sein. Über den Widerstand, der sich aus dem Quotienten der durch die Wendel 21 hindurchgehenden Stroms und der an der

Wendel 21 anliegenden Spannung berechenbar ist, kann die Temperatur ermittelt werden. Über die Leistung, die aus dem Produkt von Strom und Spannung ermittelbar ist, kann der Wärmeabfluss berechnet werden.

- 5 Bei dem in den Figuren 3 bis 5 dargestellten Ausführungsbeispiel wird als zweiter Sensor ein Hochtemperaturmassenflussmesser 26 verwendet.

Ein derartiger Massenflussmesser ist ebenfalls Gegenstand der Erfindung. Der Massenflussmesser besitzt einen Sockel, der in eine Öffnung der Dampflei-  
10 tung 12 hineingeschraubt ist. Die Dampfleitung 12 bildet einen von einem Gas durchströmten Hohlraum. Dieser Hohlraum besitzt eine Eintrittsöffnung 12' und eine Austrittsöffnung 12''. Die durch die Lage der Eintrittsöffnung 12' und die Lager der Austrittsöffnung 12'' definierte Stromrichtung wird von zwei ge-  
15 dachten Ebenen im Wesentlichen quer zur Stromrichtung gekreuzt. In jeder der beiden gedachten Ebenen liegt jeweils ein Filament 27, 28 aus einem Wolframdraht. Der Draht ist gewendelt. Es kann sich um eine Doppelwendel handeln, wie sie von herkömmlichen Glühwendeln bei Glühlampen bekannt sind. Jedes der beiden Filamente 27, 28 besitzt eine U-Form. Die beiden parallel zueinander verlaufenden Filamente 27, 28 werden von Trägern 29 gehalten. Die Enden der  
20 aus Wolfram bestehenden Filamente 27, 28 sind mit Anschlusskontakten 23 aus Constantan verbunden.

In Stromrichtung liegen die beiden Filamente 27, 28 im Wesentlichen deckungsgleich hintereinander. Die beiden Filamente 27, 28 besitzen einen im We-  
25 sentlichen konstanten Abstand voneinander. Der Abstand der beiden Filamente 27, 28 ist wesentlich geringer als die Länge jedes der beiden Filamente 27, 28 und auch wesentlich geringer als ein charakteristischer Durchmesser einer Fläche, die von einem der Filamente 27, 28 umrahmt oder teilumrahmt wird.

Die Figur 3 beschreibt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zum Abscheiden eines organischen Ausgangsstoffs als Schicht auf ein Substrat. Hinsichtlich der Ausgestaltung und der Anordnung des Aerosol-Erzeugers 4, des Massenflussmesser 2, des Verdampfers 8, des CVD-Reaktorgehäuses 14 und  
5 des Drucksensors 24 beziehungsweise der Vakuumpumpe 19 wird auf die Erläuterung der Figur 1 Bezug genommen.

Anders als bei dem in der Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel befindet sich hier in der Dampfleitung 12 ein Hochtemperaturmassenflussmesser 26, wie  
10 er zuvor beschrieben worden ist. Der Massenflussmesser besitzt zwei Filamente 27, 28, die sich in Stromrichtung hintereinander in der Dampfleitung 12 befinden. Anders als beim Stand der Technik ist hier kein Bypass erforderlich, durch den ein zu messender Gasfluss abgezweigt wird. Die beiden Filamente 27, 28 sind mit der Recheneinrichtung 20 verbunden, in der auch eine Auswerteeinrichtung integriert ist, mit der die an den beiden Filamenten 27, 28 anliegende Spannung beziehungsweise die durch die beiden Filamente 27, 28 fließende Ströme messbar sind.  
15

Die Auswerteschaltung kann als Brückenschaltung ausgebildet sein, wie sie die  
20 Figur 5 darstellt. Die Filamente können eine Dicke besitzen, die kleiner oder gleich  $5\ \mu\text{m}$  beträgt. Die Filamente können bei Temperaturen über  $400^\circ\text{C}$  beziehungsweise unter  $650^\circ\text{C}$  betrieben werden. Mit einer derartigen Anordnung können über eine Gleichstrombrücke Drücke von 0,001 bis 0,5 mbar gemessen werden. Bevorzugt werden Druckdifferenzen in einem Bereich zwischen 0,001  
25 und 0,1 mbar bestimmt.

Die Figur 6 zeigt den Temperaturverlauf im Bereich eines einzigen Filamentes 27, 28 in Strömungsrichtung  $f$ . Die Kurve  $s$  zeigt den Temperaturverlauf wenn die Strömung  $V$  gleich Null ist. Bei einer Gasströmung  $V$  durch die



Dampfleitung 12 verschiebt sich die Temperaturkurve in Strömungsrichtung. Sie ist mit d dargestellt.

Die Figur 7 zeigt dieselben Verhältnisse. Jetzt sind jedoch zwei dichtbenachbar-  
5 te Filamente in Stromrichtung f hintereinander angeordnet. Die Kurven  $d_1$  und  $d_2$  geben die Temperaturprofile jeweils eines beheizten Filamentes 27, 28 wieder, wenn kein zweites Filament in der Nähe angeordnet wäre. Die mit s bezeichnete Kurve gibt die Temperaturverteilung wieder, die sich dann ergibt, wenn zwei beheizte Filamente 27, 28 hintereinander angeordnet sind und durch  
10 den Strömungskanal 12 ein Gasstrom V strömt. Es ist ersichtlich, dass die Temperatur des stromabwärtigen Filamentes 28 geringfügig größer ist, als die Temperatur des stromaufwärtigen Filamentes 27 (angedeutet mit o in Figur 7). Mit der in Figur 5 dargestellten Brückenschaltung kann ein Wert gewonnen werden, der den Massenfluss durch den Strömungskanal 12 repräsentiert.

15

Der Massenflussmesser 2 liefert den Massenfluss des Trägergases. Aus der Differenz der vom Massenflussmesser 10 und vom Massenflussmesser 2 ermittelten Massenflüsse kann der Massenfluss des verdampften organischen Materials ermittelt werden.

20

Die Figur 8 zeigt eine Brückenschaltung, bei der anders als bei der in Figur 5 dargestellten Brückenschaltung kein Gleichstrom sondern ein Wechselstrom durch die Filamente 27, 28 fließt. Die Filamente sind auch hier als Widerstände  $R_1$  beziehungsweise  $R_2$  im Schaltbild angegeben. Zu den beiden Widerständen der Filamente  $R_1$  und  $R_2$  sind Widerstände in der Größenordnung von etwa  $10 \Omega$   $R_3$  und  $R_4$  als Brücke parallel geschaltet. Die Knotenpunkte beider Widerstände sind mit den Eingängen eines Operationsverstärkers verbunden. Der Strom, der durch das stromaufwärtsliegende Filament mit dem Widerstand  $R_1$  fließt, erwärmt das stromaufwärtsliegende Filament. Der Strom, der durch das  
25 stromabwärtsliegende Filament mit dem Widerstand  $R_2$  strömt, erwärmt das  
30

stromabwärtsliegende Filament. Es stellt sich jeweils ein zur entsprechender Temperatur gehörender Widerstand ein. Die Brückenschaltung kann so abgeglichen werden, dass bei nichtströmendem Gas die Brücke im Gleichgewicht ist, also die Brückenspannung Null beträgt. Ein durch das Rohr hindurchströmender Gasstrom transportiert Wärme vom stromaufwärtsliegenden Filament zum  
5 stromabwärtsliegenden Filament, mit der Folge, dass beide Filamente unterschiedlich stark abgekühlt werden. Der sich dabei ergebende Unterschied im Widerstand führt zu einer Brückenspannung, die proportional zum Massentransport durch das Rohr ist.

10

Mit der sehr hohen Empfindlichkeit der Wechselstrombrücke können Änderungen von 0,5 ppm in der Brückenimpedanz gemessen werden. Die Brückenspannungen liegen hier typischerweise bei Werten von etwa 6 mV. Das Wechselspannungssignal wird über einen Tiefpass in ein Gleichspannungsausgangssignal umgewandelt. Durch die Verwendung einer Wechselspannungsbrücke  
15 werden nicht nur Drifteffekte sondern auch Fehler, die durch das Rauschen entstehen, kompensiert.

Alle offenbarten Merkmale sind (für sich) erfindungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen. Die Unteransprüche charakterisieren in ihrer fakultativ nebengeordneten Fassung eigenständige  
20 erfinderische Weiterbildung des Standes der Technik, insbesondere um auf Basis dieser Ansprüche Teilanmeldungen vorzunehmen.

Bezugszeichenliste

	1	Trägergasleitung	26	Hochtemperaturmassenfluss-
	2	Massenflussmesser		messer
5	3	Trägergasleitung	27	Filament
	4	Aerosol-Erzeuger	28	Filament
	5	Vorratsbehälter	29	Träger
	6	Aerosolleitung	S1	Eingangsmassenflusswerte
	7	Eintrittsöffnung	S2	Sensorsignal
10	8	Verdampfer	v	Gasströmung
	9	Austrittsöffnung	d	Strömungsrichtung
	10	Pirani-Sensor	d <sub>1</sub>	Temperaturprofil
	11	Blindflansch/Höhlung	d <sub>2</sub>	Temperaturprofil
	12	Dampfleitung	f	Strömungsrichtung
15	12'	Eintrittsöffnung	R <sub>1</sub>	Widerstand
	12''	Austrittsöffnung	R <sub>2</sub>	Widerstand
	13	Heizung	R <sub>3</sub>	Widerstand
	14	CVD-Reaktorgehäuse	R <sub>4</sub>	Widerstand
	15	Gaseinlassorgan (shower head)		
20	16	Prozesskammer		
	17	Substrat		
	18	Suszeptor		
	19	Vakuumpumpe		
	20	Recheneinrichtung		
25	21	Wendel		
	22	Tragarme		
	23	Anschlusskontakte		
	24	Drucksensor		

## ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Erzeugen eines in einem Trägergas transportierten Dampfs eines festen oder flüssigen Ausgangsstoffs umfassend die Schritte:
  - 5   Einspeisen eines Trägergasstroms durch eine Trägergasleistung (3) in einen Aerosolerzeuger (6);  
Erzeugen eines Aerosols im Aerosolerzeuger (6);  
Transportieren des Aerosols mittels des Trägergasstroms in einen Verdampfer;
  - 10   Beheizen des Verdampfers (8);  
Verdampfen des festen oder flüssigen Ausgangsstoffs innerhalb des Verdampfers (8);  
Transportieren des so erzeugten Dampfes zusammen mit dem Trägergas als Ausgangsgasstrom durch die Austrittsöffnung (9);
  - 15   Ermitteln eines dem Massenfluss des Trägergases in der Trägergasleitung (3) zugeordneten ersten Wert mittels eines ersten Sensors (2);  
Ermitteln eines sowohl vom Massenfluss beziehungsweise Partialdruck des Trägergases als auch vom Massenfluss beziehungsweise Partialdruck des Dampfes im Ausgangsgasstrom beeinflussten zweiten Wert mit einem
  - 20   zweiten Sensor (10);  
Berechnen eines dem Partialdruck des im Ausgangsgasstrom transportierten Dampfes entsprechenden Wert durch In-Beziehung-Setzen der mittels der beiden Sensoren (2, 10) ermittelten Werte.
  
- 25   2. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass als zweiter Sensor (10) ein Pirani-Vakuummeter und/oder als erster Sensor (2) ein kalorimetrischer Massenflussmesser verwendet wird.

3. Verfahren gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des Partialdrucks des Dampfs von dem vom zweiten Sensor (10) gelieferten Wert beziehungsweise von einem aus diesem Wert abgeleiteten Wert ein Korrekturwert abgezogen wird, der aus dem vom ersten Sensor (2) ermittelten Wert gewonnen wird, zu dessen Ermittlung insbesondere in Vorversuchen ermittelte Daten verwendet werden.  
5
4. Verfahren gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass das Aerosol ein Festkörperaerosol ist.  
10
5. Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen oder festen Ausgangsstoffs in einem beheizbaren Verdampfer (8), in den durch eine Eintrittsöffnung (7) ein Eingangsgasstrom eines Trägergases eintritt, welches den Verdampfer (8) durchströmt und zusammen mit einem durch Verdampfen des Ausgangsstoffes erzeugten Dampf als Ausgangsgasstrom aus dem Verdampfer (8) durch eine Austrittsöffnung (9) austritt, mit einem in Stromrichtung vor der Eintrittsöffnung (7) angeordneten ersten Sensor (2) zur Ermittlung eines dem Massenfluss des Eingangsgasstromes zugeordneten ersten Wertes, einen in Stromrichtung nach der Austrittsöffnung (9) angeordneten zweiten Sensor (10) zur Ermittlung eines sowohl vom Massenfluss beziehungsweise Partialdruck des Trägergases als auch vom Massenfluss beziehungsweise Partialdruck des Dampfes abhängigen zweiten Wert, und eine Recheneinrichtung (20), die durch In-Beziehung-Setzen der beiden Werte einen dem Partialdruck des im Ausgangsgasstrom transportierten Dampfes entsprechenden Wert liefert, gekennzeichnet durch einen in Strömungsrichtung der Eintrittsöffnung (2) nachgeordneten und dem Verdampfer (8) vorgeordneten Aerosol-Erzeuger (4), der  
15  
20  
25

vom Trägergasstrom durchströmt wird.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Eingangssensor (2) und/oder der Ausgangssensor (10) ein kalorimetrischer Sensor ist, wobei insbesondere der Ausgangssensor (10) ein Pirani-Vakuummeter und der Eingangssensor (2) ein Massenflussmesser ist.
7. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 oder 6 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Aerosol-Erzeuger (4) einen Festkörper pulverisiert und die Pulverteilchen in den Trägergasstrom bringt.
8. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 7 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangssensor (10) ein Hochtemperaturmassenflussmesser ist, der zwei jeweils von einem elektrischen Strom beheizbare Heizelemente aufweist, wobei jedes der beiden Heizelemente jeweils von einem frei in eine der Austrittsöffnungen (9) in Strömungsrichtung nachgeordneten Dampfleitung (12) ragenden Filament (27, 28) gebildet ist, wobei die Filamente (27, 28) in gedachten, im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung sich erstreckenden Ebenen liegen.
9. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 8 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Filamente (27, 28) derart in den gedachten parallelen zueinanderverlaufenden Ebenen liegen, dass sie in Strömungsrichtung im Wesentlichen deckungsgleich hintereinander liegen.
10. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 9 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Filamen-

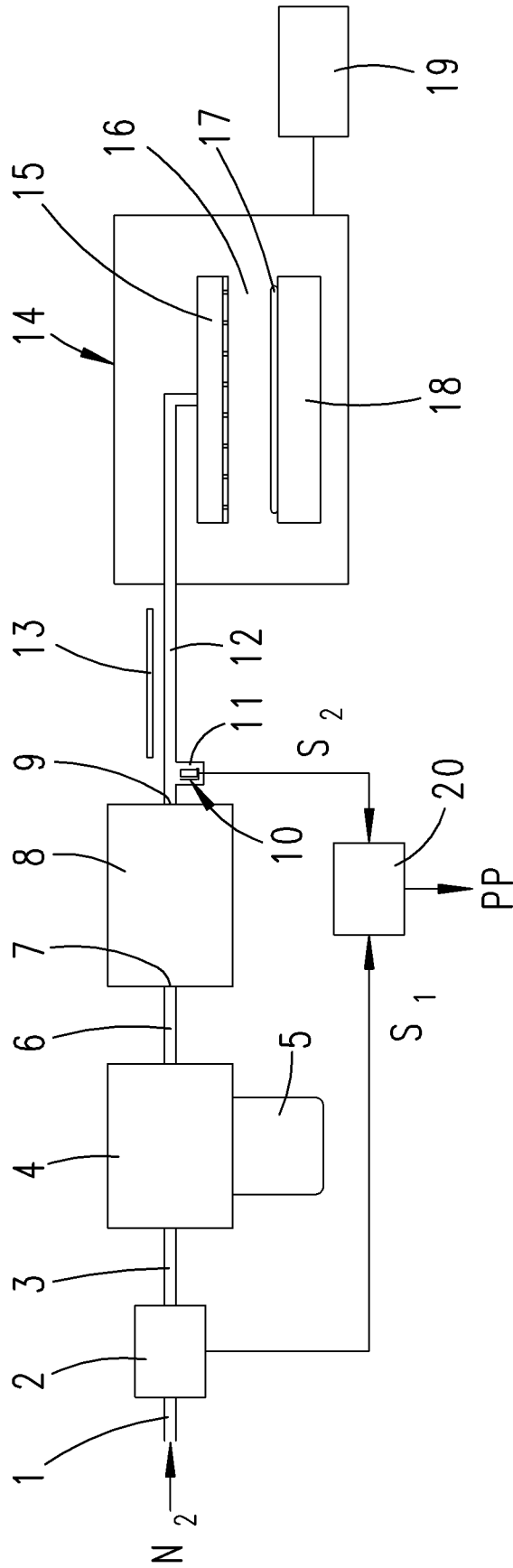
te (27, 28) wesentlich größer ist als der im Wesentlichen konstante Abstand der beiden Filamente (27, 28) voneinander.

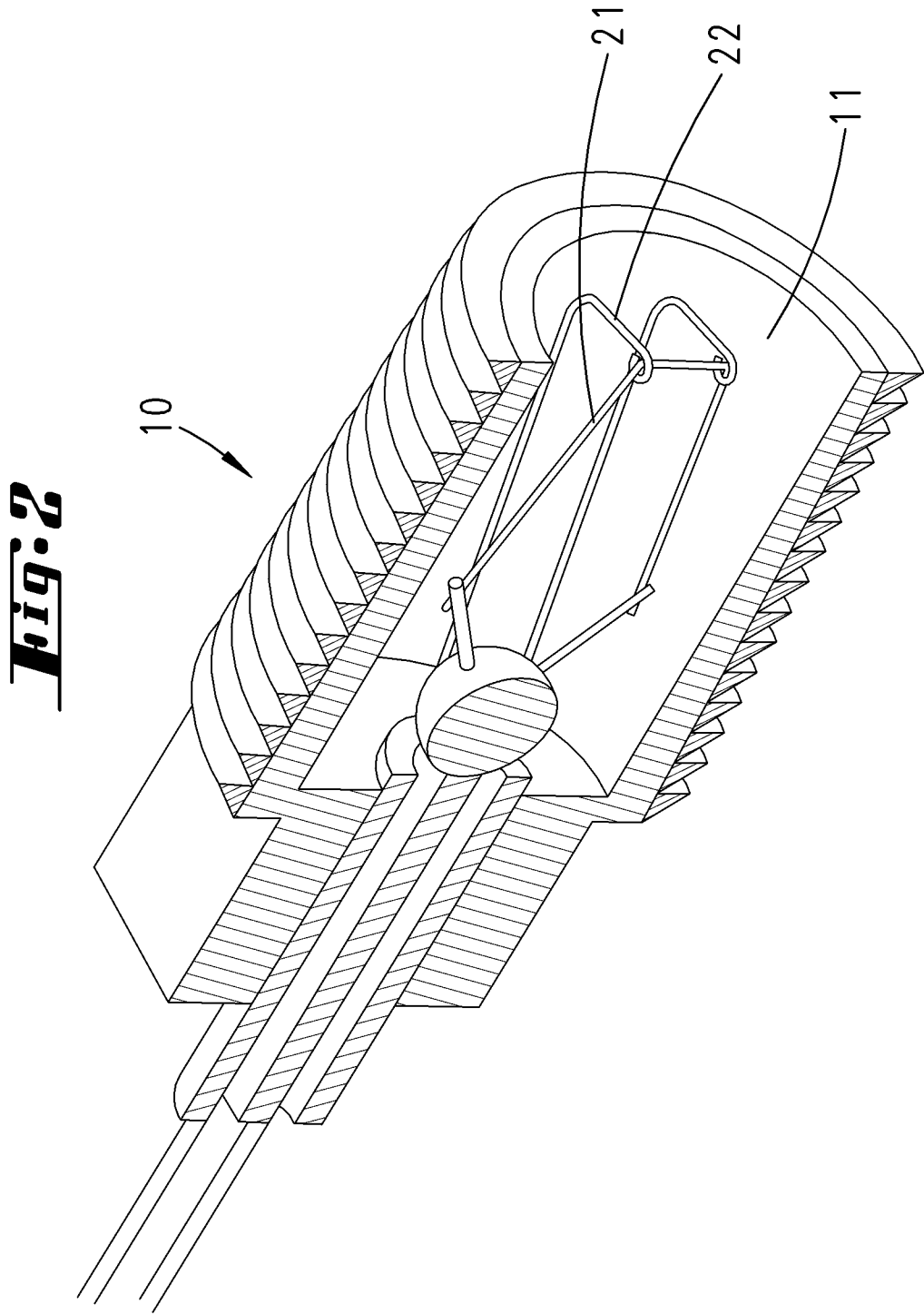
11. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 10 oder  
5 insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Filamente (27, 28) von einem wendelgangförmigen Draht ausgebildet sind und/oder dass die Filamente (27, 28) jeweils zumindest bereichsweise die Form eines U aufweisen.
- 10 12. Hochtemperaturmassenflussmesser, mit einem Hohlraum (12), welcher von einem Gas in einer Strömungsrichtung durchströmbar ist, mit zwei in Strömungsrichtung voneinander beabstandeten Heizelementen (27, 28), die jeweils mittels eines elektrischen Heizstroms beheizbar sind, um die Temperatur des an ihnen vorbeiströmenden Gases zu erhöhen, und mit  
15 einer elektronischen Auswerteschaltung (20), um aus den Werten der am jeweiligen Heizelement (27, 28) anliegenden Spannung beziehungsweise des durch das jeweilige Heizelement (27, 28) fließenden Stroms einen Massenfluss des durch den Hohlraum (12) strömenden Gases zu ermitteln, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der beiden Heizelemente (27, 28)  
20 jeweils von einem frei in den Hohlraum (12) ragenden Filament gebildet ist, wobei die beiden Filamente (27, 28) in virtuellen, im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung sich erstreckenden Ebenen liegen.
13. Hochtemperaturmassenflussmesser gemäß Anspruch 12 oder insbesondere  
25 danach, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Filamente (27, 28) im Wesentlichen deckungsgleich in Strömungsrichtung hintereinander liegen und/oder von einem wendelgangförmigen Draht ausgebildet sind und/oder jeweils zumindest bereichsweise die Form eines U aufweisen.

14. Hochtemperaturmassenflussmesser gemäß Anspruch 12 bis 13 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand der beiden gedachten Ebenen, in denen die Filamente (27, 28) sich erstrecken, geringer ist als die gesamte Länge der Filamente (27, 28) oder einer charakteristische Länge beispielsweise der Maximalabstand zweier Abschnitte eines Filamentes (27, 28) ist.
- 5

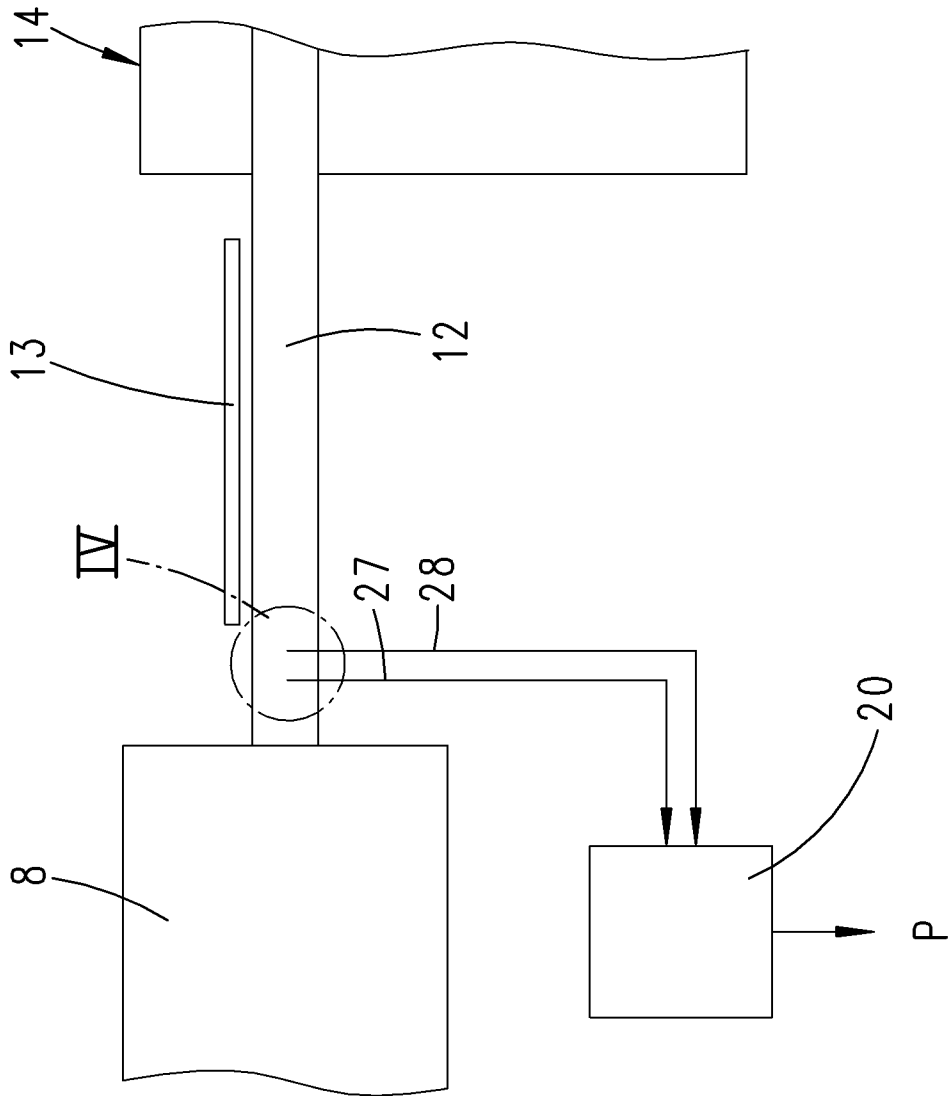


**Fig. 1**

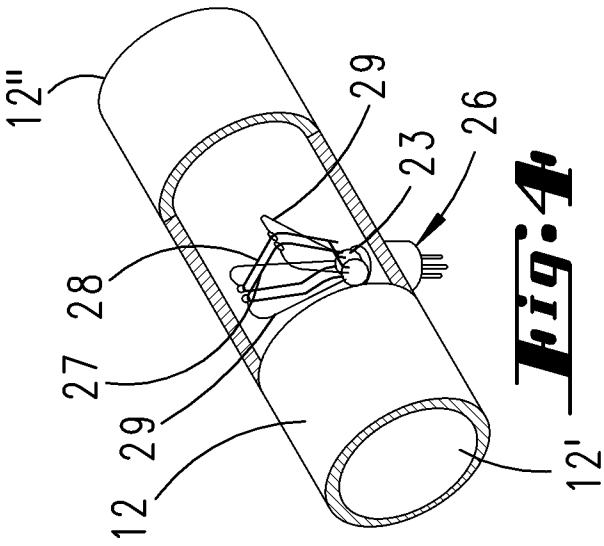
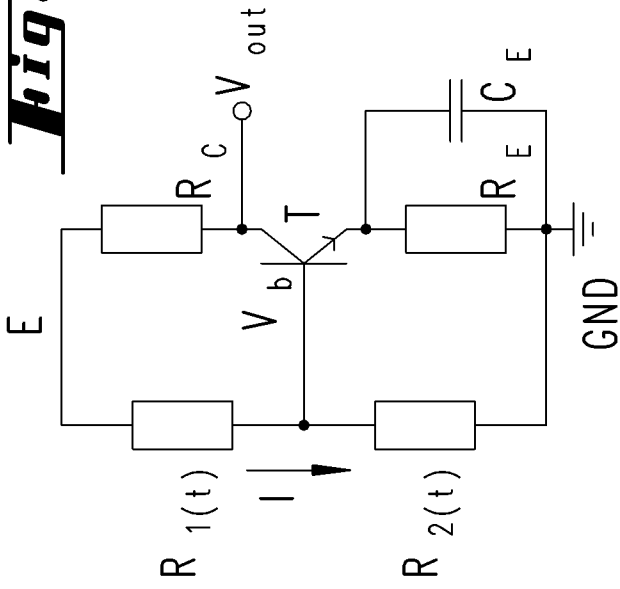




**Fig. 3**

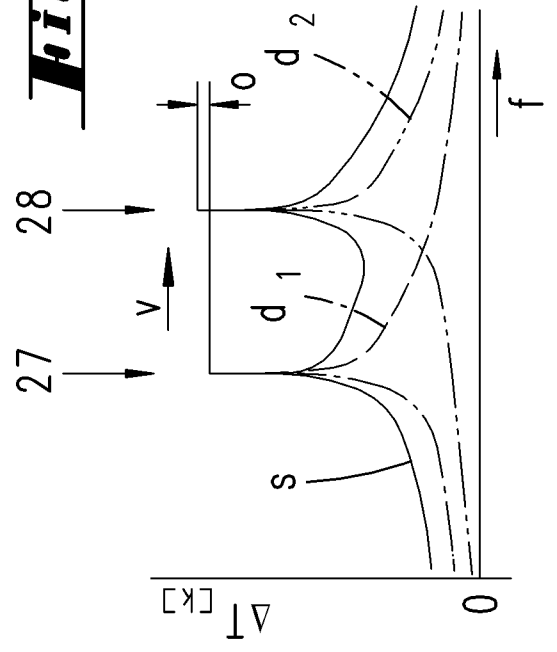


**Fig. 5**

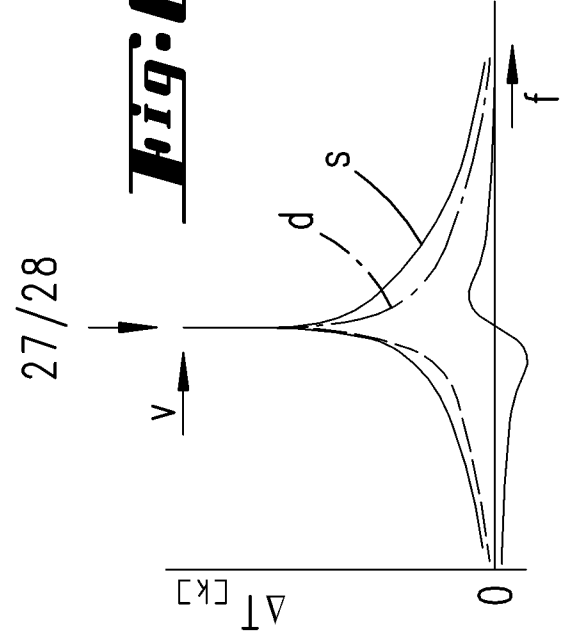


**Fig. 4**

**Fig. 7**



**Fig. 6**



**Fig. 8**

