

(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
03. September 2020 (03.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/173782 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01J 19/08 (2006.01) H05H 1/34 (2006.01)
H05H 1/00 (2006.01) H05H 1/42 (2006.01)
H05H 1/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/054324

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Februar 2020 (19.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 105 163.0
28. Februar 2019 (28.02.2019) DE

(71) Anmelder: NOBLE POWDER GMBH [AT/AT]; Peter-Tunner-Str. 19, 8700 Leoben (AT).

(72) Erfinder: HABLE, Karl; Wetzawinkel 94, 8200 Hofstätten an der Raab (AT).

(74) Anwalt: GALL, Ignaz; Dilg, Haeusler, Schindelmann Patentanwaltsgesellschaft mbH, Leonrodstr. 58, 80636 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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, JO, JP, KE, KG, KH, 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,

(54) Title: PLASMA NOZZLE AND PLASMA DEVICE

(54) Bezeichnung: PLASMADÜSE UND PLASMAVORRICHTUNG

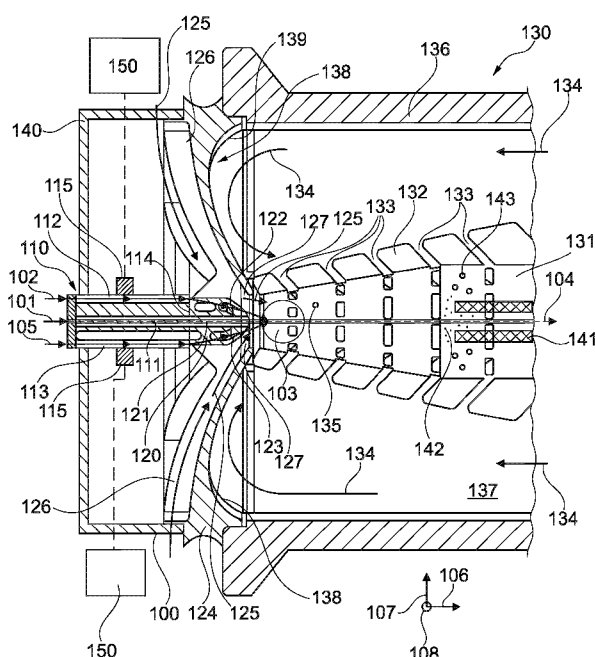


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a nozzle device (100) for combining an ionizable gas (102, 105) and a base material (101) in an interaction region (103). The nozzle device (100) has a main body (110) which has a transport duct (111) for guiding a base material (101) along a transport direction (106) to an end region (114) of the main body (110). The main body (110) has a first plasma duct (112) for guiding a first ionizable gas (102) along the transport direction (106) and a second plasma duct (113) for guiding a second ionizable gas (105) along the transport direction (106). The main body (110) has a securing region (135) for an electrode device (150), in such a way that the first ionizable gas (102) can be ionized in the first plasma duct (112) and the second ionizable gas (105) can be ionized in the second plasma duct (113). A nozzle element (120) is coupled to the end region (114) of the main body (110), the nozzle element (120) having a corresponding transport duct (111) and corresponding nozzle outlets (122, 123) for guiding the corresponding ionizable gases (102, 105) in such a way that the ionizable gases (102, 105) can flow into the interaction region (103) in order to react with the base material (101).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Düsenvorrichtung (100) zum Zusammenführen eines ionisierbaren Gases (102, 105) und eines Grundmaterials (101) in einem Interaktionsbereich (103). Die Düsenvorrichtung (100) weist einen Grundkörper (110), welcher einen Transportkanal (111) aufweist zum Führen eines Grundmaterials (101) entlang einer Transportrichtung (106) zu einem Endbereich (114) des Grundkörpers (110), auf. Der Grundkörper (110) weist auf einen ersten Plasmakanal (112) zum

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Führen eines ersten ionisierbaren Gases (102) entlang der Transportrichtung (106) und einen zweiten Plasmakanal (113) zum Führen eines zweiten ionisierbaren Gases (105) entlang der Transportrichtung (106). Der Grundkörper (110) weist einen Befestigungsbereich (135) für eine Elektrodenvorrichtung (150) derart auf, dass das erste ionisierbare Gas (102) in dem ersten Plasmakanal (112) und das zweite ionisierbare Gas (105) in dem zweiten Plasmakanal (113) ionisierbar sind. Ein Düsenelement (120) ist an dem Endbereich (114) des Grundkörpers (110) mit diesem gekoppelt, wobei das Düsenelement (120) einen entsprechenden Transportkanal 111 und entsprechende Düsenauslässe (122, 123) aufweist zum Führen der entsprechenden ionisierbaren Gase (102, 105) derart, dass die ionisierbaren Gase (102, 105) in den Interaktionsbereich (103) zur Reaktion mit dem Grundmaterial (101) einströmbar sind.

5 Plasmadüse und Plasmavorrichtung

Technisches Gebiet

10 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Düsenvorrichtung und ein Verfahren zur
Zusammenführung von ionisierbaren Gasen und von Substanzen bzw.
Grundmaterial in einem Vorgangsbereich bzw. Interaktionsbereich. Ferner
betrifft die vorliegende Erfindung ein System zum Erzeugen von chemischen
und/oder physikalischen Vorgängen wie zum Erzeugen oder Recyclen eines
15 Pulvers aus einer Substanz.

Hintergrund der Erfindung

20 Komplexe Bauteile, insbesondere in der Kleinteilefertigung und in der
Prototypenfertigung, werden mehr und mehr mittels additiver
Fertigungsverfahren hergestellt. Mittels additiver Fertigungsverfahren wird
beispielsweise ein Material Schicht für Schicht aufgetragen und so werden
dreidimensionale komplexe Bauteile erzeugt. Dabei erfolgt der schichtweise
25 Aufbau computergesteuert aus einem oder mehreren flüssigen oder festen,
insbesondere pulverförmigen, Werkstoffen. Beim Aufbau finden physikalische
und chemische Vorgänge für den Umschmelz- und Aushärteprozess statt.
Typische Werkstoffe für das 3D-Drucken sind Kunststoffe, Kunstharze,
Keramiken und Metalle. Inzwischen sind auch Carbon- und Graphitmaterialien
30 für additive Herstellverfahren entwickelt worden.

Für additive Herstellverfahren ist es notwendig, Pulver als Grundmaterial bereitzustellen, wobei die Partikel des Pulvers homogen sein sollen. Insbesondere ist es ein Anliegen, die Partikel des Pulvers klein zu gestalten,

um filigrane Bauteile mit glatten Oberflächen mittels additiver Fertigung herzustellen.

Um feine Pulver aus einer Substanz bzw. Grundmaterial herzustellen, ist es
5 bekannt plasmabasierende Prozesse einzusetzen. Bei einem
Plasmazerstäubungsprozess wird das Grundmaterial mittels eines ionisierten
Plasmastrahls geschmolzen und zerstäubt. Die mit dem
Plasmazerstäubungsprozess hergestellten einzelnen Pulverpartikel sind
äußerst homogen und sphärolithisch ausgebildet.

10

Die so hergestellten sphärolithischen Pulverpartikel können im Anschluss
beispielsweise für die additive Fertigung genutzt werden oder zur weiteren
Verwendung als Reaktionspartner mit anderen Materialien verwendet werden.

15 US 5,707,419 A offenbart eine Kühlkammer, in welcher drei Plasmabrenner
angekoppelt sind, um entsprechende Plasmastrahlen in einem Scheitelpunkt
im Inneren der Kühlkammer zu kreuzen. In diesem Scheitelpunkt wird ein
Draht von einer Drahtwende eingebracht werden, damit dieser in dem
Scheitelpunkt geschmolzen wird.

20

Neben der Herstellung von entsprechenden Pulvermaterialien kann mittels
Plasmastrahlen ebenfalls allgemein ein chemischer und/oder physikalischer
Vorgang zwischen Substanzen herbeigeführt werden.

25 Um die Plasmastrahlen und die Substanz bzw. das Grundmaterial in einem
Scheitelpunkt zusammen zu führen, werden derzeit komplexe und mehrteilige
Vorrichtungen vorgesehen.

30 Darstellung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Interaktion einer oder mehreren Substanzen bzw. Grundmaterialien mit einem oder mehreren ionisierbaren Gasen bereitzustellen, welches eine geringe Komplexität und einen geringen Einbauraum aufweist.

5

Diese Aufgabe wird mit einer Düsenvorrichtung zum Zusammenführen von ionisierbaren Gasen und eines Grundmaterials (bzw. einer Substanz), einem System zum chemischen und/oder physikalischen Behandeln eines Grundmaterials des Produktes, wie zum Beispiel eines Pulvers aus einem Grundmaterial, sowie einem Verfahren zum Zusammenführen eines ionisierten Gases und eines Grundmaterials gemäß den unabhängigen Ansprüchen, geschaffen.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Düsenvorrichtung zum Zusammenführen eines ionisierbaren Gases und eines Grundmaterials in einem Interaktionsbereich bzw. Reaktionsbereich bereitgestellt. Die Düsenvorrichtung weist zunächst einen Grundkörper auf, welcher einen Transportkanal aufweist zum Führen einer Substanz bzw. eines Grundmaterials entlang einer Transportrichtung zu einem Endbereich des Grundkörpers. Der Grundkörper weist ferner einen ersten Plasmakanal zum Führen eines ersten ionisierbaren Gases entlang der Transportrichtung und einen zweiten Plasmakanal (welcher von dem ersten Plasmakanal beabstandet ist) zum Führen eines zweiten ionisierbaren Gases entlang der Transportrichtung auf. In dem Endbereich des Grundkörpers weist der erste Plasmakanal einen ersten Gasauslass und der zweite Plasmakanal einen zweiten Gasauslass auf.

Der Grundkörper weist ferner einen Koppelbereich für eine Elektrodevorrichtung derart auf, dass das erste ionisierbare Gas in dem ersten Plasmakanal und das zweite ionisierbare Gas in dem zweiten Plasmakanal ionisierbar sind.

30

Ferner weist die Düsenvorrichtung ein Düsenelement auf, welches an dem Endbereich des Grundkörpers mit diesem gekoppelt ist. Das Düsenelement weist einen weiteren Transportkanal auf, welcher mit dem Transportkanal derart gekoppelt ist, dass das Grundmaterial von dem Grundkörper in einen Interaktionsbereich bzw. Reaktionsbereich außerhalb des Düsenelements entlang der Transportrichtung überführbar ist. Ferner weist das Düsenelement einen ersten Düsenauslass, welcher mit dem ersten Plasmakanal gekoppelt ist und einen zweiten Düsenauslass auf, welcher mit dem zweiten Plasmakanal gekoppelt ist.

Der erste Düsenauslass zum Führen des ersten ionisierbaren Gases und der zweite Düsenauslass zum Führen des zweiten ionisierbaren Gases sind derart ausgebildet, dass das erste ionisierbare Gas und das zweite ionisierbare Gas in den Reaktionsbereich zur Reaktion mit dem Grundmaterial einströmbar sind.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Zusammenführen eines ionisierten Gases und einer Substanz bzw. Grundmaterials in einem Vorgangs- bzw. Interaktionsbereich mit der oben beschriebenen Düsenvorrichtung aufgezeigt. Das Verfahren weist zunächst den Schritt des Führens des Grundmaterials in dem Transportkanal entlang einer Transportrichtung zu einem Endbereich des Grundkörpers, des Führens des ersten ionisierbaren Gases entlang der Transportrichtung in dem ersten Plasmakanal und des Führens des zweiten ionisierbaren Gases entlang der Transportrichtung in dem zweiten Plasmakanal auf. Ferner weist das Verfahren den Schritt des Ionisierens des ersten ionisierbaren Gases in dem ersten Plasmakanal und des zweiten ionisierbaren Gases in dem zweiten Plasmakanal mittels einer Elektrodevorrichtung auf. Das Grundmaterial wird in dem weiteren Transportkanal des Düsenelements von dem Transportkanal in den Interaktionsbereich außerhalb des Düsenelements entlang der Transportrichtung überführt. Das erste ionisierte Gas wird mittels des ersten Düsenauslasses und das zweite ionisierte Gas wird mittels des zweiten

Düsenauslasses in den Interaktionsbereich zur Reaktion mit dem Grundmaterial eingeströmt.

Die Substanz bzw. das Grundmaterial ist beispielsweise ein Feststoff, wie
5 beispielsweise ein Draht, beispielsweise ein Kupferdraht, Aluminiumdraht, Nickeldraht, Titandraht oder ein Wolframdraht. Alternativ kann das Grundmaterial ebenfalls ein flüssiges Material oder ein gasförmiges Material sein. Das Grundmaterial ist dafür vorgesehen, mit dem ionisierbaren Gas zu reagieren oder aufgrund der hohen Temperatur des ionisierbaren Gases
10 aufgeschmolzen oder verdampft zu werden.

Als ionisierbares Gas, welches in einem geladenen Zustand als Plasmagas auf das Grundmaterial im Interaktionsbereich trifft, kann beispielsweise ein Inertgas bzw. Argon (Ar) verwendet werden.
15

Der Grundkörper besteht aus einem Vollmaterial mit einer hohen Temperaturbeständigkeit. Der Grundkörper kann beispielsweise aus Aluminiumoxid, Zirkonoxid, SiAlON bestehen.

20 Der Grundkörper ist insbesondere integral und einstückig ausgebildet und weist den Transportkanal, den ersten Plasmakanal und den zweiten Plasmakanal auf. Mit anderen Worten verlaufen mehrere Plasmakanäle und der zunächst eine Transportkanal in einem integralen einstückigen Grundkörper. Der Grundkörper kann einen oder eine Vielzahl von
25 Transportkanälen für ein und dasselbe Grundmaterial oder unterschiedliche Grundmaterialien aufweisen. Der Grundkörper kann ferner ausschließlich den ersten und den zweiten Plasmakanal oder eine Vielzahl weiterer erste zweiter Plasmakanäle aufweisen, wobei in den Plasmakanälen ein und dasselbe ionisierbare Gas oder eine Vielzahl unterschiedlicher ionisierbare Gase
30 durchgeführt werden können.

Die Transportrichtung definiert insbesondere den Vortrieb bzw. die Strömungsrichtung des Grundmaterials durch den Grundkörper und durch das Düsenelement in den Interaktionsbereich bzw. Reaktionsbereich.

- 5 Insbesondere weist der Grundkörper einen Koppelbereich für eine Elektrodevorrichtung auf. Die Elektrodevorrichtung kann dabei derart an dem Grundkörper direkt oder indirekt, z. B. an ein Düsengehäuse, befestigt werden und einen Energieeintrag in den entsprechenden ersten und/oder zweiten Plasmakanal bereitstellen.

10

Die Elektrodevorrichtung weist beispielsweise einen Strahlungskopf auf, welcher hochfrequente Strahlung in die entsprechenden Plasmakanäle einbringt. Aufgrund des hohen Energieeintrags wird das Gas in den Plasmakanälen ionisiert und weiter entlang der Transportrichtung befördert
15 oder unmittelbar nach dem Ionisationsvorgang in Richtung Grundmaterial gelenkt.

Die Elektrodevorrichtung wird zentrisch mit dem Düsenelement und dem Grundkörper gekoppelt. Beim beispielhaften Einsatz von hochfrequenter
20 Strahlung und bestimmten Energieeintrag bestimmt die Geometrie und Ausrichtung der Plasmakanäle und die Position vom Düsenelement zur Elektrodevorrichtung den gewünschten Zustand vom Plasma, wie zum Beispiel Temperatur oder Strömungszustand, beim Auftreffen auf die Substanz bzw. auf das Grundmaterial.

25

Das Düsenelement besteht aus einem Vollmaterial mit einer hohen Temperaturbeständigkeit. Das Düsenelement kann beispielsweise aus Aluminiumoxid, Zirkonoxid, SiAlON bestehen. Das Düsenelement weist insbesondere einen weiteren Transportkanal, einen ersten Düsenauslass und
30 einen zweiten Düsenauslass auf. Das Düsenelement wird an einem Endbereich des Grundkörpers befestigt. Insbesondere ist das Düsenelement derart mit

dem Grundkörper gekoppelt, dass der Transportkanal und der weitere Transportkanal sowie der erste Düsenauslass mit dem ersten Plasmakanal und der zweite Düsenauslass mit dem zweiten Plasmakanal gekoppelt sind. Das Düsenelement kann beispielsweise integral und einstückig mit dem Grundkörper ausgebildet sein oder lösbar, beispielsweise mittels einer Schraubenverbindung, an den Grundkörper angeschraubt werden. Der erste und/oder der zweite Düsenauslass können ferner besondere verjüngende Kanäle aufweisen und entsprechend an dem Austritt in Richtung Interaktionsbereich den kleinsten Querschnitt aufweisen. Alternativ können die Düsenauslässe jeweils eine Lavalldüse bilden. Die Düsenauslässe sind derart ausgebildet, dass das entsprechend ionisierte Gas in den Interaktionsbereich eingeströmt wird. Der weitere Transportkanal ist entsprechend ausgebildet, dass das Grundmaterial durch den weiteren Transportkanal des Düsenelements hindurchgeführt werden kann und in den Interaktionsbereich hineinragt. Der erste Düsenauslass und der zweite Düsenauslass sind dabei insbesondere derart ausgebildet, dass das erste ionisierbare Gas und das zweite ionisierbare Gas sich in einem Scheitelpunkt im Interaktionsbereich treffen. Der weitere Transportkanal ist ausgebildet, dass das Grundmaterial ebenfalls durch den Scheitelpunkt verläuft.

Der Interaktionsbereich bzw. Reaktionsbereich ist entsprechend in Transportrichtung außerhalb des Düsenelements ausgebildet. In dem Interaktionsbereich findet der physikalische und/oder chemische Vorgang wie eine Reaktion zwischen dem Grundmaterial und dem ionisierbaren bzw. ionisierten Gas statt. Aufgrund des Energieeintrags in das ionisierbare Gas, des Ausströmwinkels des ionisierbaren Gases aus dem entsprechenden Düsenauslass sowie aufgrund der Strömungsgeschwindigkeit des ausströmenden ionisierbaren Gases kann die Temperatur im Scheitelpunkt eingestellt werden. Die Temperatur im Scheitelpunkt kann beispielsweise aufgrund des ionisierten Gases und/oder aufgrund einer exothermen Reaktion

des ionisierten Gases mit dem Grundmaterial eine Temperatur von über 1000 °C, insbesondere aufweisen.

Aufgrund von Temperatur und anderer Parameter wie beispielsweise
5 Gaszusammensetzung kann ein physikalischer und/oder ein chemischer Vorgang zwischen dem ionisierten Gas und dem Grundmaterial erzeugt werden. Alternativ oder zusätzlich wird das Grundmaterial aufgrund der Temperatur des ionisierten Gases automatisiert und in kleine, insbesondere kugelförmige Tropfen aufgeschmolzen. In einem nachfolgenden Abkühlprozess
10 können die geschmolzenen Tröpfchen zu Partikeln verfestigt werden, sodass ein Pulver, welches beispielsweise für die additive Fertigung notwendig ist, bereitgestellt wird.

Mit der vorliegenden Düsenvorrichtung zum Zusammenführen eines
15 ionisierbaren Gases mit einem Grundmaterial kann ohne eine komplexe Ausrüstung ein gewünschter Vorgang bereitgestellt werden, da die notwendigen Versorgungsleitungen bzw. Kanäle integral im Grundkörper und dem Düsenelement vorliegen. Mit der Düsenvorrichtung wird sozusagen eine kombinierte Düse-Hohlleiter-Elektrode geschaffen. Es reichen somit der
20 Anschluss vom Versorgungreservoir sowie die Kopplung einer Elektrodenvorrichtung aus, um einen gewünschten Vorgang herbeizuführen.

Mit der erfindungsgemäßen Düsenvorrichtung werden die ionisierbaren Gase und das Grundmaterial aufgrund ihrer physikalischen und/oder chemischen
25 Eigenschaften in den gewünschten Zustand gebracht. Mittels der Düsenvorrichtung und dessen Geometrie wird entsprechend der Massendurchsatz, die Strömung der ionisierbaren Gase und des Grundmaterials beschleunigt und/oder verzögert, und/oder expandiert und/oder rotiert und/oder gleichgerichtet, und/oder gekühlt und/oder erhitzt.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform sind, wie oben beschrieben, der Grundkörper und das Düsenelement integral ausgebildet. Dabei kann das Düsenelement beispielsweise an den Grundkörper angeschweißt sein. Insbesondere kann das Düsenelement sowie der

- 5 Grundkörper zusammen in einem additiven Fertigungsverfahren hergestellt werden. Alternativ kann das Düsenelement und der Grundkörper mit einem Gussverfahren hergestellt werden.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist der Transportkanal
10 als Bohrung im Inneren des Grundkörpers ausgebildet. Die Bohrung kann beispielsweise mittels Bohrens oder Fräsen eingebracht werden oder bei Herstellung des Grundkörpers im Gussverfahren oder in der additiven Fertigung vorgesehen werden.

- 15 Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist der Grundkörper rotationssymmetrisch ausgebildet, wobei eine Mittelachse des Grundkörpers parallel zu der Transportrichtung ausgebildet ist. Beispielsweise weist der Grundkörper eine zylindrische Form mit einer runden, ovalen oder vieleckigen Grundfläche auf. Die Normale einer Grundfläche ist beispielsweise parallel zu
20 der Transportrichtung ausgebildet.

- Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform verläuft der Transportkanal entlang der Mittelachse (Rotationsachse) des Grundkörpers. Somit liegt der Transportkanal im Zentrum des Grundkörpers und erstreckt
25 sich insbesondere translatorisch.

- Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist der erste Düsenauslass und/oder der zweite Düsenauslass derart ausgebildet, dass das entsprechende ionisierbare Gas eine Strömungsrichtung mit einer zu der
30 Mittelachse radialen (Richtungs-) Komponente aufweist.

Als axiale Richtung wird die Richtung parallel der Transportrichtung definiert. Die radiale Richtung entspricht einer Richtung, welche orthogonal zu der axialen Richtung ausgebildet ist und durch die Mittelachse bzw. Rotationsachse des Grundkörpers verläuft. Die Umlaufrichtung ist orthogonal zu der axialen
5 Richtung und der Radialrichtung.

Mit der oben beschriebenen beispielhaften Ausführungsform wird der erste oder zweite Düsenauslass dahingehend konkretisiert, dass das ionisierbare Gas mit einem bestimmten Winkel relativ zu der Transportrichtung in den
10 Interaktionsbereich eingeströmt wird. Der Winkel ist beispielsweise zwischen der Strömungsrichtung aus den entsprechenden Düsenauslässen einerseits und der axialen Richtung andererseits definiert. Beispielsweise kann ein Winkel zwischen der axialen Richtung und der Strömungsrichtung 20° bis 80° , insbesondere 30° , aufweisen. Beispielsweise können die Düsenauslässe
15 außerhalb des Zentrums, d. h. beabstandet von der Mittelachse
Düsenelement, angeordnet werden. Aufgrund des gewinkelten Ausströmens des ionisierbaren bzw. ionisierten Gases durch die entsprechenden
Düsenauslässe strömt das ionisierbare bzw. ionisierte Gas in Richtung eines Scheitelpunkts auf der Mittelachse des Düsenelements bzw. des Grundkörpers
20 außerhalb der Düsenvorrichtung im Vorgangs- bzw. Interaktionsbereich, um mit der Substanz bzw. dem Grundmaterial zu interagieren bzw. zu reagieren.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist zumindest der erste Düsenauslass oder der zweite Düsenauslass derart ausgebildet, dass das
25 entsprechende ionisierbare Gas eine Strömungsrichtung mit einer zu der Mittelachse umlaufenden (Richtungs-) Komponente aufweist. Somit erhält das ausströmende ionisierbare Gas eine rotierende Richtung um die Mittelachse. Dies kann eine verbesserte Reaktion mit dem Grundmaterial im
Interaktionsbereich oder eine verbesserte Automatisierung des Grundmaterials
30 im Interaktionsbereich erzeugen.

Die Strömungsrichtung mit einer umlaufenden Komponente (d. h. einer Komponente in Umfangsrichtung) kann beispielsweise mittels einer entsprechenden Ausgestaltung der Düsenauslässe erzeugt werden. Zudem können Fluidleitelemente vorgesehen werden, welche nach dem Austreten des
5 entsprechenden ionisierbaren Gases angeordnet sind und dieses in eine gewünschte Rotationsrichtung ablenken.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist zumindest der erste Plasmakanal oder der zweite Plasmakanal als Bohrung im Inneren des
10 Grundkörpers ausgebildet. Die Bohrung kann beispielsweise mittels Bohrens oder Fräsen eingebracht werden oder bei Herstellung des Grundkörpers im Gussverfahren oder in der additiven Fertigung vorgesehen werden.

Der erste Plasmakanal und der zweite Plasmakanal können jeweils
15 beabstandet von der Mittelachse des Grundkörpers ausgebildet sein. Der erste Plasmakanal und der zweite Plasmakanal können denselben Abstand zu der Mittelachse des Grundkörpers aufweisen. Alternativ können der erste Plasmakanal und der zweite Plasmakanal unterschiedliche Abstände zu der Mittelachse aufweisen.

20
Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist zumindest der erste Plasmakanal oder der zweite Plasmakanal als offene Nut entlang einer Oberfläche des Grundkörpers ausgebildet. Die offene Nut kann beispielsweise mittels FräSENS in den Grundkörper eingebracht werden. Das ionisierbare Gas
25 strömt aufgrund eines gerichteten Einstromwinkels in die Nut entlang derselben Nut. Durch die offene Nut ist das ionisierbare Gas von außen gut zugänglich, insbesondere für einen Energieeintrag der Elektrodevorrichtung.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist die offene Nut
30 zumindest teilweise mit einer Hülse, welche über den Grundkörper steckbar ist, geschlossen. Die Hülse kann sozusagen über den Grundkörper gesteckt

beziehungsweise geschoben werden, sodass die Hülse auf der Oberfläche des Grundkörpers aufliegt. Damit können die offenen Nuten der entsprechenden Plasmakanäle geschlossen werden. Im Koppelbereich bzw. am Elektrodenende der Elektrodevorrichtung kann die offene Nut frei von der Hülse bleiben und von dieser entsprechend nicht bedeckt werden. Alternativ kann die Hülse entsprechende Öffnungen im Koppelbereich bzw. am Elektrodenende aufweisen, sodass das in der Nut entlangströmende ionisierbare Gas durch die Öffnung von der Elektrodevorrichtung bzw. für den Energieeintrag gut erreichbar ist.

- 10 Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist der Grundkörper einen weiteren ersten Plasmakanal zum Führen eines weiteren ersten ionisierbaren Gases entlang der Transportrichtung und/oder einen weiteren zweiten Plasmakanal, welcher von dem weiteren ersten Plasmakanal beabstandet ist, zum Führen eines weiteren zweiten ionisierbaren Gases entlang der
- 15 Transportrichtung auf. In dem Endbereich des Grundkörpers weist der weitere erste Plasmakanal einen weiteren ersten Gasauslass und der weitere zweite Plasmakanal einen weiteren zweiten Gasauslass auf, wobei der weitere erste Plasmakanal und der weitere zweite Plasmakanal in dem Grundkörper zwischen dem ersten Plasmakanal und dem zweiten Plasmakanal einerseits und dem
- 20 Transportkanal andererseits ausgebildet sind.

Entsprechend können eine Vielzahl von weiteren ersten und zweiten Plasmakanal in dem Grundkörper und entsprechende weitere Düsenauslässe des Düsenelements vorliegen. Insbesondere weist der erste oder zweite Plasmakanal im Vergleich zu dem weiteren ersten und weiteren zweiten Plasmakanal einen größeren Abstand zu der Mittelachse des Grundkörpers auf. Mit anderen Worten liegen der weitere erste und weitere zweite Plasmakanal der Mittelachse und entsprechend dem entlang dieser verlaufenden Transportkanal und den weiter außen liegenden ersten und zweiten Plasmakanälen.

30

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist das Düsenelement relativ zu dem Grundkörper rotierbar. Das Düsenelement kann beispielsweise mittels eines Gleitlagers oder eines Kugellagers an den Grundkörper rotierend gelagert werden. Der entsprechende erste Düsenauslass und der zweite

- 5 Düsenauslass können beispielsweise als Ringspalt in dem Düsenelement ausgebildet werden. Die entsprechenden Auslässe der Plasmakanäle lassen das darin fließende ionisierbare Gas in die Ringspalte einströmen. In den Ringspalten können ferner Fluidleitelemente vorgesehen werden, sodass die Rotation des Gaselements zusätzlich einen Spin bzw. eine Rotation des in den
- 10 Interaktionsbereich einströmenden ionisierbaren Gases erzeugt.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist die Düsenvorrichtung ferner ein, insbesondere scheibenförmiges, Fluidleitelement auf, welches mit dem Düsenelement gekoppelt ist. Zwischen dem

- 15 Fluidleitelement und dem Düsenelement ist ein ringförmiger Steuerkanal ausgebildet, welcher um das Düsenelement verläuft. Der Steuerkanal ist derart ausgebildet, dass das Steuerfluid in oder um den Interaktionsbereich strömbar ist.

- 20 Das Steuerfluid ist beispielsweise Luft, Stickstoff oder ein Inertgas. Das Steuerfluid strömt um den Interaktionsbereich oder in diesen hinein. Der Steuerkanal ist insbesondere derart ausgebildet, dass das Steuerfluid das in den Interaktionsbereich einströmende ionisierbaren Gas und das Grundmaterial umhüllt. Der Fluiddruck des Steuerfluids kann gezielt eingestellt
- 25 werden. Die Höhe des Drucks und/oder die Geschwindigkeit bzw. der Massendurchsatz der Steuerfluide steuert die örtliche Ausbildung des Interaktionsbereichs bzw. den Abstand des Interaktionsbereichs von einem Ende der Düsenvorrichtung entlang der Transportrichtung. Je höher die Fluidgeschwindigkeit des Steuerfluids bzw. je höher der Fluiddruck des
- 30 Steuerfluids, desto weiter entfernt wird der Interaktionsbereich, in welchen

sich der Scheitelpunkt des ionisierten Gases mit dem Grundmaterial vorliegt, ausgebildet.

Das Fluidleitelement kann das Steuerfluid mit einer radialen

- 5 Richtungskomponente in den Interaktionsbereich einströmen. Somit kann das Steuerfluid umfänglich mit einer radialen Strömung in den Interaktionsbereich eingeströmt werden. Nach einem Kreuzungspunkt des Steuerfluids auf der Mittelachse strömt dieses stromabwärts bezüglich der Transportrichtung von dem Interaktionsbereich entsprechend von der Mittelachse nach außen und
- 10 bildet einen nach außen gerichteten Strömungskegel. Dies führt dazu, dass größere Partikel (Grobpartikel) weiter nach außen bezüglich der Mittelachse getragen werden als kleinere Partikel (Kleinpartikel). Entsprechend befinden sich entlang der Transportrichtung im Zentrum um die Mittelachse kleinere Partikel und in einem größeren Abstand von der Mittelachse entsprechend
- 15 größere Partikel.

Durch die Steuerung des Drucks und/oder der Geschwindigkeit bzw. dem Massendurchsatz des Steuerfluids kann die Segmentierung der entsprechenden Größen der Partikel eingestellt werden. Die Trennung

20 zwischen den Grobpartikeln und den kleinen Partikeln wird insbesondere aufgrund verschiedener physikalischer Gegebenheiten bezüglich der verschiedenen Größen der Partikeln, wie insbesondere der Massenträgheit bzw. Schwerkraft, dem Strömungswiderstand sowie der Impulserhaltung, erzielt.

25

- Stromabwärts außerhalb des Interaktionsbereich kann beispielsweise ein offener Hohlzylinder als Separationsrohr mit einer Mittelachse, welche koaxial zu der Mittelachse ist, installiert werden. Die kleineren Feinpartikel strömen in das Innere des Hohlzylinders und die Grobpartikel strömen außerhalb des
- 30 Hohlzylinders vorbei. An dem stromabwärtigen Ende des Separationsrohrs kann entsprechend ein Behälter zum Sammeln der Kleinpartikel angeordnet

werden, während in einem weiteren Behälter die das Separationsrohr umgebende Grobpartikel gesammelt werden.

Ferner kann das Fluidleitelement wie unten beschrieben mit einer Zirkulation, d. h. mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung in den Interaktionsbereich einströmen. Somit kann zusätzlich der Zentrifugaleffekt zu Nutzen gemacht werden, sodass die schwereren und größeren Grobpartikel weiter nach außen getragen werden als die kleineren Feinpartikel.

- Das Fluidleitelement kann beispielsweise mittels einer Schweißverbindung an dem Düsenelement oder den Grundkörper befestigt werden. Ferner kann das Fluidleitelement integral mit dem Grundkörper oder dem Düsenelement ausgebildet werden. Das Fluidleitelement erstreckt sich senkrecht zur Transportrichtung bzw. zur Mittellinie, wobei es eine geringe Dicke aufweist.
- Das Fluidleitelement ist entsprechend scheibenförmig ausgebildet. Das Fluidleitelement kann beispielsweise additiv gefertigt werden.

- Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist das Fluidleitelement mittels Verbindungsstegen an dem Düsenelement befestigt. Zwischen den Verbindungsstegen bildet sich ein entsprechender Spalt aus, durch welchen das Steuerfluid in den Interaktionsbereich einströmen kann.

- Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist das Fluidleitelement wie oben beschrieben scheibenförmig ausgebildet, wobei der Mittelpunkt des scheibenförmigen Fluidleitelements auf der Mittelachse des Düsenelements liegt. Eine Ausdehnung des Fluidleitelements senkrecht zur Mittelachse größer ist als die Ausdehnung entlang der Mittelachse. Insbesondere bildet das Fluidleitelement einen rotationssymmetrischen Körper mit der Mittelachse des Grundkörpers und/oder des Düsenelements.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das Fluidleitelement Fluidleitstege auf zum Leiten des Steuerfluids in Richtung Steuerkanal. Die Fluidleitstege bilden Erhebungen entlang der Oberfläche des Fluidleitelement auf. Dabei können die Fluidstege parallel entlang der

- 5 Transportrichtung verlaufen. Ferner können die Fluidleitstege eine Richtungskomponente entlang der Umfangsrichtung aufweisen, sodass ein Spin bzw. eine Rotation des Steuerfluids um die Mittellinie erzeugt wird.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist die

- 10 Düsenvorrichtung ein Düsengehäuse mit einer Auslassöffnung auf, wobei der Grundkörper und das Düsenelement in dem Düsengehäuse derart angeordnet sind, dass ein Ende des weiteren Transportkanals, der erste Düsenauslass und der zweite Düsenauslass in der Auslassöffnung vorliegen und der Interaktionsbereich außerhalb des Düsengehäuses vorliegt. Durch die
- 15 Auslassöffnung wird mit anderen Worten das ionisierbare Gas sowie das Grundmaterial entlang der Transportrichtung hindurchgeführt sodass der Interaktionsbereich und entsprechend der Scheitelpunkt außerhalb des Gehäuses vorliegt.

- 20 Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das Düsengehäuse einen Kopplungsanschluss für die Elektrodenvorrichtung auf, wobei der Kopplungsanschluss einen Zugang zu dem ersten Plasmakanal und/oder dem zweiten Plasmakanal bereitstellt. Beispielsweise kann die Elektrodenvorrichtung an dem Kopplungsanschluss mittels einer
- 25 Schraubenverbindung oder einer Klemmverbindung befestigt werden. Ferner stellt der Kopplungsanschluss eine Öffnung im Gehäuse bereit, sodass ein direkter Zugang zu dem entsprechenden ersten oder zweiten Plasmakanal möglich ist.

- 30 Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das Düsengehäuse einen Plasmagaseingang zur Kopplung an ein erstes

Gasreservoir auf, wobei der Plasmagaseingang mit zumindest dem ersten Plasmakanal gekoppelt ist.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das

- 5 Düsengehäuse einen weiteren Plasmagaseingang zur Kopplung an ein zweites Gasreservoir auf, wobei der weitere Plasmagaseingang mit dem zweiten Plasmakanal gekoppelt ist.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das

- 10 Düsengehäuse einen weiteren Eingang zur Kopplung an ein weiteres Fluidreservoir auf, wobei der weitere Eingang ein Einströmen des Steuerfluids ermöglicht, sodass dieses entlang der Transportrichtung in Richtung Fluidleitelement strömt.

- 15 Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein System bereitgestellt zum chemischen und/oder physikalischen Behandeln eines Grundmaterials, z. B. zum Erzeugen von chemischen und/oder physikalischen Vorgängen an dem Grundmaterial, wie z. B. zum Erzeugen oder Recyceln eines Pulvers aus einer Substanz bzw. eines Grundmaterials. Das System
- 20 weist die oben beschriebene Düsenvorrichtung und ein Gehäuse zur Aufnahme der Düsenvorrichtung auf. Die Düsenvorrichtung ist an das Gehäuse derart gekoppelt, dass der Interaktionsbereich in dem Gehäuse vorliegt.

Mit dem System kann beispielsweise das Grundmaterial mit dem ionisierten

- 25 Plasmagas in dem Interaktionsbereich zusammengebracht werden, sodass dort chemische Reaktionen oder physikalische Wechselwirkungen unter hoher Temperatur und Druck erzeugt werden. Ferner können die ionisierten Plasmagase das Grundmaterial, wie beispielsweise einem festen Körper, z. B. Draht, abtragen, um feinstaubiges Pulver aus Grundmaterial zu generieren.

Das Gehäuse weist ein inneres Volumen auf, in welchem der Vorgangs- bzw. Interaktionsbereich vorliegt. Der Interaktionsbereich ist somit geschützt vor äußeren Einflüssen. Ferner kann das Gehäuse mit Inertgas gefüllt sein, um eine Verschmutzung der Reaktionskomponenten im Reaktionsraum zu

5 beeinflussen. Im Falle des Einsatzes als Pulvererzeugungssystem kann das Gehäuse ebenfalls als Auffangbecken und/oder als Separator für das erzeugte Pulver dienen.

Das Gehäuse kann beispielsweise rotationssymmetrisch ausgebildet sein. Eine Mittelachse des Gehäuses kann dabei parallel zu der Transportrichtung ausgebildet sein. Beispielsweise weist das Gehäuse eine hohlzylindrische Form mit einer runden, ovalen oder vieleckigen Grundfläche auf. Die Normale einer Grundfläche ist beispielsweise parallel zu der Transportrichtung ausgebildet.

10 Insbesondere ist das Gehäuse derart ausgebildet, dass die Mittellinie des Gehäuses koaxial mit der Mittellinie des Düsenelements bzw. des Grundkörpers ist.

Das Gehäuse kann beispielsweise einen Flansch aufweisen, an welchen die Düsenvorrichtung befestigt werden kann. Dabei kann beispielsweise das Düsengehäuse oder das Fluidleitelement als Befestigungselement mit dem Gehäuse dienen. Alternativ kann das Gehäuse und die Düsenvorrichtung integral und einstückig, beispielsweise mittels additiver Fertigung, hergestellt werden.

25 Das Gehäuse dient als Strömungskörper und beinhaltet eine Strömungskammer. An einem der Transportrichtung entgegengesetzten Ende wird das Düsenelement befestigt, welches entsprechend die Öffnungen des weiteren Transportkanals und der Düsenauslässe beinhaltet. Die Düsenvorrichtung bildet somit einen Düsenboden des Strömungskörpers. Der
30 Düsenboden kann ein, zwei, oder mehrere Düsenvorrichtungen aufweisen.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das Gehäuse einen Fluidkanal auf, welcher sich von der Düsenvorrichtung fort entlang der Transportrichtung erstreckt. Der Fluidkanal kann beispielsweise als hohlzylindrisches Rohr im Inneren des Gehäuses gebildet werden. In dem Fluidkanal wird der Vorgangs- bzw. Interaktionsbereich ausgebildet. Der Fluidkanal kann beispielsweise mit einem Kühlmedium wie Kühlluft umgeben werden, um diesen zu kühlen. Der Fluidkanal kann beispielsweise als Kühlkanal genutzt werden.

- 10 Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist der Kühlkanal eine Mantelfläche (des hohlzylindrischen Rohres) mit Kühlöffnungen auf, welche derart ausgebildet sind, dass ein Kühlmedium von der Umgebung der Mantelfläche in den Kühlraum bzw. Kühlkanal einströmbar ist. Die Kühlöffnungen können beispielsweise mittels Bohrungen gebildet werden. Die
- 15 Kühlöffnungen bilden ferner jeweils beabstandete Schlitze, welche in Umfangsrichtung beabstandet voneinander in der Mantelfläche ausgebildet sind.

- Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist zumindest eine der
- 20 Kühlöffnungen derart ausgebildet, dass das Kühlmedium mit einer Komponente in Richtung der Transportrichtung einströmbar ist. Mit anderen Worten strömt das Kühlmedium nicht rein radial Richtung Mittellinie sondern auch mit einer axialen Komponente in Richtung der Transportrichtung. Somit wird nach dem Interaktionsbereich das Reaktionsprodukt (beispielsweise das
- 25 feinkörnige Pulver) mittels des Kühlmediums entlang der Transportrichtung abtransportiert.

- Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist zumindest eine der Kühlöffnungen derart ausgebildet, dass das Kühlmedium mit einer
- 30 Komponente in Umfangsrichtung einströmbar ist. Mit anderen Worten strömt das Kühlmedium nicht rein radial Richtung Mittellinie sondern auch mit einer

Umfangskomponente um die Transportrichtung. Somit wird nach dem Interaktionsbereich das Reaktionsprodukt (beispielsweise das feinkörnige Pulver) mittels des Kühlmediums in Rotation um die Mittelachse bzw. der Transportrichtung gelenkt. Durch diese umwälzende Strömung wirkt

- 5 beispielsweise eine Zentrifugalkraft auf die Partikel in dem Reaktionsprodukt, wodurch größere Partikel mit einer höheren Masse sich schneller radial nach außen absetzen als kleinere Partikel mit einer kleineren Masse. Somit kann beispielsweise eine Trennung zwischen groben und feineren Partikeln des Reaktionsprodukts durchgeführt werden. Der Kühlkanal mit der komplexen
10 Kühlkanalgeometrie kann insbesondere mittels additiven Fertigungsverfahren hergestellt werden.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist der Kühlkanal einen Befestigungsbereich mit dem Düsenelement auf, wobei in dem

- 15 Befestigungsbereich der Interaktionsbereich vorliegt. Der Kühlkanal weist in dem Befestigungsbereich entlang der Transportrichtung einen anwachsenden Innendurchmesser auf. Mit anderen Worten weist der Kühlkanal von der Schnittstelle mit der Düsenvorrichtung in Transportrichtung eine Trichterform auf. Am Ende des Befestigungsbereichs geht der Kühlkanal beispielsweise in
20 eine hohlzylindrische Form über. Aufgrund der Trichterform wird das Reaktionsprodukt, welches von dem Kühlmedium entlang der Transportrichtung befördert wird, entspannt, sodass gewünschte fluidmechanische Aspekte erzielt werden.

- 25 Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist der Kühlkanal beabstandet zu einer Außenwand des Gehäuses derart angeordnet, dass ein Versorgungskanal für das Kühlmedium bereitstellbar ist. Mit anderen Worten wird in einem Zwischenbereich zwischen dem Gehäuse und dem Kühlkanal der Versorgungskanal gebildet. Das Kühlmedium kühlt somit vor Eintritt in den
30 Kühlkanal die Mantelfläche des Kühlkanals.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist in dem Versorgungskanal ein Strömungsgleichrichter angeordnet, welcher eingerichtet ist, ein Kühlmedium laminar in den Versorgungskanal einzuströmen. Der Strömungsgleichrichter weist beispielsweise eine Vielzahl von denen

5 Strömungskanälen auf, welche eine Erstreckungsrichtung parallel zu der Transportrichtung bzw. Mittelachse aufweisen. Der Strömungsgleichrichter besteht beispielsweise aus einem Hohlzylinder, wobei in einer inneren Öffnung der Kühlkanal hindurchgeführt wird. In seiner Mantelfläche weist der Hohlzylinder die Vielzahl von Strömungskanälen auf. Das Kühlmediums strömt

10 somit durch die Strömungskanäle wird somit laminar parallel zu der Mittelachse ausgerichtet. Entsprechend können Turbulenzen des Kühlmediums in der Umgebung um den inneren Kühlkanal reduziert werden. Insbesondere weisen die Strömungskanäle eine mindestens 10fache längere Kanallänge auf als deren Durchmesser. Dadurch wird sichergestellt, dass das Kühlmedium

15 laminar gerichtet wird.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das Gehäuse und/oder das Düsenelement ein Umlenkelement für das Kühlmedium auf, wobei das Umlenkelement in dem Versorgungskanal ausgebildet ist bzw. in

20 diesen hineinragt. Das Umlenkelement ist derart ausgebildet, dass das Kühlmedium im Versorgungskanal von einer Strömungsrichtung mit einer Komponente entgegen der Transportrichtung in eine Strömungsrichtung mit einer Komponente entlang der Transportrichtung umlenkbar ist.

25 Das Umlenkelement ist beispielsweise ein flächiges, scheibenartiges Element, wobei die in Transportrichtung gerichtete Oberfläche gekrümmt bzw. gebogen ausgebildet ist, um somit eine Umlenkung des Kühlmediums, welches entgegen der Transportrichtung strömt um ca. 100° bis 180° umzulenken. Nach der Umlenkung weist das Kühlmedium eine Strömungsrichtung in

30 Transportrichtung, insbesondere mit einer radialen Richtungskomponente, auf.

Nach der Umlenkung des Kühlmediums kann dieses beispielsweise durch die Öffnungen in den Kühlkanal einströmen.

Das Umlenkelement kann beispielsweise an einem Ende des Gehäuses
5 befestigt werden, an welchem Ende die Düsenvorrichtung befestigt ist.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das Umlenkelement zumindest einen Kühlmediumleitsteg (d. h. Fluidleitsteg) auf, welcher entlang einer Radialrichtung verläuft. Somit wird das Kühlmedium in
10 Radialrichtung geführt und umgeleitet. Der Kühlmediumleitsteg erstreckt sich insbesondere von dem scheibenförmigen Umlenkelement in Transportrichtung hervor, um somit entsprechende Führungskanäle zu bilden. Ferner kann der Kühlmediumleitsteg insbesondere eine Richtungskomponente in Umfangsrichtung aufweisen.

15 Dabei können die Fluidleitstege zunächst radial und im weiteren Verlauf parallel zur Transportrichtung verlaufen. Ferner können die Fluidleitstege eine Richtungskomponente entlang der Umfangsrichtung aufweisen, sodass ein Spin bzw. eine Rotation des Kühlmediums um die Mittellinie erzeugt wird.
20 Ferner kann die Oberfläche des Fluidleitelements der Düsenvorrichtung, welche Oberfläche in Transportrichtung gerichtet ist und mit den Kühlkanal bildet, als Umlenkelement fungieren.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das System ein
25 Separationsrohr auf, welches entlang der Mittelachse innerhalb des Kühlkanals angeordnet ist. Das Separationsrohr weist einen inneren Kanal auf, durch welchen erste Partikel entlang der Transportrichtung abführbar sind. Zwischen der Mantelfläche und dem Separationsrohr ist ein äußerer Kanal ausgebildet, durch welchen zweite Partikel entlang der Transportrichtung abführbar sind.

30

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist das Separationsrohr einen Ringkanal für ein Transportfluid auf, welcher sich entlang der Transportrichtung erstreckt. Der Ringkanal weist zumindest eine innere Öffnung auf, durch welche das Transportfluid in Strömungsrichtung in den inneren Kanal einströmbar ist. Die innere Öffnung ist insbesondere derart ausgebildet, dass das Transportfluid mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung einströmbar ist.

Somit wird insbesondere eine Sogwirkung in das Innere des Separationsrohres erzeugt, sodass Partikel nach dem Interaktionsbereich in das Separationsrohr eingesaugt werden können. Die inneren Öffnungen können dabei beispielsweise eine Krümmung in Umfangsrichtung aufweisen oder insbesondere das Transportfluid in Tangentialrichtung im Inneren des Separationsrohres einströmen.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist der Ringkanal einen Anschluss zum Einströmen des Transportfluids entgegen der Transportrichtung auf. Somit kann beispielsweise an einem Ende des Gehäuses gegenüberliegend zu der Düsenvorrichtung ein Transportfluid in den Ringkanal eingebracht werden. Mit anderen Worten bildet der Ringkanal entgegen der Transportrichtung ein axiales Ende derart aus, dass das Transportfluid entgegen der Transportrichtung den Kühlkanal einströmbar ist.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist der Ringkanal zumindest eine äußere Öffnung auf, durch welche das Transportfluid in Strömungsrichtung in den äußeren Kanal einströmbar ist, wobei die äußere Öffnung insbesondere derart ausgebildet ist, dass das Transportfluid mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung einströmbar ist.

Das Separationsrohr ragt somit entgegen der Transportrichtung in den Kühlkanal. Der Separationsrohr bzw. das Tauchrohr kann als Doppelmantel-

Hohlkörper, beispielsweise zylindrischer Form (Doppelmantelrohr), ausgeführt sein, um den Ringkanal zu bilden. Im Raum zwischen den Mantelflächen vom Separationsrohr strömt das Transportfluid beispielweise entgegen der Transportrichtung ein. In den Mantelflächen kann zumindest ein

5 Umlenkelement, welches aufgrund seiner winkeligen oder gekrümmten Fläche das Transportfluid umlenkt, mit zumindest einer Komponente Richtung radial nach innen oder radial nach außen verlaufender Öffnung (Steueröffnung bzw. Steuerschlitz) ausgeführt sein. Mit anderen Worten strömt das Transportfluid nicht rein in Transportrichtung durch die Mantelfläche des Separationsrohrs in

10 den Kühlkanal oder in den inneren Kanal des Separationsrohrs ein. Zusätzlich kann das Tauchrohr am entgegen der Transportrichtung liegenden Ende Trichterförmig zulaufend sein und/oder Steuerschlitze entgegen der Transportrichtung aufweisen. Verbindungselemente im Hohlkörper bzw. des Ringkanals, welche das Umlenkelement mit dem Hohlkörper verbinden,

15 können als Separatormediumleitstege ausgebildet sein. Separatormediumleitstege können radial parallel zur Transportrichtung gerichtet sein. Alternativ können diese eine Richtungskomponente entlang der Umfangsrichtung aufweisen, sodass ein Spin bzw. eine Rotation des Separatorsteuerfluid um die Mittellinie eingeleitet werden kann. Über

20 geometrische Verhältnisse wie beispielsweise, Separationsrohrposition, Separationsrohrlänge, Separationsrohrdurchmesser, Steuerschlitzgröße, Steuerschlitzwinkel, Steuerschlitzanzahl, und/oder der Parameterwahl von Separatorsteuerfluid wie beispielsweise Druck, Massendurchsatz, kann ein Separationseffekt des Reaktionsmaterials gesteuert werden. Mit anderen

25 Worten kann bei einer beispielsweise Anwendung zur Pulverherstellung das Pulver in zwei oder mehreren Fraktionen (Partikelgrößen) separiert werden. Das Separationsrohr wird beispielsweise aus einzelnen Elementen durch Verbinden mit beispielsweise Schrauben gefertigt, oder integral, in einem Stück, durch ein Gussverfahren oder insbesondere durch eine additive

30 Fertigung hergestellt.

Durch eine Haltevorrichtung, welche beispielsweise aus Stegen oder einem Flansch besteht, wird das Separationsrohr mit dem Gehäuse gekoppelt. Das Gehäuse und das Separationsrohr können integral in einem Stück wie beispielsweise durch ein Gussverfahren oder insbesondere durch eine additive
5 Fertigung hergestellt werden.

Bei integraler additiver Fertigung von Gehäuse und/oder Düsenvorrichtung und/oder Tauchrohr werden Leitstege als Stützstruktur genutzt.

10 Es wird darauf hingewiesen, dass die hier beschriebenen Ausführungsformen lediglich eine beschränkte Auswahl an möglichen Ausführungsvarianten der Erfindung darstellen. So ist es möglich, die Merkmale einzelner Ausführungsformen in geeigneter Weise miteinander zu kombinieren, so dass für den Fachmann mit den hier expliziten Ausführungsvarianten eine Vielzahl
15 von verschiedenen Ausführungsformen als offensichtlich offenbart anzusehen sind. Insbesondere sind einige Ausführungsformen der Erfindung mit Vorrichtungsansprüchen und andere Ausführungsformen der Erfindung mit Verfahrensansprüchen beschrieben. Dem Fachmann wird jedoch bei der Lektüre dieser Anmeldung sofort klar werden, dass, sofern nicht explizit
20 anders angegeben, zusätzlich zu einer Kombination von Merkmalen, die zu einem Typ von Erfindungsgegenstand gehören, auch eine beliebige Kombination von Merkmalen möglich ist, die zu unterschiedlichen Typen von Erfindungsgegenständen gehören.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im Folgenden werden zur weiteren Erläuterung und zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die
5 beigefügten Zeichnungen näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Systems zum Erzeugen eines Pulvers aus einem Grundmaterial gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei insbesondere der Ausschnitt im Übergang
10 zwischen der Düsenvorrichtung und dem Gehäuse dargestellt ist.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Systems aus Fig. 1.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung mit einem
15 Düsengehäuse gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 und Fig. 5 zeigen eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
20

Fig. 6 und Fig. 7 zeigen Draufsichten auf eine Düsenvorrichtung gemäß einer beispielhaften Ausführung von der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung mit
25 Strömungswegen von zwei ionisierbaren Gasen und einem Grundmaterial gemäß einer beispielhaften Ausführung von der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung mit Strömungsrichtung von vier ionisierbaren Gasen und einem Grundmaterial
30 gemäß einer beispielhaften Ausführung von der vorliegenden Erfindung.

Fig. 10 zeigt eine schematische Darstellung eines Kühlmediumsleitstegs eines Umlenkelements gemäß einer beispielhaften Ausführung von der vorliegenden Erfindung.

- 5 Fig. 11 zeigt eine schematische Darstellung eines Separationsrohres in einem Kühlkanal gemäß einer beispielhaften Ausführung von der vorliegenden Erfindung.

- Fig. 12 zeigt eine schematische Schnittdarstellung des Separationsrohres aus
10 Fig. 11.

Detaillierte Beschreibung von exemplarischen Ausführungsformen

- 15 Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen. Die Darstellungen in den Figuren sind schematisch.

- Fig. 1** und **Fig. 2** zeigen ein System zum Erzeugen eines Pulvers aus einem Grundmaterial 101 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der
20 vorliegenden Erfindung, wobei in Fig. 1 insbesondere der Ausschnitt im Übergang zwischen der Düsenvorrichtung 100 und dem Gehäuse 130 dargestellt ist. Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Systems aus Fig. 1.

25

Das System weist die Düsenvorrichtung 100 und das Gehäuse 130 zur Aufnahme der Düsenvorrichtung 100 auf. Die Düsenvorrichtung 100 ist an das Gehäuse 130 derart gekoppelt, dass ein Interaktionsbereich 103 in dem Gehäuse 130 vorliegt.

30

- Die Düsenvorrichtung 100 dient zum Zusammenführen eines ionisierbaren Gases 102, 105 und eines Grundmaterials 101 in dem Interaktionsbereich 103. Die Düsenvorrichtung 100 weist zunächst einen Grundkörper 110 auf, welcher einen Transportkanal 111 aufweist zum Führen des Grundmaterials
- 5 101 entlang einer Transportrichtung 106 zu einem Endbereich 114 des Grundkörpers 110. Der Grundkörper 110 weist ferner einen ersten Plasmakanal 112 zum Führen des ersten ionisierbaren Gases 102 entlang der Transportrichtung 106 und einen zweiten Plasmakanal 113 (welcher von dem ersten Plasmakanal 112 beabstandet ist) zum Führen des zweiten
- 10 ionisierbaren Gases 105 entlang der Transportrichtung 106. In dem Endbereich 114 des Grundkörpers weist der erste Plasmakanal 112 einen ersten Gasauslass und der zweite Plasmakanal 113 einen zweiten Gasauslass auf.
- 15 Der Grundkörper 110 weist ferner einen Koppelbereich 115 bzw. einen Elektronenmantel 307 für eine Elektrodevorrichtung 150 derart auf, dass das erste ionisierbare Gas 102 in dem ersten Plasmakanal 112 und das zweite ionisierbare Gas 105 in dem zweiten Plasmakanal 105 ionisierbar sind.
- 20 Ferner weist die Düsenvorrichtung 100 ein Düsenelement 120 auf, welches an dem Endbereich 114 des Grundkörpers 110 mit diesem gekoppelt ist. Das Düsenelement 120 weist einen weiteren Transportkanal 121 auf, welcher mit dem Transportkanal 111 derart gekoppelt ist, dass das Grundmaterial 101 von dem Grundkörper 110 in den Interaktionsbereich 103 außerhalb des
- 25 Düsenelements 120 entlang der Transportrichtung 106 überführbar ist. Ferner weist das Düsenelement 120 einen ersten Düsenauslass 122, welcher mit dem ersten Plasmakanal 112 gekoppelt ist und einen zweiten Düsenauslass 123 auf, welcher mit dem zweiten Plasmakanal 113 gekoppelt ist.
- 30 Der erste Düsenauslass 122 zum Führen des ersten ionisierbaren Gases 102 und der zweite Düsenauslass 123 zum Führen des zweiten ionisierbaren Gases

105 sind derart ausgebildet, dass das erste ionisierbare Gas 102 und das zweite ionisierbare Gas 105 in den Interaktionsbereich 103 zur Reaktion mit dem Grundmaterial 101 einströmbar sind.

- 5 Das Grundmaterial 101 ist beispielsweise ein Feststoff, wie beispielsweise ein Draht, beispielsweise ein Kupferdraht, Aluminiumdraht, Nickeldraht, Titandraht oder ein Wolframdraht. Als ionisierbares Gas 102, 105, welches in einem geladenen Zustand als Plasmagas auf das Grundmaterial 101 im Interaktionsbereich 103 trifft, kann beispielsweise ein Inertgas bzw. Argon
10 (Ar) verwendet werden.

- Der Grundkörper 110 weist eine zylindrische Stiftform auf. Der Grundkörper 110 ist insbesondere integral und einstückig ausgebildet und weist den Transportkanal 111, den ersten Plasmakanal 112 und den zweiten
15 Plasmakanal 113 auf. Mit anderen Worten verlaufen mehrere Plasmakanäle 112, 113 und der zumindest eine Transportkanal 111 in einem integralen einstückigen Grundkörper. In den Plasmakanälen 112, 113 kann ein und dasselbe ionisierbare Gas oder eine Vielzahl unterschiedlicher ionisierbarer Gase durchgeführt werden können.

- 20 Die Transportrichtung 106 definiert insbesondere den Vortrieb bzw. die Strömungsrichtung des Grundmaterials 101 durch den Grundkörper 110 und durch das Düsenelement 120 in den Interaktionsbereich 103.

- 25 Insbesondere weist der Grundkörper 110 den Koppelbereich 115 für die Elektrodevorrichtung 150 auf. Die Elektrodevorrichtung 150 kann dabei derart an dem Grundkörper 110 direkt oder indirekt, z.B. an ein Düsengehäuse 140, befestigt werden und einen Energieeintrag in den entsprechenden ersten und/oder zweiten Plasmakanal 112, 113 bereitstellen.

Das Düsenelement 120 besteht aus einem Vollmaterial mit einer hohen Temperaturbeständigkeit. Das Düsenelement 120 ist an dem Endbereich 114 des Grundkörpers 110 befestigt. Der Transportkanal 111 ist mit dem weiteren Transportkanal 121, der erste Düsenauslass 122 ist mit dem ersten

5 Plasmakanal 112 und der zweite Düsenauslass 123 mit dem zweiten Plasmakanal 113 gekoppelt sind. Der erste und/oder der zweite Düsenauslass 122, 123 weisen verjüngende Kanäle auf und entsprechend an dem Austritt in Richtung Interaktionsbereich 103 den kleinsten Querschnitt aufweisen. Die Düsenauslässe 122, 123 sind derart ausgebildet, dass das entsprechend

10 ionisierte Gas 102, 103 in den Interaktionsbereich 103 eingeströmt wird. Der weitere Transportkanal 121 ist entsprechend ausgebildet, dass das Grundmaterial 101 hindurchgeführt wird und in den Interaktionsbereich 103 hineinragt. Der erste Düsenauslass 122 und der zweite Düsenauslass 123 sind dabei insbesondere derart ausgebildet, dass das erste ionisierbare Gas 102

15 und das zweite ionisierbare Gas 105 sich in einem Scheitelpunkt im Interaktionsbereich 103 treffen. Der weitere Transportkanal 121 ist ausgebildet, dass das Grundmaterial 101 ebenfalls durch den Scheitelpunkt verläuft.

20 Der Interaktionsbereich 103 liegt in Transportrichtung 106 außerhalb des Düsenelements 120. In dem Interaktionsbereich findet die Reaktion zwischen dem Grundmaterial und dem ionisierbaren bzw. ionisierten Gas statt.

Aufgrund der hohen Temperaturen in dem Scheitelpunkt aufgrund des

25 ionisierten Gases 102, 105 kann insbesondere eine Reaktion zwischen dem ionisierten Gas 102, 105 und dem Grundmaterial 101 erzeugt werden. Erzeugten. Das Grundmaterial 101 kann aufgrund der hohen Temperatur des ionisierten Gases 102, 105 automatisiert und in kleine, insbesondere kugelförmige Tropfen, aufgeschmolzen werden. Die Tropfen weisen

30 insbesondere eine Partikelgröße von weniger als 500 μm , insbesondere von weniger als 200 μm auf. In einem nachfolgenden Abkühlprozess im Kühlkanal

131 können die geschmolzenen Tröpfchen zu kleinen Partikeln verfestigt werden, sodass ein äußerst feinkörniges Pulver, welches beispielsweise für die additive Fertigung notwendig ist, bereitgestellt werden.

- 5 Das Gehäuse 130 weist ein inneres Volumen auf, in welchem der Interaktionsbereich 103 vorliegt. Der Interaktionsbereich 103 ist somit geschützt vor äußeren Einflüssen.

- 10 Das Gehäuse 130 ist rotationssymmetrisch ausgebildet. Eine Mittelachse 104 des Gehäuses 130 ist dabei parallel zu der Transportrichtung 106 ausgebildet. Das Gehäuse 130 weist eine hohlzylindrische Form auf. Die Mittellinie 104 des Gehäuses 130 ist koaxial mit der Mittellinie 104 des Düsenelements 120 bzw. des Grundkörpers 110.

- 15 Das Gehäuse 130 weist einen Flansch auf, an welchen die Düsenvorrichtung 100 befestigt ist.

- 20 Der Transportkanal 111 ist als Bohrung im Inneren des Grundkörpers 110 ausgebildet. Der Grundkörper ist rotationssymmetrisch ausgebildet, wobei eine Mittelachse 104 des Grundkörpers 110 parallel zu der Transportrichtung 106 ausgebildet ist. Der Transportkanal 111 verläuft entlang der Mittelachse (Rotationsachse) 104 des Grundkörpers 110. Somit liegt der Transportkanal 111 im Zentrum des Grundkörpers 110 und erstreckt sich insbesondere translatorisch.

- 25 Der erste Düsenauslass 122 und der zweite Düsenauslass 123 sind derart ausgebildet, dass das entsprechende ionisierte Gas eine Strömungsrichtung mit einer zu der Mittelachse 104 radialen (Richtungs-) Komponente aufweist.

- 30 Als axiale Richtung wird die Richtung parallel der Transportrichtung 106 definiert. Die radiale Richtung 107 entspricht einer Richtung, welche

orthogonal zu der axialen Richtung ausgebildet ist und durch die Mittellinie 104 bzw. Rotationsachse des Grundkörpers 110 verläuft. Die Umlaufrichtung 108 ist orthogonal zu der axialen Richtung und der Radialrichtung 107.

- 5 Das ionisierte Gas (d. h. das Plasmagas) wird mit einem bestimmten Winkel α (siehe Fig. 8) relativ zu der Transportrichtung 106 in den Interaktionsbereich 103 eingeströmt. Der Winkel α ist zwischen der Strömungsrichtung aus den entsprechenden Düsenauslässen 122, 123 einerseits und der axialen Richtung
- 10 Gases 102, 105 durch die entsprechenden Düsenauslässe 122, 123 strömt das ionisierte Gas 102, 105 in Richtung eines Scheitelpunkts 800 (siehe Fig. 8) auf der Mittelachse 104 im Interaktionsbereich 103, um mit dem Grundmaterial 101 zu reagieren.
- 15 Der erste Düsenauslass 122 oder der zweite Düsenauslass 123 können ferner derart ausgebildet sein, dass das entsprechende ionisierte Gas 102, 105 eine Strömungsrichtung mit einer zu der Mittelachse 104 umlaufenden (Richtungs-) Komponente, d. h. in Umfangsrichtung 108, aufweist. Somit erhält das ausströmende ionisierte Gas 102, 105 eine rotierende Richtung in
- 20 Umfangsrichtung 108 um die Mittelachse 104.

Der erste Plasmakanal 112 und der zweite Plasmakanal 113 sind jeweils beabstandet von der Mittelachse 104 des Grundkörpers 110 ausgebildet.

- 25 Die Düsenvorrichtung 100 weist ferner ein, insbesondere scheibenförmiges, Fluidleitelement 124 auf, welches mit dem Düsenelement 120 gekoppelt ist. Zwischen dem Fluidleitelement 124 und dem Düsenelement 120 ist ein ringförmiger Steuerkanal 127 ausgebildet, welcher um das Düsenelement 120 verläuft. Der Steuerkanal 127 ist derart ausgebildet, dass Steuerfluid 125,
- 30 z. B. kühlendes Inertgas oder Kühlluft, in oder um den Interaktionsbereich 103 strömbar ist.

Der Steuerkanal 124 ist insbesondere derart ausgebildet, dass das Steuerfluid 125 das in den Interaktionsbereich 103 einströmende ionisierte Gas 102, 105 und das Grundmaterial 101 umhüllt. Der Fluiddruck des Steuerfluids 125 ist einstellbar, z. B. mittels einer entsprechenden Pumpenvorrichtung. Die Höhe
5 des Drucks und/oder der Geschwindigkeit der Steuerfluids 125 steuert die örtliche Ausbildung des Interaktionsbereichs 103 bzw. des Scheitelpunkts 800 entlang der Transportrichtung 106. Je höher die Fluidgeschwindigkeit des Steuerfluids 125 bzw. je höher der Fluiddruck des Steuerfluids 125, desto weiter entfernt wird der Interaktionsbereich 103, in welchen sich der
10 Scheitelpunkt 800 des ionisierten Gases mit dem Grundmaterial 101 vorliegt, ausgebildet.

Das Fluidleitelement 124 kann das Steuerfluid 125 mit einer radialen Richtungskomponente in den Interaktionsbereich 103 einströmen. Somit kann
15 das Steuerfluid 125 umfänglich mit einer radialen Strömung in den Interaktionsbereich 103 eingeströmt werden. Nach einem Kreuzungspunkt des Steuerfluids 125 auf der Mittelachse 104 strömt dieses stromabwärts bezüglich der Transportrichtung 106 von dem Interaktionsbereich 103 entsprechend von der Mittelachse 104 nach außen und bildet einen nach außen gerichteten
20 Strömungskegel. Dies führt dazu, dass größere Partikel (Grobpartikel 143) weiter nach außen bezüglich der Mittelachse 104 getragen werden als kleinere Partikel (Feinpartikel 142). Entsprechend befinden sich entlang der Transportrichtung 106 im Zentrum um die Mittelachse 104 kleinere Partikel 142 und in einem größeren Abstand von der Mittelachse 104 entsprechend
25 größere Partikel 143.

Das Fluidleitelement 124 erstreckt sich senkrecht zur Transportrichtung 106 bzw. zur Mittellinie 104, wobei es eine geringe Dicke aufweist. Das Fluidleitelement 124 ist entsprechend scheibenförmig ausgebildet.

Das Gehäuse 130 weist einen Kühlkanal 131 auf, welcher sich von der Düsenvorrichtung 100 fort entlang der Transportrichtung 106 erstreckt. Der Kühlkanal 131 ist beispielsweise als hohlzylindrisches Rohr im Inneren des Gehäuses 130 gebildet. In dem Kühlkanal 131 wird der Interaktionsbereich 103 ausgebildet. Der Kühlkanal 131 ist mit einer Kühlluft bzw. Kühlmedium 134 umgeben.

Der Kühlkanal 131 weist eine Mantelfläche 132 (des hohlzylindrischen Rohres) mit Kühlöffnungen 133 auf, welche derart ausgebildet sind, dass das Kühlmedium 134 von der Umgebung der Mantelfläche 132 in den Kühlraum einströmbar ist. Die Kühlöffnungen 133 sind beabstandete Schlitze bzw. Öffnungen, welche in Umfangsrichtung 108 und in Axialrichtung 106 beabstandet voneinander in der Mantelfläche 132 ausgebildet sind.

Die Kühlöffnungen 133 sind derart ausgebildet, dass das Kühlmedium 134 mit einer Komponente in Richtung der Transportrichtung 106 einströmbar ist. Somit wird nach dem Interaktionsbereich 103 das Reaktionsprodukt (beispielsweise das feinkörnige Pulver) mittels des Kühlmediums 134 entlang der Transportrichtung 106 abtransportiert.

Die Kühlöffnungen 133 sind derart ausgebildet, dass das Kühlmedium 134 mit einer Komponente in Umfangsrichtung 108 einströmbar ist. Mit anderen Worten strömt das Kühlmedium 134 nicht rein radial Richtung Mittellinie 104 sondern auch mit einer Umfangskomponente 108. Somit wird nach dem Interaktionsbereich 103 das Reaktionsprodukt (beispielsweise das feinkörnige Pulver) mittels des Kühlmediums 133 in Rotation um die Mittelachse 104 gelenkt (siehe spiralförmige Pfeile). Durch diese umwälzende Strömung wirkt beispielsweise eine Zentrifugalkraft auf die Partikel in dem Reaktionsprodukt, wodurch größere Partikel 143 mit einer höheren Masse sich schneller radial nach außen absetzen als kleinere Partikel 142 mit einer kleineren Masse.

Somit kann beispielsweise eine Trennung zwischen groben und feineren Partikeln 142, 143 des Reaktionsprodukts durchgeführt werden.

Um den Separationseffekt zu verstärken kann ein Separationsrohr 141
5 vorgesehen werden, welches entlang der Mittelachse 104 innerhalb des Kühlkanals 131 angeordnet ist. Die Feinpartikel 142 können im Inneren des Separationsrohrs 141 abgeführt werden, während die Grobpartikel 143 außerhalb des Separationsrohrs 141 abgeführt werden.

10 Stromabwärts außerhalb des Interaktionsbereich 103 ist ein offener Hohlzylinder als Separationsrohr 141 mit einer Mittelachse, welche koaxial zu der Mittelachse 104 ist, installiert. Die kleineren Feinpartikel 142 strömen in das Innere des Hohlzylinders und die Grobpartikel 143 strömen außerhalb des Hohlzylinders vorbei. An dem stromabwärtigen Ende des Separationsrohrs 141
15 kann entsprechend ein Behälter zum Sammeln der Kleinpartikel 142 angeordnet werden, während in einem weiteren Behälter die das Separationsrohr 141 umgebende Grobpartikel 143 gesammelt werden. Ferner kann das Fluidleitelement 124 wie unten beschrieben mit einer Zirkulation, d. h. mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung in den
20 Interaktionsbereich 103 einströmen.

Der Kühlkanal 131 weist einen Befestigungsbereich 135 mit dem Düsenelement 100 auf, wobei in dem Befestigungsbereich 135 der Interaktionsbereich 103 vorliegt. Der Kühlkanal 131 weist in dem
25 Befestigungsbereich 135 entlang der Transportrichtung 106 einen anwachsenden Innendurchmesser entsprechend eine Trichterform auf. Am Ende des Befestigungsbereichs 135 geht der Kühlkanal 131 beispielsweise in eine hohlzylindrische Form über. Aufgrund der Trichterform wird das Reaktionsprodukt, welches von dem Kühlmedium 134 entlang der
30 Transportrichtung 106 befördert wird, entspannt.

Der Kühlkanal 131 ist beabstandet zu einer Außenwand 136 des Gehäuses 130 derart angeordnet, dass ein Versorgungskanal 137 für das Kühlmedium 134 bereitstellbar ist. Ferner weist das Gehäuse 130 und/oder das Düsenelement 120 bzw. das Fluidleitelement 124 ein Umlenkelement 138 für das

5 Kühlmedium 134 auf, wobei das Umlenkelement 138 in dem Versorgungskanal 137 ausgebildet ist bzw. in diesen hineinragt. Das Umlenkelement 138 ist derart ausgebildet, dass das Kühlmedium 134 im Versorgungskanal 137 von einer Strömungsrichtung mit einer Komponente entgegen der

10 Transportrichtung 106 in eine Strömungsrichtung mit einer Komponente entlang der Transportrichtung 106 umlenkbar ist.

Das Umlenkelement 138 ist beispielsweise ein flächiges, scheibenartiges Element, wobei die in Transportrichtung 106 gerichtete Oberfläche gewölbt ist, um somit eine Umlenkung des Kühlmediums 134 durchzuführen. Nach der

15 Umlenkung des Kühlmediums 134 kann dieses beispielsweise durch die Kühlöffnungen 133 in den Kühlkanal 131 einströmen. Das Umlenkelement 138 weist insbesondere ein Kühlmediumleitsteg 139 (d.h. Fluidleitsteg) auf, welcher das Kühlmedium 134 effektiver umlenkt.

20 Die Oberfläche des Fluidleitelements 124 der Düsenvorrichtung 100, welche Oberfläche in Transportrichtung 106 gerichtet ist und mit den Kühlkanal 131 bildet, fungiert in der beispielhaften Ausführungsform als Umlenkelement 138.

In dem Versorgungskanal 137 ein Strömungsgleichrichter 201 angeordnet,

25 welcher eingerichtet ist, das Kühlmedium 134 laminar in den Versorgungskanal 137 einzuströmen. Der Strömungsgleichrichter 201 weist beispielsweise eine Vielzahl von denen Strömungskanälen auf, welche eine Erstreckungsrichtung parallel zu der Mittelachse 104 aufweisen.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung 100 mit einem Düsengehäuse 300 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

- 5 Die Düsenvorrichtung 100 ist innerhalb dem Düsengehäuse 300 angeordnet und beispielsweise über das Umlenkelement 138 mit diesem befestigt. Im Inneren des Düsengehäuses befindet sich parallel zur Mittelachse 104 ein Elektrodenmantel 307 der Düsenvorrichtung 100, in welchen die Düsenvorrichtung 100, insbesondere mit ihrem stiftartigen Grundkörper 110
- 10 einsteckbar ist. In dem Elektrodenmantel 307 befindet sich der Koppelbereich 115 für eine Elektrodenvorrichtung. Die Elektrodenvorrichtung leitet über den Kopplungsanschluss 302 hochfrequente Strahlung in Richtung Düsenvorrichtung 100.
- 15 Das Düsengehäuse 300 weist ferner einen Plasmagaseingang 303 für das erste ionisierbare Gas 102 und optional einen Plasmagaseingang 304 für ein zweites ionisierbare Gas 103 auf. Ferner kann über einen Kopplungsbereich 306 für das Grundmaterial 101 dieses in den Transportkanal 111 eingeführt werden. Das ionisierbare Gas 102, 103 wird somit zwischen den Elektrodenmantel 307
- 20 und den Plasmakanälen 112, 113 geführt und mittels der Elektrodenvorrichtung ionisiert.

Zudem kann über den Fluideingang 305 ein Steuerfluid 125 eingeströmt werden, welches an dem Fluidleitelement 124 in Richtung Interaktionsbereich

25 103 geleitet wird.

Fig. 4 und **Fig. 5** zeigen eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung 100 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 4 zeigt eine Ansicht der Düsenvorrichtung 100

30 stromabwärts der Transportrichtung 106 und Fig. 5 eine Ansicht der Düsenvorrichtung 100 stromaufwärts der Transportrichtung 106.

In Fig. 4 wird der erste Plasmakanal 112 und der zweite Plasmakanal 113 als offene Nut 402 entlang einer Oberfläche des Grundkörpers 110 ausgebildet. Die offene Nut 402 kann beispielsweise mittels Fräsens in den Grundkörper 110 eingebracht werden. Das ionisierbare Gas 102, 105 strömt aufgrund eines gerichteten Einstromwinkels in die Nut 402 entlang derselben Nut 402. Durch die offene Nut 402 ist das ionisierbare Gas 102, 105 von außen gut zugänglich, insbesondere für einen Energieeintrag der Elektrodevorrichtung 150. in der beispielhaften Ausführungsform in Fig. 4 weist der Grundkörper 110 drei Plasmakanäle 112, 113, 112' auf, welche in Umfangsrichtung konstant entlang der Oberfläche verteilt sind. Entsprechend können 3 Plasmastrahlen in den Interaktionsbereich 103 eingeströmt werden.

Die offene Nut 402 zumindest teilweise mit einer Hülse 403, welche über den Grundkörper 110 steckbar ist, geschlossen. Die Hülse 403 kann sozusagen über den Grundkörper gesteckt werden, sodass die Hülse 403 auf der Oberfläche des Grundkörpers 110 aufliegt. Damit können die offenen Nuten 402 der entsprechenden Plasmakanäle 112, 113, 112' geschlossen werden. Im Koppelbereich 115 bzw. am Ende Elektrodenmatel 307 mit der Elektrodevorrichtung 150 kann die offene Nut 402 frei von der Hülse 403 bleiben.

Das Fluidleitelement 124 ist scheibenförmig ausgebildet, wobei der Mittelpunkt des scheibenförmigen Fluidleitelements 124 auf der Mittelachse 104 des Düsenelements 120 liegt. Das Fluidleitelement 124 ist mittels Verbindungsstegen 401 an dem Düsenelement 120 befestigt. Zwischen den Verbindungsstegen 401 bildet sich ein entsprechender Spalt als Steuerkanal 127 aus, durch welchen das Steuerfluid 125 in den Interaktionsbereich 103 einströmen kann.

Das Fluidleitelement 124 weist ferner Fluidleitstege 126 auf zum Leiten des Steuerfluids 125 in Richtung Steuerkanal 127. Die Fluidleitstege 126 bilden

Erhebungen entlang der Oberfläche des Fluidleitelements 124 aus. Dabei verlaufen die Fluidstege 126 mit Richtungskomponenten parallel und radial zur Transportrichtung 106.

- 5 Das Fluidleitelement 124 weist auf der in Transportrichtung 106 abgewandten Seite bezüglich des Interaktionsbereichs 103 eine trichterförmige und konvex gewölbte Oberfläche auf, wobei die Bereiche im Zentrum des Fluidleitelements 124 weiter in Transportrichtung 106 liegen als Randbereiche des Fluidleitelements 124.

10

Auf der in Transportrichtung 106 zugewandten Seite bezüglich des Interaktionsbereichs 103 weist das Fluidleitelement 124 eine konkave gewölbte Oberfläche auf. Diese gewölbte Oberfläche kann beispielsweise als Umlenkfläche bzw. Umlenkelement 138 für das Kühlmedium 134 wirken.

15

Fig. 6 und **Fig. 7** zeigen Draufsichten auf eine Düsenvorrichtung 100 gemäß einer beispielhaften Ausführung.

- In Fig. 6 sind die Düsenauslässe 122, 123 dargestellt, welche einen
20 gemeinsamen Ringspalt ausbilden. Im Zentrum ist der weitere Transportkanal 101 dargestellt, durch welchen das Grundmaterial 101 hindurchführbar ist. Das Düsenelement 120 ist mit den Verbindungsstegen an das Fluidleitelement 124 gekoppelt.

- 25 Fig. 7 zeigt ferner ein rotierbare Element 701, welches drei in Umfangsrichtung verteilte Öffnungen aufweist, durch welche das ionisierbare Gas 102, 105 strömen kann. Das rotierbare Element 701 kann das Düsenelement 120 ausbilden. Das Düsenelement 120 kann relativ zu dem Grundkörper 110 rotierbar sein. Das Düsenelement 120 kann beispielsweise
30 mittels eines Gleitlagers oder eines Kugellagers an den Grundkörper 110 rotierender gelagert werden. Der entsprechende erste Düsenauslass 122 und

der zweite Düsenauslass 123 können beispielsweise als Ringspalt in dem
Düsenelement 120 ausgebildet werden (siehe Fig. 6). In dem Ringspalt
können ferner Fluidleitelemente vorgesehen werden, sodass die Rotation der
ionisierbaren Gase 102, 105 zusätzlich einen Spin bzw. eine Rotation des in
5 den Interaktionsbereich einströmenden ionisierbaren Gases 102, 105 erzeugt.

Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung 100 mit
Strömungswegen von zwei ionisierbaren Gasen 102, 105 und einem
Grundmaterial 101.

10 Die Düsenvorrichtung 100 weist den Grundkörper 110 und das Düsenelement
120. Der Transportkanal 111 und der weitere Transportkanal 121 sind koaxial
entlang der Mittellinie 104 ausgebildet. Der Grundkörper 110 weist ferner den
ersten Plasmakanal 112 zum Führen des ersten ionisierbaren Gases 102
15 entlang der Transportrichtung 106 und einen zweiten Plasmakanal 113
(welcher von dem ersten Plasmakanal 112 beabstandet ist) zum Führen des
zweiten ionisierbaren Gases 105 entlang der Transportrichtung 106 auf.

Der Grundkörper 110 weist ferner einen Koppelbereich 115 und einen
20 Elektrodenmantel 307 für eine Elektrodevorrichtung 150 derart auf, dass das
erste ionisierbare Gas 102 in dem ersten Plasmakanal 112 und das zweite
ionisierbaren Gas 105 in dem zweiten Plasmakanal 105 ionisierbar sind.

Das Düsenelement 120 weist einen ersten Düsenauslass 122, welcher mit dem
25 ersten Plasmakanal 112 gekoppelt ist, und einen zweiten Düsenauslass 123
auf, welcher mit dem zweiten Plasmakanal 113 gekoppelt ist, auf.

Der erste Düsenauslass 122 zum Führen des ersten ionisierbaren Gases 102
und der zweite Düsenauslass 123 zum Führen des zweiten ionisierbaren Gases
30 105 sind derart ausgebildet, dass das erste ionisierbare Gas 102 und das

zweite ionisierbare Gas 103 in den Interaktionsbereich 103 zur Reaktion mit dem Grundmaterial 101 einströmbar sind.

Das ionisierte Gas 102,105 (d.h. das Plasmagas) wird mit einem bestimmten Winkel α relativ zu der Transportrichtung 106 in den Interaktionsbereich 103 eingeströmt. Der Winkel α ist zwischen der Strömungsrichtung aus den entsprechenden Düsenauslässen 122, 123 einerseits und der axialen Richtung andererseits definiert. Aufgrund des gewinkelten Ausströmens des ionisierten Gases 102, 105 durch die entsprechenden Düsenauslässe 122, 123 strömt das ionisierte Gas 102, 105 in Richtung eines Scheitelpunkts 800 auf der Mittelachse 104 im Interaktionsbereich 103, um mit dem Grundmaterial 101 zu reagieren.

Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung einer Düsenvorrichtung 100 mit Strömungsrichtung von vier ionisierbaren Gasen 102, 102', 105, 105' und einem Grundmaterial 101.

Der Grundkörper weist im Vergleich zu der Ausführungsform aus Fig. 8 einen weiteren ersten Plasmakanal 901 zum Führen eines weiteren ersten ionisierbaren Gases 102' entlang der Transportrichtung 106 und einen weiteren zweiten Plasmakanal 902, welcher von dem weiteren ersten Plasmakanal 112 beabstandet ist, zum Führen eines weiteren zweiten ionisierbaren Gases 105' entlang der Transportrichtung 105 auf. In entsprechenden Düsenauslässen 122', 123' wird das ionisierbare Gas 102', 105' in Richtung Scheitelpunkt 800 ausgeströmt. Die Düsenauslässe 122', 123' weisen einen kleineren, flacheren Winkel α' auf als die Düsenauslässe 122, 123.

Fig. 10 zeigt eine schematische Darstellung eines Kühlmediumleitstegs 139 eines Umlenkelements 138 gemäß einer beispielhaften Ausführung von der vorliegenden Erfindung.

Das Umlenkelement 138 weist zumindest einen Kühlmediumleitsteg 139 (d.h. Fluidleitsteg) auf, welcher entlang einer Radialrichtung 107 in Richtung Zentrum verläuft. Somit wird das Kühlmedium 134 in Radialrichtung 107 geführt und umgeleitet. Der Kühlmediumleitsteg 139 erstreckt sich

5 insbesondere von dem scheibenförmigen Umlenkelement 138 in Transportrichtung 106 hervor, um somit entsprechende Führungskanäle zu bilden. Ferner kann der Kühlmediumleitsteg 139 insbesondere eine Richtungskomponente in Umfangsrichtung 108 aufweisen.

Das Umlenkelement 138 kann ferner mit dem Gehäuse 130 durch die
10 Kühlmediumleitstege 139 verbunden sein. Der Kühlmediumleitsteg 139 kann bis zum Ende der Kühlöffnungen 133, welcher der Beginn vom Kühlkanal 131 ist, verlaufen. Dabei verlaufen Kühlmediumleitstege 139 beispielhaft parallel und radial zur Transportrichtung 106.

15 **Fig. 11** zeigt eine schematische Darstellung eines Separationsrohres 141 in einem Kühlkanal 131 gemäß einer beispielhaften Ausführung von der vorliegenden Erfindung. **Fig. 12** zeigt eine schematische Schnittdarstellung des Separationsrohres aus Fig. 11. Das Separationsrohr 141 weist einen inneren Kanal 1106 auf, durch welchen erste Partikel 142 entlang der
20 Transportrichtung 106 abführbar sind. Zwischen der Mantelfläche 132 und dem Separationsrohr 141 ist ein äußerer Kanal 1107 ausgebildet, durch welchen zweite Partikel 143 entlang der Transportrichtung 106 abführbar sind.

Das Separationsrohr 141 weist einen Ringkanal 1101 für ein Transportfluid
25 1104 auf, welcher sich entlang der Transportrichtung 106 erstreckt. Der Ringkanal 1101 weist zumindest eine innere Öffnung 1103 auf, durch welche das Transportfluid 1104 in Strömungsrichtung in den inneren Kanal 1106 einströmbar ist. Die innere Öffnung 1103 ist insbesondere derart ausgebildet, dass das Transportfluid 1104 mit einer Richtungskomponente in
30 Umfangsrichtung 108 einströmbar ist.

Somit wird insbesondere eine Sogwirkung in das Innere des Separationsrohres 141 erzeugt, sodass kleinere Partikel 142 nach dem Interaktionsbereich 103 in das Separationsrohr 141 eingesaugt werden können. Die inneren Öffnungen 1103 können dabei beispielsweise eine Krümmung in Umfangsrichtung 108 aufweisen oder insbesondere das Transportfluid 1104 in Tangentialrichtung im Inneren des Separationsrohres 141 einströmen.

Der Ringkanal 1101 weist einen Anschluss zum Einströmen des Transportfluids 1104 entgegen der Transportrichtung 106 auf. Somit kann beispielsweise an einem Ende des Gehäuses 130 gegenüberliegend zu der Düsenvorrichtung 100 ein Transportfluid in den Ringkanal eingebracht werden.

Der Ringkanal 1101 weist zumindest eine äußere Öffnung 1102 auf, durch welche das Transportfluid 1104 in Strömungsrichtung 106 in den äußeren Kanal 1107 einströmbaar ist, wobei die äußere Öffnung 1102 insbesondere derart ausgebildet ist, dass das Transportfluid 1104 mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung 108 einströmbaar ist.

Das Separationsrohr 141 ragt somit entgegen der Transportrichtung 106 in den Kühlkanal 131. Das Separationsrohr 14 bzw. das Tauchrohr kann als Doppelmantel-Hohlkörper, beispielsweise eine zylindrische Form (Doppelmantelrohr), ausgeführt sein, um den Ringkanal 1101 zu bilden. Im Raum zwischen den Mantelflächen vom Separationsrohr 141 strömt das Transportfluid 1104 beispielweise entgegen der Transportrichtung 106 ein. In dem Ringkanal 1101 kann zumindest ein Umlenkelement, welches aufgrund seiner winkligen oder gekrümmten Fläche das Transportfluid 1104 umlenkt, mit zumindest einer Komponente Richtung radial nach innen oder radial nach außen verlaufender Öffnung (Steueröffnung bzw. Steuerschlitz) ausgeführt sein.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass "umfassend" keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und "eine" oder "ein" keine Vielzahl ausschließt.

Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, auch in

- 5 Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Bezugszeichenliste:

100 Düsenvorrichtung	135 Befestigungsbereich
101 Grundmaterial	136 Außenwand
102 erstes ionisierbares Gas	137 Versorgungskanal
103 Interaktionsbereich	138 Umlenkelement
104 Mittelachse	139 Kühlmediumleitsteg
105 zweites ionisierbares Gas	140 Düsengehäuse
106 Transportrichtung	141 Separationsrohr
107 Radialrichtung	142 Feinpartikel
108 Umfangsrichtung	143 Grobpartikel
110 Grundkörper	150 Elektrodevorrichtung
111 Transportkanal	201 Strömungsgleichrichter
112 erster Plasmakanal	302 Kopplungsanschluss für Elektrodevorrichtung
113 zweiter Plasmakanal	303 Plasmagaseingang für erstes ionisierbares Gas
114 Endbereich	304 Plasmagaseingang für zweites ionisierbares Gas
115 Koppelbereich	305 weiteren Eingang zur Kopplung an ein weiteres Fluidreservoir
120 Düsenelement	306 Kopplungsbereich für Grundmaterial
121 weiterer Transportkanal	307 Elektrodenmantel
122 erster Düsenauslass	
123 zweiter Düsenauslass	
124 Fluidleitelement	
125 Steuerfluid	
126 Fluidleitsteg	
127 Steuerkanal	
130 Gehäuse	
131 Kühlkanal	
132 Mantelfläche	
133 Kühlöffnung	
134 Kühlmedium	

401 Verbindungssteg

402 Nut

403 Hülse

5 701 rotierbares Element

800 Scheitelpunkt

901 weiterer erster Plasmakanal

902 weiterer zweiter Plasmakanal

10 1101 Ringkanal

1102 äußere Öffnung

1103 innere Öffnung

1104 Transportfluid

1105 axiales Ende

15 1106 innerer Kanal

1107 äußerer Kanal

Patentansprüche

1. Düsenvorrichtung (100) zum Zusammenführen eines ionisierbaren Gases (102, 105) und eines Grundmaterials (101) in einem
- 5 Interaktionsbereich (103), die Düsenvorrichtung (100) aufweisend
einen Grundkörper (110), welcher einen Transportkanal (111) aufweist zum Führen eines Grundmaterials (101) entlang einer Transportrichtung (106) zu einem Endbereich (114) des Grundkörpers (110),
wobei der Grundkörper (110) aufweist einen ersten Plasmakanal (112) zum
- 10 Führen eines ersten ionisierbaren Gases (102) entlang der Transportrichtung (106) und einen zweiten Plasmakanal (113) zum Führen eines zweiten ionisierbaren Gases (105) entlang der Transportrichtung (106),
wobei in dem Endbereich (114) des Grundkörpers (110) der erste Plasmakanal (112) einen ersten Gasauslass und der zweite Plasmakanal (113) einen
- 15 zweiten Gasauslass aufweist,
wobei der Grundkörper (110) einen Koppelbereich (115) für eine Elektrodevorrichtung (150) derart aufweist, dass das erste ionisierbare Gas (102) in dem ersten Plasmakanal (112) und das zweite ionisierbare Gas (105) in dem zweiten Plasmakanal (113) ionisierbar sind,
- 20 ein Düsenelement (120), welches an dem Endbereich (114) des Grundkörpers (110) mit diesem gekoppelt ist,
wobei das Düsenelement (120)
einen weiteren Transportkanal (111), welcher mit dem
- 25 Transportkanal (111) derart gekoppelt ist, dass das Grundmaterial (101) von dem Grundkörper (110) in einen Interaktionsbereich (103) außerhalb des Düsenelements (120) entlang der Transportrichtung (106) überführbar ist,
einen ersten Düsenauslass (122), welcher mit dem ersten Plasmakanal (112) gekoppelt ist und
- 30 einen zweiten Düsenauslass (123), welcher mit dem zweiten Plasmakanal (113) gekoppelt ist,

wobei der erste Düsenauslass (122) zum Führen des ersten ionisierbaren Gases (102) und der zweite Düsenauslass (123) zum Führen des zweiten ionisierbaren Gases (105) derart ausgebildet sind, dass das erste ionisierbare Gas (102) und das zweite ionisierbare Gas (105) in den Interaktionsbereich (103) zur Reaktion mit dem Grundmaterial (101) einströmbar sind.

2. Düsenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 1, wobei der Grundkörper (110) und das Düsenelement (120) integral ausgebildet sind.

3. Düsenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Transportkanal (111) als Bohrung im Inneren des Grundkörpers (110) ausgebildet ist.

4. Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Grundkörper (110) rotationssymmetrisch ausgebildet ist, wobei eine Mittelachse (104) des Grundkörpers (110) parallel zu der Transportrichtung (106) ausgebildet ist, wobei der Transportkanal (111) insbesondere entlang der Mittelachse (104) verläuft.

5. Düsenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 4, wobei zumindest der erste Düsenauslass (122) oder der zweite Düsenauslass (123) derart ausgebildet ist, dass das entsprechende ionisierbare Gas (102, 105) eine Strömungsrichtung mit einer zu der Mittelachse (104) radialen Komponente aufweist, und/oder wobei zumindest der erste Düsenauslass (122) oder der zweite Düsenauslass (123) derart ausgebildet ist, dass das entsprechende ionisierbare Gas (102, 105) eine Strömungsrichtung mit einer zu der Mittelachse (104) umlaufenden Komponente aufweist.

6. Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zumindest der erste Plasmakanal (112) oder der zweite Plasmakanal (113) als Bohrung im Inneren des Grundkörpers (110) ausgebildet ist.

5 7. Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zumindest der erste Plasmakanal (112) oder der zweite Plasmakanal (113) als offene Nut (402) entlang einer Oberfläche des Grundkörpers (110) ausgebildet ist.

10 8. Düsenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 7, wobei die offene Nut (402) zumindest teilweise mit einer Hülse (403), welche über den Grundkörper (110) steckbar ist, geschlossen ist.

9. Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8,
15 wobei der Grundkörper (110) zumindest einen weiteren ersten Plasmakanal (901) zum Führen eines weiteren ersten ionisierbaren Gases (102) entlang der Transportrichtung (106) und/oder einen weiteren zweiten Plasmakanal (902) zum Führen eines weiteren zweiten ionisierbaren Gases (105) entlang der Transportrichtung (106),
20 wobei in dem Endbereich (114) des Grundkörpers (110) der weitere erste Plasmakanal (901) einen weiteren ersten Gasauslass und der weitere zweite Plasmakanal (902) einen weiteren zweiten Gasauslass aufweist, wobei der weitere erste Plasmakanal (901) und der weitere zweite Plasmakanal (902) in dem Grundkörper (110) zwischen dem ersten
25 Plasmakanal (112) und dem zweiten Plasmakanal (113) einerseits und dem Transportkanal (111) andererseits ausgebildet ist.

10. Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Düsenelement (120) relativ zu dem Grundkörper (110) rotierbar ist.

11. Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, ferner aufweisend

ein, insbesondere scheibenförmiges, Fluidleitelement (124), welches mit dem Düsenelement (120) gekoppelt ist,

5 wobei zwischen dem Fluidleitelement (124) und dem Düsenelement (120) ein ringförmiger Steuerkanal (127) ausgebildet ist, welcher um das Düsenelement (120) verläuft,

wobei der Steuerkanal (127) derart ausgebildet ist, dass Steuerfluid (125) in oder um den Interaktionsbereich (103) strömbar ist,

10 wobei das Fluidleitelement (124) insbesondere mittels Verbindungsstegen (401) an dem Düsenelement (120) befestigt ist.

12. Düsenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 11,

wobei der Mittelpunkt des scheibenförmigen Fluidleitelements (124) auf der

15 Mittelachse (104) des Düsenelements (120) liegt,

wobei eine Ausdehnung des Fluidleitelements (124) senkrecht zur Mittelachse (104) größer ist als die Ausdehnung entlang der Mittelachse (104).

13. Düsenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 11 oder 12,

20 wobei das Fluidleitelement (124) Fluidleitstege (126) aufweist zum Leiten des Steuerfluids in Richtung Steuerkanal (127).

14. Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, ferner aufweisend

25 ein Düsengehäuse (140) mit einer Auslassöffnung,

wobei der Grundkörper (110) und das Düsenelement (120) in dem

Düsengehäuse (140) derart angeordnet sind, dass ein Ende des weiteren

Transportkanals (111), der erste Düsenauslass (122) und der zweite

Düsenauslass (123) insbesondere in der Auslassöffnung vorliegen und der

30 Interaktionsbereich (103) außerhalb des Düsengehäuses (140) vorliegt.

15. Düsenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 14,
wobei das Düsengehäuse (140) einen Kopplungsanschluss (302) für die
Elektrodevorrichtung (150) aufweist,
wobei der Kopplungsanschluss (302) einen Zugang zu dem ersten
5 Plasmakanal (112) und dem zweiten Plasmakanal (113) bereitstellt, und/oder
wobei das Düsengehäuse (140) einen Plasmagaseingang (303) zur Kopplung
an ein erstes Gasreservoir aufweist,
wobei der Plasmagaseingang (303) mit zumindest dem ersten Plasmakanal
(112) gekoppelt ist, und/oder
10 wobei das Düsengehäuse (140) einen weiteren Plasmagaseingang (304) zur
Kopplung an ein zweites Gasreservoir aufweist,
wobei der weitere Plasmagaseingang (304) mit dem zweiten Plasmakanal
(113) gekoppelt ist.
- 15 16. System zum chemischen und/oder physikalischen Behandeln eines
Grundmaterials (101), insbesondere zum Erzeugen eines Pulvers aus einem
Grundmaterial (101), das System aufweisend
die Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15,
ein Gehäuse (130) zur Aufnahme der Düsenvorrichtung (100),
20 wobei die Düsenvorrichtung (100) an das Gehäuse (130) derart gekoppelt ist,
dass der Interaktionsbereich (103) in dem Gehäuse (130) vorliegt.
17. System gemäß Anspruch 16,
wobei das Gehäuse (130) einen Kühlkanal (131) aufweist, welcher sich von
25 der Düsenvorrichtung (100) fort entlang der Transportrichtung (106)
erstreckt.
18. System gemäß Anspruch 16 oder 17,
wobei der Kühlkanal (131) eine Mantelfläche (132) mit Kühlöffnungen (133)
30 aufweist, welche derart ausgebildet sind, dass ein Kühlmedium (134) von der
Umgebung der Mantelfläche (132) in den Kühlkanal (131) einströmbar ist.

19. System gemäß Anspruch 18,

wobei zumindest eine der Kühlöffnungen (133) derart ausgebildet ist, dass das Kühlmedium (134) mit einer Komponente in Richtung der Transportrichtung (106) einströmbar ist, und/oder

5 wobei zumindest eine der Kühlöffnungen (133) derart ausgebildet ist, dass das Kühlmedium (134) mit einer Komponente in Umfangsrichtung (108) einströmbar ist.

20. System gemäß Anspruch 17 bis 19,

10 wobei der Kühlkanal (131) einen Befestigungsbereich (135) mit dem Düsenelement (120) aufweist,

wobei der Kühlkanal (131) in dem Befestigungsbereich (135) entlang der Transportrichtung (106) einen anwachsenden Innendurchmesser aufweist, wobei der Interaktionsbereich (103) im Befestigungsbereich (135) ausgebildet

15 ist.

21. System gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19,

wobei der Kühlkanal (131) beabstandet zu einer Außenwand (136) des Gehäuses (130) derart angeordnet ist, dass ein Versorgungskanal (137) für
20 das Kühlmedium (134) bereitstellbar ist,

wobei in dem Versorgungskanal (137) insbesondere ein Strömungsgleichrichter (201) angeordnet ist, welcher eingerichtet ist, ein Kühlmedium (134) laminar in den Versorgungskanal (137) einzuströmen.

25 22. System gemäß Anspruch 21,

wobei das Gehäuse (130) und/oder das Düsenelement (120) ein Umlenkelement (138) für das Kühlmedium (134) aufweist, wobei das Umlenkelement (138) in dem Versorgungskanal (137) ausgebildet ist,

30 wobei das Umlenkelement (138) derart ausgebildet ist, dass das Kühlmedium (134) im Versorgungskanal (137) von einer Strömungsrichtung mit einer

Komponente entgegen der Transportrichtung (106) in eine Strömungsrichtung mit einer Komponente entlang der Transportrichtung (106) umlenkbar ist, wobei insbesondere das Umlenkelement (138) zumindest einen Kühlmediumleitsteg (139) aufweist, welcher entlang einer Radialrichtung (107) verläuft, wobei insbesondere der Kühlmediumleitsteg (139) insbesondere eine Richtungskomponente in Umfangsrichtung (108) aufweist.

23. System gemäß einem der Ansprüche 17 bis 22, ferner aufweisend ein Separationsrohr (141), welches entlang der Mittelachse (104) innerhalb des Kühlkanals (131) angeordnet ist, wobei das Separationsrohr (141) einen inneren Kanal (1106) aufweist, durch welchen erste Partikel (142) entlang der Transportrichtung (104) abführbar sind, wobei zwischen der Mantelfläche (132) und dem Separationsrohr (141) ein äußerer Kanal (1107) ausgebildet ist, durch welchen zweite Partikel (143) entlang der Transportrichtung (104) abführbar sind.

24. System gemäß Anspruch 23, wobei das Separationsrohr (141) einen Ringkanal (1101) für ein Transportfluid (1104) aufweist, welcher sich entlang der Transportrichtung (104) erstreckt, wobei der Ringkanal (1101) zumindest eine innere Öffnung (1103) aufweist, durch welche das Transportfluid (1104) in Strömungsrichtung in den inneren Kanal (1106) einströmbar ist, wobei die innere Öffnung (1103) insbesondere derart ausgebildet ist, dass das Transportfluid (1104) mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung (108) einströmbar ist, wobei der Ringkanal (1101) insbesondere einen Anschluss zum Einströmen des Transportfluids (1104) entgegen der Transportrichtung (104) aufweist.

25. System gemäß Anspruch 23,

wobei der Ringkanal (1101) zumindest eine äußere Öffnung (1102) aufweist, durch welche das Transportfluid (1104) in Strömungsrichtung in den äußeren Kanal (1107) einströmbar ist,

5 wobei die äußere Öffnung (1102) insbesondere derart ausgebildet ist, dass das Transportfluid (1104) mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung (108) einströmbar ist.

26. Verfahren zum Zusammenführen eines ionisierten Gases (102, 105) und
10 eines Grundmaterials (101) in einem Interaktionsbereich (103) mit einer Düsenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei das Verfahren aufweist

Führen des Grundmaterials (101) in dem Transportkanal (111) entlang einer Transportrichtung (106) zu einem Endbereich (114) des Grundkörpers
15 (110),

Führen des ersten ionisierbaren Gases (102) entlang der Transportrichtung (106) in dem ersten Plasmakanal (112),

Führen des zweiten ionisierbaren Gases (105) entlang der Transportrichtung (106) in dem zweiten Plasmakanal (113),

20 Ionisieren des ersten ionisierbaren Gases (102) in dem ersten Plasmakanal (112) und des zweiten ionisierbaren Gases (105) in dem zweiten Plasmakanal (113) mittels einer Elektrodevorrichtung (150),

Überführen des Grundmaterials (101) in dem weiteren Transportkanal (111) des Düsenelements (120) von dem Transportkanal (111) in den
25 Interaktionsbereich (103) außerhalb des Düsenelements (120) entlang der Transportrichtung (106),

Einströmen des ersten ionisierten Gases (102) mittels des ersten Düsenauslasses und Einströmen des zweiten ionisierten Gases (105) mittels des zweiten Düsenauslasses in den Interaktionsbereich (103) zur Reaktion mit
30 dem Grundmaterial (101).

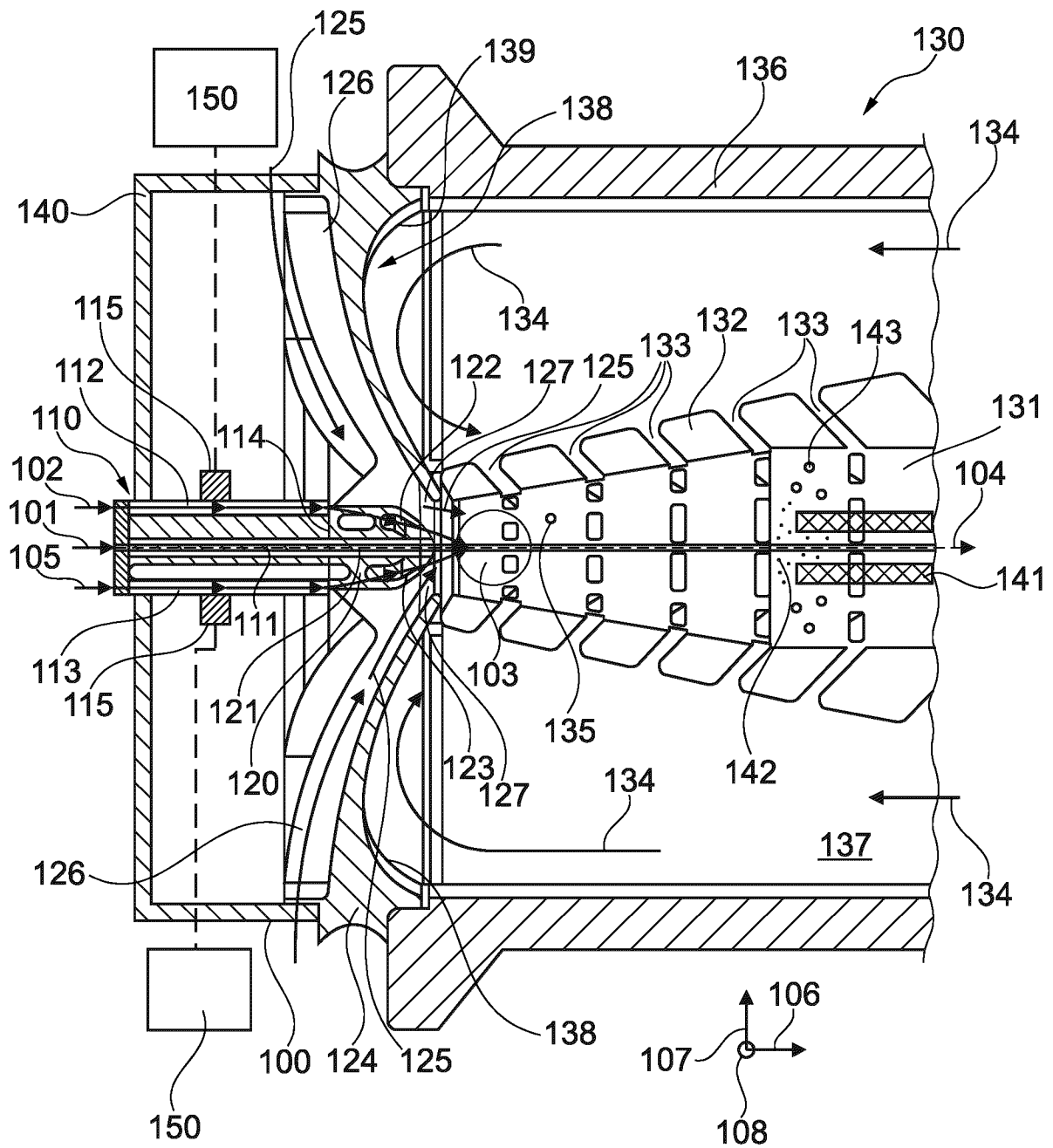


Fig. 1

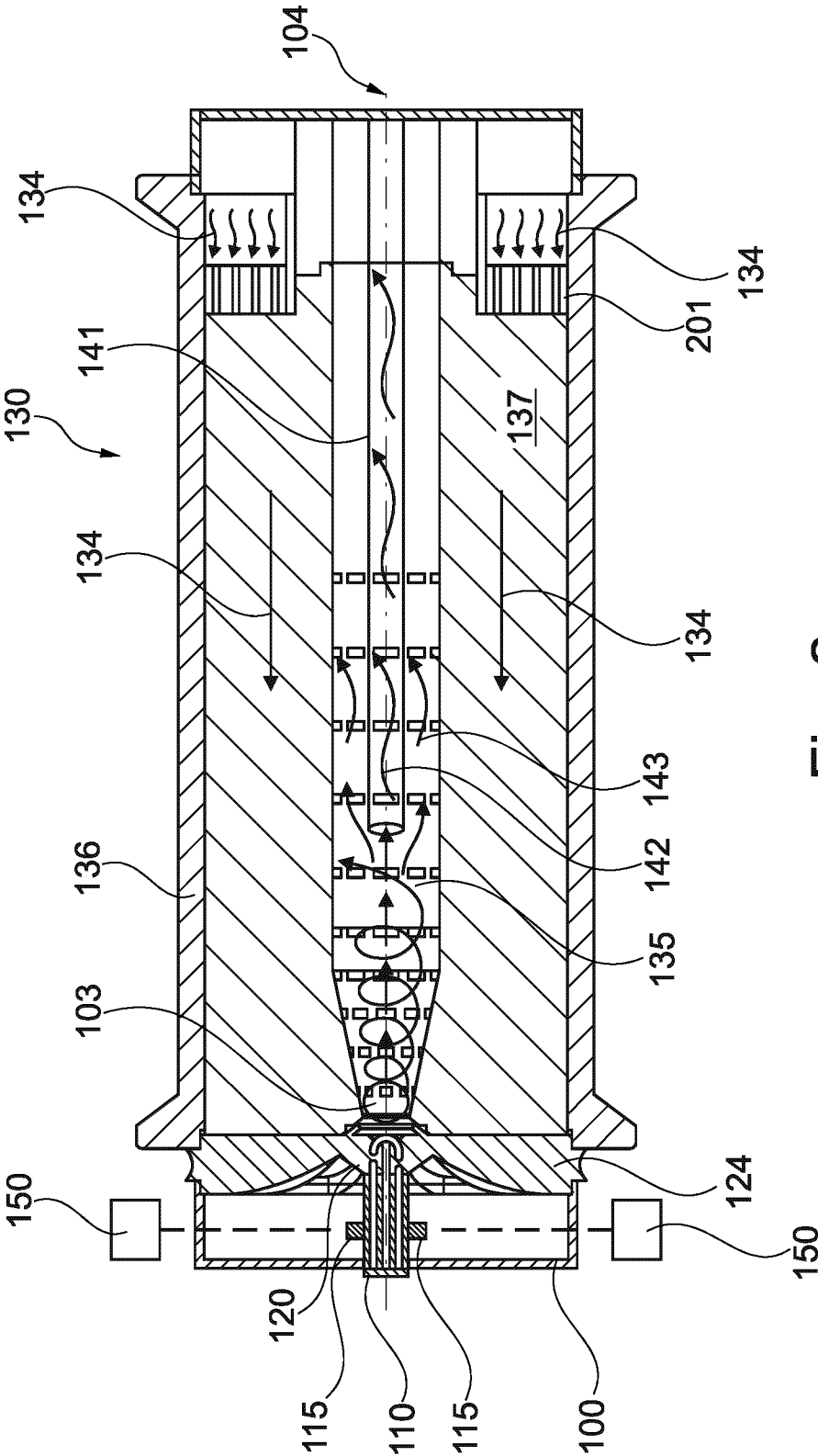


Fig. 2

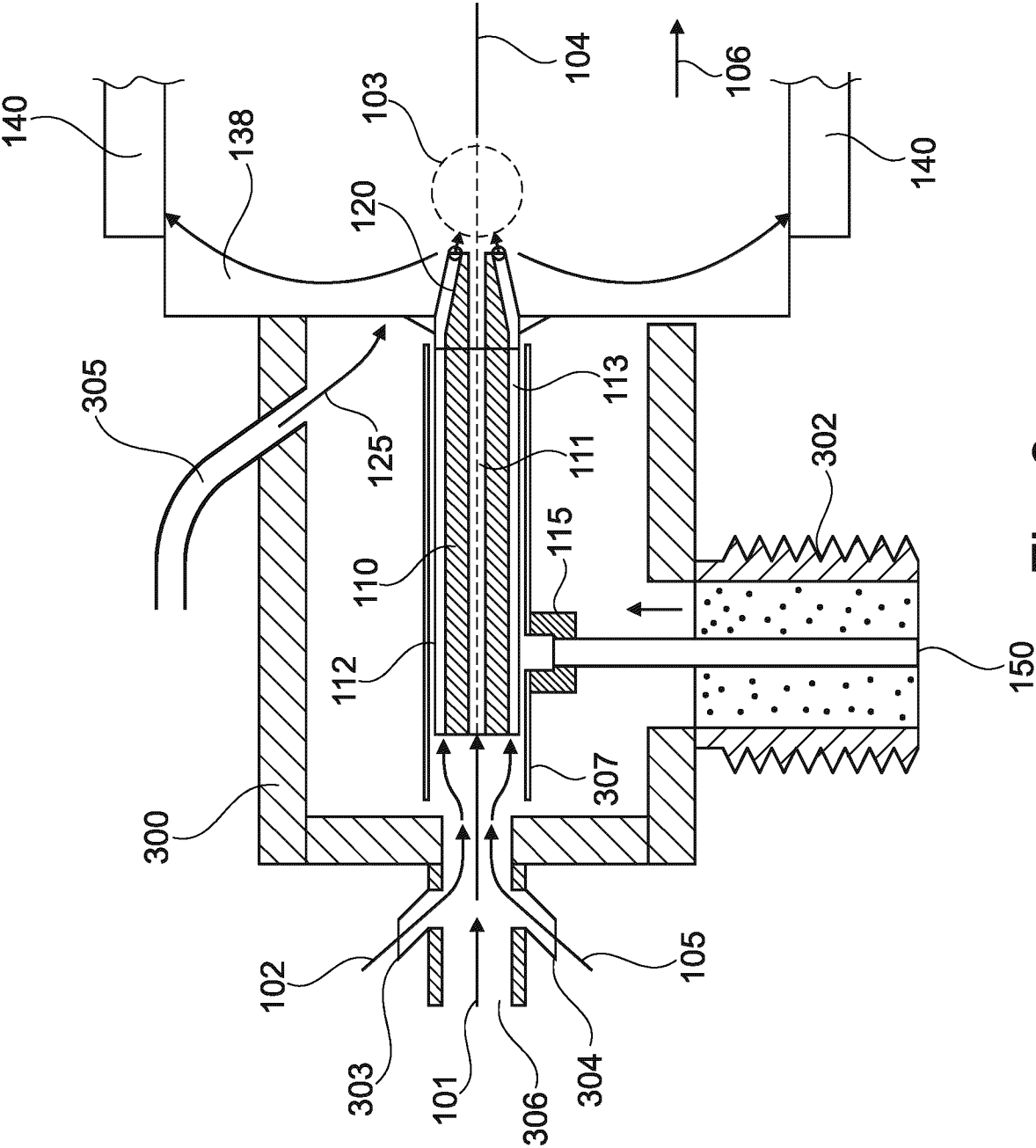


Fig. 3

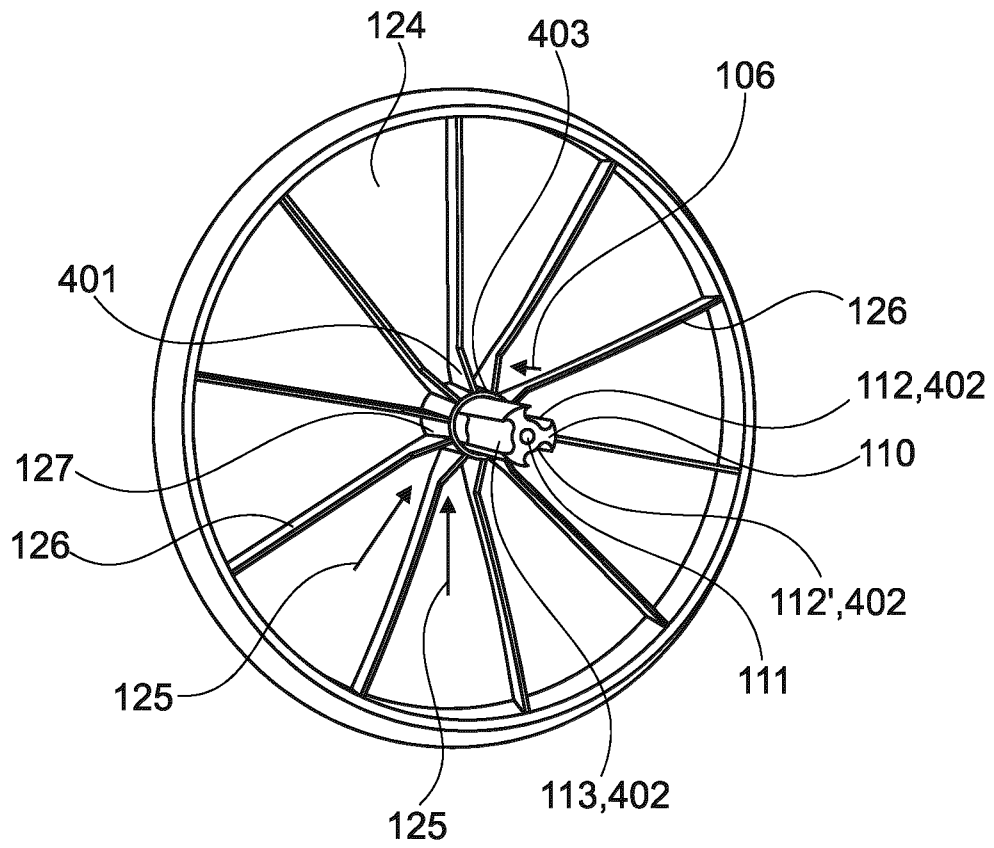


Fig. 4

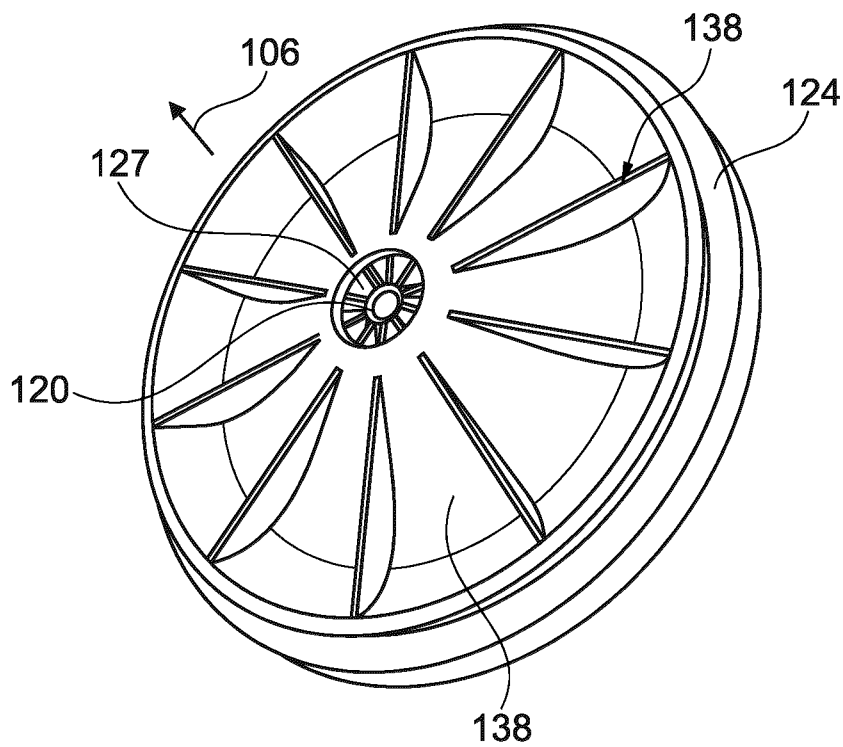


Fig. 5

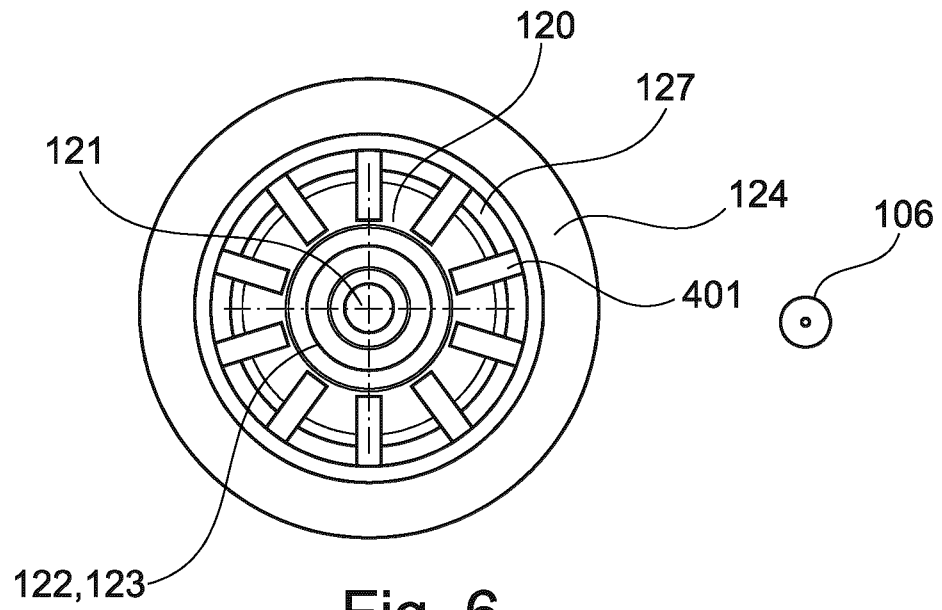


Fig. 6

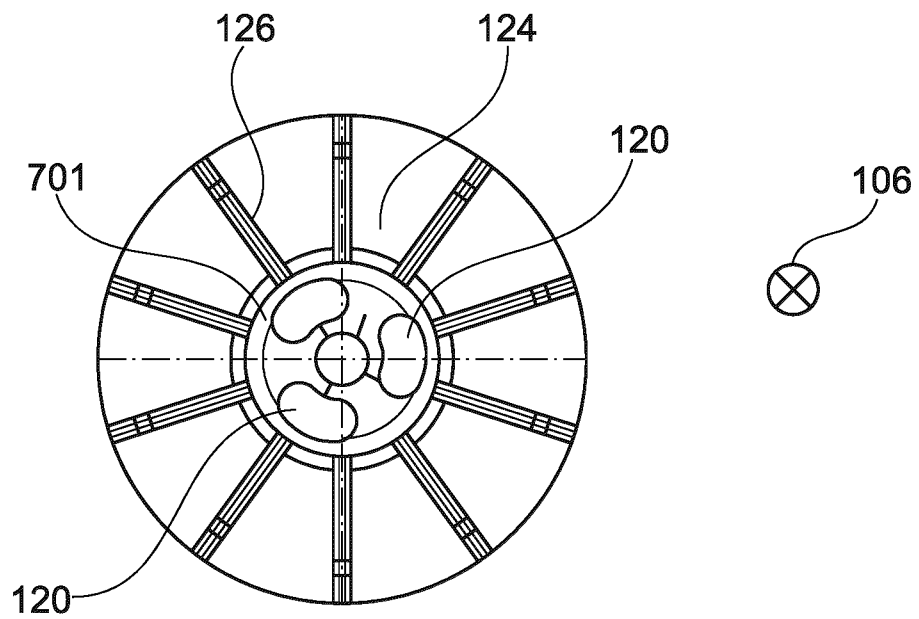


Fig. 7

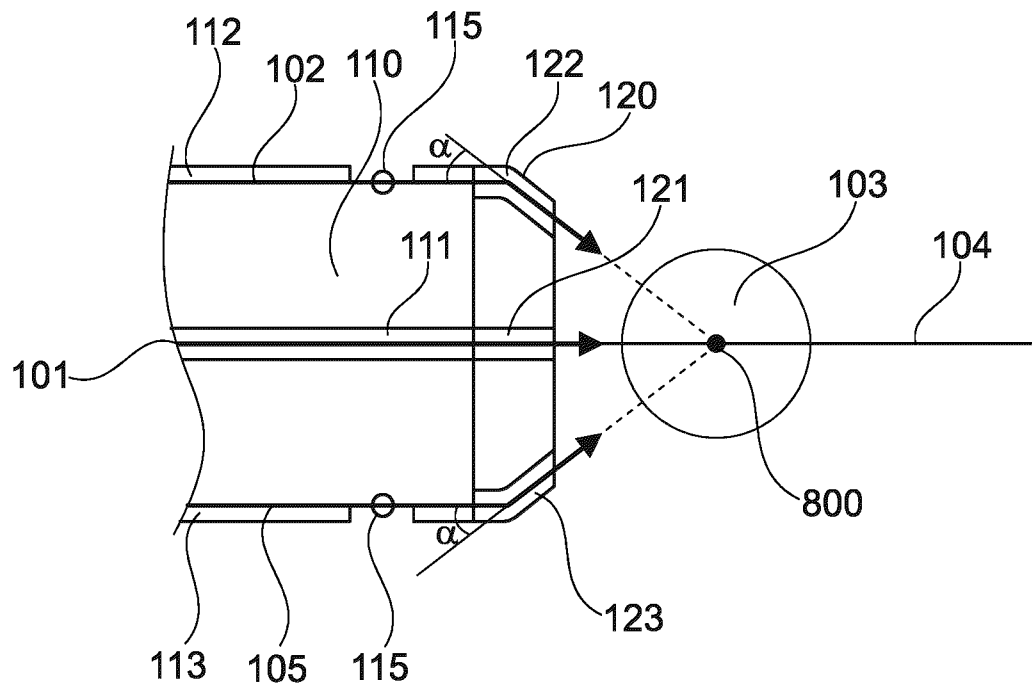


Fig. 8

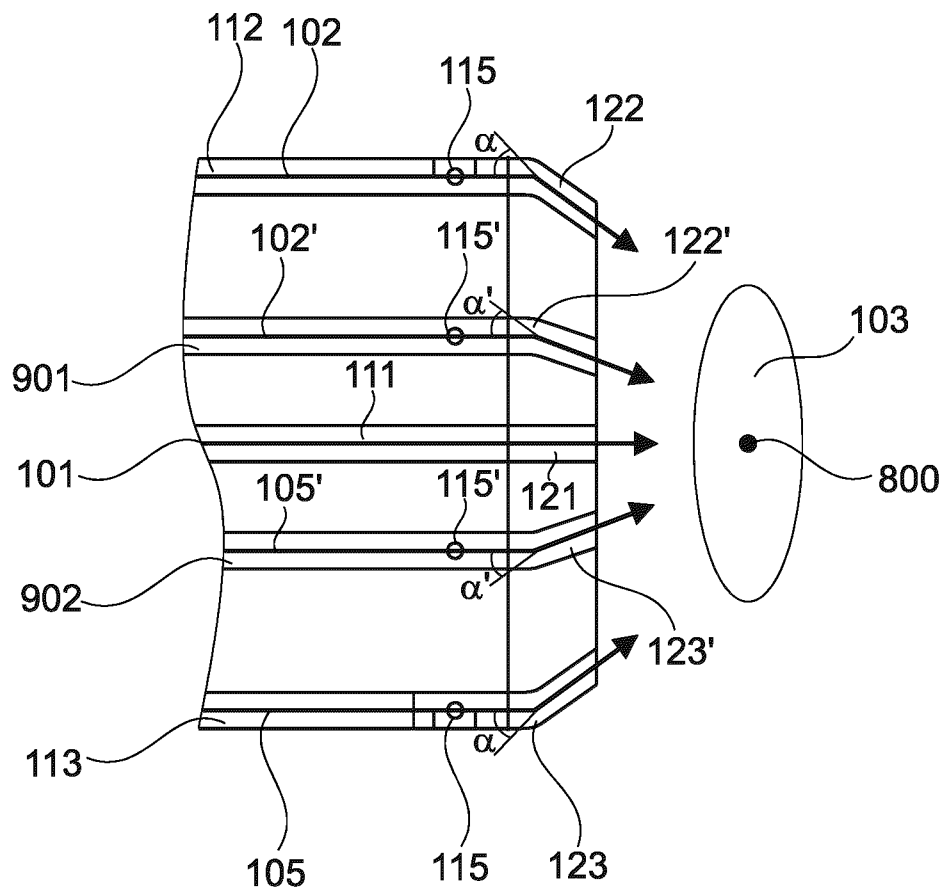


Fig. 9

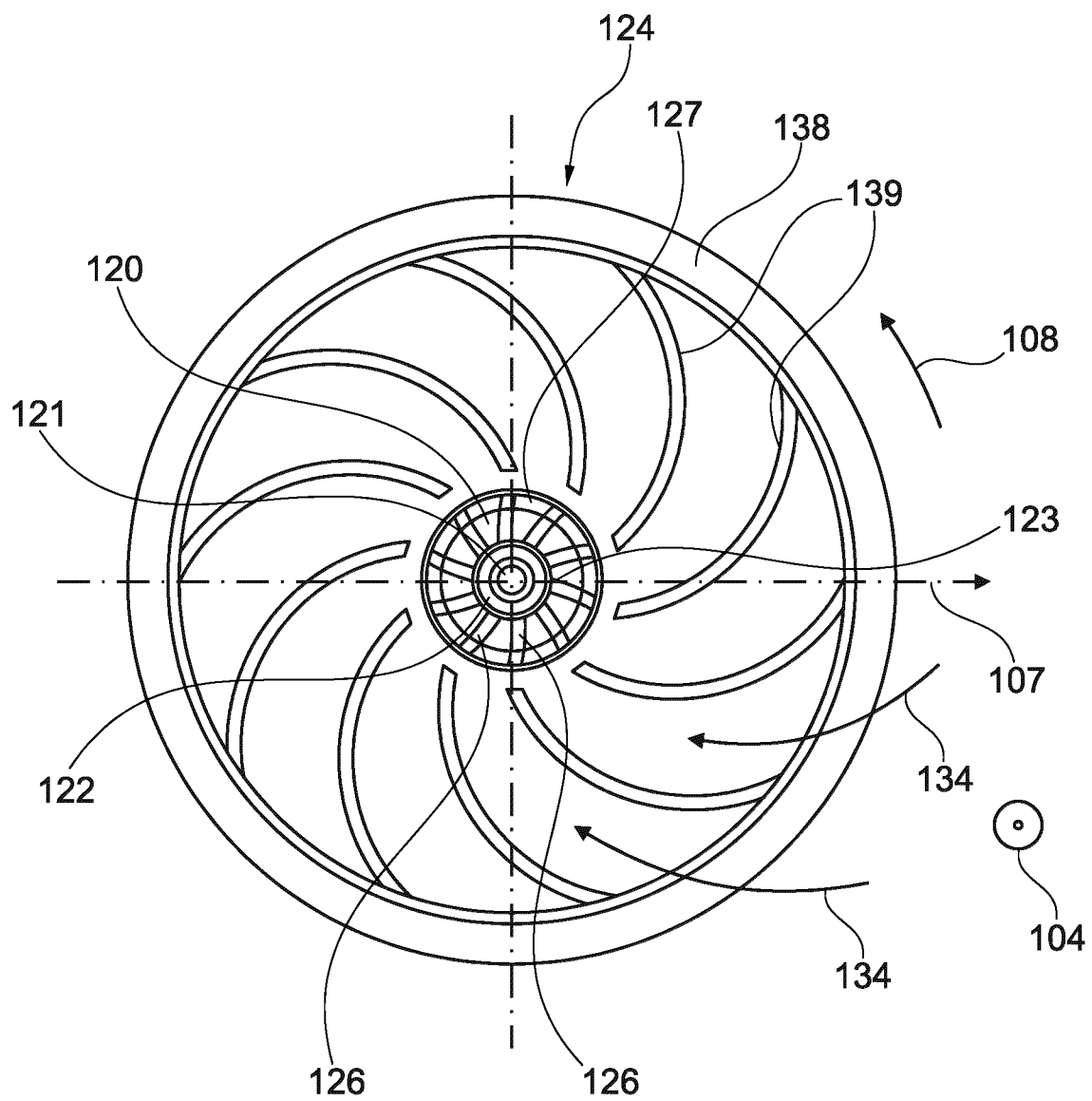


Fig. 10

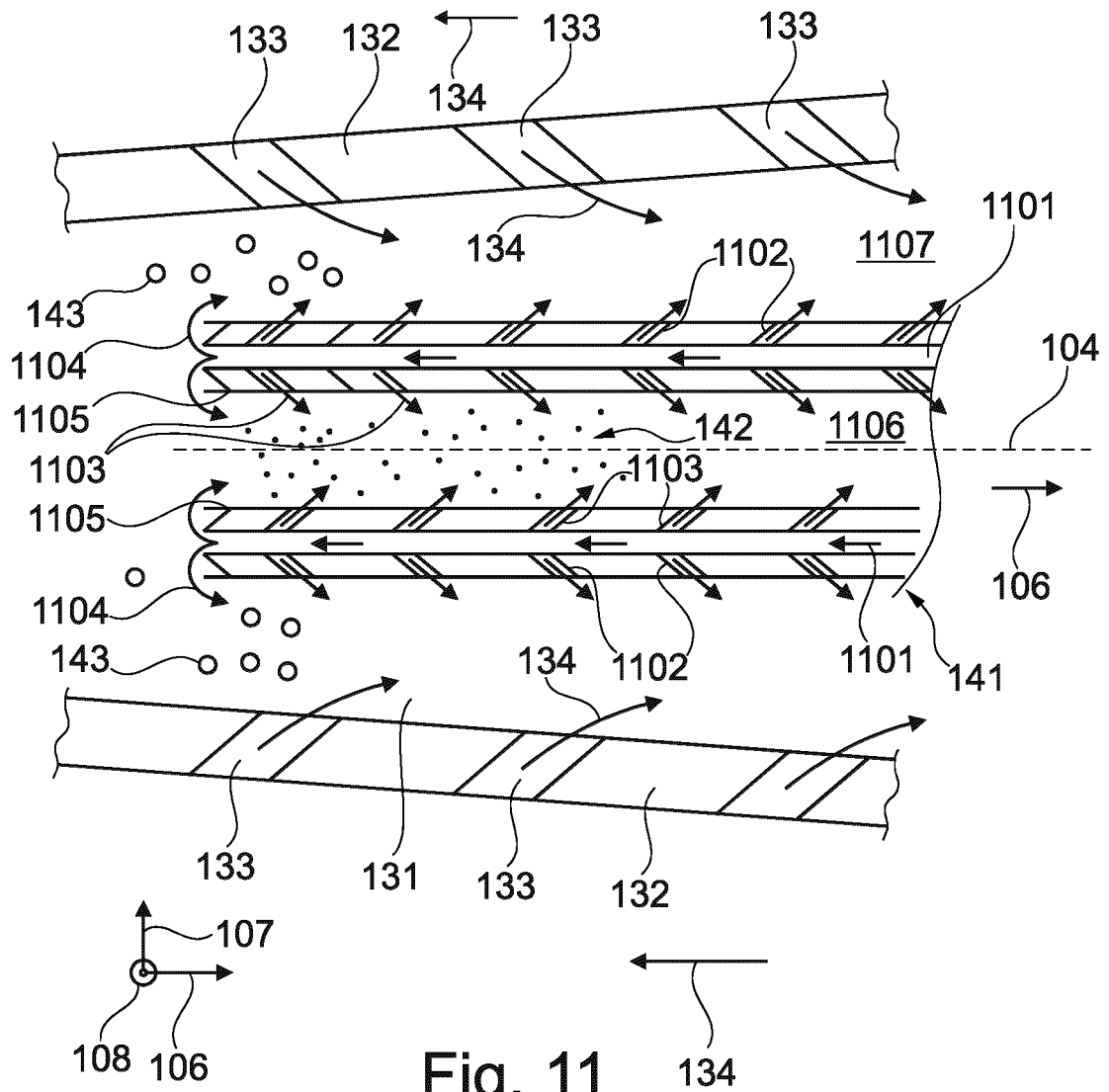


Fig. 11

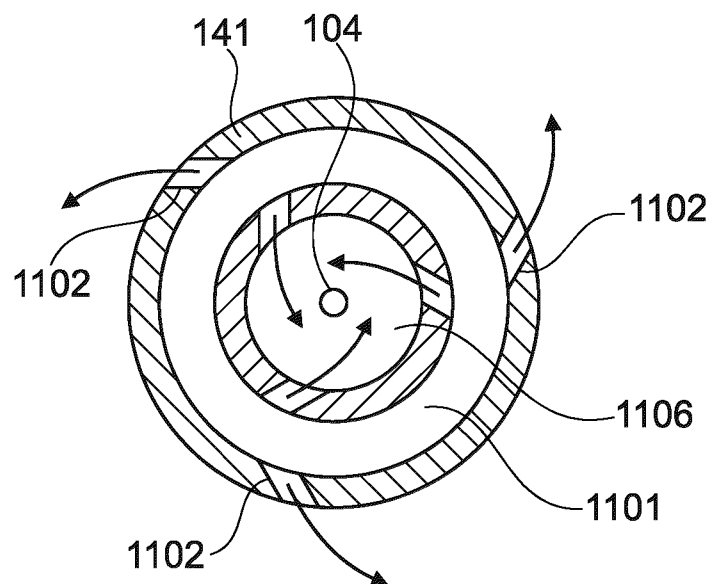


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/054324

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B01J 19/08</i> (2006.01)i; <i>H05H 1/00</i> (2006.01)i; <i>H05H 1/28</i> (2006.01)i; <i>H05H 1/34</i> (2006.01)i; <i>H05H 1/42</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC														
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01J; H05H 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2017298516 A1 (GANDHIRAMAN RAMPRASAD [US] ET AL) 19 October 2017 (2017-10-19) abstract page 1, paragraph 2 page 4, paragraph 55 - paragraph 58; figure 1b claim 1</td> <td>1-26</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>EP 3435744 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 30 January 2019 (2019-01-30) abstract column 1, paragraph 3 - paragraph 4 column 3, paragraph 25 - column 4, paragraph 32; figure 2 claims 1, 6, 8, 12, 15</td> <td>1-26</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>DE 3312232 A1 (ARNOLDY ROMAN F) 06 October 1983 (1983-10-06) page 7, line 1 - line 10; figure 2 claims 1, 2</td> <td>1-26</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2017298516 A1 (GANDHIRAMAN RAMPRASAD [US] ET AL) 19 October 2017 (2017-10-19) abstract page 1, paragraph 2 page 4, paragraph 55 - paragraph 58; figure 1b claim 1	1-26	X	EP 3435744 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 30 January 2019 (2019-01-30) abstract column 1, paragraph 3 - paragraph 4 column 3, paragraph 25 - column 4, paragraph 32; figure 2 claims 1, 6, 8, 12, 15	1-26	X	DE 3312232 A1 (ARNOLDY ROMAN F) 06 October 1983 (1983-10-06) page 7, line 1 - line 10; figure 2 claims 1, 2	1-26
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X	US 2017298516 A1 (GANDHIRAMAN RAMPRASAD [US] ET AL) 19 October 2017 (2017-10-19) abstract page 1, paragraph 2 page 4, paragraph 55 - paragraph 58; figure 1b claim 1	1-26												
X	EP 3435744 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 30 January 2019 (2019-01-30) abstract column 1, paragraph 3 - paragraph 4 column 3, paragraph 25 - column 4, paragraph 32; figure 2 claims 1, 6, 8, 12, 15	1-26												
X	DE 3312232 A1 (ARNOLDY ROMAN F) 06 October 1983 (1983-10-06) page 7, line 1 - line 10; figure 2 claims 1, 2	1-26												
☒ 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 22 April 2020		Date of mailing of the international search report 08 May 2020												
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Thomasson, Philippe Telephone No.												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/054324

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102006044906 A1 (THERMICO GMBH & CO KG [DE]) 17 April 2008 (2008-04-17) page 3, paragraph 21 - paragraph 27; figure 1 claim 1 paragraphs [0013], [0022]; claims 6, 7	1-26
Y	US 4140892 A (MULLER NIKLAUS) 20 February 1979 (1979-02-20) abstract column 1, line 65 - column 2, line 62; figure 1 claims 9-12	17-23
Y	US 4127760 A (MEYER PHILIP J ET AL) 28 November 1978 (1978-11-28) abstract column 6, line 60 - column 8, line 33; figures 1, 3, 4 claims 1, 2, 7, 8	17-23
A	US 6398125 B1 (LIU JUNHAI [US] ET AL) 04 June 2002 (2002-06-04) abstract column 8, line 32 - column 9, line 47; figure 1a column 10, line 7 - line 44; figure 2a claim 1	1-26
A	US 2003108459 A1 (WU L W [US] ET AL) 12 June 2003 (2003-06-12) abstract paragraph [0003] paragraph [0059] - paragraph [0060]; claim 1; figures 1a, 1b	1-26
A	WO 2014152062 A2 (LUNA INNOVATIONS INC [US]) 25 September 2014 (2014-09-25) abstract page 4, paragraph 9 page 6, paragraph 14 - page 7, paragraph 20; figure 1 claim 1	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/054324

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2017298516	A1	19 October 2017	NONE	
EP	3435744	A1	30 January 2019	EP 3435744 A1	30 January 2019
				US 2019037678 A1	31 January 2019
DE	3312232	A1	06 October 1983	AU 1314083 A	13 October 1983
				DE 3312232 A1	06 October 1983
				DE 8309927 U1	24 November 1983
				ZA 8302387 B	28 December 1983
DE	102006044906	A1	17 April 2008	NONE	
US	4140892	A	20 February 1979	BE 851481 A	16 June 1977
				CH 607540 A5	29 December 1978
				DE 2706559 A1	18 August 1977
				DE 2760198 C2	19 June 1986
				FR 2341247 A1	09 September 1977
				GB 1515824 A	28 June 1978
				JP S5442942 B2	17 December 1979
				JP S52122232 A	14 October 1977
				SU 676147 A3	25 July 1979
				US 4140892 A	20 February 1979
US	4127760	A	28 November 1978	NONE	
US	6398125	B1	04 June 2002	NONE	
US	2003108459	A1	12 June 2003	NONE	
WO	2014152062	A2	25 September 2014	EP 2969941 A2	20 January 2016
				US 2016068395 A1	10 March 2016
				WO 2014152062 A2	25 September 2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B01J19/08	H05H1/00
ADD.		
H05H1/28		
H05H1/34		
H05H1/42		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B01J H05H		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2017/298516 A1 (GANDHIRAMAN RAMPRASAD [US] ET AL) 19. Oktober 2017 (2017-10-19) Zusammenfassung Seite 1, Absatz 2 Seite 4, Absatz 55 - Absatz 58; Abbildung 1b Anspruch 1	1-26
X	EP 3 435 744 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 30. Januar 2019 (2019-01-30) Zusammenfassung Spalte 1, Absatz 3 - Absatz 4 Spalte 3, Absatz 25 - Spalte 4, Absatz 32; Abbildung 2 Ansprüche 1, 6, 8, 12, 15	1-26
	----- -/-	
☒ 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 erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
22. April 2020		08/05/2020
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 Thomasson, Philippe

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 33 12 232 A1 (ARNOLDY ROMAN F) 6. Oktober 1983 (1983-10-06) Seite 7, Zeile 1 - Zeile 10; Abbildung 2 Ansprüche 1, 2 -----	1-26
X	DE 10 2006 044906 A1 (THERMICO GMBH & CO KG [DE]) 17. April 2008 (2008-04-17) Seite 3, Absatz 21 - Absatz 27; Abbildung 1 Anspruch 1 Absätze [0013], [0022]; Ansprüche 6, 7 -----	1-26
Y	US 4 140 892 A (MULLER NIKLAUS) 20. Februar 1979 (1979-02-20) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 65 - Spalte 2, Zeile 62; Abbildung 1 Ansprüche 9-12 -----	17-23
Y	US 4 127 760 A (MEYER PHILIP J ET AL) 28. November 1978 (1978-11-28) Zusammenfassung Spalte 6, Zeile 60 - Spalte 8, Zeile 33; Abbildungen 1, 3, 4 Ansprüche 1, 2, 7, 8 -----	17-23
A	US 6 398 125 B1 (LIU JUNHAI [US] ET AL) 4. Juni 2002 (2002-06-04) Zusammenfassung Spalte 8, Zeile 32 - Spalte 9, Zeile 47; Abbildung 1a Spalte 10, Zeile 7 - Zeile 44; Abbildung 2a Anspruch 1 -----	1-26
A	US 2003/108459 A1 (WU L W [US] ET AL) 12. Juni 2003 (2003-06-12) Zusammenfassung Absatz [0003] Absatz [0059] - Absatz [0060]; Anspruch 1; Abbildungen 1a, 1b -----	1-26
A	WO 2014/152062 A2 (LUNA INNOVATIONS INC [US]) 25. September 2014 (2014-09-25) Zusammenfassung Seite 4, Absatz 9 Seite 6, Absatz 14 - Seite 7, Absatz 20; Abbildung 1 Anspruch 1 -----	1-26

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/054324

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017298516	A1	19-10-2017	KEINE	
EP 3435744	A1	30-01-2019	EP 3435744 A1	30-01-2019
			US 2019037678 A1	31-01-2019
DE 3312232	A1	06-10-1983	AU 1314083 A	13-10-1983
			DE 3312232 A1	06-10-1983
			DE 8309927 U1	24-11-1983
			ZA 8302387 B	28-12-1983
DE 102006044906	A1	17-04-2008	KEINE	
US 4140892	A	20-02-1979	BE 851481 A	16-06-1977
			CH 607540 A5	29-12-1978
			DE 2706559 A1	18-08-1977
			DE 2760198 C2	19-06-1986
			FR 2341247 A1	09-09-1977
			GB 1515824 A	28-06-1978
			JP S5442942 B2	17-12-1979
			JP S52122232 A	14-10-1977
			SU 676147 A3	25-07-1979
			US 4140892 A	20-02-1979
US 4127760	A	28-11-1978	KEINE	
US 6398125	B1	04-06-2002	KEINE	
US 2003108459	A1	12-06-2003	KEINE	
WO 2014152062	A2	25-09-2014	EP 2969941 A2	20-01-2016
			US 2016068395 A1	10-03-2016
			WO 2014152062 A2	25-09-2014