

(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
20. Mai 2010 (20.05.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/054830 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B41J 2/21 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/008097

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. November 2009 (13.11.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 057 291.8
14. November 2008 (14.11.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT FREIBURG [DE/DE]; Fahnenbergplatz, 79098 Freiburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): METZ, Tobias [DE/DE]; In der Breite 40, 79224 Umkirch (DE). KOLTAY, Peter [DE/DE]; Reinhold-Schneider-Str. 65, 79117 Freiburg (DE).

(74) Anwälte: STOECKELER, Ferdinand et al.; Postfach 246, 82043 Pullach (DE).

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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING A DROPLET OF A LIQUID

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES TROPFENS EINER FLÜSSIGKEIT

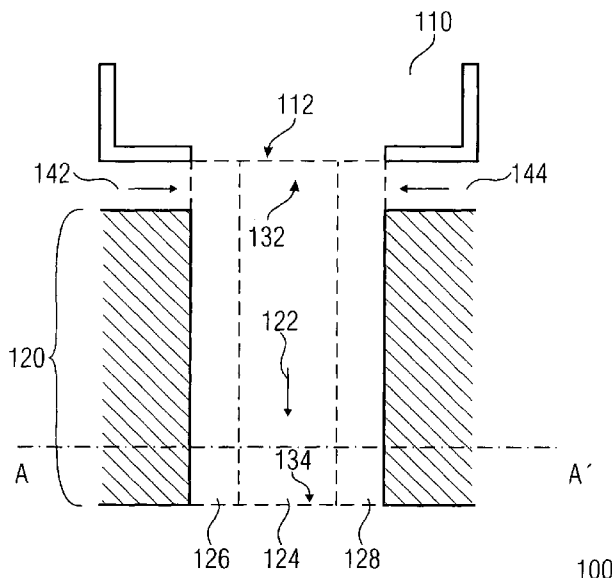


FIG 1A

(57) Abstract: The invention relates to a device for producing a droplet of a primary liquid, comprising the following: a container (110) which can be filled with a primary liquid, a pressure generator for generating a hydraulic pressure acting upon the primary liquid, at least one inlet channel for feeding a secondary fluid (142; 144) and a channel (120) which has a flow area at a right angle to the main direction of flow (122), said flow area having a main section (124) and at least one secondary section (126, 128) extending away from the main section. The device is designed in such a manner that capillary forces keep the primary liquid in the main section and that capillary forces keep the secondary fluid in the secondary section (126, 128), the container (110) being fluidically connected to a first end (132) of the channel (120) via an outlet opening (112) and the at least one inlet channel (142; 144) being also fluidically connected to the channel (120). The pressure generator is designed to exert a hydraulic pressure onto the primary liquid thereby moving the latter along the channel (120) and discharging it as a free floating droplet at a second end of the channel (102).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/054830 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderun-

gen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Es wird eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit beschrieben mit folgenden Merkmalen: einem Behältnis (110), das mit der Primärflüssigkeit befüllbar ist, einer Druckerzeugungsvorrichtung zum Erzeugen eines hydraulischen Drucks auf die Primärflüssigkeit, mindestens einem Einlasskanal zum Einleiten eines Sekundärfluids (142; 144) und einem Kanal (120), der einen Flussquerschnitt quer zu einer Hauptflussrichtung (122) aufweist, wobei der Flussquerschnitt einen Hauptbereich (124) und mindestens einen sich von dem Hauptbereich erstreckenden Nebenbereich (126, 128) aufweist, die derart gestaltet sind, dass die Primärflüssigkeit durch Kapillarkräfte in dem Hauptbereich gehalten werden kann, und das Sekundärfluid durch Kapillarkräfte in dem Nebenbereich (126, 128) gehalten werden kann, wobei das Behältnis (110) über eine Ausgangsöffnung (112) fluidisch mit einem ersten Ende (132) des Kanals (120) verbunden ist, und der zumindest eine Einlasskanal (142; 144) ebenfalls mit dem Kanal (120) fluidisch verbunden ist, und wobei die Druckerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist, um einen hydraulischen Druck auf die Primärflüssigkeit auszuüben, wodurch diese entlang des Kanals (120) bewegt und an einem zweiten Ende des Kanals (102) als frei fliegender Tropfen abgegeben wird.

Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen eines Tropfens einer Flüssigkeit

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Vorrichtungen und Verfahren zum Erzeugen eines Tropfens einer Flüssigkeit, z. B. für Dosiersysteme für die Dosierung kleiner Flüssigkeitsmengen.

Die Dosierung kleiner Flüssigkeitsmengen ist in vielen Anwendungsbereichen vom Tintenstrahldrucker bis zur Herstellung von Microarrays verbreitet und es kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz. Derartige Verfahren werden beispielsweise in den folgenden Fachveröffentlichungen beschrieben: P. Koltay, G. Birkle, R. Steger, H. Kühn, M. Mayer, H. Sandmaier und R. Zengerle, „Highly Parallel and Accurate Nanoliter Dispenser for High-Throughput-Synthesis of Chemical Compounds“, 2001, Seiten 115 - 124, im Folgenden mit [1] referenziert, P. Koltay, B. Birkenmaier, R. Steger, H. Sandmaier und R. Zengerle, „Massive Parallel Liquid Dispensing in the Nanoliter Range by Pneumatic Actuation“, H. Borgmann, Ed. Bremen: 2002, Seiten 235 - 239, im Folgenden mit [2] referenziert, und P. Koltay and R. Zengerle, „Non-contact nanoliter & picoliter liquid dispensing“, in *Proceedings of the 14th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers & Eurosensors '07)* Lyon, France: 2007, Seiten 125 - 129, im Folgenden mit [3] referenziert.

Neue Anwendungsfelder sind beständig im Entstehen. Eines der jüngsten Anwendungsfelder ist das dreidimensionale Drucken, vor allem für den Bau von Prototypen. Dabei kann einerseits ein Bindemittel auf dünne Pulverschichten gedruckt werden, oder das Aufbaumedium direkt in flüssiger Form dispensiert und im Ziel ausgehärtet werden. Letzteres kann auch mit Schmelzen z. B. von Polymeren oder Metallen ge-

schehen, welche dann im Ziel durch Abkühlen aushärten. Dadurch können beispielsweise auch elektrische Schaltkreise (Printed Circuit Boards = PCB) direkt gedruckt werden.

5 In Dosiersystemen können die folgenden zwei Dosiermechanismen grundsätzlich unterschieden werden:

- Kontaktdosierung

10 - kontaktfreie Dosierung

Bei der Kontaktdosierung kommt ein medienführendes Werkzeug der Zielfläche so nahe, dass ein flüssiger Tropfen des Mediums an der Spitze des Werkzeugs in Kontakt mit der Zielfläche kommt. Durch die Adhäsionskräfte zwischen Flüssigkeit und Zielfläche bleibt ein Teil der Flüssigkeit auf der Zielfläche zurück wenn die Spitze sich wieder davon entfernt.

20 Bei der kontaktfreien Dosierung wird durch Einbringen von Bewegungsenergie ein Tropfen aus einem Reservoir, oft mittels einer Düse, herausgeschleudert und auf die Zielfläche hin beschleunigt. Beim Auftreffen auf der Zielfläche bleibt er wiederum aufgrund der Adhäsionskräfte haften.

25

Der Vorteil der kontaktfreien Dosierung ist, dass damit kleinere Tropfen aus einem gewissen Abstand heraus auf eine Zielfläche aufgebracht werden können. Bei der Kontaktdosierung muss das Werkzeug, oftmals eine Nadel, so nahe an die Zielfläche herangebracht werden dass der Tropfen diese berührt, damit ist der kleinste Abstand ungefähr im Bereich des Tropfendurchmessers. Eine Miniaturisierung erfordert einerseits kleinere Nadeln, da diese kleiner als der zu erzeugende Tropfen sein müssen, und andererseits auch kleiner werdende Abstände. Die Nadeln sind ständig einem hohen Risiko ausgesetzt, beschädigt zu werden. Diese Gefahr wird noch verstärkt wenn in topographisch nicht glatte Flächen dosiert werden muss.

35

Bei der kontaktfreien Dosierung können wiederum verschiedene Verfahren unterschieden werden:

- 5 - Freistrahlabriss
- trägheitsgetriebene Einzeltropfendosierung
- Stoßwellenverfahren
- 10 - Vordosierverfahren

Beim Freistrahlabriss wird ein kontinuierlicher Flüssigkeitsstrahl aus einer kleinen Düse heraus erzeugt. Aufgrund energetischer Bedingungen wie sie beispielsweise in den
15 Fachveröffentlichungen von P. G. de Gennes, F. Rochard-Wyart und D. Quere, *Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves*. New York: Springer, 2003, im Folgenden als [4] referenziert, und L. Rayleigh, „On The
20 Instability Of Jets“, in *Proceedings of the London Mathematical Society* 1878, im Folgenden als [5] referenziert, beschrieben sind, zerfällt der Strahl nach einer gewissen Länge in Tropfen gleicher Größe und gleichen Abstandes.

25 Wenn der daraus resultierende kontinuierliche Tropfenstrom nicht erwünscht ist, kann der Strahl, und damit die Tropfen, in der Düse elektrostatisch aufgeladen und im weiteren Verlauf durch Anlegen von elektrischen Feldern abgelenkt und beispielsweise auf der Zielfläche positioniert werden.
30 Der Zerfall in einzelne Tropfen wird durch die Oberflächenspannung der Flüssigkeit befördert und durch die Viskosität der Flüssigkeit verlangsamt. Darin liegt denn auch der Nachteil des Verfahrens. Der Strahlzerfall hängt stark von der Viskosität ab, so dass er bei hochviskosen Medien nicht
35 mehr praktikabel funktioniert.

Bei der trägheitsgetriebenen Erzeugung von Einzeltropfen wird mittels eines Druckimpulses die Flüssigkeit in einer

Düse beschleunigt. Dadurch wird Bewegungsenergie in die Flüssigkeit eingebracht. Ist diese groß genug so reißt nach Beendigung des Druckimpulses ein Flüssigkeitstropfen ab. Dabei wird zuerst ein Teil der Flüssigkeit aus der Düse
5 herausgedrückt. Dieser Teil wird aufgrund der Oberflächenspannung und des bei Beendigung des Druckimpulses entstehenden Unterdruckes in der Düse wieder zurück in die Düse gezogen. Die eingespeiste Trägheitsenergie stabilisiert den Tropfen zuerst noch außerhalb der Düse. Die Oberflächenspannung zieht den Tropfen einerseits zurück, führt aber
10 andererseits zur Instabilität der entstehenden Einschnürung wie beim Strahlzerfall, welche zur Abschnürung einzelner Tropfen führen kann. Wenn diese Abschnürung erfolgt bevor die äußeren Tropfen ihre Bewegungsrichtung ändern, erfolgt
15 ein Tropfenabriss mit noch endlicher Geschwindigkeit aus der Düse heraus.

Damit können Einzeltropfen mit Durchmessern in der Größenordnung des Düsenradius erzeugt werden, wie in der Fachveröffentlichung von T. Lindemann, „Droplet Generation - From
20 the Nanoliter to the Femtoliter Range“. PhD Dissertation, Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) Lehrstuhl für Anwendungsentwicklung, Fakultät für Angewandte Wissenschaften Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2006, im Folgenden als
25 [6] referenziert, beschrieben wird.

Nachteil ist gleichermaßen, dass die Abschnürung des Tropfens mit zunehmender Viskosität langsamer abläuft und die Funktionalität hinsichtlich möglichst kleiner Tropfen durch
30 den Düsenradius begrenzt ist.

Bei Stoßwellenverfahren wird eine akustische Stoßwelle in der Düse erzeugt, welche sich auf das Düsenende hin bewegt und dort ebenfalls durch Trägheitseffekte einen Tropfen herausreißt und vom Reservoir weg beschleunigt. Vorteil des
35 Verfahrens ist die Möglichkeit Tropfen zu erzeugen die kleiner als der Düsendurchmesser sind. Außerdem muss die Richtung des Tropfenfluges nicht der Düsenhauptachse ent-

sprechen, sondern entspricht vielmehr der Richtung der Stoßwelle im Inneren der Düse.

Eine Möglichkeit, Einfluss auf die Tropfengröße eines zu dosierenden Tropfens zu nehmen ist die Vordosierung innerhalb des Düsensystems. Dabei wird ein definierter Düsenteil beispielsweise durch kapillare Kräfte vorbefüllt und dann durch einen folgenden Druckimpuls vollständig entleert. Dabei bildet sich einzelner Tropfen, welcher sich auf die Zielfläche hin bewegt. Vorteil des Verfahrens ist, dass die Tropfengröße im Wesentlichen nur von der Düsengeometrie abhängt. Es kann beliebig viel Energie eingebracht werden, so dass Medien verschiedenster Oberflächenspannung und Viskosität dosiert werden können, siehe die Fachveröffentlichungen R. Steger, B. Bohl, R. Zengerle und P. Koltay, „The dispensing well plate: a novel device for nanoliter liquid handling in ultra high-throughput screening“, *Journal of the Association for Laboratory Automation*, Bd. 9, Nr. 5, Seiten 291 - 299, Okt. 2004, im Folgenden als [7] referenziert, P. Koltay, R. Steger, B. Bohl und R. Zengerle, „The dispensing well plate: a novel nanodispenser for the multiparallel delivery of liquids (DWP Part I)“, *Sensors and Actuators A-Physical*, Bd. 116, Nr. 3, Seiten 483 - 491, Okt. 2004, im Folgenden als [8] referenziert, und P. Koltay, J. Kalix und R. Zengerle, „Theoretical evaluation of the dispensing well plate method (DWP part II)“, *Sensors and Actuators A-Physical*, Bd. 116, Nr. 3, Seiten 472 - 482, Okt. 2004, im Folgenden als [9] referenziert.

Eine grundsätzlich andere Form der Tropfenerzeugung stellt das Sprühen dar. Es werden nicht einzelne Tropfen gezielt dosiert, sondern ein Sprühkegel von Tropfen mit einem Öffnungswinkel von oft größer 10° erzeugt. Solche Verfahren werden oft zum flächigen Auftragen von Beschichtungen eingesetzt. Dabei können auch Partikel eines Materials (z. B. eines Metalls) zuerst mit einem Gasstrahl transportiert, und dann durch Einbringen von Energie im Flug aufgeschmolzen werden, um dann auf dem Ziel als Schicht wieder zu er-

starren. Bei solchen Verfahren spricht man vom thermischen Spritzen welche in DIN EN ISO 2063 genauer beschrieben sind. Das thermische Spritzen wird im Allgemeinen ebenfalls für Beschichtungen genutzt.

5

In der CA 2 373 149 A1 wird ein Verfahren für das thermische Spritzen beschrieben, bei dem durch aerodynamische Fluss-Fokussierung die Breite des Strahls im Ziel auf ein Zehntel des Durchmessers der Austrittsöffnung von ca. 100µm begrenzt wird. Die Partikel werden durch einen Laserstrahl aufgeschmolzen und erstarren im Ziel. Die so applizierten Tropfen können im Ziel auch noch mittels des Lasers thermisch nachbehandelt werden um z. B. die Verankerung der Schicht zu verbessern. Das Verfahren wird auch zum dreidimensionalen Drucken kommerziell angeboten (Firma Optomec, Markenname M³D). Dabei beträgt der Abstand der Düse zum Substrat ca. 5 mm. Es können Strukturen bis zu einer Höhe von 150 Mikrometern aufgebaut werden, mit Schichtdicken im Bereich von unter Hundert Nanometern bis zu einigen Mikrometern. Nachteil des Verfahrens ist, dass damit keine Einzeltropfen dosiert werden können und die Strukturgrößen für z. B. einen metallischen Formenbau zu gering sind.

10
15
20

Bei der Entwicklung von Dosiersystemen ergeben sich verschiedenartige Anforderungen an die Dosiertechnik mittels kontaktfreier Dosierung. Dabei werden die folgenden Anforderungen durch viele Dosierverfahren erfüllt:

25

a) eine hohe Reproduzierbarkeit hinsichtlich der Dosierposition

30

b) eine hohe Reproduzierbarkeit des Tropfenvolumens

c) eine hohe Dosiergeschwindigkeit.

35

Darüber hinaus ergeben sich insbesondere beim Dosieren flüssiger Medien folgende Herausforderungen, die noch Entwicklungsbedarf erfordern:

- d) das kontaktfreie Dosieren relativ hochviskoser Medien
- e) das kontaktfreie Dosieren geschmolzener Medien bei hohen Temperaturen,
- f) die weitere Verringerung des Dosiervolumens.

Ein Beispiel für kontaktfreies Dosieren geschmolzener Medien bei hohen Temperaturen wird in der Fachveröffentlichung von B. Lemmermeyer, "Ein hochtemperaturbeständiger Einzeltropfenerzeuger für flüssige Metalle", Technische Universität München, 2006, im Folgenden als [11] referenziert, beschrieben.

15

Bei der Tropfengenerierung mittels Fluss-Fokussierung strömen zwei unterschiedliche, nicht mischbare Fluide parallel meist aus verschiedenen Düsen. Dabei umgibt das Sekundärfluid das Primärfluid. Da die Fluide nicht mischbar sind, bildet sich zwischen Ihnen eine Grenzfläche aus. Entsprechend dem zuvor beschriebenen Freistrahlerfall ist diese Grenzfläche energetisch instabil und eine Erzeugung von einzelnen Tropfen des inneren Mediums wird forciert. Durch Einschnürungen des Kanalquerschnittes in welchem die beiden Medien parallel strömen wird der „Strahl“ des inneren Fluids ebenfalls eingeschnürt. Damit sinkt der nach [4; 5] zum Radius des Strahls proportionale Abstand zwischen zwei entstehenden Tropfen immer weiter bis es schließlich zum Tropfenabriss kommt. Die Tropfengröße wird dabei vor allem durch die Geometrie definiert, während die Abrissfrequenz durch die gegebenen Flussraten bestimmt wird. Da das Einschnüren des Strahls durch den gemeinsamen Fluss der Medien unterstützt wird, können Tropfen auch von Medien mit relativ hoher Viskosität erzeugt werden, wie dies in den folgenden Fachveröffentlichungen beschrieben wird: L. Anna, N. Bontoux und H. A. Stone, „Formation of dispersions using „flow focusing“ in microchannels“, *Applied Physics Letters*, Bd. 82, Nr. 3, Seiten 364 - 366, Jan. 2003, im Folgenden

als [12] referenziert, S. Okushima, T. Nisisako, T. Torii und T. Higuchi, „Controlled production of monodisperse double emulsions by two-step droplet breakup in microfluidic devices“, *Langmuir*, Bd. 20, Nr. 23, Seiten 9.905 - 9.908, Nov. 2004, im Folgenden als [13] referenziert, M. Orme, „On the Genesis of Droplet Stream Microspeed Dispersions“, *Physics of Fluids A-Fluid Dynamics*, Bd. 3, Nr. 12, Seiten 2.936 - 2.947, Dez. 1991, im Folgenden als [14] referenziert, und S. Sugiura, M. Nakajima und M. Seki, „Prediction of droplet diameter for microchannel emulsification“, *Langmuir*, Bd. 18, Nr. 10, Seiten 3.854 - 3.859, Mai 2002, im Folgenden als [15] referenziert.

Handelt es sich beim Sekundärfluid um eine Flüssigkeit so werden Tropfen oder Gasblasen eingebettet in eine flüssige Phase erzeugt. Solche Vorrichtungen werden für die Erzeugung von Emulsionen aber auch für die Erzeugung von Proben auf mikrofluidischen Chips oder die Erzeugung von Schäumen genutzt. Dabei können auch mehrere Stufen hintereinander geschaltet werden um beliebige Verschachtelungen von Tropfen zu erhalten [13]. Durch die Einbettung in eine Flüssigkeit, können so erzeugte Tropfen nicht direkt weiter auf ein festes Substrat hin beschleunigt werden. Außerdem ist ein geschlossenes Flüssigkeitssystem zum Handling der Tropfen nötig.

Verfahren bei denen es sich beim Primärfluid um eine Flüssigkeit und beim Sekundärfluid um ein Gas handelt sind nicht bekannt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Dosiervorrichtung oder ein Dosierverfahren zum Dosieren flüssiger Medien bereitzustellen, das beispielsweise auch ein kontaktfreies Dosieren hochviskoser Medien ermöglicht.

35

Zusammenfassung

Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung schafft eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit mit folgenden Merkmalen: einem Behältnis, das mit der Primärflüssigkeit befüllbar ist, einer Druckerzeugungsvorrichtung zum Erzeugen eines hydraulischen Drucks auf die Primärflüssigkeit, mindestens einem Einlasskanal zum Einleiten eines Sekundärfluids und einem Kanal, der einen Flussquerschnitt quer zu einer Hauptflussrichtung aufweist, wobei der Flussquerschnitt einen Hauptbereich und mindestens einen sich von dem Hauptbereich erstreckenden Nebenbereich aufweist, die derart gestaltet sind, dass die Primärflüssigkeit durch Kapillarkräfte in dem Hauptbereich gehalten werden kann, und das Sekundärfluid durch Kapillarkräfte in dem Nebenbereich gehalten werden kann, wobei das Behältnis über eine Ausgangsöffnung fluidisch mit einem ersten Ende des Kanals verbunden ist, und der zumindest eine Einlasskanal ebenfalls mit dem Kanal (120) fluidisch verbunden ist, und wobei die Druckerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist, um einen hydraulischen Druck auf die Primärflüssigkeit auszuüben, wodurch diese entlang des Kanals bewegt und an einem zweiten Ende des Kanals als frei fliegender Tropfen abgegeben wird.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung schafft ein Verfahren zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit mittels einer Vorrichtung, die folgende Merkmale aufweist: ein Behältnis, das mit der Primärflüssigkeit befüllbar ist; und einem Kanal (120), der einen Flussquerschnitt quer zu einer Hauptflussrichtung aufweist, wobei der Flussquerschnitt einen Hauptbereich und mindestens einen sich von dem Hauptbereich erstreckenden Nebenbereich aufweist, die derart gestaltet sind, dass die Primärflüssigkeit durch Kapillarkräfte in dem Hauptbereich gehalten werden kann, und das Sekundärfluid durch Kapillarkräfte in dem Nebenbereich gehalten werden kann, wobei das Behältnis über eine Ausgangsöffnung fluidisch mit einem ersten Ende des Kanals verbunden ist, und der zumindest eine Einlasskanal ebenfalls mit dem Kanal fluidisch verbunden ist.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen somit auch eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Generierung von flüssigen Tropfen durch eine Zweiphasenströmung.

5 Die Ausführungsbeispiele erlauben dabei das Dosieren von Tropfen eines flüssigen Primärfluids bzw. von Tropfen einer Primärflüssigkeit durch Ausstoß aus einer Düse bzw. eines Kanals. Ausführungsbeispiele sind ferner ausgebildet, den Tropfenabriss bzw. die Tropfenerzeugung durch eine die Primärflüssigkeit zumindest teilweise umgebende Fluidströmung

10 eines Sekundärfluids bzw. Antriebsfluids schon in der Düse bzw. in dem Kanal herbeizuführen.

Ausführungsbeispiele weisen dabei ferner eine Düse bzw. einen Kanal auf, in welcher sich das Primärfluid bei korrekter Auslegung aufgrund der Kapillarkräfte nur in dem Hauptbereich des Kanals befinden kann.

15

Weitere Ausführungsbeispiele weisen dabei eine sternförmige Düse bzw. einen sternförmigen Kanal auf, bei dem der Hauptbereich im Zentrum angeordnet ist und durch Neben- bzw. Peripherbereiche, die an den Hauptbereich angrenzen, umgeben ist, und wobei sich das Primärfluid - bei korrekter Auslegung - aufgrund der Kapillarkräfte nur in dem Haupt- bzw.

20 Zentralbereich befinden kann.

25

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung basieren auf einer Tropfengenerierung mittels einer Zweiphasenströmung bzw. eines Zweiphasenkanals. Ein ähnliches Verfahren der Tropfengenerierung ist die zuvor beschriebene Fluss-Fokussierung. Im Wesentlichen können die Verfahren der Fluss-Fokussierung anhand des ausströmenden Sekundärfluids und des Primärfluids unterschieden werden:

30

- 35 - Primärfluid und Sekundärfluid sind Flüssigkeiten,
- das Primärfluid ist ein Gas, das Sekundärfluid eine Flüssigkeit, und

- das Primärfluid ist eine Flüssigkeit und das Sekundärfluid ist ein Gas.

5 Beispiele der Fluss-Fokussierung, bei denen das Sekundärfluid eine Flüssigkeit ist, wurden mit Bezugnahme auf [13] zuvor schon erläutert. Handelt es sich bei dem Sekundärfluid um ein Gas, so fände ein durch die Einschnürung des Primärfluids bedingter und durch das Sekundärfluid un-
10 terstützter Tropfenabriss statt. Beispiele dieser Anwendung im Stand der Technik sind jedoch nicht bekannt.

Bei dem ebenfalls zuvor erläuterten Verfahren des thermischen Spritzens kann zwar ebenfalls eine aerodynamische
15 Fluss-Fokussierung zur Verengung des Sprühkegels benutzt werden, allerdings wird diese nicht zur Generierung der Tropfen selbst benutzt.

Kurzbeschreibung der Figuren

20

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf beiliegende Zeichnungen näher erläutert.

25 Fig. 1A zeigt einen schematischen Längsschnitt eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit.

30 Fig. 1B zeigt einen Querschnitt A-A' eines ersten Ausführungsbeispiels eines Kanals für eine Vorrichtung gemäß Fig. 1A.

35 Fig. 2A zeigt einen schematischen Längsschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels der Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens mit einer Zuleitung für das Sekundärfluid, die mit dem Behältnis für die Primärflüssigkeit und auch mit den Einlasskanälen für das Sekundärfluid fluidisch verbunden ist.

- 5 Fig. 2B zeigt ein Ausführungsbeispiel eines sternförmigen Kanals mit sechs Fingern als Ausführungsbeispiel eines Flussquerschnitts des Kanals einer Vorrichtung gemäß Fig. 2A.
- 10 Fig. 3A zeigt schematisch Stadien der Tropfengenerierung bis 3J bzw. die Schritte eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Erzeugen eines Tropfens mittels einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens gemäß Fig. 2A.
- 15 Fig. 4A zeigt eine Draufsicht eines Siliziumchips mit sternförmiger Düse und Gasanschlusskanälen eines Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens.
- 20 Fig. 4B zeigt eine Seitenansicht des gebrochenen Chips gemäß Fig. 4A.
- 25 Fig. 5A bis 5C zeigen verschiedene Darstellungen eines aufgebauten Testsystems für eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens und eine gedruckte Struktur aus Lötzinntropfen, die durch das aufgebaute Testsystem erzeugt wurde.
- 30 Fig. 6 zeigt eine Stroboskopaufnahme eines Tropfenabrisse bei der Verwendung eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels.

In den Figuren werden für gleiche oder für gleich oder ähnlich wirkende Merkmale bzw. Funktionseinheiten gleiche Bezugszeichen verwendet.

35

Für den Begriff Primärflüssigkeit werden auch die Begriffe Primärfluid, Primärphase bzw. Primärmedium verwendet, und für den Begriff Sekundärfluid auch der Begriff Sekundärme-

dium bzw. Antriebsfluid bzw. abhängig von Ausführungsbeispielen auch Sekundärgas.

Ausführungsbeispiele der Vorrichtung zum Erzeugen eines
5 Tropfens können dabei als Dosiervorrichtung bzw. Dosierer beispielsweise zur kontaktfreien Dosierung von Flüssigkeiten verwendet werden. Wobei Flüssigkeiten beispielsweise auch geschmolzene Polymere oder Metalle sein können.

10 Fig. 1A zeigt einen schematischen Längsschnitt eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung 100 zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit, die ein Behältnis 110 und einen Kanal 120 aufweist. Fig. 1B zeigt einen schematischen Querschnitt A-A' der Vorrichtung 100 gemäß Fig. 1A bzw.
15 einen Flussquerschnitt quer zu einer Hauptflussrichtung (siehe Pfeil mit dem Bezugszeichen 122) eines Sekundärfluids, wobei der Flussquerschnitt einen Hauptbereich und zwei Nebenbereiche 126, 128 aufweist, die sich von dem Hauptbereich 124 ausgehend nach außen erstrecken.

20 Dabei ist der Kanal 120 so ausgelegt, dass die Primärflüssigkeit, die bezüglich eines Materials des Kanals 120 eine erste Benetzbarkeit aufweist, durch Kapillarkräfte in dem Hauptbereich 124 gehalten werden kann und das Sekundärfluid, das im Falle einer Sekundärflüssigkeit bezüglich des
25 Materials des Kanals 120 eine zweite Benetzbarkeit aufweist, die größer ist als die erste Benetzbarkeit, durch Kapillarkräfte in dem Nebenbereich bzw. den Nebenbereichen 126, 128 gehalten werden kann. Im Falle eines Sekundärgases ist die erste Benetzbarkeit der Primärflüssigkeit derart,
30 dass ein Randwinkel der Primärflüssigkeit in Bezug auf das Material des Kanals 120 größer als 90° ist. Auf diese Art des Zweiphasen-Kanals, bei dem die Primärflüssigkeit die erste Phase und das Sekundärfluid die zweite Phase bilden,
35 wird im Folgenden noch näher eingegangen.

Das Behältnis 110 ist an einem ersten Ende 132 durch eine erste Öffnung, die auch als Ausgangsöffnung bezeichnet wer-

den kann, fluidisch mit dem Kanal 120, in diesem Falle mit dem Hauptbereich 124 und den Nebenbereichen 126, 128, verbunden. An dem dem ersten Ende gegenüberliegenden zweiten Ende des Kanals 134 kann beispielsweise der erzeugte Tropfen der Primärflüssigkeit, auf dessen Erzeugung noch näher eingegangen wird, ausgegeben werden.

Die Vorrichtung 100 zum Erzeugen eines Tropfens weist ferner einen ersten Einlasskanal 142 und einen zweiten Einlasskanal 144 zum Zuführen des Sekundärfluids (siehe Pfeile in den Einlasskanälen 142, 144) auf. Die Einlasskanäle 142, 144 sind an dem ersten Ende 132 des Kanals 120 mit dem Kanal 120 fluidisch verbunden. Dabei können die Einlasskanäle direkt mit den Nebenbereichen fluidisch verbunden sein, das heißt z. B. der erste Einlasskanal 142 direkt in den ersten Nebenbereich 126 und der zweite Einlasskanal 144 direkt in den zweiten Nebenbereich 128 münden.

In dem in Fig. 1A gezeigten Ausführungsbeispiel münden die Einlasskanäle senkrecht zu der Hauptflussrichtung 122 des Kanals 120 in den Kanal 120. In alternativen Ausführungsbeispielen können diese jedoch auch parallel zu der Hauptflussrichtung 122 in den Kanal 120 münden oder in beliebigen anderen Winkeln zu diesem. Ausführungsbeispiele weisen Einlasskanäle 142, 144 auf, die in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung einen Winkel zwischen 45° und 135° oder 70° und 110° aufweisen.

In dem in Fig. 1A gezeigten Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 100 weist die erste Öffnung 112 des Behältnisses 110 den gleichen Durchmesser wie der Querschnitt des Kanals 120 auf. In alternativen Ausführungsbeispielen kann der Durchmesser bzw. können die Dimensionen der ersten Öffnung 112 beispielsweise auch kleiner als die Größe des Querschnitts des Kanals 120 sein, und z. B. die Ausmasse des Querschnitts des Hauptbereichs 124 aufweisen.

Im Folgenden wird näher auf Ausführungsbeispiele des Kanals 120 bzw. des Zwei-Phasen-Kanals 120 eingegangen.

Zwei Fluide, d. h. Flüssigkeiten oder Gase, bilden ein
5 Zwei-Phasen-System, wenn die zwei Fluide nicht miteinander
mischbar sind. Die Grenzflächen zwischen zwei verschiedenen
Phasen werden als Phasengrenzflächen bezeichnet, wobei sich
Phasengrenzflächen nicht nur zwischen z. B. dem zuvor ge-
nannten Primärfluid und Sekundärfluid bilden, sondern auch
10 zwischen dem Primärfluid bzw. Sekundärfluid und dem Kanal
120. An insbesondere den letzt genannten Grenzflächen kön-
nen so genannte Kapillareffekte auftreten, die auf den Mo-
lekularkräften, die innerhalb eines Stoffes (Kohäsionskräf-
te) und an der Grenzfläche zwischen einem Fluid und einem
15 anderen Fluid oder einem festen Körper (Adhäsionskräfte)
beruhen.

Dabei tritt eine so genannte Kapillaraszension bei Fluiden
auf, die das Material des sogenannten Kapillargefäßes „be-
20 netzen“, wie beispielsweise Wasser auf Glas bzw. in einem
schmalen Glasröhrchen als Kapillargefäß. Das Wasser steigt
in diesem Glasröhrchen auf und bildet eine konkave Oberflä-
che (Meniskus). Dieses Verhalten ist auf die Adhäsions-
kraft, d. h. auf die Kraft, die zwischen dem Wasser und dem
25 Glas wirkt, zurückzuführen.

In anderen Worten, bei der Kapillaraszension (benetzendes
Fluid) bildet der Randwinkel bzw. Kontaktwinkel zwischen
der Wand des Kapillargefäßes und der Fluidoberfläche einen
30 Winkel, der kleiner als 90° ist.

Die so genannte Kapillardepression tritt auf, wenn das Flu-
id das Material des Kapillargefäßes „nicht benetzt“. Bei-
spiele dafür sind Quecksilber auf Glas oder Wasser auf Glas
35 mit eingefetteter Oberfläche. Derartige Fluide haben in dem
Kapillargefäß einen niedrigeren Pegel als in der Umgebung
und eine konvexe Oberfläche. Der Randwinkel bzw. Kontakt-
winkel ist größer als 90° (nicht benetzendes Fluid).

Je kleiner der Durchmesser bzw. der Querschnitt des Kapillargefäßes, desto größer sind der Kapillardruck und die Steighöhe, wobei die Kapillaraszension (benetzendes Fluid)
5 einen positiven Kapillardruck und eine positive Steighöhe bewirkt und die Kapillardepression (nicht benetzendes Fluid) einen negativen Kapillardruck und eine negative Steighöhe bewirken.

10 Bezug nehmend auf die Ausgestaltung des Kanals 120 hängt der Effekt bzw. die Fähigkeit des Kanals, das Primärfluid in dem Hauptbereich 124 zu halten, also auch davon ab, dass im Falle einer Sekundärflüssigkeit als Sekundärfluid das Primärfluid gegenüber dem Material des Kanals 120 eine geringere Benetzbarkeit als das Sekundärfluid aufweist.
15

Dabei weist im Falle von Flüssigkeiten ein Fluid gegenüber einem anderen Fluid eine höhere bzw. größere Benetzbarkeit auf, wenn das Fluid in Bezug auf das Material des Kapillargefäßes eine benetzende Eigenschaft hat und das andere Fluid eine nicht benetzende Eigenschaft hat und, wenn beide
20 Fluide eine benetzende Eigenschaft haben, das Fluid einen geringeren Kontaktwinkel aufweist als das andere Fluid.

25 Dabei hängt die Benetzbarkeit von allen drei Phasen ab, d.h. dem Material des Kapillargefäßes, der Flüssigkeit in dem Kapillargefäß und der dritten Phase, typischerweise ein Gas, wie z.B. Luft. Der Einfluss des Gases auf die Benetzbarkeit bzw. den Randwinkel der Flüssigkeit ist dabei jedoch vernachlässigbar, so dass allgemein von einer Benetzbarkeit einer Flüssigkeit gegenüber einem festen Material
30 gesprochen wird, also im Rahmen dieser Anmeldung, von einer ersten Benetzbarkeit der Primärflüssigkeit und einer zweiten Benetzbarkeit der Sekundärflüssigkeit gegenüber dem Material des Kanals 120.
35

Im Gegensatz zu den Flüssigkeiten spricht man bei Gasen allgemein nicht von einer Benetzbarkeit. Daher sind Kanäle

120 von Ausführungsbeispielen der Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit, bei denen ein Gas als Sekundärfluid bzw. Sekundärgas zum Einsatz kommt, so ausgelegt, dass ein Randwinkel der Primärflüssigkeit in Bezug auf das Material des Kanals 120 größer als 90° ist, um die Primärflüssigkeit durch Kapillarkräfte in dem Hauptbereich zu halten. In weiteren Ausführungsbeispielen, ist das Material des Kanals so gewählt, dass der Randwinkel der Primärflüssigkeit in Bezug auf das Material des Kanals größer als 110° , größer als 130° oder sogar größer als 150° ist, um die Kapillarwirkung und die Fähigkeit des Kanals die Primärflüssigkeit in dem Hauptbereich zu halten, zu erhöhen.

In weiteren Ausführungsbeispielen ist der Kanal 120 bzw. der Querschnitt des Kanals 120 so ausgelegt, dass eine Kontaktlinie zwischen der in dem Hauptbereich geführten Primärflüssigkeit und dem Kanal 120 bzw. Kanalrenzfläche senkrecht zur Hauptflussrichtung (also im Querschnitt) sehr klein ist, so dass auch der Flusswiderstand des Primärfluids erheblich reduziert ist. Damit ist ein Bewegen des Primärfluids bzw. nach dem Abreißen des Tropfens des Tropfens selbst auch bei kleinen Kräften, beispielsweise kleinen Drücken bzw. Flussgeschwindigkeiten, möglich. In Fig. 1B ist der obere Teil der Kontaktlinie durch den Pfeil und das Bezugszeichen 136 beispielhaft eingezeichnet. Die gesamte Kontaktlinie in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1B ergibt sich aus der Teilkontaktlinie 136 und der entsprechenden Teilkontaktlinie auf der unteren Seite des Kanals zwischen den Nebenbereichen 126 und 128.

In Ausführungsbeispielen des Kanals 120, wie er beispielsweise in Fig. 1B gezeigt ist, werden die Nebenbereiche 126, 128 auch als Finger oder periphere Bereiche bezeichnet und der Hauptbereich 124 auch als zentraler Bereich, der in dem Zentrum der Finger bzw. peripheren Bereiche angeordnet ist. Der Hauptbereich 124 kann dabei generell eine beliebige Form aufweisen weist jedoch vorzugsweise eine kreisförmige

Form auf, um einen möglichst geringen Querschnittsumfang (Umfang senkrecht zur Hauptflussrichtung) des Primärfluids zu ermöglichen. Die Nebenbereiche 126, 128 können alternativ zu der gezeigten rechteckigen Querschnittsform auch
5 dreieckig oder in anderen symmetrischen und unsymmetrischen Formen ausgebildet sein. Ferner könne Ausführungsbeispiele der Vorrichtung 100 zum Erzeugen zwei Nebenbereiche 126, 128 aufweisen, wie dies in Fig. 1B dargestellt ist, oder nur einen Nebenbereich bzw. mehr als zwei Nebenbereiche
10 aufweisen, wobei die Nebenbereiche wiederum über den Umfang des Hauptbereichs gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt sein können. Dabei können der Hauptbereich und der oder die Nebenbereiche beispielsweise auch eine T-Form oder L-Form bilden.

15

Fig. 2B zeigt einen schematischen Längsschnitt einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit, das gegenüber dem Ausführungsbeispiel 100 in Fig. 1A eine Zuleitung 210 für das Sekundärfluid aufweist, die wiederum mit dem Behältnis 110 für die Primärflüssigkeit und den einzelnen Einlasskanälen für das Sekundärfluid fluidisch verbunden ist (siehe die drei Pfeile ausgehend von der Zuleitung 210). In anderen Worten, die Gaszuleitung 210 ist so ausgelegt, dass sie über die fluidische Verbindung
20 212 sowohl mit den Gaseinlasskanälen 142, 144 als auch mit dem Flüssigkeitsreservoir 110 in direktem fluidischem Kontakt steht und auf einen Eingangsbereich der Einlasskanäle 142, 144 als auch auf eine - in Fig. 2A oben angeordnete - Einlassöffnung des Behältnisses 110 der selbe Druck ausge-
25 übt werden kann.
30

Fig. 2B zeigt eine Ausprägung eines Kanals 120 mit einem sternförmigen Kanalquerschnitt, wobei der sternförmige Querschnitt einen Hauptbereich 124 aufweist und sechs Nebenbereiche bzw. Finger, wobei zwei als Beispiel (stellvertretend für die anderen) mit den Bezugszeichen 126, 128 bezeichnet sind. Derartige sternförmige Kanalquerschnitte werden auch in sogenannten Sternschläuchen, im Englischen
35

auch als „StarTube“ bezeichnet, verwendet, bei denen Gasblasen durch die sternförmige Auslegung des Kanalquerschnitts mit nahezu verschwindender Kontaktlinie - senkrecht zur Bewegungsrichtung der Gasblase - in einer umgebenden Flüssigkeit geführt werden, wie dies in T. Metz, W. Streule, R. Zengerle und P. Koltay, StarTube: A Tube with Reduced Contact Line for Minimized Gas Bubble Resistance 2008, Band 24/ Heft 17 Seiten 9204 - 9206, im Folgenden als [16] referenziert wird, beschrieben wird. Dort wird beschrieben wie ein derartiger Kanalquerschnitt bezüglich des Kontaktwinkels, welcher sich aus dem Material der Struktur und zwei darin befindlichen Fluiden ergibt, zu gestalten ist, damit ein Fluid durch Kapillarkräfte im Zentrum des Kanals gehalten wird während das andere Fluid sich ausschliesslich in den Randbereichen befindet.

Die Kontaktlinie 136 bzw. der Teil der gesamten Kontaktlinie auf wenige Punkte reduziert, an denen die Finger bzw. Nebenbereiche in den Hauptbereich angrenzen bzw. zusammenlaufen. Dadurch ist der Widerstand, wie anhand von Fig. 1B schon erläutert, gegen die Bewegung sehr stark vermindert und die Möglichkeit gegeben, z. B. Gaseinschlüsse zu entfernen. Hierbei bewegen sich jedoch die Gaseinschlüsse typischerweise im Zentrum des Schlauches, während die benetzende Flüssigkeit am äußeren Rand geleitet wird.

Demgegenüber sind Ausführungsbeispiele der Erfindung so ausgebildet, dass beispielsweise nicht benetzende Flüssigkeiten, wie z. B. flüssige Metalle auf den meisten Festkörperoberflächen, als Primärflüssigkeit in der Mitte bzw. in dem Hauptbereich geführt werden und das Sekundärfluid, z. B. ein Gas, in den Randgebieten bzw. in den Nebenbereichen 126, 128 des sternförmigen Schlauches bzw. des sternförmigen Kanals vorbeiströmen.

35

Fig. 2B zeigt rechts oben einen Tropfen 202 des Primärfluids, der in dem Hauptbereich 124 (siehe dunkler Bereich der Darstellung links oben in Fig. 2B) geführt wird, während

das Sekundärfluid um den Tropfen 202 herumströmen kann. Fig. 2B rechts unten zeigt einen sternförmigen Kanal, der beispielsweise generell aufgrund seiner Materialeigenschaften das Primärfluid nicht in dem Hauptbereich halten kann
5 oder zeitweise durch Einwirkung einer Einrichtung 600 zum Verändern der Benetzbarkeit das Primärfluid nicht in dem Hauptbereich halten kann, z.B. durch eine Temperiereinrichtung, die den sogenannten Maragoni-Effekt bewirken kann, so dass sich das Primärfluid über den gesamten Querschnitt des
10 Kanals 120 ausdehnt (siehe dunkler Bereich in Fig. 2B links unten sowie sternförmige Form des Primärfluids rechts unten).

Die Fähigkeit des Kanals, das Primärfluid beispielsweise
15 als Tropfen in dem Hauptbereich zu halten, hängt von der Anzahl der Finger und den Benetzungseigenschaften des Materials bzw. der Kontaktwinkel ab.

Bezug nehmend auf Fig. 2A ist in derselben ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 200 zum Erzeugen eines Tropfens eines Primärfluids gezeigt, bei dem das Behältnis bzw. Flüssigkeitsreservoir 110 mit dem Primärfluid gefüllt ist und über eine Öffnung 112 direkt mit der sternförmigen Düse bzw. dem sternförmigen Kanal 120 verbunden ist. Weiterhin
20 sind nahe dieser Öffnung 112 die äußeren Teilkanäle bzw. Nebenbereiche (stellvertretend für alle Kanäle die Bezugszeichen 126, 128) mit Gaseinlasskanälen 142, 144 (stellvertretend für weitere Gaseinlasskanäle) verbunden. Diese Gaseinlasskanäle 142, 144 sind wiederum mit der Gaszuleitung
25 210 direkt fluidisch verbunden. Durch Anlegen eines Überdrucks an die Gaszuleitung 210 kann ein Gasfluss durch die Gaseinlasskanäle 142, 144 über die sternförmige Düse 120 in die Umgebung erzeugt werden. Die innere Oberfläche zumindest der Düse 120 ist dabei so beschaffen, dass sie durch
30 das Primärfluid nicht benetzt werden kann.
35

In anderen Worten, ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 200 weist ein Behältnis bzw. Flüssigkeitsreservoir 110,

gasführende Einlasskanäle 142, 144, eine Zuleitung 210 für das Sekundärfluid, z. B. ein Antriebsgas, und ein für die zu dosierende Primärflüssigkeit in ausreichendem Maße nicht benetzende Stern-Düse 120 bzw. allgemein Kanal 120 auf.

5

Anhand der Fig. 3A - 3J wird im Folgenden die Erzeugung der Tropfen bzw. die Stadien der Tropfenerzeugung anhand einer Vorrichtung 200 zum Erzeugen eines Tropfens gemäß Fig. 2A beschrieben. Dabei wird in dem beschriebenen Ausführungs-
10 beispiel als Sekundärfluid ein Gas verwendet.

Fig. 3A zeigt den Schritt 310 des Verfahrens zum Erzeugen eines Tropfens der Primärflüssigkeit, die sich in dem Behältnis bzw. Flüssigkeitsreservoir 110 befindet. Dabei wird
15 in Schritt 310 der Druck- oder Gasflussbeaufschlagung durch die Gaszuleitung 210 ein Gasdruck angelegt, der entsprechend auch in dem Vorraum 212 bzw. allgemein der fluidischen Verbindung 212 zwischen der Zuleitung 210 und dem Behältnis 110 bzw. den Einlasskanälen 142, 144 wirkt bzw. an-
20 liegt. In anderen Worten, in der Gaszuleitung 210, der fluidischen Verbindung 212 und den Gaseinlasskanälen liegt eine Gasphase als Sekundärfluid vor, während in dem Behältnis 110 eine Flüssigkeitsphase als Primärfluid vorliegt. Die Gasbeaufschlagung 310 erfolgt beispielsweise während des
25 gesamten Verfahrens.

Wie in Fig. 3B gezeigt, hat das Anlegen des Gasdrucks 310 einen Gasfluss 320 durch die Gaseinlasskanäle 142, 144, und damit in der sternförmigen Düse 120 zum Düsenende 134 hin,
30 zur Folge.

Fig. 3C zeigt den Schritt 330 des Erzeugens bzw. Entstehens einer Druckdifferenz zwischen Flüssigkeitsreservoir 110 und der Düse 120. Da entlang der Gaseinlasskanäle 142, 144 ein
35 Druckverlust auftritt, herrscht in der Düse 120 ein geringerer Druck als in der Reservoirkammer 110. Ist dieser Druckunterschied groß genug, wird Primärflüssigkeit aus dem

Flüssigkeitsreservoir 110 gegen den Kapillardruck in die sternförmige Düse 120 bewegt, siehe Schritt 340 in Fig. 3D.

Fig. 3D zeigt den Schritt 340 des Drückens der Flüssigkeitssäule 114 in den Hauptbereich der Düse 120. In anderen Worten, aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem Druck in dem Behältnis 110 und dem Druck in dem Kanal 120 erstreckt sich ein Teil der Primärflüssigkeit in den Kanal bzw. dehnt sich in den Kanal 120 aus. Dabei ist, wie zuvor dargelegt, beispielsweise die sternförmige Düse 120 für das Primärfluid nicht benetzend und so ausgelegt, dass die Flüssigkeit nur in den Hauptbereich des Kanals, aber nicht in die peripheren Kanäle bzw. Nebenbereiche 126, 128 eindringt, wie dies in [16] beschrieben ist.

15

Wenn die Primärflüssigkeit in die sternförmige Düse vordringt, wird der Gasfluss - aufgrund des sich verringernden für das Sekundärfluid zur Verfügung stehenden Flussquerschnitts - zunehmend behindert und in die Nebenbereiche 216, 218 der sternförmigen Düse 120 gedrängt. Dieses Erhöhen des Gegendrucks am Ende des Flüssigkeitsreservoirs bzw. des Flusswiderstandes in dem Kanal ist als Schritt 350 in Fig. 3E gezeigt (siehe kurze Pfeile ausgehend von Flüssigkeitssäule 114 entgegen der Schließrichtung in den Einlasskanälen 142, 144). Da in den Nebenbereichen 126, 128 der Flusswiderstand höher ist, verringert sich der Gasfluss (siehe Fig. 3D). Dadurch wiederum steigt der Gasdruck in der Düse an und würde, wenn der Gasfluss vollkommen zum Erliegen käme, dem Gasdruck an der Gaszuleitung 210 entsprechen (siehe Fig. 3E). Damit nimmt der Überdruck bzw. die Druckdifferenz zwischen Flüssigkeitsreservoir 110 und dem Kanal 120 ab, bis er schließlich nicht mehr ausreicht, um die Flüssigkeit weiter in die Düse zu fördern bzw. die Flüssigkeitssäule 114 in der Größe aufrechtzuerhalten. Der Kapillardruck zieht nun die Flüssigkeitssäule 114 in Richtung des Reservoirs 110 zurück.

35

In Fig. 3F wird der Schritt 360 des Zurückziehens der Flüssigkeitssäule 114 gezeigt (siehe auch Pfeil innerhalb der Flüssigkeitssäule 114). Aufgrund der Massenträgheit des vorderen Flüssigkeitsvolumens der Flüssigkeitssäule 114
5 kommt es zu einer Einschnürung 116 in der Flüssigkeitssäule bzw. dem sich in den Kanal erstreckenden Teils 116 der Primärflüssigkeit. Der Schritt bzw. Effekt der durch den Rückzug erzeugten Einschnürung 116 ist in Schritt 370 in Fig. 3G gezeigt. Dieser Effekt kann noch durch die Schwerkraft
10 unterstützt werden, indem der Kanal des Ausführungsbeispiels nach unten gerichtet angeordnet wird.

Durch Einwirkung des Überdrucks in der Düse 120 auf die Einschnürung 116 ergibt sich eine Kraftkomponente auf den
15 vorderen Teil der Flüssigkeitssäule 116 in Richtung Düsenauslass bzw. Kanalauslass 134. Dadurch wird der vordere Teil der Flüssigkeitssäule 114 auf das Kanalende 134 hin bewegt und die Einschnürung 116 weiter verstärkt. Dieser Schritt bzw. Effekt der weiteren Verstärkung der Einschnü-
20 rung aufgrund des Gasflusses und durch diesen bedingte Krafteinwirkung auf die vordere Hälfte der Flüssigkeitssäule 114 ist in Schritt 380 in Fig. 3H gezeigt.

Letztlich kommt es zur Abschnürung eines Tropfens 202 bzw.
25 zum Abreißen des vorderen Teils der Flüssigkeitssäule 114 von dem restlichen Teil der Primärflüssigkeit. In Fig. 3I ist der Effekt bzw. der Schritt 390 des Abreißen des Tropfens und dessen Förderung aus dem Kanal mit dem Gasfluss des Sekundärfluids (siehe Pfeil am Tropfen 202) gezeigt.
30 Nachdem der Tropfen von der Flüssigkeitssäule 114 abgeschnürt worden ist, wird er durch den Überdruck in der Düse aus der Düse hinaus beschleunigt (siehe Fig. 3I).

In Ausführungsbeispielen mit einer sternförmigen Düse erfährt der Tropfen nur eine geringe Kontaktlinienreibung, es
35 besteht somit nur eine geringe Gefahr, dass der Tropfen haften bleibt. Eine Kontamination der äußeren Düsenplatte kann weitestgehend ausgeschlossen werden, was wiederum ei-

nen entscheidenden Vorteil des Verfahrens darstellt. Hat der Tropfen die Düse verlassen, kann, insofern der Überdruck an der Gaszuleitung 210 noch besteht, das Primärfluid wieder in die Düse eindringen und eine neue Flüssigkeitssäule 114 erzeugt werden. Das erneute Drücken einer Flüssigkeitssäule in den Kanal ist in Fig. 3J bzw. Schritt 400 gezeigt. Der Zyklus beginnt in diesem Fall von Neuem und die Schritte bzw. Stadien Fig. 3A - 3I bzw. 3J werden wieder durchlaufen, bis ein nächster Tropfen abreißt, wie in Fig. 3I gezeigt.

Bei Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann das Tropfenvolumen hauptsächlich durch die Düsenstruktur definiert werden, da diese die Einschnürung durch den Gasfluss bzw. Fluss des Sekundärfluids und damit den Tropfenabriss bewirkt. Dabei stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, diesen Abriss geometrisch und/oder physikalisch zu beeinflussen. Beispielsweise kann der Abrissdruck durch konisch zulaufende äußere Kanäle verstärkt werden.

In einer weiteren Ausführung kann der Gasfluss auch unabhängig von dem auf das Flüssigkeitsreservoir 110 ausgeübten Druck realisiert und gesteuert werden. Beispielsweise kann, wie in Fig. 1A gezeigt, das Sekundärfluid mit einem bestimmten Druck an den äußeren Eingängen der Einlasskanäle 142, 144 angelegt werden, während kein Druck, ein atmosphärischer oder ein anderer Druck auf die Primärflüssigkeit in dem Behältnis 110 ausgeübt wird.

Entsprechend können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Vorrichtung eine Steuerung oder eine Druckerzeugungsvorrichtung zum Erzeugen und Steuern des Drucks aufweisen, die in Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 2A den Druck, mit dem das Sekundärfluid an der Zuleitung 210 angelegt wird, erzeugt, und in Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1A den Druck, mit dem das Sekundärfluid an den Eingängen der Einlasskanäle 142, 144 angelegt wird, erzeugt, und gegebenenfalls zusätzlich einen zweiten Druck steuert, der an der

Primärflüssigkeit, die in dem Behältnis 110 vorliegt, angelegt ist.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können eine
5 Druckerzeugungsvorrichtung aufweisen, die ausgebildet ist,
einen hydraulischen Druck so auf die Primärflüssigkeit
auszuüben oder einen Druckunterschied zwischen einem Druck
in dem Behältnis 110 und einem Druck in dem Kanal 120 so zu
erzeugen, dass aufgrund dessen sich die Primärflüssigkeit
10 in den Hauptbereich 124 des Kanals erstreckt. In einem Aus-
führungsbeispiel gemäß Fig. 2A ist die Druckerzeugungsvor-
richtung ausgebildet, einen gleich großen Druck auf die
Primärflüssigkeit in dem Behältnis 110 und auf einen Ein-
gangsbereich des Einlasskanals 142, 144 zu erzeugen.

15

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind so
ausgebildet, dass die Befüllung des Dosierers bzw. des Do-
sierkanals 120 durch pneumatischen Druck erfolgt und nicht
- wie bei herkömmlichen Dosierern oftmals üblich - durch
20 Kapillarkräfte. Dadurch wird das Problem der Befüllung und
blasenfreien Befüllung umgangen. Dies ist insbesondere bei
der Befüllung von flüssigen Metallen wichtig, da diese,
aufgrund ihrer hohen Oberflächenspannung, die meisten
nichtmetallischen Festkörperoberflächen nicht benetzen.

25

Weitere Ausführungsbeispiele sind ausgelegt, den Abriss-
druck ebenfalls durch die Länge der Düse zu erhöhen. Durch
eine geeignete Auslegung der Geometrie, z. B. Stufen in den
Gaskanälen, ist es dabei zudem möglich, das Tropfenvolumen
30 vollständig durch die Düsengeometrie zu definieren, so dass
es unabhängig von den physikalischen Eigenschaften des Me-
diums bzw. Fluids und über einen weiten Bereich auch nicht
anfällig für Schwankungen in der Aktuierung ist. Damit wird
die bei Dosierverfahren oft gegebene Abhängigkeit des do-
35 sierten Volumens vom Medium bzw. dem Fluid behoben.

Da der Tropfenabriss durch den Gasfluss bzw. den Fluss des
Sekundärfluids verstärkt werden kann, können Ausführungs-

beispiele ferner ausgebildet sein, mittels der Düsengeometrie, z. B. entsprechenden Kanalquerschnitten, auch höherviskose Medien bzw. Fluide als mit herkömmlichen Dosierern zu dosieren.

5

Durch die Bildung des Tropfens 202 innerhalb der Düse 120 wird ein Benetzen der Düsenplatte - welche bei herkömmlichen Verfahren durch geeignete Oberflächenbeschichtungen und Optimierung der Tinte erfolgen muss - weitestgehend
10 ausgeschlossen.

Durch die Steuerung des Druckimpulses bzw. des Drucks, mit dem das Sekundärfluid an der Zuleitung 210 (siehe Fig. 2A) oder allgemein den Einlasskanälen 142, 144 (siehe Fig. 1A)
15 angelegt wird, ist die Dosierung eines einzelnen Tropfens problemlos realisierbar, im Gegensatz zu den herkömmlichen Verfahren mittels Freistrahlabriss, bei denen ein kontinuierlicher Primärfluidstrahl notwendig ist, oder herkömmlichen Sprayverfahren oder thermischen Spritzverfahren, bei
20 denen ebenfalls ein kontinuierlicher Fluid- oder Partikelstrahl notwendig ist.

Durch die Gaszuleitung 210 bzw. die Gaseinlasskanäle 142, 144 kann beständig bei geringem Druck Gas strömen, ohne
25 dass ein Tropfen generiert wird. Dies ist vor allem für die Dosierung von Schmelzen vorteilhaft, wie dies in [11] beschrieben ist. Durch einen Fluss eines nicht oxidierenden Gases, z. B. Stickstoff, als Sekundärfluid wird dann ein Oxidieren der Schmelze, z. B. flüssiges Lötzinn, vermieden.
30 Da der Gasfluss beständig besteht, bewahrt er auch die Tropfenoberfläche während des Fluges vor Oxidation. Da der Gasfluss aus der gleichen Düse kommt, besteht nicht - wie bei anderen Dosierern - die Gefahr, dass der Gasfluss die Bewegungsrichtung des Tropfens negativ beeinflusst.

35

Die Verwendung des sekundären Fluids für die Übertragung des Drucks auf das Primärfluid und die Induktion des Trop-

fenabrisses sowie als Schutzgas erlaubt einen sehr einfachen Aufbau und kostengünstigen Antrieb des Systems.

Weiterhin kann durch die Kontrolle der Temperatur des sekundären Fluids ein Erstarren von dosierter Schmelze als Primärfluid im Flug vermieden bzw. beeinflusst werden. Das hat für die Dosierung, z. B. im Rapid-Prototyping-Bereich den Vorteil, dass die Schmelze erst nach dem Auftreffen aushärtet und somit mit dem Ziel verschmelzen bzw. sich mechanisch verankern kann.

Umgekehrt, wenn mit der Vorrichtung ein flüssiges Gas oder eine Flüssigkeit nahe dem Siedepunkt dosiert werden soll, kann durch einen kalten Gasfluss als Sekundärfluid das Verdampfen des Mediums im Flug unterdrückt werden.

Im Folgenden wird eine Testrealisierung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. eines erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben (anhand von den Fig. 4A, 4B und 5). Dabei wurde die Testrealisierung gemäß einem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2A vorgenommen. Die Düse 120 wurde als Siliziumchip mit durchgeätzter sternförmiger Düse hergestellt. In einer zweiten oberen Ätzung wurden die Gaseinlasskanäle 142, 144 realisiert.

Fig. 4A zeigt eine Draufsicht des sternförmigen Kanalquerschnitts mit zwölf Fingern 126, 128, die gleichmäßig über den Umfang des Hauptbereichs 124 des Kanals 120 verteilt angeordnet sind. Fig. 4A und 4B zeigen ferner die Gaseinlasskanäle 142, 144, die jeweils direkt in den Fingern bzw. Nebenbereichen 126, 128 senkrecht zur Hauptströmungsrichtung münden.

Fig. 5A bis 5C zeigen verschiedene Darstellungen des aufgebauten Testsystems mit dem Chip 410 (schraffierte Fläche) gemäß den Fig. 4A und 4B sowie eine gedruckte Struktur 510 aus Lötzinntropfen. Das dargestellte Testsystem weist eine Heizung 512, einen Druckkopf 514, eine Gaszuleitung 210,

eine Kamera 522 und eine Lichtquelle 524 auf. Dabei wird der Chip 410 direkt unter einem geschlossenen Behältnis bzw. Reservoirblock 514 aus beispielsweise Messing montiert, welcher sich mittels einer Heizung 512 erwärmen lässt. Fig. 5B zeigt eine schematische Darstellung des Testsystems ohne Lichtquelle 524 und Kamera 522. Fig. 5C zeigt einen Querschnitt des Blocks 514 mit dem Heizbereich 512, mit der Zuleitung 210 zur pneumatischen Aktivierung der Tropfenbildung, mit dem Behältnis 110 und dem gemeinsamen Bereich 212, über den über die Zuleitung 210 der selbe Druck auf die Flüssigkeit in dem Behältnis 110 und an den oberen Eingängen der Gaseinlasskanäle 142 angelegt werden kann. Dabei ist in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5C der Kanal 120 in einem Chip 410 implementiert, der über eine Klemmvorrichtung 590 und einem Justierungspin 592 in einer vorgegebenen Position an dem Block 514 befestigt und auch ausgetauscht werden kann.

Das darin befindliche Flüssigkeitsreservoir 110 besitzt eine Bohrung nach unten mit einem Durchmesser von 500 μm als Auslassöffnung 112, so dass die Schmelze zentral in den Chip bzw. den Kanal 120 vordringen kann. Dabei ist die Ausrichtung der Auslassöffnung 112 gegenüber dem Kanal nicht kritisch solange der Hauptbereich des Kanals überdeckt wird, da die gleiche Bedingung an die Kapillarität der Nebenkanäle welche nach [16] die Schmelze im Zentrum hält auch dafür sorgt, daß die Schmelze nicht in die Gaskanäle 142 des Chips eindringen kann.

Durch Bohrungen mit einem Durchmesser von 1 mm sind die Gaskanäle 142, 144 des Chips mit dem, sich über dem Flüssigkeitsreservoir 110 befindenden, Gasbereich 212 verbunden. Der Anschluss 210 des Antriebsgases bzw. Sekundärfluids an den Gasbereich 212 des Druckkopfs erfolgt von oben über ein Edelstahlrohr und Pneumatikleitungen. Als Gas bzw. Sekundärfluid wird Stickstoff verwendet. Über ein Zweiwegeventil lassen sich zwei unterschiedliche Gasdrücke anlegen. Die Drücke werden durch Regler vor dem Ventil eingestellt.

Im Ruhezustand wird, mittels eines geringen Gasdrucks am „normal offen“ (im Englischen „normally open“) Kanal des Ventils ein geringer Stickstofffluss durch das System aufrechterhalten. Dadurch wird eine Oxidation der Schmelze unterbunden. Vor der Montage wird das Reservoir 110 mit Lötzinn befüllt.

Am „normal geschlossen“ (im Englischen „normally closed“) - Anschluss des Ventils wird ein Gasdruck angelegt, welcher ausreicht, um einen Tropfenausstoß zu erzeugen. Damit werden bei geschaltetem Ventil Tropfen generiert.

In Fig. 5A ist das Ergebnis eines ca. 30 Sekunden anliegenden hohen Gasdrucks zu sehen. Da die Schmelze schon beim Aufprall erstarrt, bildet sich ein Turm 510 von dosierten Lötzinntropfen.

Die Tropfen reißen in dem Testsystem wie erwartet regelmäßig ab, was in den Stroboskopaufnahmen des Tropfenabrisses, siehe Fig. 6, zu sehen ist. In den Stroboskopaufnahmen in Fig. 6 ist gut zu erkennen, dass die Flüssigkeit den Kanal bzw. die Düse nicht als Strahl, sondern bereits als einzelner Tropfen verlässt. Dabei zeigt Fig. 6 den Austritt des Tropfens 202 mit einer Zeitachse, die von rechts nach links (siehe Pfeil in Fig. 6) verläuft.

Es wurden verschiedene Düsen bzw. Kanalstrukturen 120 gefertigt, die Aufnahmen wurden mit Düsen mit einem Innendurchmesser von ca. 200 μm und 14 Gaskanälen gemacht. Weitere Tests wurden mit Düsen mit einem Innendurchmesser von ca. 100 μm gemacht und es wurden Tropfen mit Durchmessern von ca. 250 μm bzw. 100 μm erzeugt.

Durch Anlegen von Druckimpulsen mit einer Länge von weniger als 5 Millisekunden konnten auch Einzeltropfen erzeugt werden.

Im Folgenden wird auf Merkmale der Erfindung, die in den Ausführungsbeispielen einzeln oder in Kombination vorliegen können, eingegangen.

5 Die zu dosierende Flüssigkeit bzw. das Primärfluid wird beim Eindringen in die Düse 120 durch Kapillarkräfte stabilisiert, vor allem gegenüber der Strömung des Sekundärfluids, mit dem die Tropfenbildung bewirkt und der Tropfenausstoß angetrieben werden.

10

Ferner können Ausführungsbeispiele der Düse 120 ein Profil nach Art des Sternkanals aufweisen.

15 Durch die Reduzierung der Kontaktlinie 134 im Querschnitt, beispielsweise durch eine sternförmige Düse gemäß Fig. 2B, werden Reibungs- und Adhäsionskräfte zwischen Primärflüssigkeit und der Düse 120 minimiert, sowie ein Benetzen der Düsenfläche weitestgehend ausgeschlossen.

20 Bei Ausführungsbeispielen wird eine Tropfenbildung bereits innerhalb der Düse 120 realisiert, die durch eine Zweiphasenströmung induziert wird. Bei allen bekannten, kontinuierlich zu betreibenden Dosierern gemäß dem Stand der Technik erfolgt der Tropfenabriss und die Tropfenbildung außerhalb der Düse.

30 Bei Ausführungsbeispielen wird durch die vom Sekundärfluid erzeugte Einschnürung 116 eine den Abriss unterstützende Kraft ausgeübt, welche den Tropfenabriss unterstützt, was gerade bei hochviskosen Medien von erheblichem Vorteil ist.

35 Bei Ausführungsbeispielen findet eine Selbstregulierung während der Tropfengenerierung dahin gehend statt, dass sich in der Düse ein nächster Tropfen erst bildet bzw. bilden kann, wenn der letzte bzw. vorhergehende Tropfen ausgestoßen wurde.

Bei Ausführungsbeispielen kann der freiliegende Tropfen 202 durch den Gasfluss bzw. Fluss des Sekundärfluids aus der Düse unmittelbar gegen Oxidation geschützt werden und je nach Anwendung gegen Abkühlen oder Erhitzen geschützt werden, ohne dass die Strahlrichtung dadurch negativ beeinflusst wird.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen erfolgt der Antrieb allein durch das Einströmen des Sekundärfluids, wodurch sowohl eine kontinuierliche Tropfenerzeugung (vergleichbar mit dem „Continuous Ink-Jet-Verfahren“) als auch eine Einzeltropfenerzeugung (vergleichbar mit dem Drop-On-Demand-Verfahren) realisiert werden kann.

Bei Ausführungsbeispielen kann durch eine weitere Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. Erhöhen des Drucks, mit dem das Sekundärfluid an der Zuleitung 210 oder direkt an den Einlasskanälen 142, 144 angelegt wird, sogar ein Ansaugen des Primärfluids durch das nach außen strömende Sekundärfluid stattfinden, wodurch ein Spray erzeugt wird. Somit können mit derselben Vorrichtung drei verschiedene Betriebsarten allein durch Einstellen des Gasdrucks erreicht werden: kontinuierliche Tropfenerzeugung, Einzeltropfenerzeugung, Sprayerzeugung.

25

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele bzw. Merkmale und Effekte von Ausführungsbeispielen in anderen Worten beschrieben.

Ausführungsbeispiele schaffen beispielsweise eine Vorrichtung zur Erzeugung von Flüssigkeitstropfen eines Primärfluids bestehend aus mindestens einer Düse 120, deren Querschnittsprofil aus einem Teilbereich 124 mit kreisförmigem Querschnitt und mindestens einem weiteren Teilbereich 126 gebildet wird, einem mit Sekundärfluid befülltem Zuleitungskanal 142 und mindestens einem mit Primärfluid befülltem Flüssigkeitsreservoir 110, sowie mindestens einer Vorrichtung zum Anlegen eines Überdrucks auf den Zuleitungskanal

35

nal 142 und/oder das Flüssigkeitsreservoir 110, wobei die Düse 120 an ihrem einen Ende 132 sowohl mit dem Zuleitungskanal 142 als auch dem Flüssigkeitsreservoir 110 fluidisch verbunden ist.

5

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung schafft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Flüssigkeitstropfen eines Primärfluids bestehend aus einem Düsenkanal 120 mit einem inneren Bereich 124 und einem äußeren Bereich 126, einem mit Primärfluid befüllten Reservoir 110 in fluidischem Kontakt 112 mit dem Düsenkanal 120, einem Sekundärfluid sowie einer Zuleitung 142 des Sekundärfluids in fluidischem Kontakt mit dem Düsenkanal 120, mindestens einer Vorrichtung zur Erzeugung eines Drucks auf das Primärfluid und das Sekundärfluid, wobei aufgrund von Kapillarkräften das Primärfluid im inneren Bereich 124 der Düse 120 und das Sekundärfluid im äußeren Bereich 126, 128 des Düsenkanals 120 geführt werden und dadurch Tropfen 202 des Primärfluids entstehen.

10
15
20

Ein anderes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung schafft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Flüssigkeitstropfen eines Primärfluids bestehend aus einem Düsenkanal 120, einem mit Primärfluid befüllten Reservoir 110 in fluidischem Kontakt 112 mit dem Düsenkanal 120, einem Sekundärfluid, sowie einer Zuleitung 142, 144 des Sekundärfluids in fluidischem Kontakt mit dem Düsenkanal 120, und mindestens einer Vorrichtung zum Anlegen eines Überdrucks auf das Primärfluid und das Sekundärfluid.

25
30

Weitere Ausführungsbeispiele der zuvor genannten Vorrichtungen weisen ferner eine Düse 120 auf, bei der sich mehr als fünf Teilkanäle bzw. Nebenbereiche 126, 128 gleichförmig um einen zentralen Kanal bzw. Hauptbereich 124 gruppieren, wobei in den äußeren Teilkanälen 126, 128 die Möglichkeit der Gaseinleitung und im zentralen Kanal die Möglichkeit der Flüssigkeitseinleitung gegeben ist.

35

Zudem können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung eine Düse 120 aufweisen, die so geformt ist, dass der zentrale Kanal 124 von spitz nach innen ragende Begrenzungen zwischen den äußeren Kanälen 126, 128 gebildet wird, um den Fluss- bzw. Strömungswiderstand zu reduzieren.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen handelt es sich um eine Vorrichtung, bei der das Sekundärfluid ein Gas und das Primärfluid eine Flüssigkeit sind.

In alternativen Ausführungsbeispielen ist das Sekundärfluid und das Primärfluid eine Flüssigkeit.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen stammt die Druckbeaufschlagung des Reservoirs 110 und des Zuleitungskanals 142, 144 aus derselben Quelle, z. B. über einen gemeinsamen Zuleitungskanal 210.

Bei anderen Ausführungsbeispielen stammt die Druckbeaufschlagung des Reservoirs 110 und des Zuleitungskanals 142, 144 aus verschiedenen Quellen.

Andere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung weisen eine Düse 120 mit entlang der Düsenachse bzw. der Hauptflussrichtung veränderlichem Durchmesser bzw. Querschnittsform auf.

Wiederum weitere Ausführungsbeispiele weisen ein Flüssigkeitsreservoir auf, das aufgeheizt oder abgekühlt werden kann, um das Primärfluid aus der festen Phase aufschmelzen zu können oder dessen Viskosität beeinflussen zu können.

Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Vorrichtung weisen zumindest eine zusätzliche Vorrichtung auf, die es erlaubt, ein elektrisches oder magnetisches Feld außerhalb des Düsenauslasses zu erzeugen, um austretende Tropfen zu manipulieren.

Ferner schaffen Ausführungsbeispiele ein Verfahren zur Erzeugung von Flüssigkeitstropfen eines Primärfluids mit folgenden Schritten: Befüllen eines Flüssigkeitsreservoirs mit Primärfluid, welches fluidisch mit mindestens einer Düse 5 120, deren Querschnittsprofil aus einem Teilbereich mit kreisförmigem Querschnitt und mindestens einem weiteren endlichen Teilbereich 126 gebildet wird, verbunden ist; Beaufschlagen des Flüssigkeitsreservoirs mit Druck, derart, dass Primärfluid in die Düse 120 gelangt; Beaufschlagen 10 mindestens eines mit Sekundärfluid befülltem Zuleitungskanals 126, 128, welcher mit derselben Düse 120 fluidisch verbunden ist, mit einem Druck, derart, dass Sekundärfluid in die Düse gelangen kann.

15 Bei weiteren Ausführungsbeispielen der Vorrichtung bzw. des Verfahrens wird der Druck an das Reservoir 110 und/oder die Zuleitungskanäle 142, 144 dauerhaft angelegt.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen der Vorrichtung und des 20 Verfahrens wird lediglich ein einzelner Druckpuls an das Reservoir und/oder die Zuleitungskanäle angelegt, um beispielsweise einen Einzeltropfen zu erzeugen.

Zudem kann bei weiteren Ausführungsbeispielen der Vorrichtung und des Verfahrens das Primärfluid in der festen Phase 25 dem Reservoir 110 zugeführt, werden, um es dann beispielsweise zu schmelzen, um eine Primärflüssigkeit zu erzeugen.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, dass Ausführungsbeispiele eine Vorrichtung und Verfahren zur Dosierung von 30 Flüssigkeitstropfen mit Hilfe einer Zweiphasenströmung schaffen und ein kontaktfreies Dosieren von Flüssigkeiten ermöglichen.

35 Dabei sind Ausführungsbeispiele beispielsweise ausgebildet, in eine sternförmige Düse ein Sekundärfluid am Rand einzuleiten und zugleich Flüssigkeit aus einem Reservoir ins Zentrum zu drücken. Dabei ist der Kanal so ausgebildet,

dass Kapillarkräfte der Struktur dafür sorgen, dass die Flüssigkeit nur im Zentrum bzw. Hauptbereich des Kanals bleibt. Da die Flüssigkeit den sekundären Fluidstrom behindert, steigt der Druck auf die Flüssigkeit und ein Tropfen
5 reißt ab. Ausführungsbeispiele nutzen beispielsweise die Lamellengeometrie in der Düse mit kapillarer Kontrolle des vorgelagerten Tropfens, und eine Aktorik durch Steuerung des sekundären Fluidflusses für den Tropfenabriss.

10 Ausführungsbeispiele der Erfindung können damit ferner ausgebildet sein, um einen oder mehrere Nachteile des Stands der Technik auszuräumen, nämlich: komplexe Aktorik, Abhängigkeit des Tropfenvolumens vom Medium, Anhaften von Tropfen am Düsenauslass, kein Schutzgas beim Dispensieren von
15 Schmelzen, nur Einzeltropfen oder Strahldosierung, keine Dosierung hochviskoser Medien.

In anderen Worten ermöglichen Ausführungsbeispiele der Erfindung: eine einfache Aktorik durch sekundäres Fluid, welches Tropfenabriss bedingt und unterstützt, Abriss von Folgetropfen unterdrückt, und als Schutzgas für Schmelzen dient; Bestimmung des Volumens durch Geometrie des Kanals; Tropfenabriss bereits in der Düse, unterstützter Tropfenabriss ermöglicht dabei Abriss hochviskoser Medien; Unterdrücken des Anhaftens durch hydrophobe Lamellengeometrie; Einstellbarkeit zwischen Strahl und Einzeltropfen durch Aktuationszeit; und Düsendurchmesser kleiner als 100 µm.

Alternative Ausführungsbeispiele der Vorrichtung und eines entsprechenden Verfahrens zum Erzeugen eines Tropfens 202 einer Primärflüssigkeit, können nachfolgende Merkmale aufweisen: ein Behältnis 110, das mit der Primärflüssigkeit befüllbar ist; und einem Kanal 120, der einen Flussquerschnitt quer zu einer Hauptflussrichtung 122 eines Sekundärfluids aufweist, wobei der Flussquerschnitt einen Hauptbereich 124 und mindestens ein sich von dem Hauptbereich erstreckenden Nebenbereich 126, 128 aufweist, wobei der Kanal 120 so ausgelegt ist, dass die Primärflüssigkeit durch
35

Kapillarkräfte in dem Hauptbereich gehalten werden kann, wobei das Behältnis an einem ersten Ende 132 des Kanals über eine Ausgangsöffnung 112 fluidisch mit dem Kanal 120 verbunden ist, und wobei der Hauptbereich 124 und der zu-
5 mindest eine Nebenbereich 126 so ausgelegt sind, dass, wenn das Sekundärfluid beispielsweise entlang der Hauptflussrichtung durch zumindest den Nebenbereich des Kanals fließt, sich aufgrund eines durch diesen Fluss entstehenden
10 Druckunterschieds zwischen einem Druck in dem Behältnis und einem Druck in dem Kanal 120 ein Teil 114 der Primärflüssigkeit in den Hauptbereich 124 des Kanals erstrecken kann, so dass ein Flusswiderstand für das Sekundärfluid in dem Kanal größer wird, wodurch der Druckunterschied reduziert
15 wird, so dass aufgrund einer Trägheit des sich in den Hauptbereich des Kanals erstreckenden Teils 114 der Primärflüssigkeit, sowie des Flusswiderstandes des Sekundärfluids und der Oberflächenspannung des Primärfluids ein Tropfen
20 202 von dem sich in den Hauptbereich des Kanals erstreckenden Teil der Primärflüssigkeit 114 in dem Kanal ablösen kann.

Dabei kann der Fluss des Sekundärfluids mittels einer Druckerzeugungsvorrichtung, wie sie zuvor beschrieben wurde, erzeugt und/oder gesteuert werden. Die anderen Ausführungen
25 zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen gelten auch entsprechend.

Anwendungsbereiche der Erfindung sind beispielsweise Inkjet-Printer, Nanoliter- und Pikoliter-Dosierer verschiedenster Art, Tintendrucker, Systeme zur Partikelgenerierung
30 beispielsweise für pharmazeutische oder biotechnologische Anwendungen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100) zum Erzeugen eines Tropfens einer
5 Primärflüssigkeit mit folgenden Merkmalen:
- einem Behältnis (110), das mit der Primärflüssigkeit
befüllbar ist,
- 10 einer Druckerzeugungsvorrichtung zum Erzeugen eines
hydraulischen Drucks auf die Primärflüssigkeit,
- mindestens einem Einlasskanal zum Einleiten eines Se-
kundärfluids (142; 144) und
- 15 einem Kanal (120), der einen Flussquerschnitt quer zu
einer Hauptflussrichtung (122) aufweist, wobei der
Flussquerschnitt einen Hauptbereich (124) und mindes-
tens einen sich von dem Hauptbereich erstreckenden Ne-
benbereich (126, 128) aufweist, die derart gestaltet
20 sind, dass die Primärflüssigkeit durch Kapillarkräfte
in dem Hauptbereich gehalten werden kann, und das Se-
kundärfluid durch Kapillarkräfte in dem Nebenbereich
(126, 128) gehalten werden kann, wobei
- 25 das Behältnis (110) über eine Ausgangsöffnung (112)
fluidisch mit einem ersten Ende (132) des Kanals (120)
verbunden ist, und der zumindest eine Einlasskanal
(142 ; 144) ebenfalls mit dem Kanal (120) fluidisch
30 verbunden ist, und wobei
- die Druckerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist, um ei-
nen hydraulischen Druck auf die Primärflüssigkeit aus-
zuüben, wodurch diese entlang des Kanals (120) bewegt
35 und an einem zweiten Ende des Kanals (120) als frei
fliegender Tropfen abgegeben wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Einlasskanal (142, 144) an dem ersten Ende (132) des Kanals mit dem zumindest einen Nebenbereich (126, 128) des Kanals fluidisch verbunden ist, um ein Einfließen des Sekundärfluids in den Kanal (120) zu ermöglichen.
5
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Einlasskanal (142, 144) in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung in einem Winkel in den Nebenbereich (126, 128) mündet, der größer als 70° und kleiner als 110° ist.
10
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Hauptbereich (124) einen kreisförmigen Strömungsquerschnitt aufweist.
15
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Primärfluid hochviskos sein kann.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Primärflüssigkeit ein geschmolzenes Metall sein kann.
20
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Behältnis ein Heizelement aufweist und/oder der Kanal ein Heizelement aufweist.
25
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Behältnis (110) und/oder der Kanal (120) zumindest ein Kühlelement aufweist.
30
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Kanal (120) mehrere Nebenbereiche (142, 144) aufweist, die sich von dem Hauptbereich (124) in verschiedene Richtungen erstrecken, und die durch in Richtung zum Hauptbereich hin verlaufende Wandabschnitte voneinander getrennt sind.
35

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Druckerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist, um einen Druckunterschied zwischen einem Druck in dem Behältnis (110) und einem Druck in dem Kanal (120) zu erzeugen, aufgrund dessen sich die Primärflüssigkeit entlang des Kanals (120) bewegt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Druckerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist, einen Fluss des Sekundärfluids entlang der Hauptflussrichtung so zu bewirken, dass der Druckunterschied entsteht, aufgrund dessen sich die Primärflüssigkeit in den Hauptbereich (124) des Kanals bewegt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11 mit folgendem Merkmal:
- einer Zuleitung (210) für das Sekundärfluid, die mit dem Behältnis (110) und mit dem zumindest einen Einlasskanal (142, 144) fluidisch verbunden ist, wobei der zumindest eine Einlasskanal derart ausgebildet ist, dass der Druckunterschied entlang des Einlasskanals (142, 144) entsteht.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Druckerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist, einen gleich großen Druck auf die Primärflüssigkeit in dem Behältnis und auf einen Eingangsbereich des zumindest einen Einlasskanals (142, 144) zu erzeugen.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Druckerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist, um einen hydraulischen Druckpuls einer bestimmten Dauer auszuüben, um einen Einzeltropfen zu erzeugen.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der Hauptbereich (124) und der Nebenbereich (126, 128) so ausgelegt sind, dass, wenn das Sekundärfluid ent-

lang der Hauptflussrichtung durch zumindest den Nebenbereich des Kanals fließt, sich aufgrund eines durch diesen Fluß entstehenden Druckunterschieds zwischen einem Druck in dem Behältnis (110) und einem Druck in dem Kanal (120) ein Teil (114) der Primärflüssigkeit in den Hauptbereich (124) des Kanals erstrecken kann, so dass ein Flusswiderstand für das Sekundärfluid in dem Kanal größer wird, wodurch der Druckunterschied reduziert wird, so dass aufgrund einer Trägheit des sich in den Hauptbereich des Kanals erstreckenden Teils (114) der Primärflüssigkeit, sowie des Flusswiderstandes des Sekundärfluids und der Oberflächenspannung des Primärfluids, sich ein Tropfen (202) von dem sich in den Hauptbereich des Kanals erstreckenden Teil der Primärflüssigkeit (114) ablöst.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei der das Sekundärfluid ein Sekundärgas ist, und der Kanal (120) so ausgelegt ist, dass ein Randwinkel der Primärflüssigkeit in Bezug auf ein Material des Kanals (120) größer als 90° ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei der das Sekundärfluid eine Sekundärflüssigkeit ist, und der Kanal (120) so ausgelegt ist, dass ein Randwinkel der Primärflüssigkeit in Bezug auf ein Material des Kanals (120) größer ist als ein Randwinkel der Sekundärflüssigkeit in Bezug auf das Material des Kanals (120).

18. Verfahren zum Erzeugen eines Tropfens einer Primärflüssigkeit mittels einer Vorrichtung (100; 200), die folgende Merkmale aufweist:

ein Behältnis (110), das mit der Primärflüssigkeit befüllbar ist; und

5 einem Kanal (120), der einen Flussquerschnitt quer zu einer Hauptflussrichtung (122) aufweist, wobei der Flussquerschnitt einen Hauptbereich (124) und mindestens einen sich von dem Hauptbereich erstreckenden Nebenbereich (126, 128) aufweist, die derart gestaltet sind, dass die Primärflüssigkeit durch Kapillarkräfte in dem Hauptbereich gehalten werden kann, und das Sekundärfluid durch Kapillarkräfte in dem Nebenbereich (126, 128) gehalten werden kann,

10

wobei das Behältnis (110) über eine Ausgangsöffnung (112) fluidisch mit einem ersten Ende (132) des Kanals (120) verbunden ist, und der zumindest eine Einlasskanal (142 ; 144) ebenfalls mit dem Kanal (120) fluidisch verbunden ist;

15

wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

20

Befüllen des Behältnisses (110) mit der Primärflüssigkeit; und

25

Ausüben eines hydraulischen Drucks auf die Primärflüssigkeit, wodurch diese entlang des Kanals (120) bewegt und an einem zweiten Ende des Kanals (102) als frei fliegender Tropfen abgegeben wird.

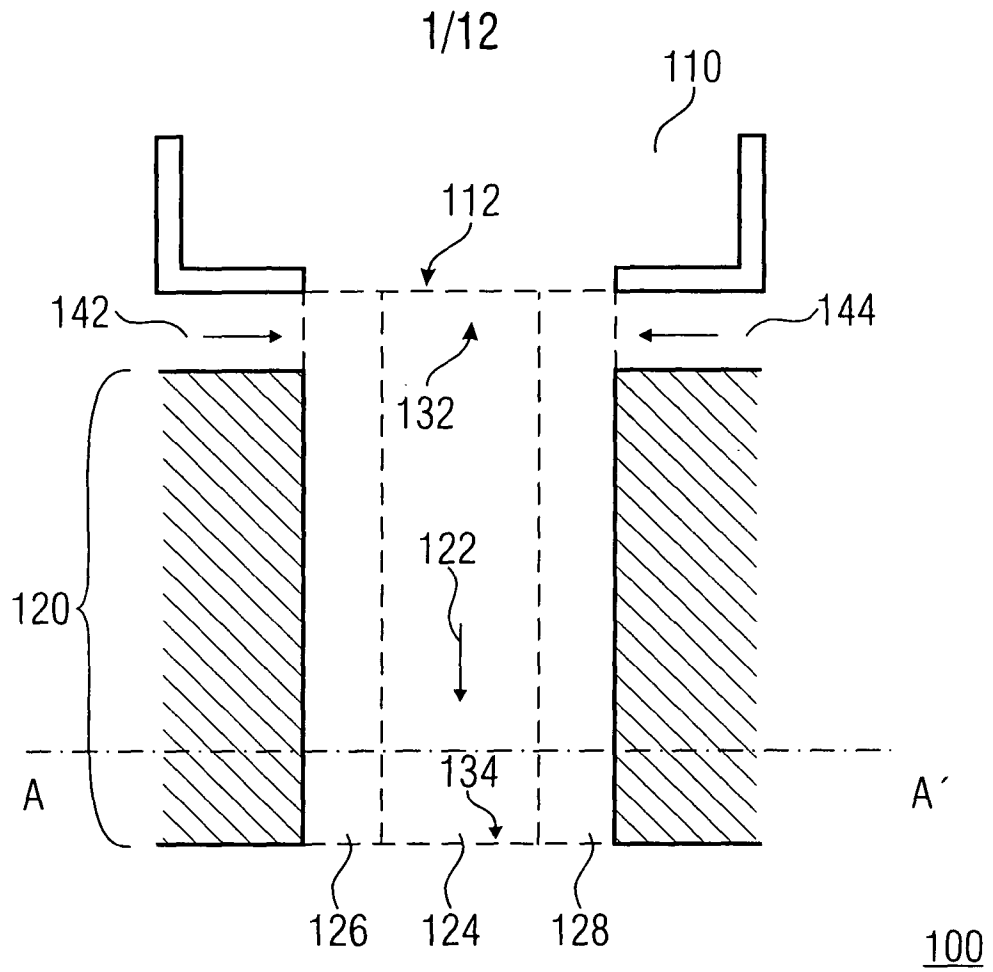


FIG 1A

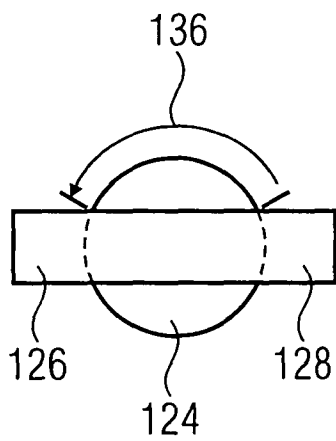


FIG 1B

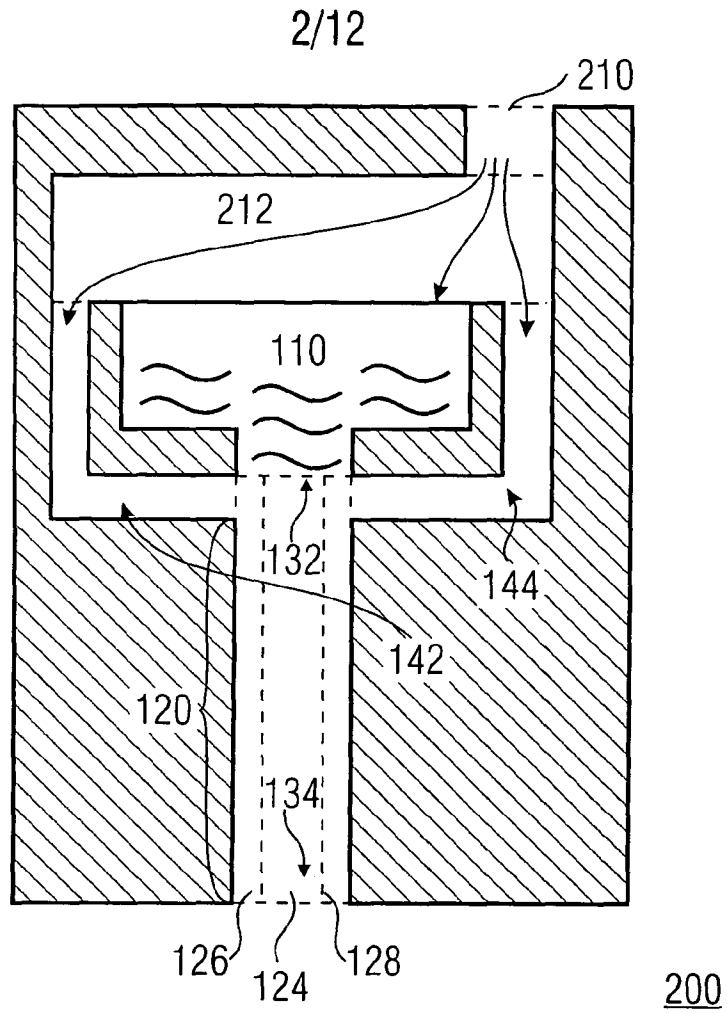


FIG 2A

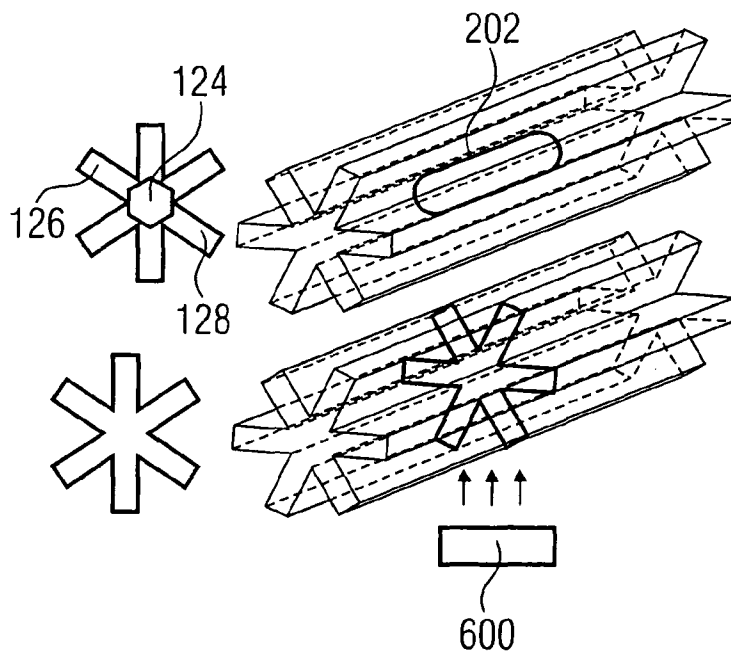


FIG 2B

FIG 3A

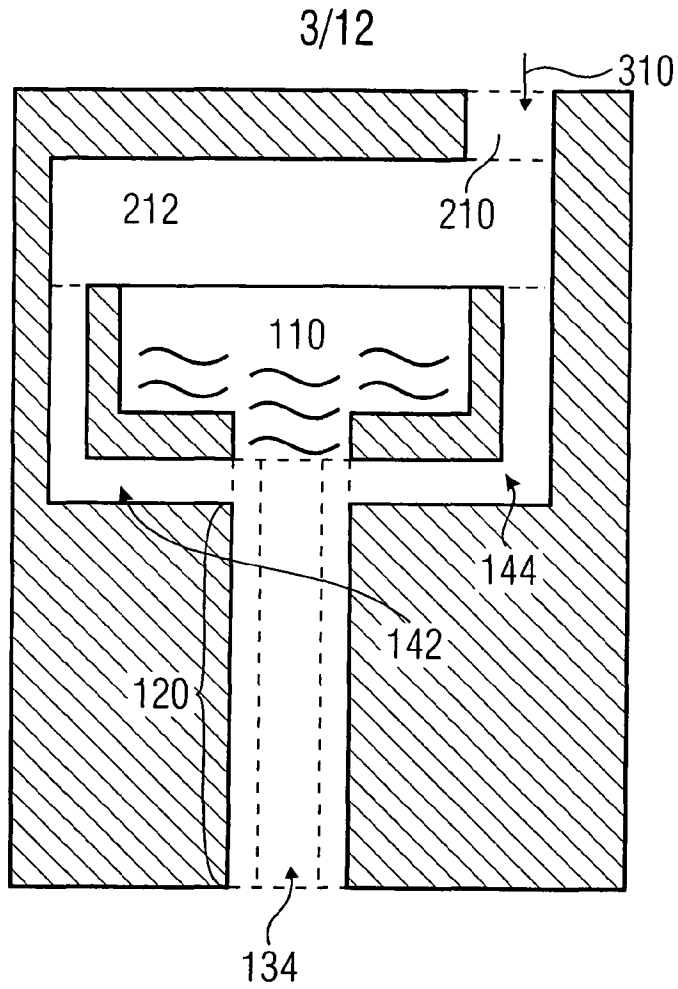
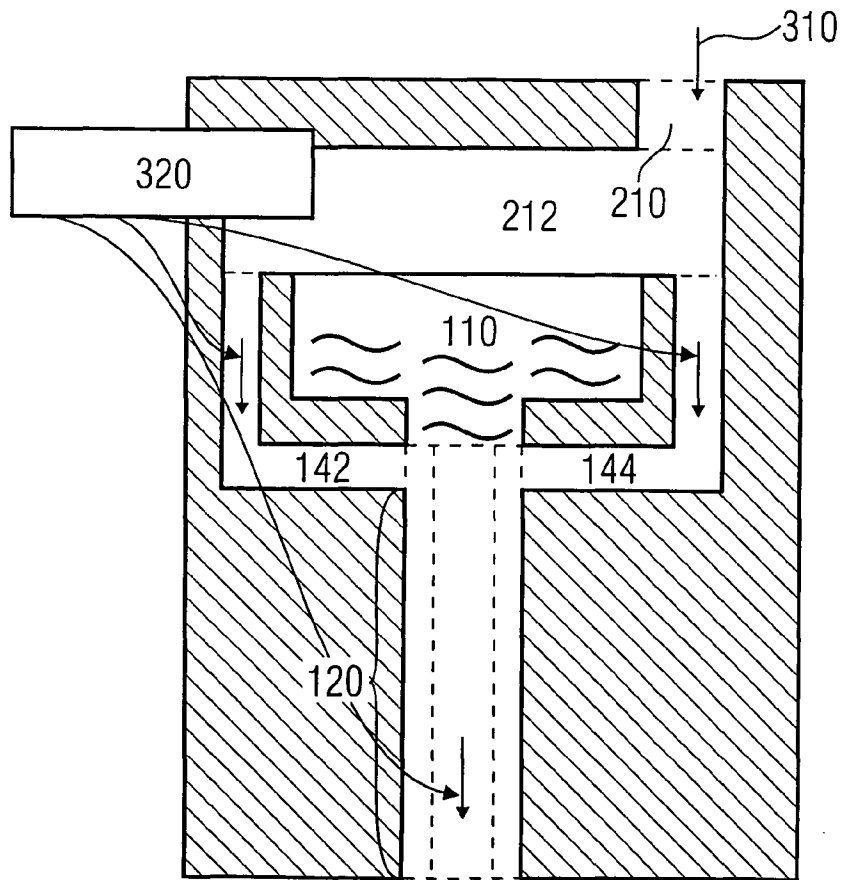


FIG 3B



4/12

FIG 3C

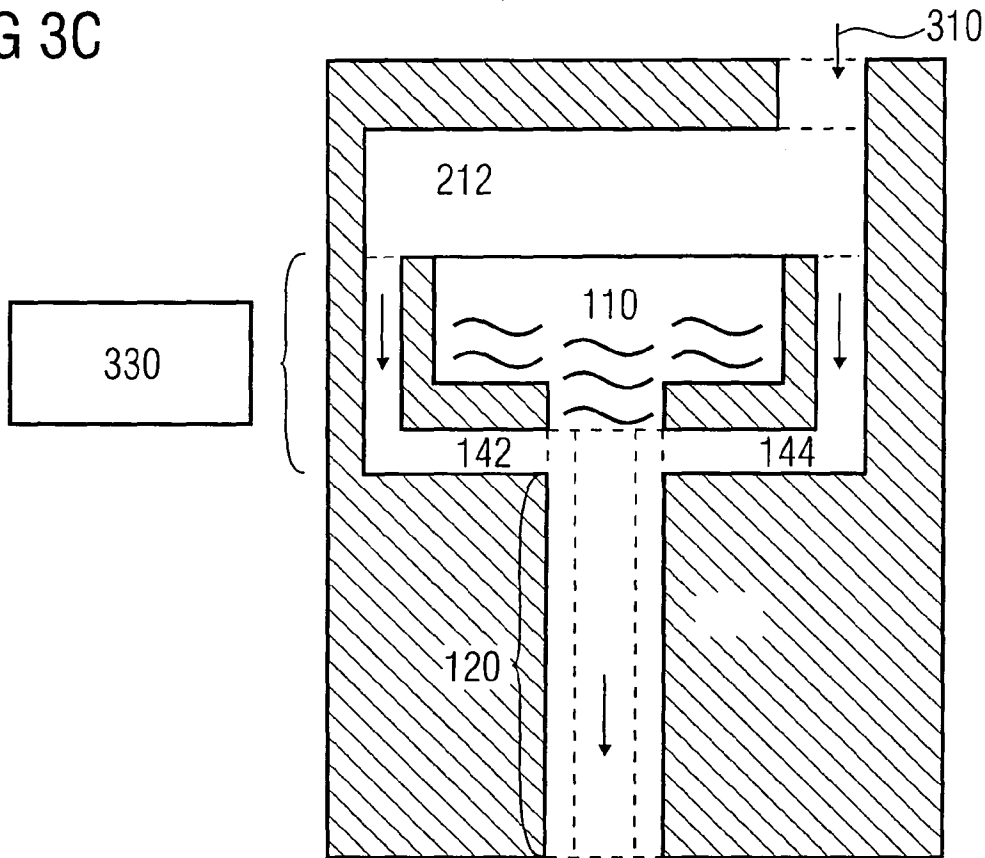


FIG 3D

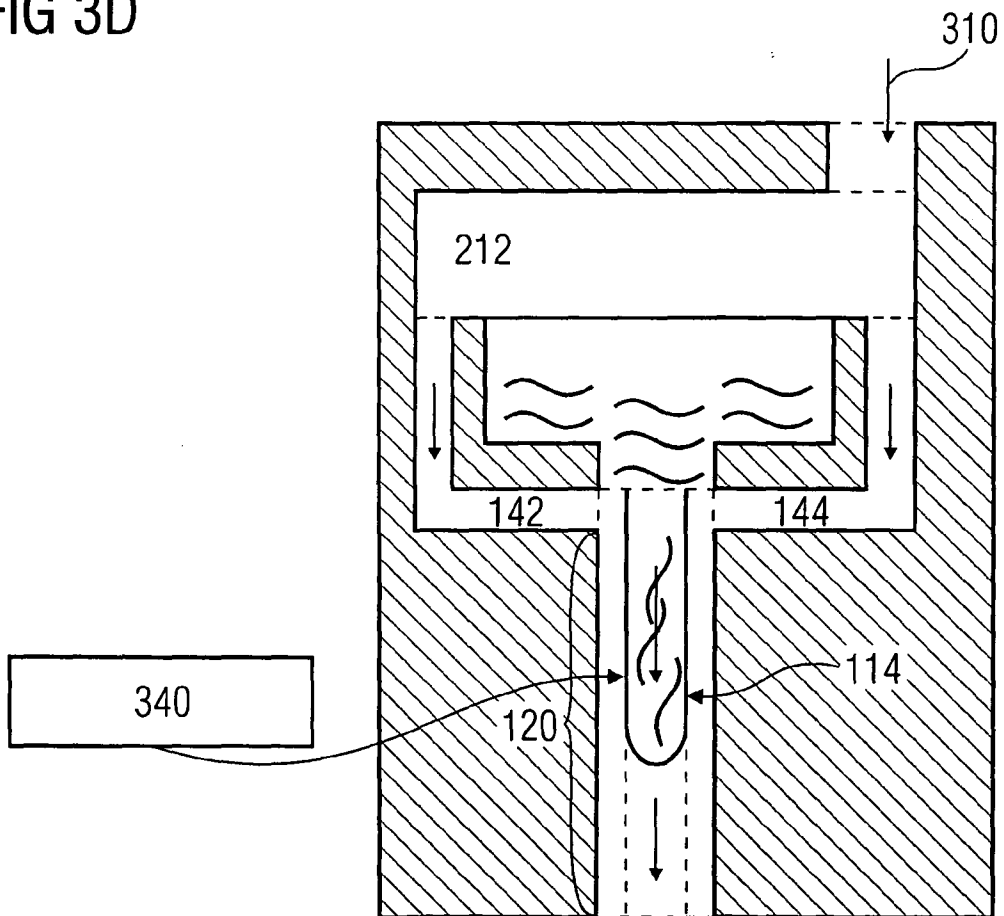


FIG 3E

5/12

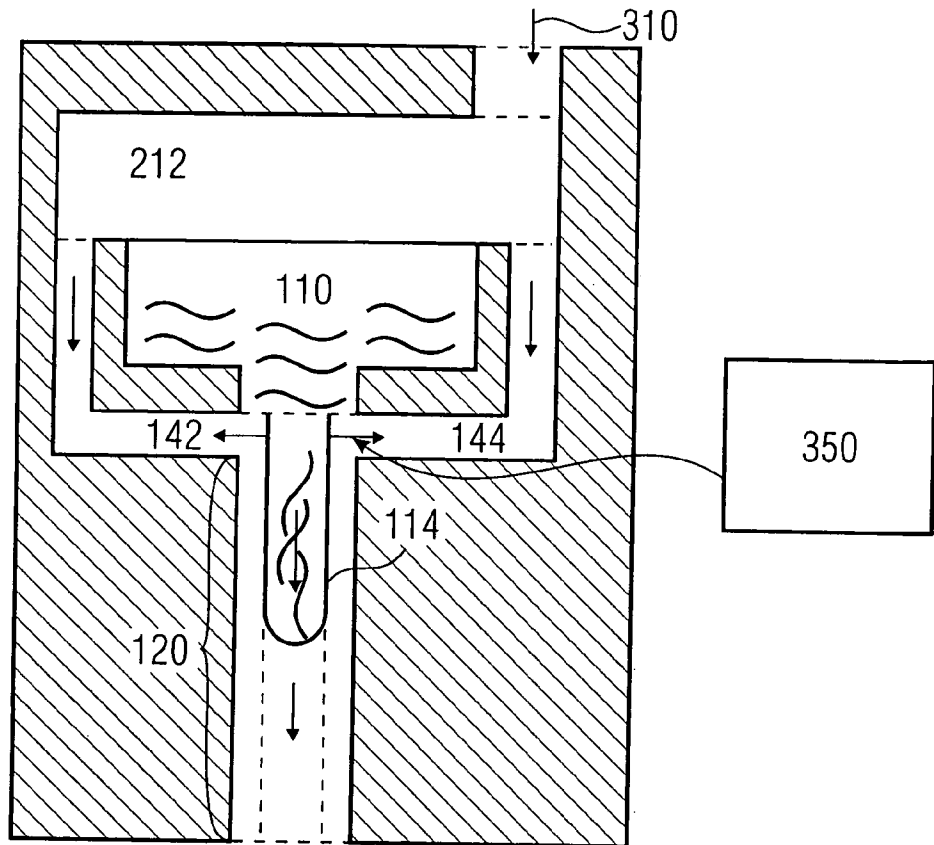


FIG 3F

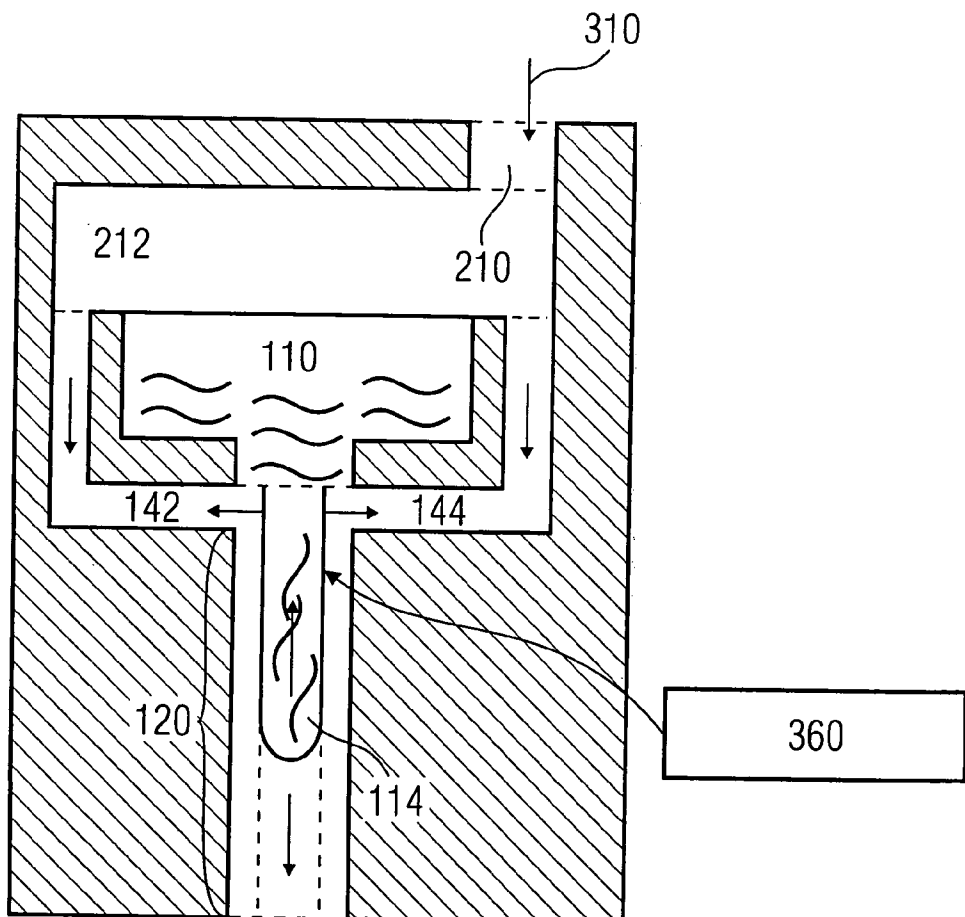


FIG 3G

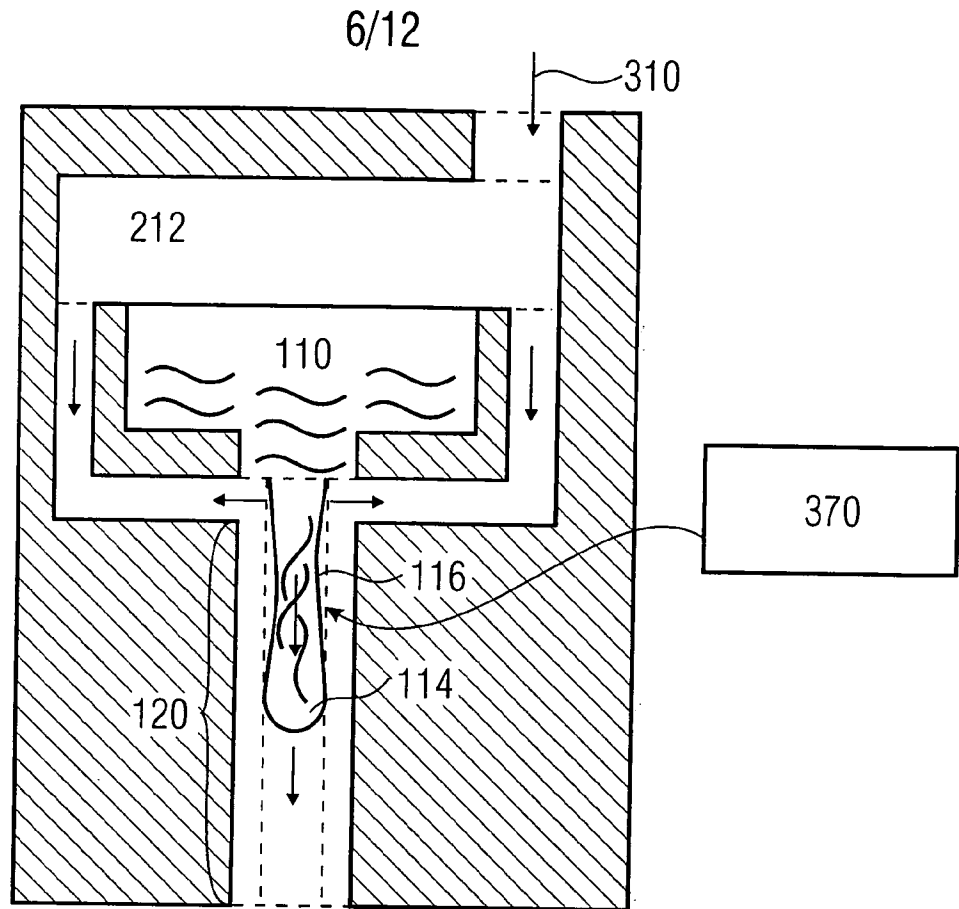
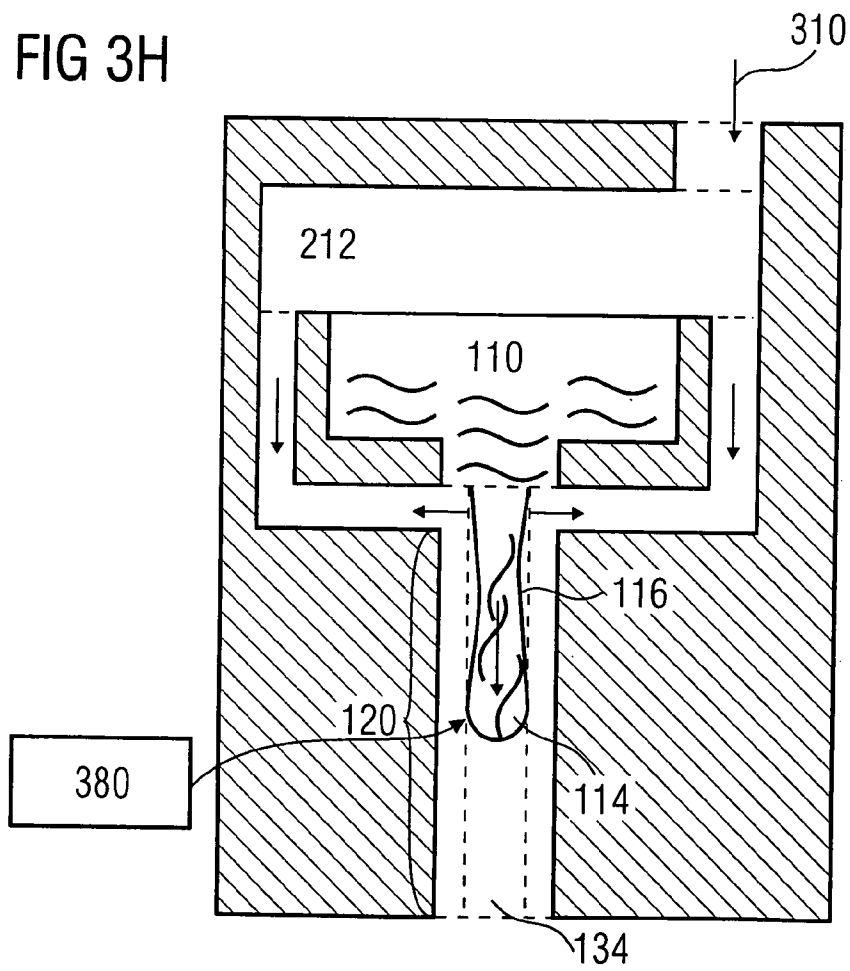


FIG 3H



7/12

FIG 3I

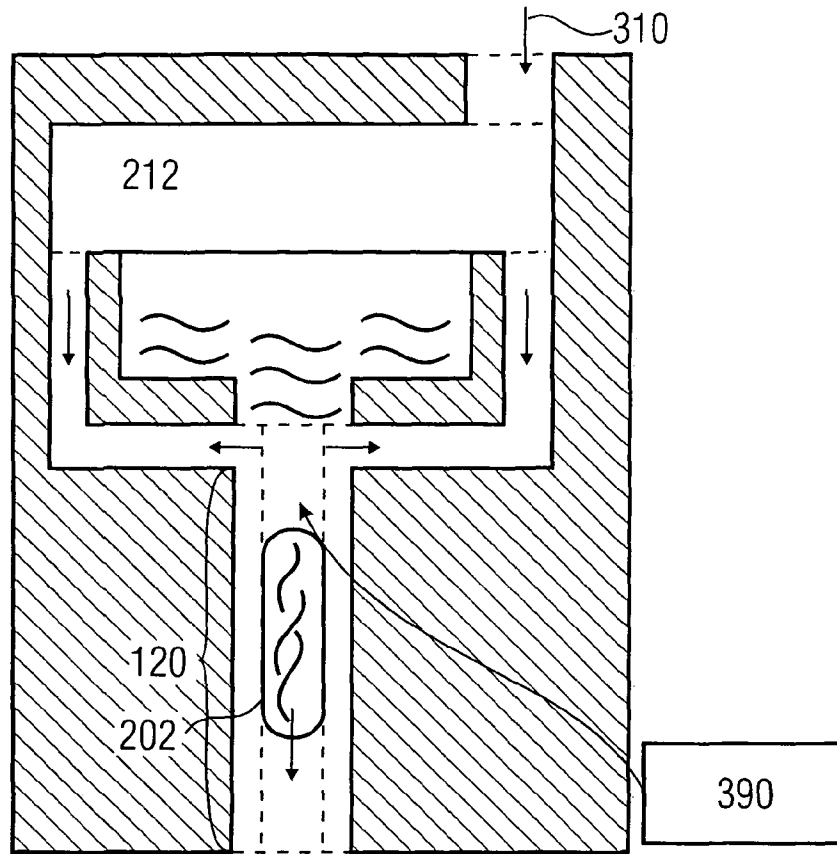
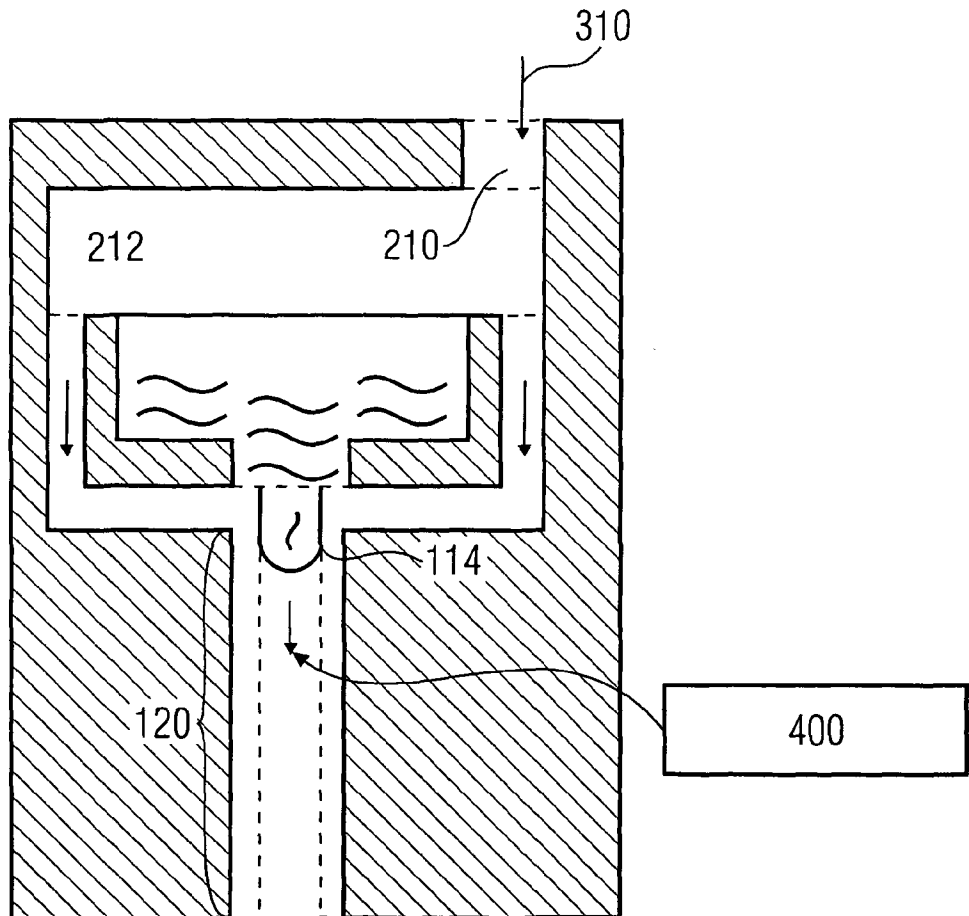


FIG 3J



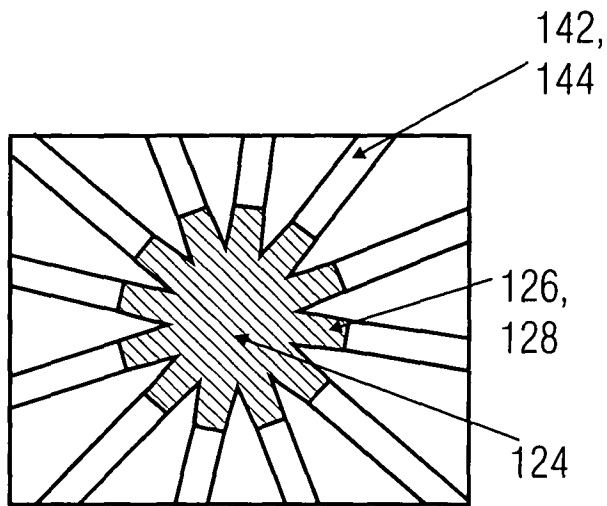


FIG 4A

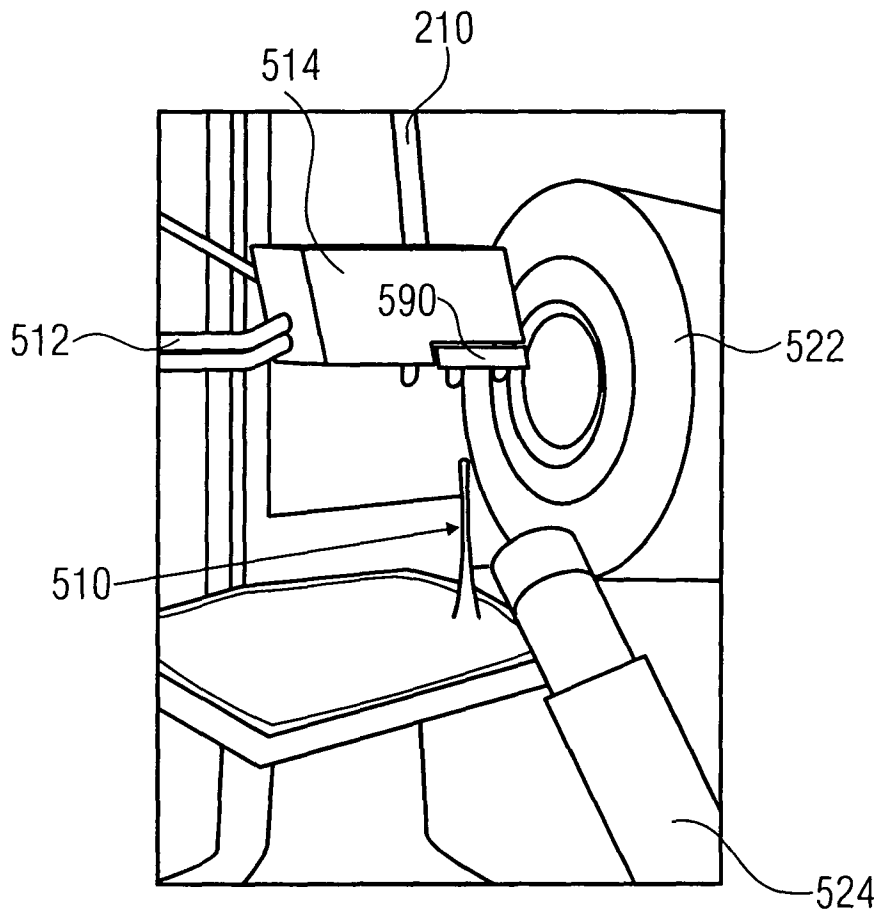


FIG 5A

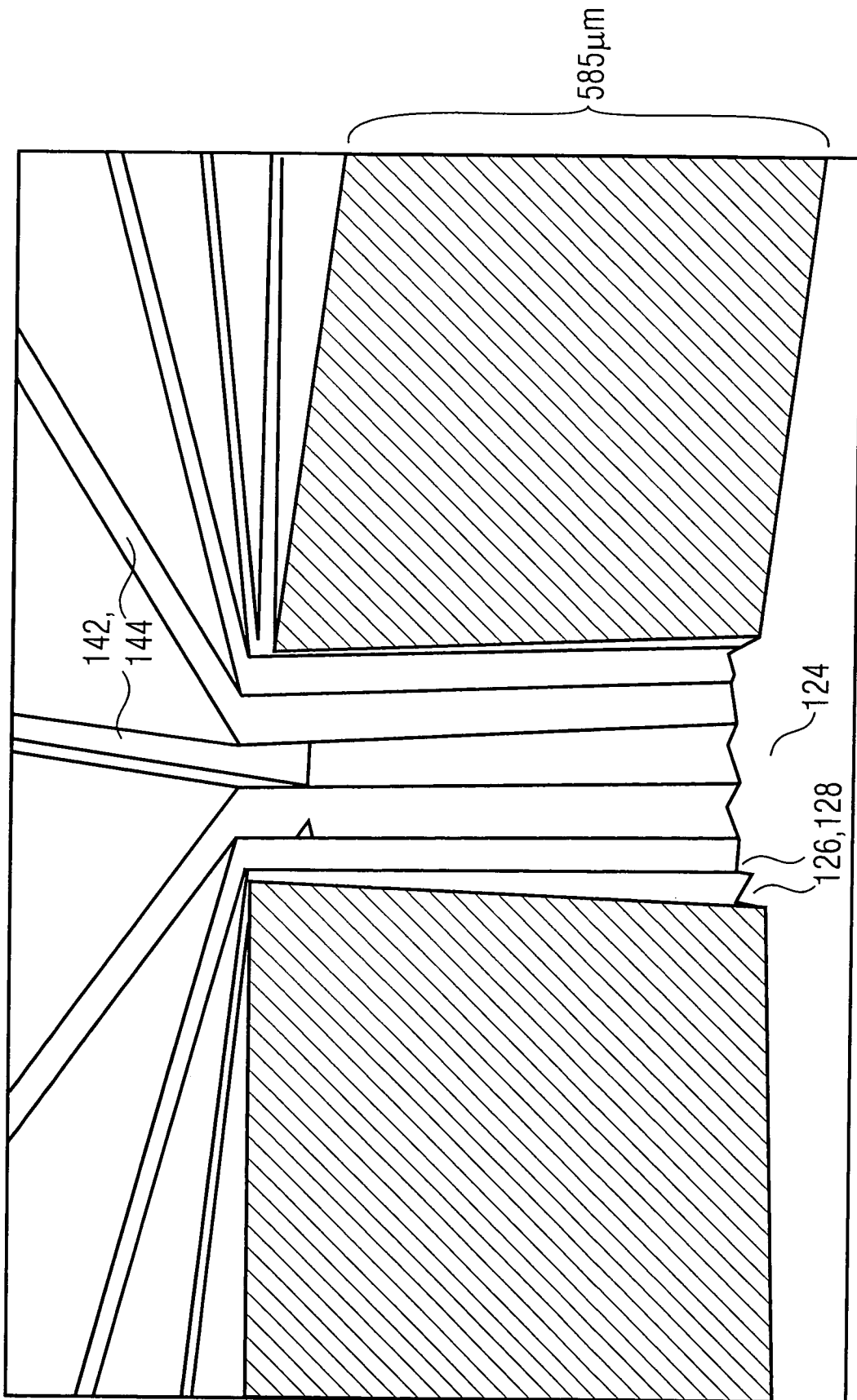


FIG 4B

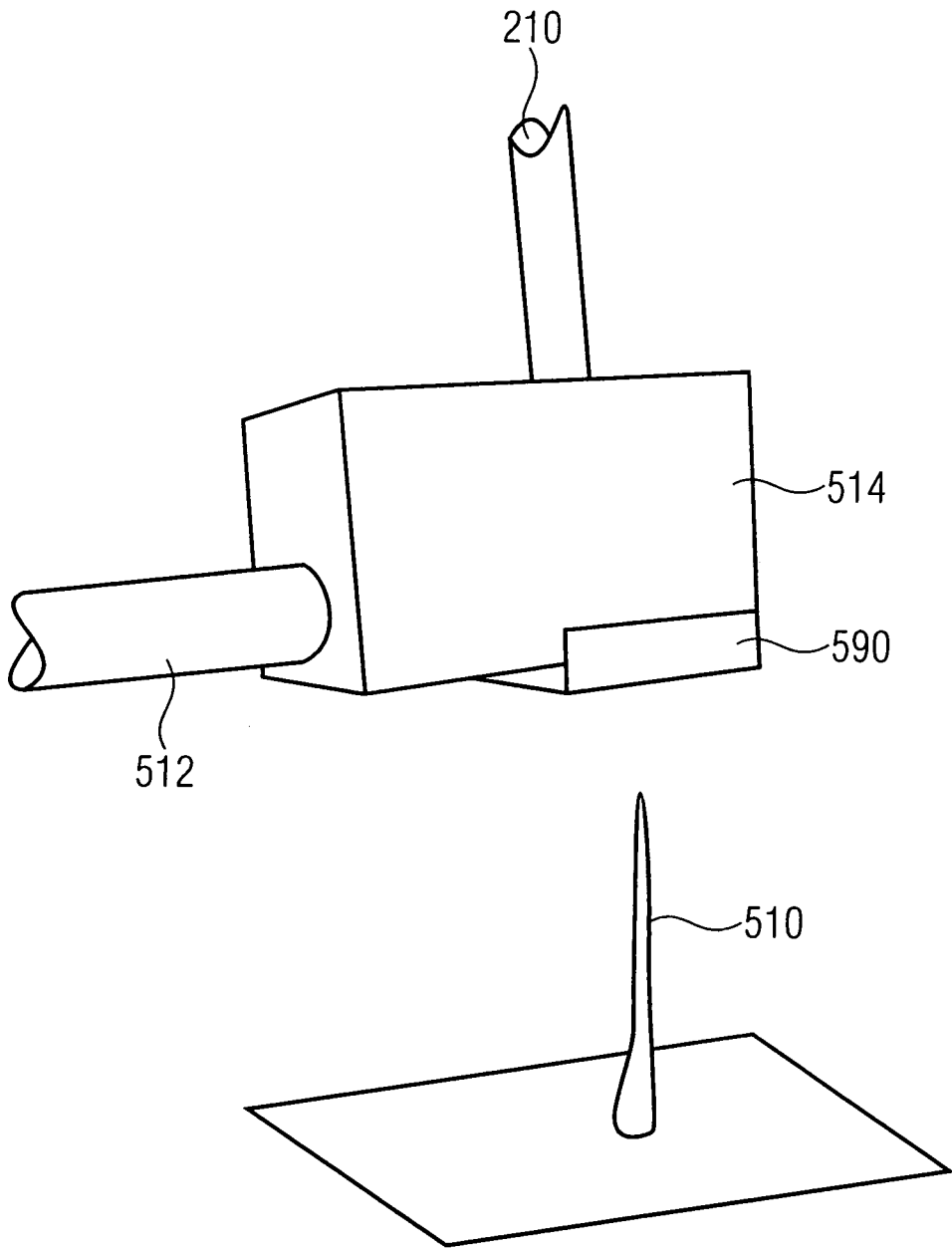


FIG 5B

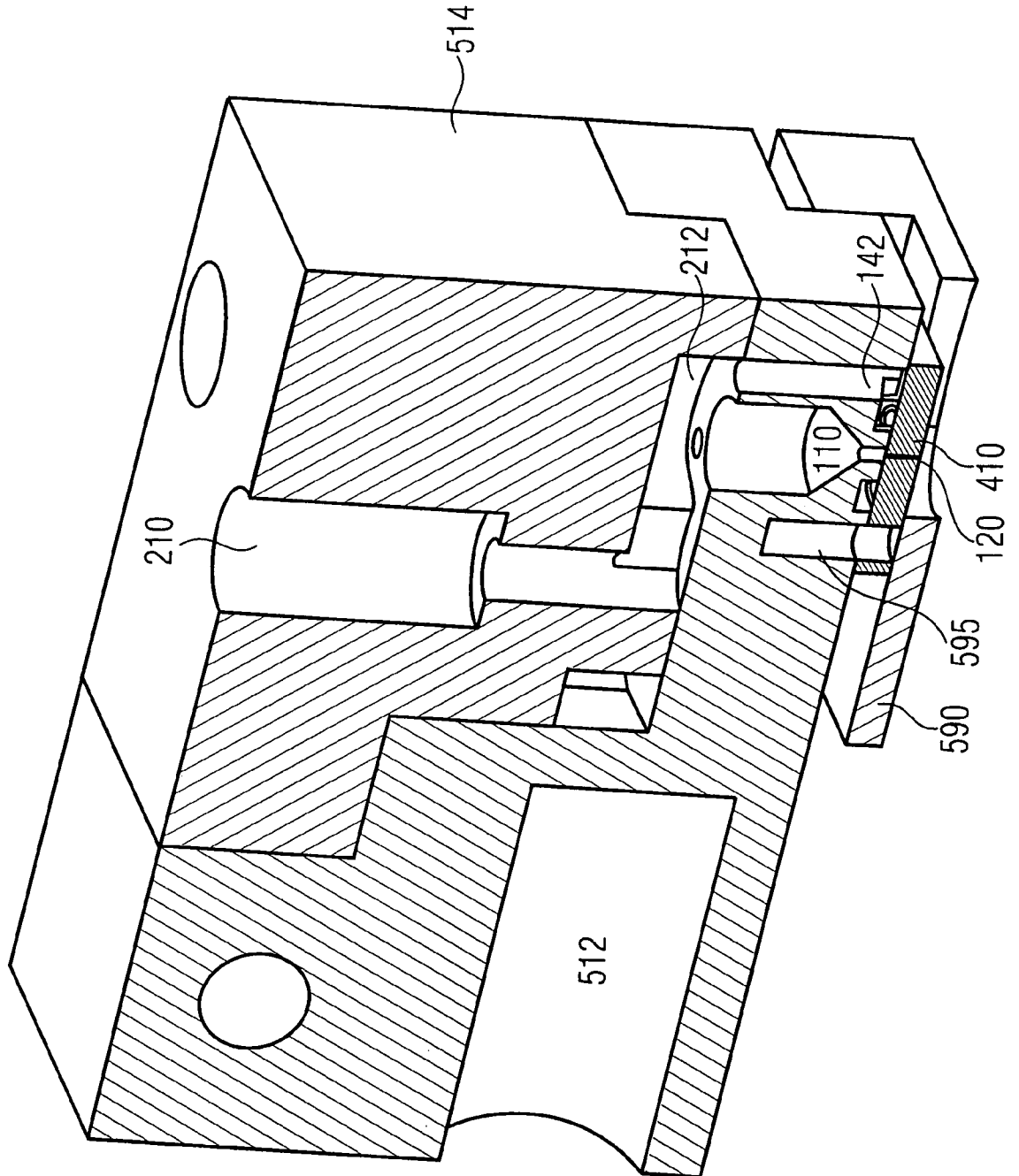


FIG 5C

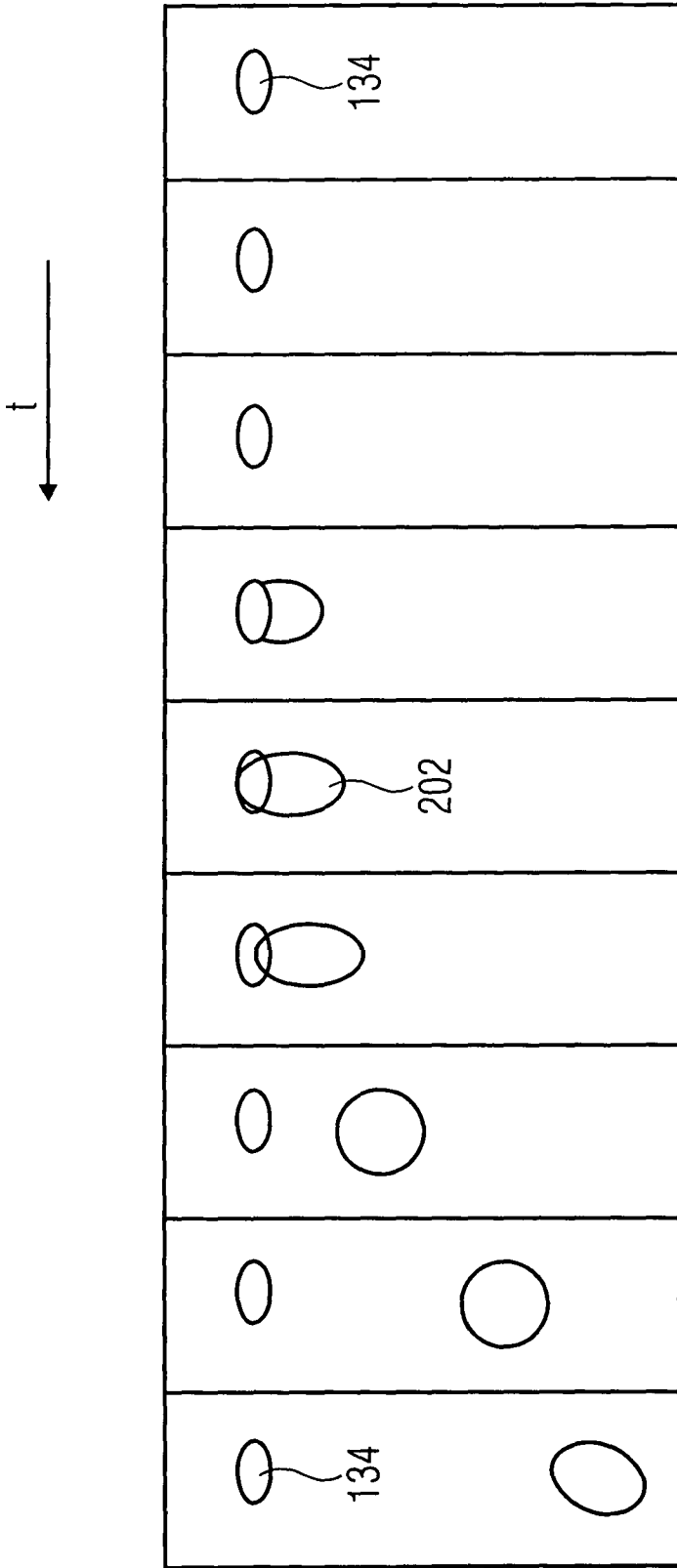


FIG 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/008097

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B41J2/21

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)
B41J

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 655 337 A2 (SONY CORP [JP]) 31 May 1995 (1995-05-31)	1-7,9-18
A	column 12, line 13 - column 13, line 56; figures 24-28	8
X	EP 0 739 742 A2 (SONY CORP [JP]) 30 October 1996 (1996-10-30)	1-5,7, 10, 13-15,18
A	column 4, line 47 - column 7, paragraph 46; figure 2	6,8-9, 11-12, 16-17
X	US 2002/015069 A1 (YAMAMOTO RYOICHI [JP] ET AL) 7 February 2002 (2002-02-07)	1-5,7, 10, 13-15,18
A	paragraphs [0067] - [0069], [0083]; figures 2,5	6,8-9, 11-12, 16-17

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 document 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

25 March 2010

Date of mailing of the international search report

08/04/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zacchini, Daniela

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/008097

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 0 739 956 A2 (SONY CORP [JP]) 30 October 1996 (1996-10-30) page 4, line 53 - page 6, line 23; figures -----	1-5,7, 10, 13-15,18 6,8-9, 11-12, 16-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/008097

Patent document cited in search report	A2	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0655337	A2	31-05-1995	US 6036295 A	14-03-2000
EP 0739742	A2	30-10-1996	CN 1143016 A	19-02-1997
			DE 69608737 D1	13-07-2000
			DE 69608737 T2	08-02-2001
			JP 8323982 A	10-12-1996
			US 5777636 A	07-07-1998
US 2002015069	A1	07-02-2002	JP 2002036606 A	06-02-2002
EP 0739956	A2	30-10-1996	AT 194160 T	15-07-2000
			CN 1141240 A	29-01-1997
			DE 69609005 D1	03-08-2000
			DE 69609005 T2	08-03-2001
			ES 2147326 T3	01-09-2000
			JP 3735885 B2	18-01-2006
			JP 8295013 A	12-11-1996
			US 5958122 A	28-09-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/008097

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B41J2/21

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B41J

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 655 337 A2 (SONY CORP [JP]) 31. Mai 1995 (1995-05-31)	1-7,9-18
A	Spalte 12, Zeile 13 - Spalte 13, Zeile 56; Abbildungen 24-28	8
X	EP 0 739 742 A2 (SONY CORP [JP]) 30. Oktober 1996 (1996-10-30)	1-5,7, 10, 13-15,18
A	Spalte 4, Zeile 47 - Spalte 7, Absatz 46; Abbildung 2	6,8-9, 11-12, 16-17
X	US 2002/015069 A1 (YAMAMOTO RYOICHI [JP] ET AL) 7. Februar 2002 (2002-02-07)	1-5,7, 10, 13-15,18
A	Absätze [0067] - [0069], [0083]; Abbildungen 2,5	6,8-9, 11-12, 16-17
	----- -/--	

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

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, 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 | <ul style="list-style-type: none"> *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 anderen 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 25. März 2010	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 08/04/2010
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 Zacchini, Daniela

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/008097

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<p>X</p> <p>A</p>	<p>EP 0 739 956 A2 (SONY CORP [JP]) 30. Oktober 1996 (1996-10-30)</p> <p>Seite 4, Zeile 53 - Seite 6, Zeile 23; Abbildungen</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1-5,7, 10, 13-15,18 6,8-9, 11-12, 16-17</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/008097

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0655337	A2	31-05-1995	US 6036295 A	14-03-2000
EP 0739742	A2	30-10-1996	CN 1143016 A	19-02-1997
			DE 69608737 D1	13-07-2000
			DE 69608737 T2	08-02-2001
			JP 8323982 A	10-12-1996
			US 5777636 A	07-07-1998
US 2002015069	A1	07-02-2002	JP 2002036606 A	06-02-2002
EP 0739956	A2	30-10-1996	AT 194160 T	15-07-2000
			CN 1141240 A	29-01-1997
			DE 69609005 D1	03-08-2000
			DE 69609005 T2	08-03-2001
			ES 2147326 T3	01-09-2000
			JP 3735885 B2	18-01-2006
			JP 8295013 A	12-11-1996
			US 5958122 A	28-09-1999