

(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
3. März 2011 (03.03.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/023344 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B01B 1/00 (2006.01) **F28D 9/00** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/005142

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. August 2010 (21.08.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 039 397.8
31. August 2009 (31.08.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE** [DE/DE]; Kaiserstrasse 12, 76131 Karlsruhe (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRANDNER, Jürgen** [DE/DE]; Konrad-Adenauer-Strasse 49, 69207 Sandhausen (DE). **SCHYGULLA, Ulrich** [DE/DE]; Am Pfarrgar-

ten 15, 76646 Bruchsal (DE). **ANURJEW, Eugen** [DE/DE]; Schneidemühlerstrasse 12f, 76139 Karlsruhe (DE). **HANSJOSTEN, Edgar** [DE/DE]; Neureuter Hauptstrasse 152, 76149 Karlsruhe (DE).

(74) Anwalt: **WEDDIGEN, Andreas**; Hermann-von-Helmholtz Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE).

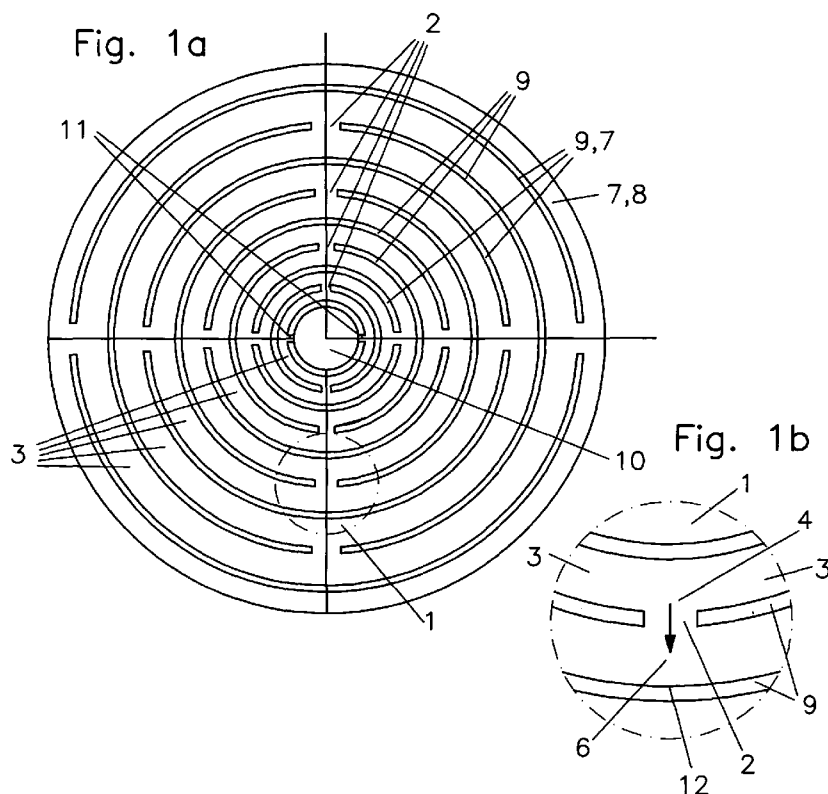
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MICROSTRUCTURE EVAPORATOR

(54) Bezeichnung : MIKROSTRUKTURVERDAMPFER



(57) Abstract: The aim of the invention is to provide a microstructure evaporator with increased efficiency. To this end, a microstructure evaporator is provided with a fluid inlet (10, 15), a vapour outlet (16) and at least one evaporation stage heated by heating means and comprising at least one nozzle opening (2) respectively having at least two fluid admissions (3) oriented in relation to each other.

(57) Zusammenfassung: Die Aufgabe besteht darin, einen Mikrostrukturverdampfer mit erhöhter Effizienz vorzuschlagen. Die Aufgabe wird durch einen Mikrostrukturverdampfer, umfassend einen Fluideintritt (10, 15), einen Dampfaustritt (16) sowie mindestens eine durch Heizmittel beheizte Verdampfungsstufe mit mindestens einer Düsenöffnung (2) jeweils mit mindestens zwei gegeneinander ausgerichteten Fluidzuführungen (3), gelöst.



UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Mikrostrukturverdampfer

Die Erfindung betrifft einen Mikrostrukturverdampfer vorzugsweise zur kontinuierlichen Verdampfung von Flüssigkeiten oder Aerosolen gemäß des ersten Patentanspruchs.

Verdampfer sind verfahrenstechnische Vorrichtungen für die Überführung von Flüssigkeiten oder Aerosolen in einen dampfförmigen Zustand, wobei die Zuführung von bevorzugt thermischer Energie zwingend erforderlich ist. Eine Verdampfung einer Flüssigkeit oder eines Flüssigkeitsanteils erfolgt dann, wenn der von Temperatur und dem Umgebungsmedium abhängige Dampfdruck den Umgebungsdruck übersteigt. Folglich weisen thermisch betriebene Verdampfer für eine kontinuierliche Verdampfung eine Wärmeübertragungsfläche auf, über die thermische Energie in das zu verdampfende Medium übertragen wird.

Mikrostrukturverdampfern zeichnen sich durch eine Mikrostrukturierung der Wärmeübertragungsfläche aus, beispielsweise durch eine parallelen Anordnung von mehreren Mikrokanälen oder durch Wärmeübertragungsstrukturen, die von dem zu verdampfenden Stoff oder Stoffgemisch angeströmt werden. Durch die Mikrostrukturierung erhöht sich insbesondere die spezifische Oberfläche und verbessert damit die Wärmeübertragung auf die zu verdampfenden Stoffe. Mikrostrukturverdampfer kommen insbesondere als Mikroverdampfer zur Ausführung, die sich nicht nur durch kleine Abmessungen, sondern oftmals auch durch die Herstellung mit Verfahren der Mikrostrukturtechnik kennzeichnen.

DE 101 32 370 A1 offenbart eine bekannte Mikroverdampferbauart mit einer Vielzahl von langen vorzugsweise geraden Mikrokanälen mit konstantem Strömungsquerschnitt. Dabei erfolgt ein erster Verdampfungsprozess durch Erhitzen in mindestens einem ersten Erhitzerkanal und nach einer Homogenisierung des erhitzten Mediums in einem Zwischenvolumen eine weitere Erhitzung bis zu der gewünschten Verdampfung in wenigstens einem zweiten Erhitzerkanal. Der Mikrostrukturverdampfer weist einen schichtweisen Aufbau auf.

Auch die **DE 103 35 451 A1** beschreibt ein Verfahren mit einem Mikroverdampfer mit Kanälen für die Führung und Verdampfung eines zu verdampfenden Stoffgemisches. Der Mikroverdampfer weist hydraulische Kanaldurchmesser von 5 bis 1000µm sowie eine spezifische Verdampferfläche von mindestens $10^3 \text{m}^2/\text{m}^3$ auf.

Ferner zeigt die **DE 10 2005 017 452 A1** einen Mikroverdampfer mit Kanälen zur Verdampfung einer Flüssigkeit mit Querschnittsabmessungen im Submillimeterbereich, die auf einer Ebene nebeneinander angeordnet sind. Die als Wärmeübertragungsfläche dienenden Kanäle spannen ausgehend von einem Eintrittsvolumen strahlenförmig einen ebenen trapezförmigen Bereich auf und münden in eine alle Kanalausstritte überspannende gemeinsame Dampfsammelkammer aus. Der sich in der Dampfsammelkammer homogenisierende Dampf wird anschließend über einen gemeinsamen Auslass abgeleitet.

Laminare Fluidströmungsanteile in Mikrokanälen erzeugen jedoch relativ zum Strömungsquerschnitt ausgeprägte Grenzschichten, die wiederum die Strömungsgeschwindigkeit begrenzen und/oder den Durchflusswiderstand mit der Strömungsgeschwindigkeit signifikant erhöhen.

Auch ergibt sich für die Verdampfung in Mikrokanälen eine Grenzgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Verdampfungsenthalpie des zu verdampfenden Mediums. Entspricht die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums in einem Mikrokanal dieser Grenzgeschwindigkeit, erfolgt eine vollständige Verdampfung des Mediums zu einem Nassdampf. Die Grenzgeschwindigkeit gibt somit die Verweilzeit des Mediums im Kanal vor, die für die vollständige Verdampfung erforderlich ist. Eine Überhitzung des Dampfes erfolgt nur bei Strömungsgeschwindigkeiten unterhalb der Grenzgeschwindigkeit, d.h. bei größeren Verweilzeiten. Übersteigt dagegen die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums in einem Mikrokanal diese Grenzgeschwindigkeit, erfolgt nur eine unvollständige Verdampfung.

Beide vorgenannten Einschränkungen führen zu einer Begrenzung der Effizienz von Mikrostrukturverdampfern.

Davon ausgehend liegt die **Aufgabe der Erfindung** darin, einen Mikrostrukturverdampfer zur Verdampfung von Fluiden mit erhöhter Effizienz vorzuschlagen. Insbesondere soll dabei eine sehr homogene Dampfqualität erzielt werden, d.h. der Flüssigkeitsgehalt und/oder Tröpfchengehalt im Dampf soll bereits vor einer Überhitzung möglichst gering sein. Ferner soll der Mikrostrukturverdampfer nicht nur eine Überhitzung des Dampfes, sondern auch eine gute Regulierbarkeit ermöglichen.

Die Aufgabe wird mit einem Mikrostrukturverdampfer mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden in den Unteransprüchen wiedergegeben.

Die Lösung der Aufgabe sieht einen Wärmetauscher, vorzugsweise Mikrostrukturverdampfer mit mindestens einer Verdampfungsstufe vor, umfassend eine Düsenöffnung mit mindestens zwei gegeneinander ausgerichteten Fluidzuführungen. Die Fluidzuführungen sind vorzugsweise Fluidkanäle mit Wärmeübertragungsflächen als Wandungen.

Eine Verdampfungsstufe kann auch mehrere der genannten Düsenöffnungen aufweisen, die parallel zueinander geschaltet sind und identische Betriebsparameter wie Druckabfall, Anströmungsgeschwindigkeit, Mischungsverhalten und Temperaturen und vorzugsweise auch Abmessungen aufweisen. Vorteilhaft ist dabei, dass die Dampfzusammensetzung aus allen parallel geschalteten Düsenöffnungen einer Verdampfungsstufe identisch oder fast identisch sowie in einem stationären Betrieb dabei gleichbleibend ist und so einer nachfolgenden Nutzung oder weiterführenden Verdampfung wie z.B. in nachfolgenden Verdampfungsstufen zugeführt wird.

Ein Ziel ist eine kontinuierliche Verdampfung mit oder ohne Überhitzung mit gleich bleibender und homogener Dampfqualität. Für die Sicherstellung auch einer kontinuierlichen möglichst vollständigen

- 4 -

Überhitzung des Dampfes, d.h. aus dem Nassdampfgebiet hinaus in den Bereich des überhitzten Dampfes sind vorzugsweise Verdampfungsstufen für die Verdampfung (bei Siedetemperatur) von flüssigen Bestandteilen und für die nachfolgende Überhitzung von Dampfbestandteilen auf Temperaturen oberhalb der Siedetemperatur vorzusehen. Hierfür sind mindestens zwei der vorgenannten Verdampfungsstufen in Reihe vorzusehen, die von dem zu verdampfenden Medium nacheinander durchlaufen werden. Vorzugsweise dient mindestens eine erste Stufe der genannten Verdampfung von flüssigen Bestandteilen, während mindestens eine zweite Stufe überwiegend für die Überhitzung herangezogen wird.

Eine zunehmende Zahl an Verdampfungsstufen mit Expansionsdüsen (Expansionsstufen) ist für einen kontinuierlichen Verdampfungsfortschritt vorteilhaft. Durch eine Unterteilung in mehrere kleinere Expansions- und Verdampfungsschritten, vorzugsweise verbunden mit jeweils einer zusätzlichen Vermischung oder Homogenisierung sinkt insbesondere die Wahrscheinlichkeit, dass sich in den Fluidkanälen unkontrolliert Dampfblasen bilden, die in Richtung des Dampfaustritts oder dagegen beschleunigen und mit diesen Dampfblasen unverdampfte Flüssigkeitsanteile mitgerissen werden. Ferner ermöglichen eine zunehmende Anzahl von Expansionsstufen ein höheres Druckgefälle zwischen Fluideintritt und Dampfaustritt des Verdampfers. Außerdem teilt sich das Druckgefälle auf mehrere Expansionsschritte auf, womit an den jeweiligen Expansionsdüsen geringere Druckabsenkungen und damit grundsätzlich geringere maximale Strömungsgeschwindigkeiten in den Düsen auftreten. Die Schallgeschwindigkeit als obere Grenze für die Strömungsgeschwindigkeit in einer Düse wird bei kleinen Druckgefällen wesentlich später erreicht, was in vorteilhafter Weise zusätzlich eine Kapazitätserweiterung und eine Effizienzerhöhung bewirkt. Vorzugsweise weist der Mikrostrukturverdampfer mindestens drei, weiter bevorzugt mindestens sechs, weiter bevorzugt neun Verdampfer- bzw. Expansionsstufen zwischen Fluideintritt und Dampfaustritt auf.

Die Ausrichtung von mindestens zwei Kanälen gegeneinander bedeutet, dass die Kanäle oder die gedachten Verlängerungen dieser nach Aus-

- 5 -

tritt aus den Kanälen strömungsabwärts gerichtet zusammengeführt werden oder sich auf eine andere Weise überschneiden. Vorzugsweise kreuzen sich die Kanäle oder die Symmetrielinien der Kanäle. Dabei kommt es zu einem Zusammenprall von mindestens zwei Stoffströmen aus unterschiedlichen Stromrichtungen und damit zu einer turbulenten Vermischung dieser Stoffströme.

Der Vermischungsbereich, d.h. der Bereich, in dem diese Vermischung stattfindet, mündet vorzugsweise direkt in eine Düse aus, über die die noch im turbulenten Zustand vorliegenden vermischten Stoffströme gemeinsam expandiert werden. Vor der Düse im Vermischungsbereich kommt es zunächst zu einem Stau der vermischten Stoffströme und damit zu einem erhöhten Staudruck im Vermischungsbereich, was einerseits zu einer verzögerten Verdampfung und damit zu einer Erhöhung des Flüssigkeitsanteils führt und andererseits die Turbulenzen in der Vermischung fördert. Nach der Vermischung expandiert der gemischte Stoffstrom beim Verlassen der Düse in einen Expansionsbereich, wobei es trotz adiabatischer Expansion durch spontane Druckminderung zu einer beschleunigten Überschreitung des Dampfdrucks und insbesondere zu einer simultanen Verdampfung im vermischten Stoffstrom kommt. Vorzugsweise ist der Expansionsbereich zur Entgegenwirkung einer Abkühlung durch die genannte adiabatische Expansion beheizt.

In einer weiteren Ausführungsform wird der Dampf im Expansionsbereich durch eine Dampfumlenkung umgehend umgelenkt und in nachfolgende Fluidführungen abgeleitet, während gegenüber der Düse im Expansionsbereich eine vorzugsweise beheizte Prallfläche vorgesehen ist. Auf dieser Prallfläche treffen die aufgrund ihrer Trägheit nicht oder nur unzureichend in die nachfolgenden Fluidführungen umgeleiteten flüssigen oder rekondensierten Dampfbestandteile des expandierten Stoffstroms auf und verdampfen erneut.

Vorzugsweise wird der gesamte Mikrostrukturverdampfer mit allen Verdampfungstufen als Kanalstruktur auf einem Substrat vorzugsweise aus einem guten Wärmeleiter wie Metall gefertigt. Dies erfolgt vorzugs-

weise durch Einarbeiten von Rillen für die Führung (für Fluide und Dämpfe) wie die genannten Fluidführungen, Düsen, Vermischungsbereiche und Expansionsbereiche in das Substrat.

Eine besonders vorteilhafte Ausführung umfasst eine konzentrische Anordnung der Verdampfungsstufen auf einem beheizten Substrat um einen zentralen Fluideintritt. Insbesondere steht im Gegensatz zu unidirektional orientierten Verdampferbauarten mit konstanten Fluidquerschnitten einer grundsätzlich radial zunehmender Expansion ein zunehmender Raum zur Aufnahme des expandierenden Dampfes zur Verfügung.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von vorteilhaften Ausführungsformen mit den folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig.1a und b eine erste Ausführungsform mit Fluidkanälen mit ringförmig um den Fluideintritt angeordneten Wandungen,

Fig.2 eine zweite Ausführungsform mit Fluidkanälen mit elliptisch um den Fluideintritt angeordneten Wandungen sowie

Fig.3a bis c mögliche Applikationsbeispiele für die vorgenannten Ausführungsformen.

Die dargestellten Ausführungsformen weisen jeweils mehrere Verdampfungsstufen auf, beispielhaft dargestellt in **Fig.1b** als Ausschnittsvergrößerung eines in **Fig.1a** markierten Ausschnitts **1** (schematisch im Detail). Die Ausschnittsvergrößerung zeigt eine Düsenöffnung mit zwei gegeneinander ausgerichtete Fluidzuführungen **3**. Die beiden Fluidzuführungen münden in einen Vermischungsbereich **4** vor der Düsenöffnung aus. Die während eines Verdampfungsbetriebs von den Fluidzuführungen **3** zugeleiteten Fluidströme werden im Vermischungsbereich **4** vermischt und damit homogenisiert, wobei sich dort durch die gegeneinander orientierten Fluidströme vorzugsweise eine turbulente Strömung einstellt. Der dabei entstandene vermischte ge-

- 7 -

meinsame Fluidstrom verlässt den Vermischungsbereich durch die Düsenöffnung **2** in einen Expansionsbereich **6**, wobei es bei Durchtritt durch die Düsenöffnung zu einer Expansion und damit zu spontanen Verdampfungen im Fluidstrom kommt. Die Verdampfungsstufen mit den jeweiligen Fluidzuführungen **3** und Düsenöffnungen **2**, vorzugsweise auch mit jeweiligen Vermischungsbereichen **4** und/oder Expansionsbereichen **6** sind durch Heizmittel, vorzugsweise elektrisch-ohmsche Beheizungen mit Festkörperkontakt beheizt.

Fig.1a zeigt eine Ausführungsform eines Verdampfereinsatzes **7** einer ersten Ausführungsform des Mikrostrukturverdampfers in schematischer Draufsicht. Der Verdampfereinsatz umfasst ein scheibenförmiges Substrat **8** sowie auf diese aufgesetzte Mikrostrukturen **9**, die die Wandungen (Stege) für die Fluidführungen wie die vorgenannten Fluidzuführungen **3**, Düsenöffnungen **2**, Vermischungsbereiche **4** und Expansionsbereichen **6** bilden. Die Verdampferstufen sind konzentrisch um einen zentralen Fluideintritt **10** angeordnet, wobei jede Verdampfungsstufe im Ausführungsbeispiel jeweils zwei gegenüberliegende Düsenöffnungen **2** mit jeweils zwei Fluidzuführungen **3** aufweist. Ausgehend von einem zentralen Fluideintritt **10** strömt das zu verdampfende Fluid durch eine erste Düsenanordnung **11** in die Fluidzuführungen **3** der ersten Verdampfungsstufe und von dort über die jeweiligen Düsenöffnungen in folgende, konzentrisch kreisförmig um den Fluideintritt angeordneten Verdampfungsstufen. Dabei sind je zwei gegenüberliegende Düsenöffnungen **2** (im 180°-Winkel zueinander) pro Verdampfungsstufe vorgesehen, die jeweils um den Fluideintritt um 90° versetzt zu den Düsenöffnungen der benachbarten Verdampfungsstufen angeordnet sind und damit eine gleich bleibende Länge der Fluidzuführungen zwischen zwei Düsenöffnungen in einer Verdampfungsstufe sicherstellen. Es sind auch drei, vier oder mehrere Düsenöffnungen je Verdampfungsstufe möglich, die jedoch bevorzugt gleichmäßig und in einem gleichen Winkel zueinander auf dem Umfang der konzentrischen Verdampfungsstufe angeordnet sind. Wesentlich für gleichlange Fluidzuführung pro Verdampfungsstufe ist, dass die Düsenöffnungen **2** benachbarter Verdampfungsstufen je-

weils in der Winkelhalbierenden zu dem genannten Winkel zwischen zwei Düsenöffnungen zueinander versetzt angeordnet ist.

Im Expansionsbereich erfolgt im Rahmen des in **Fig.1a und b** dargestellten Ausführungsbeispiels eine direkt Anströmung in Richtung einer vorzugsweise beheizten Prallfläche **12** auf der Wandung der gegenüberliegenden Mikrostruktur (**Fig.1b**). Während bereits verdampfte oder gasförmige Bestandteile bereits umgehend nach Verlassen der Düsenöffnung **2** in nachfolgende Fluidzuführungen umgelenkt werden, treffen massenträgere Flüssigkeitsbestandteile auf der Prallfläche auf und werden dort verdampft.

Fig.2 zeigt eine weitere Ausführungsform, die im grundsätzlichen Aufbau der in **Fig.1a und b** gezeigten Ausführung entspricht, sich jedoch darin unterscheidet, dass die Strukturen **9** nicht kreisförmig, sondern elliptisch konzentrisch um den Fluideintritt **10** angeordnet sind. Die Düsenöffnungen befinden sich an der kürzesten Ellipsenachse. Dabei werden auch verjüngende Fluidquerschnitte in den Fluidzuführungen **3** zu den Düsenöffnungen **2** hin realisiert, wodurch sich die Strömungsgeschwindigkeit in den sich verjüngenden Fluidzuführungen zu den Düsenöffnungen bzw. zu den Vermischungsbereichen **4** hin erhöht und damit insbesondere eine turbulente Vermischung vor den Düsenöffnungen fördert. Allerdings weist diese Ausführungsform einen größeren Abstand zwischen Düsenöffnung **2** und Prallfläche **12** auf und verschlechtert damit in diesem Bereich die Trennung von flüssiger und bereits verdampfter Phasen.

Bei einer beispielhaften Verdampfung z.B. von Wasser geht man von der Vorstellung aus, dass der Nassdampf durch die Düsenöffnungen expandiert und sich in zwei Teilströme aufteilt. Diese Teilströme werden über die Fluidzuführungen weitergeleitet und prallen an den nächsten beiden stromabwärts liegenden Düsenöffnungen aufeinander, so dass es an diesen Positionen zu einer Vermischung der Flüssigkeit mit dem Dampf kommt, die den Verdampfungsvorgang unterstützt. Bei der dargestellten Ausführungsform mit den mikrostrukturierten Ronden mit vie-

len Ringen existieren eine zunehmende Anzahl von Verdampfungsstufen, so dass anzunehmen ist, dass der Verdampfungsvorgang quasikontinuierlich und damit insgesamt effektiver durchführbar ist als bei einer Geometrie mit wenigen Ringen (Verdampfungsstufen). Verwendet man Mikrokanäle mit nicht konstantem Strömungsquerschnitt (vgl. **Fig.2**), wie es bei den konzentrisch angeordneten Ellipsen der Fall ist, so wird der Nassdampf zusätzlich durch die Reduzierung des Strömungsquerschnitts beschleunigt und der Mischungseffekt verstärkt.

Fig.3a bis c geben beispielhafte Applikationen für die vorgenannten Ausführungsformen des Verdampfereinsatzes wieder.

Ein oder mehrere mikrostrukturierte Verdampfereinsätze **7** werden in der in **Fig.3a bzw. b** dargestellten Ausführungen in eine zylindrische Vertiefung des Adapteroberteils **5** eingesetzt und gemeinsam auf einer Heizfläche **13** aufgesetzt. Heizfläche und Adapterteil werden gegenseitig durch Dichtungsringe **14** abgedichtet. Das Adapteroberteil umfasst dabei einen Fluidanschluss **15** für den Fluideintritt **10** wie auch einen oder mehrere Dampfaustritte **16**. Der Dampf strömt gemäß den dargestellten Pfeilen durch die Düsenöffnungen aus dem Verdampfereinsatz radial nach außen in einen Ringkanal **17** und von dort in den Dampfaustritt **16**.

Fig.3a zeigt die Ausführung mit einem Verdampfereinsatz **7**, **Fig.3b** eine Ausführung mit mehreren gestapelten Verdampfereinsätzen **7** übereinander. Bei einer gestapelten Anordnung durchstoßen die Fluideintritte **10** die Substrate und ermöglichen einen Zugang des zu verdampfenden Fluids auch zu nachfolgenden Verdampfereinsätzen. Grundsätzlich sind auch beidseitig zu den Verdampfereinsätzen angeordnete Heizflächen sowie im Falle der Ausführungsform gem. **Fig.3b** Heizflächen zwischen zwei Verdampfereinsätzen im Rahmen der Erfindung nicht ausgeschlossen.

Fig.3c zeigt dagegen eine Ausführungsform, bei der ein Verdampfereinsatz beidseitig mit den vorgenannten Verdampfungsstufen strukturiert ist und zudem Öffnungen für elektrisch oder fluidisch betriebe-

- 10 -

ne Heizpatronen **18** im Substrat vorgesehen sind. Eine separate Heizfläche wie in den vorgenannten Ausführungen beschrieben ist dabei nicht zwingend erforderlich und kann durch ein Gehäuseunterteil **19** ersetzt werden.

Bezugszeichenliste:

- 1 markierter Abschnitt
- 2 Düsenöffnung
- 3 Fluidzuführung
- 4 Vermischungsbereich
- 5 Adapteroberteil
- 6 Expansionsbereich
- 7 Verdampfereinsatz
- 8 scheibenförmiges Substrat
- 9 Mikrostruktur
- 10 Fluideintritt
- 11 erste Düsenanordnung
- 12 Prallfläche
- 13 Heizfläche
- 14 Dichtungsring
- 15 Fluidanschluss
- 16 Dampfaustritte
- 17 Ringkanal
- 18 Heizpatrone
- 19 Gehäuseunterteil

Patentansprüche:

1. Mikrostrukturverdampfer, umfassend einen Fluideintritt (10, 15), einen Dampfaustritt (16) sowie mindestens eine durch Heizmittel beheizte Verdampfungsstufe mit mindestens einer Düsenöffnung (2) jeweils mit mindestens zwei gegeneinander ausgerichteten Fluidzuführungen (3).
2. Mikrostrukturverdampfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jeder Düsenöffnung (2) und der jeweiligen Fluidzuführungen (3) jeweils ein Vermischungsbereich (4) angeordnet ist.
3. Mikrostrukturverdampfer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidzuführungen (3) sich zu den Düsenöffnung (2) hin im Strömungsquerschnitt verzweigen.
4. Mikrostrukturverdampfer nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse in einen beheizten Expansionsbereich (6) ausmündet.
5. Mikrostrukturverdampfer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Expansionsbereich (6) eine Dampfumlenkung sowie gegenüber der Düsenöffnung (2) eine durch Heizmittel beheizte Prallfläche (12) für flüssige Dampfbestandteile aufweist.
6. Mikrostrukturverdampfer nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Verdampfungsstufe mindestens zwei parallel geschaltete Düsenöffnungen (2) jeweils mit Fluidzuführungen (3) mit identischen Abmessungen aufweist.
7. Mikrostrukturverdampfer nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizmittel durch mindestens eine ebene Heizfläche gebildet werden, auf die die Verdampfungsstufen angeordnet ist.

- 13 -

8. Mikrostrukturverdampfer nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdampfungsstufen als Kanalstrukturen auf oder in einem Substrat (8) eingearbeitet sind.
9. Mikrostrukturverdampfer nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat Heizmittel aufweist.
10. Mikrostrukturverdampfer nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdampfungsstufen konzentrisch um den Fluideintritt angeordnet sind.
11. Mikrostrukturverdampfer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidkanäle kreisringförmig um den Fluideintritt angeordnete Wandungen aufweisen.
12. Mikrostrukturverdampfer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidkanäle elliptisch um den Fluideintritt angeordnete Wandungen aufweisen.

1/3

Fig. 1a

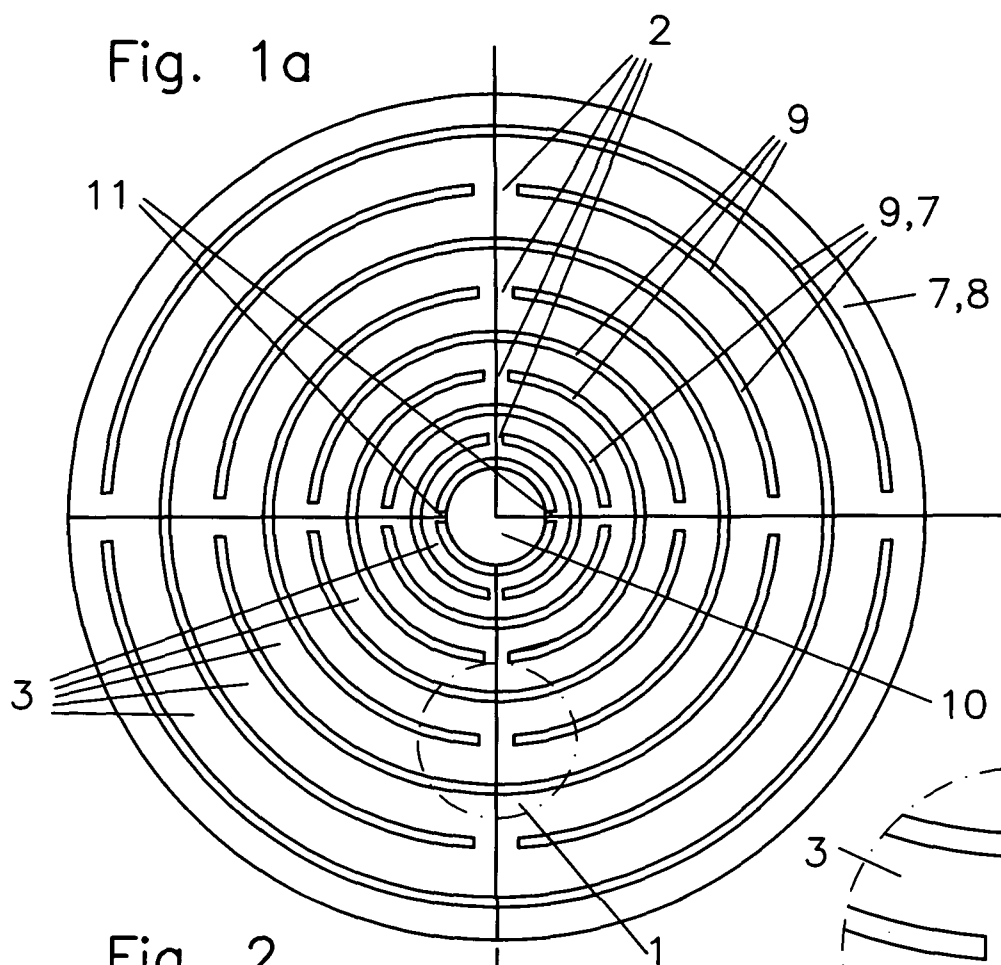


Fig. 1b

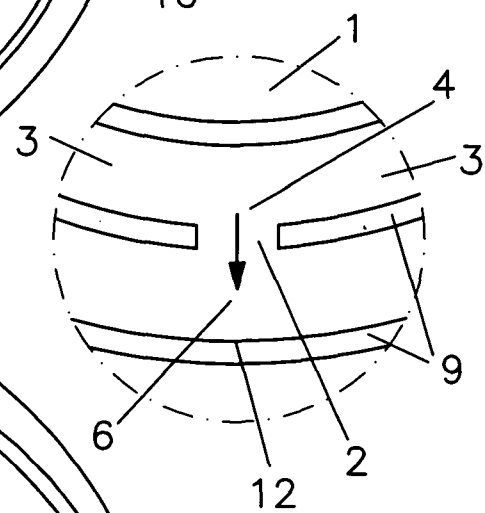


Fig. 2

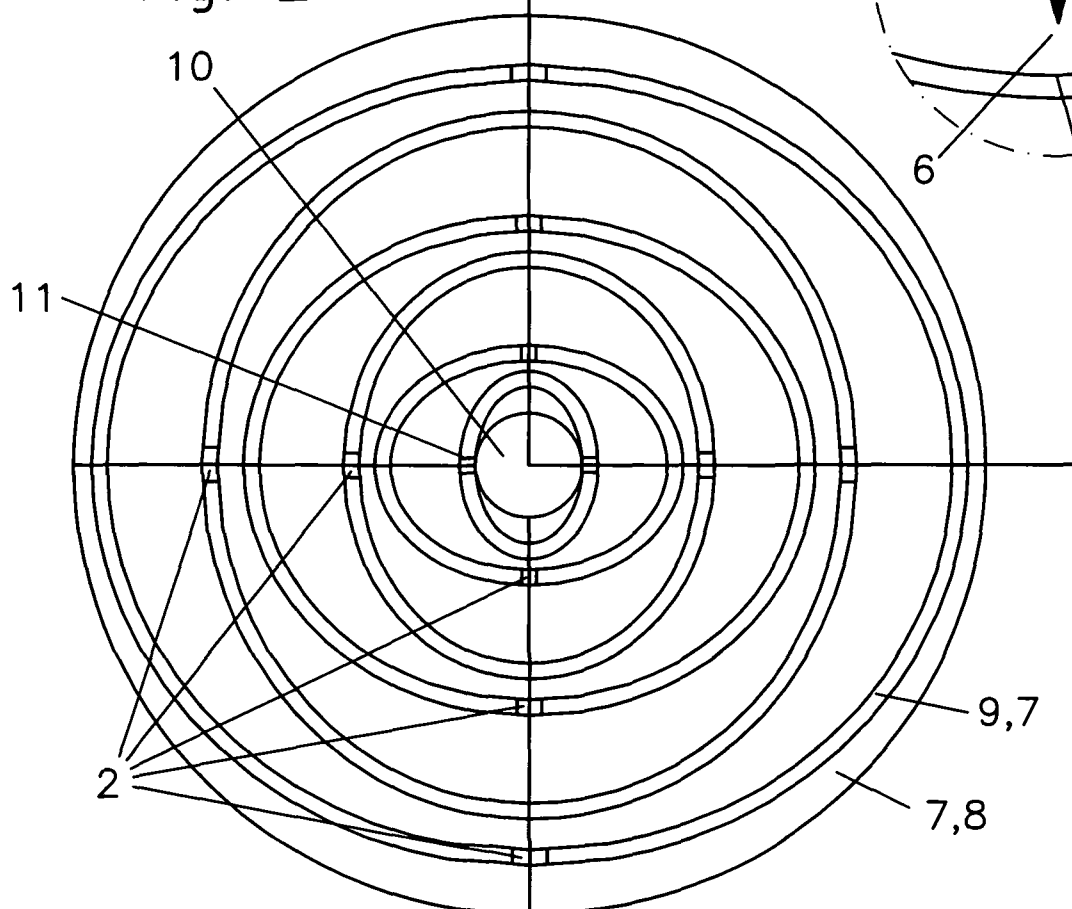


Fig. 3a

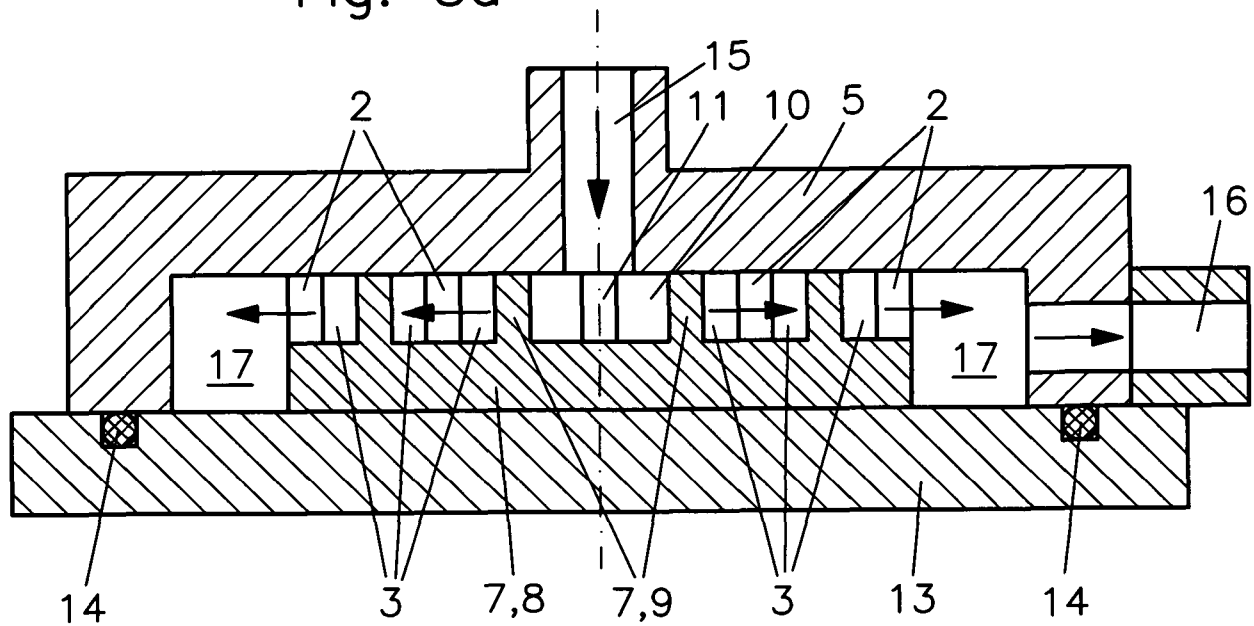


Fig. 3b

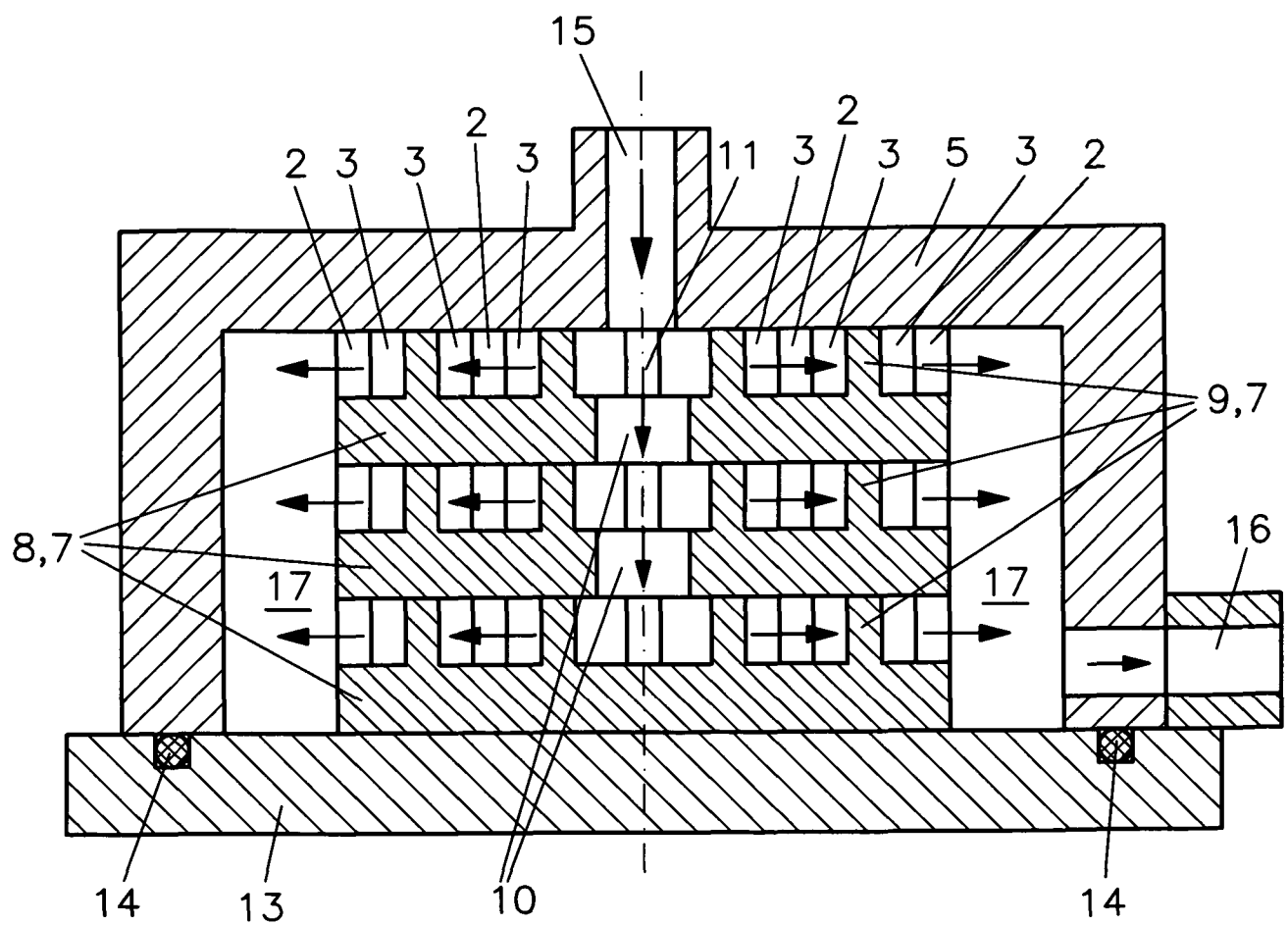
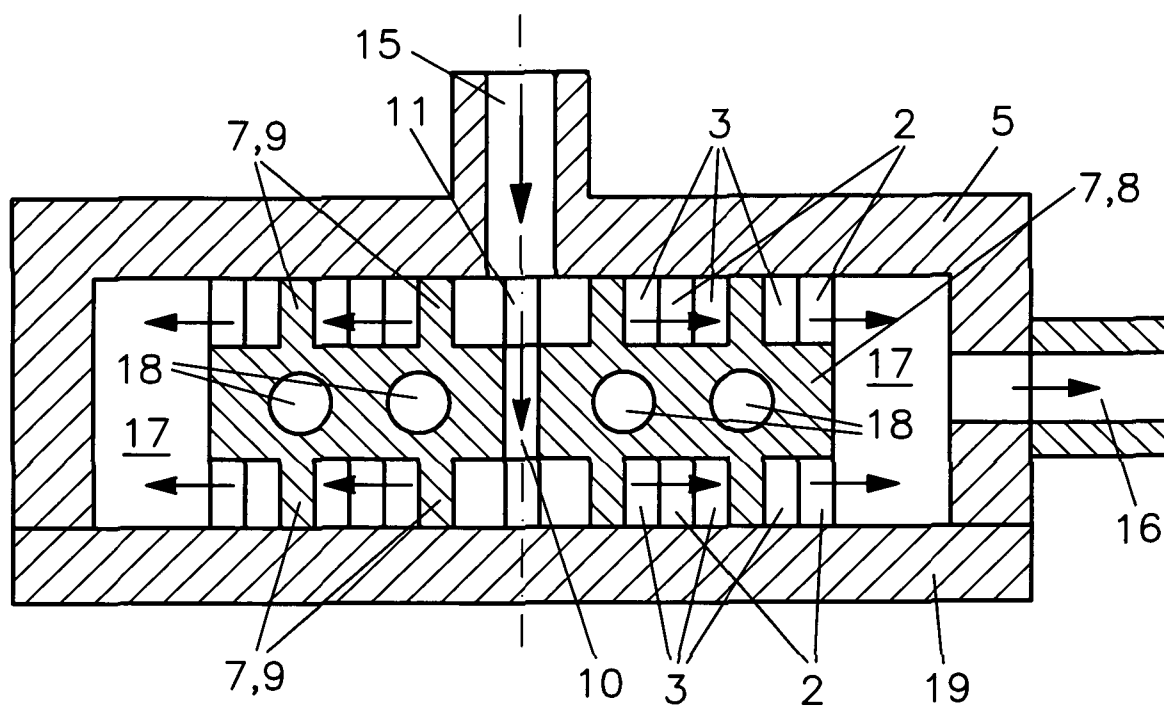


Fig. 3c



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/005142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B01B1/00 F28D9/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B01B F28D B01D

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	GB 533 410 A (VILHELM MICKELSEN; FREDERICK ERNEST REBBECK) 12 February 1941 (1941-02-12) page 2, line 99 - line 119 page 3, line 60 - line 76 figures 1-3	1-12
A	WO 97/25578 A1 (ALFA LAVAL AB [SE]; BERENDAHL GUNNEL & HM [SE]; MAARTENSSON PATRIC & H) 17 July 1997 (1997-07-17) figure 3	6

☐ 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

14 January 2011

Date of mailing of the international search report

21/01/2011

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

García Alonso, Nuria

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/005142

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 533410	A	12-02-1941	NONE	

WO 9725578	A1	17-07-1997	AU 1324497 A	01-08-1997
			SE 9600039 A	05-07-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/005142

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B01B1/00 F28D9/00

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B01B F28D B01D

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	GB 533 410 A (VILHELM MICKELSEN; FREDERICK ERNEST REBBECK) 12. Februar 1941 (1941-02-12) Seite 2, Zeile 99 - Zeile 119 Seite 3, Zeile 60 - Zeile 76 Abbildungen 1-3	1-12
A	WO 97/25578 A1 (ALFA LAVAL AB [SE]; BERENDAHL GUNNEL & HM [SE]; MAARTENSSON PATRIC & H) 17. Juli 1997 (1997-07-17) Abbildung 3	6



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 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

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

14. Januar 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/01/2011

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

García Alonso, Nuria

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/005142

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 533410	A	12-02-1941	KEINE

WO 9725578	A1	17-07-1997	AU 1324497 A 01-08-1997
		SE 9600039 A	05-07-1997
