

(19)



(11)

EP 2 662 131 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.11.2013 Patentblatt 2013/46

(51) Int Cl.:
B01F 13/00 ^(2006.01) **B01F 3/08** ^(2006.01)
B01F 5/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13401048.7**

(22) Anmeldetag: **07.05.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Karlsruher Institut für Technologie
76131 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hensel, Andreas
76187 Karlsruhe (DE)**
• **Kraut, Manfred
76351 Linkenheim-Hochstetten (DE)**

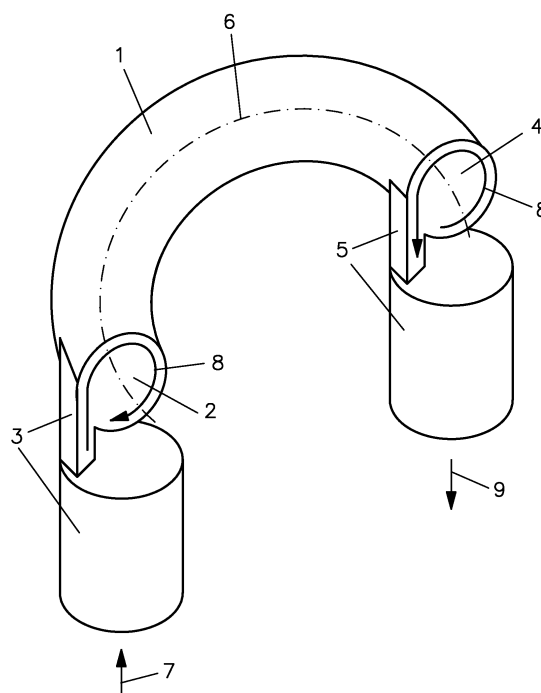
(30) Priorität: **09.05.2012 DE 102012104053**

(54) Emulgiervorrichtung

(57) Emulgiervorrichtung umfassend eine rohrförmige Emulgierkammer (1) mit einer Rohrwandung und zwei Endbereichen (2, 4) für eine wendelförmige Strömung (8) mit einer wendelförmiger Strömungsrichtung, mindestens eine Einmündung (3) für ein Fluidgemisch aus zwei nicht mischbare Fluidfraktionen in die Emulgierkammer an dem ersten Endbereich (2) sowie mindestens eine Ausmündung (5) für das Fluidgemisch aus der Emulgierkammer an dem zweiten Endbereich (4), wobei die Emulgierkammer (1) zwischen den beiden Endbereichen (2,

4) einen um eine Symmetrieachse (6) symmetrischen Querschnitt aufweist, wobei die Ausmündungen (5) und die Einmündungen (3) in Strömungsrichtung tangential oder in spitzen Winkel zu einem diesen unmittelbar umgebenden Rohrwandbereich in die Emulgierkammer aus- bzw. einmünden. Die Aufgabe besteht darin, eine Emulgiervorrichtung mit erhöhter Effizienz vorzuschlagen, die ohne bewegte Teile auskommt. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Symmetrieachse (6) und die Emulgierkammer mindestens einen gekrümmten Bereich aufweisen.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Emulgiervorrichtung mit einer Emulgierkammer mit Ein- und Ausmündungen für ein Fluidgemisch aus mindestens zwei zu mischende oder zu dispergierende Fluidfraktionen bzw. einer Emulsion gemäß Anspruch 1.

[0002] Eine Emulgiervorrichtung dient der fluidischen Vermischung von mindestens zwei Fluidströmen, die keine oder nur eine begrenzte Löslichkeit zueinander aufweisen, zu einer Emulsion. Eine Emulsion ist eine fein verteilte disperse Mischung von mindestens zwei fluidischen Phasen. Dabei binden sich mindestens eine der Phasen unter Bildung von Tröpfchen als disperse Phase in eine gemeinsame zusammenhängende als Matrix dienende Trägerphase ein. Es entsteht ein disperse Phase in Trägerphase-Gemisch. Klassische Beispiele sind Öl-in-Wasser- oder Wasserin-Öl-Emulsionen. Eine Emulsion gilt über einen Zeitraum als praktisch stabil, d.h. sie entmischt sich nur langsam.

[0003] Nicht lösbare Fluidphasen weisen eine Grenzflächenspannung auf, die es bei der Emulgierung mit geeigneten Mitteln zur Einbringung von Energie in das Fluidgemisch zu überwinden gilt. Die Grenzflächenspannung nimmt mit abnehmender Tröpfchengröße der dispersen Phase zu, d.h. in einer Emulgiervorrichtung mit konstanten Energieeintrag, z.B. einem Rührkessel erfolgt solange eine Reduzierung der Tröpfchengröße der dispersen Phase in der Trägerphase, bis sich aufgrund der zunehmenden Grenzflächenenergie ein Gleichgewicht einstellt.

[0004] Die Tröpfchengröße in der Emulsion lässt sich folglich durch die in der Emulgiervorrichtung umgesetzten Energie variieren. Damit unterscheidet sich eine Emulgiervorrichtung von einer Dispergiervorrichtung, in der ein Feststoffanteil mit unveränderlicher Partikelgröße in eine Flüssigkeit eingemischt wird.

[0005] Emulgatoren, vorzugsweise Tenside werden in die Fluidphasen eingemischt. Sie unterstützen den Emulgiervorgang und stabilisieren die Emulsion, indem sie die Grenzflächenspannungen der dispersen Phasen zu der Trägerphase reduzieren.

[0006] Bekannte Emulgiervorrichtungen setzen zur Einbringung von Energie in ein Fluidgemisch mechanische Rührwerke ein, durch die das Fluidgemisch nicht nur gemischt wird, sondern zusätzlich möglichst homogen mit großen Scherimpulsen beaufschlagt wird.

[0007] Eine erste Grundbauform einer Emulgiervorrichtung mit Mischgefäß mit Rührwerk findet sich z.B. in DE 348 667.

[0008] DE-A 23 39 530 offenbart mit einem Rührwerk mit mehreren seriell angeordneten Rührwerkskammern mit Schaufeln mit einem Auslass an der letzten Kammer eine aktuellere Weiterentwicklung zum kontinuierlichen Mischen und Emulgieren eines aus mehreren Komponenten bestehenden Gemisches.

[0009] Rührwerke weisen jedoch Rührarme, -schaufeln und andere bewegliche Teile in den Vermischungs-

bereichen auf. Bewegliche Teile unterliegen nicht nur einem erhöhten Verschleiß, sondern stellen grundsätzlich auch eine Quelle für ungewollte Kontaminationen dar. Ferner sind die Möglichkeiten einer Miniaturisierung sowie einer Erfassung aller Volumenbereiche der Rührkammern begrenzt.

[0010] EP 0 545 334 B1 zeigt ein Beispiel einer Emulgiervorrichtung zum kontinuierlichen Emulgieren von Dieselmotortreibstoff und Wasser, die ohne bewegliche Teile auskommt. Die Emulsion bildet sich mehrstufig in mehreren über Düsen und Bohrungen miteinander korrespondierenden Wirbelkammern, wobei ein rapider Wechsel zwischen Spannen und Entspannen den Prozess vorantreibt.

[0011] Wirbelkammern, insbesondere im Zusammenspiel mit Düsen bewirken zwar hohe und damit günstige Scherbelastungen in der sich bildenden Emulsion, erhöhen jedoch die Wahrscheinlichkeit von größeren und damit nachteilhaften Verweilzeitunterschieden der

[0012] Emulsionsbestandteile in der Emulgiervorrichtung.

[0013] In der EP 2 123 349 A2 wird eine kontinuierliche Emulgiervorrichtung für mindestens zwei nicht mischbaren Fluidfraktionen offenbart, die eine solche Rückvermischung vermeidet. Es wird vorgeschlagen, ein erstes Fluid tangential und das zweite Fluid axial in eine runde Mischkammer einzuleiten. In der Mischkammer umströmt das erste Fluid das zweite Fluid, wobei Scherung zwischen den beiden Fluiden entsteht. Das Fluidgemisch fängt dabei an zu emulgieren und wird als ein sich axial drehender Emulsionsstrang axial zu einem axialen Auslass geleitet und in diesem weiter emulgiert.

[0014] In der letztgenannten Emulsionsvorrichtung erfolgt jedoch der größte Energieeintrag zur Bildung einer Emulsion jedoch unmittelbar bei Beginn des Vorgangs, d.h. mit dem ersten Aufeinandertreffen der Fluidfraktionen. Es erfolgt ein schnelles anfängliches Emulgieren, während in den darauf folgenden Abschnitten, in denen es zu einer weiteren Tropfenzerkleinerung ankommt, eben nur geringere Geschwindigkeitsunterschiede und damit nur geringere Energieeinträge zwischen den Fluidfraktionen auftreten. Aber genau in den fortgeschrittenen Emulgiestadien kommt es auf einen hohen Energieeintrag an, wenn eine weitere Reduzierung der Teilchengröße in der sich bildenden Emulsion stattfinden soll. Die durch Scherung erzeugten Impulse und damit der Energieeintrag nehmen dagegen kontinuierlich ab.

[0015] Ferner erfordert die letztgenannte Vorrichtung mindestens je eine Zuleitung je Fluidfraktion direkt in die Mischkammer, was eine Parallelschaltung einer Vielzahl von Emulgiervorrichtungen zwecks Kapazitätserweiterung einschränken könnte.

[0016] Davon ausgehend liegt die **Aufgabe der Erfindung** darin, eine kontinuierliche Emulgiervorrichtung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, welche die vorgenannten Nachteile und Einschränkungen nicht aufweist, dabei ohne bewegte Teile auskommt, Rückvermischung vermeidet und sich zudem durch einen weiter

vereinfachten Aufbau auszeichnet.

[0017] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale in Anspruch 1 gelöst; die hierauf bezogenen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Ausführungsformen dieser Lösung.

[0018] Zur Lösung der Aufgabe wird eine Emulgiervorrichtung mit mindestens einer rohrförmigen Emulgierkammer mit zwei Endbereichen vorgeschlagen. Eine Anzahl von Zuführungen für mindestens zwei zu dispergierende Fluidfraktionen mit je mindestens einer Einmündung in die Emulgierkammer sowie mindestens eine Ausmündung aus der Emulgierkammer. Vorzugsweise alle Einmündungen befinden sich ausschließlich in einem der beiden Endbereiche, während die Ausmündung bevorzugt im anderen Endbereich positioniert ist.

[0019] Die Einmündungen werden technisch als mindestens eine Einmündung für ein Fluidgemisch aus zwei nicht mischbaren Fluidfraktionen umgesetzt, was sowohl eine Einleitung über getrennte wie auch über gemeinsame Einmündungen beinhaltet.

[0020] Ist mehr als eine Einmündung vorgesehen, sind die Einmündungen der Fluidfraktionen vorzugsweise über dem Umfang der Mantelfläche der Emulgierkammer, d.h. nicht auf der Stirnfläche in abwechselnder Reihenfolge in einer oder mehreren Ebene angeordnet.

[0021] Die Emulgierkammer weist zwischen den beiden Endbereichen einen um eine Symmetrieachse symmetrischen Querschnitt auf. Einmündungen und/oder Ausmündungen sind vorzugsweise windschief zur Symmetrieachse ausgerichtet, wobei diese vorzugsweise in Strömungsrichtung tangential oder in spitzen Winkel zu einem diesen unmittelbar umgebenden Rohrwandbereich in die Emulgierkammer aus- bzw. einmünden. In der Emulgierkammer bildet sich damit zwischen Ein- und Ausmündungen eine wendelförmige Strömung mit wendelförmiger Strömungsrichtung um die Symmetrieachse aus.

[0022] Wesentlich ist, dass die Symmetrieachse und die Emulgierkammer mindestens einen gekrümmten Bereich aufweisen. Während die wendelförmige Strömung in einer geraden Emulgierkammer einer näherungsweise radial von der Symmetrieachse weg orientierten konstanten Zentrifugalkraftkomponente ausgesetzt ist, wirkt auf diese Strömung in einer Krümmung zusätzlich eine radial zum Krümmungsmittelpunkt weg gerichtete Zentrifugalkraft nach außen. Die beiden Zentrifugalkräfte addieren sich. Die Volumenanteile in der wendelförmigen Strömung sind in der Krümmung allein durch diese nicht mehr einer konstanten Zentrifugalkraft, sondern durch die zusätzlich überlagerte Zentrifugalkraft aufgrund der Krümmung einer sich zyklisch wechselnden Krafteinwirkung ausgesetzt. In der Strömung entstehen so in vorteilhafter Weise ein zyklischer Wechsel zwischen einer Entspannung und Anspannung und damit eine Einleitung von gepulster Energie in das Fluidgemisch. Die Amplitude zwischen Entspannung und Anspannung steigt mit abnehmendem Krümmungsradius. Diese Dynamik bewirkt in besonders vorteilhafter Weise nicht nur eine Be-

schleunigung des Emulgierprozesses, sondern gegenüber einer nicht gebogenen geradlinigen Emulgierkammer verbesserte Erzielbarkeit von geringeren Tröpfchengrößen.

[0023] Eine mögliche Ausführung der Emulgiervorrichtung kennzeichnet sich dadurch, dass die Symmetrieachse wendelförmig ausgebildet ist. Damit lassen sich längere gekrümmte Emulgierkammerabschnitte und damit eine längere Einwirkung einer pulsierenden Energie auf das Fluidgemisch realisieren. Insbesondere lassen sich mit dieser Ausführung auch längere gekrümmte Emulgierkammerabschnitte mit kleinen Krümmungsradien realisieren. Die auf die Krümmung zurückzuführenden Zentrifugalkraftanteile steigen mit abnehmendem Krümmungsradius, d.h. geringe Krümmungsradien bewirken vorteilhaft eine Amplitudenerhöhung des Energieeintrags auf die Volumenanteile der wendelförmigen Strömung und damit die Wirkung und Geschwindigkeit des Emulgierprozesses.

[0024] Eine weitere Ausführung der Emulgiervorrichtung kennzeichnet sich dadurch, dass die Symmetrieachse aufeinander folgende Krümmungen in verschiedene Raumrichtungen aufweist und/oder der Querschnitt der Emulgierkammer sich kontinuierlich oder bevorzugt abrupt (unstetig) entlang der Symmetrielinie ändert. Diese Maßnahmen bewirken zusätzliche Impulse. Richtungswechsel bewirken zudem zusätzliche Wirkungsrichtungen des Energieeintrags und damit Unstetigkeiten oder Störungen in den zyklischen resultierenden Zentrifugalkräften in der Strömung. Damit werden nicht nur eine zusätzliche vorteilhafte Prozessbeschleunigung erzielt, sondern auch eingeschwungene Emulgierprozesse unterbrochen und durch neue Richtungswechsel die Kleinheit der Tröpfchengrößen in der sich bildenden Emulsion vorangetrieben.

[0025] Zur Ausbildung einer stabilen wendelförmigen Strömung, die auch gegenüber krümmungsbedingten Krafteinwirkungen stabil verläuft, ist neben der vorgenannten Gestaltung der Ein- und/oder Ausmündungen von Vorteil, den Querschnitt der Emulgierkammer um die Symmetrieachse rotationssymmetrisch zu gestalten. Vorzugsweise weist die Emulgierkammer einen runden, elliptischen, rechteckigen oder quadratischen Querschnitt auf.

[0026] Ein runder Querschnitt repräsentiert die Grundbauform einer Emulgierkammer. Die Querschnittform entspricht der Ausdehnung der wendelförmigen Strömung abzüglich einer Grenzschicht an der Emulgierkammerwandung. Die wendelförmige Strömung erfährt aufgrund der konstant radial von der Symmetrieachse ausgehenden konstanten Zentrifugalkraftanteile eine besondere Stabilisierung. Außerdem ist insbesondere ein kreisförmiger Querschnitt mit einfachen vorzugsweise konfektionierten Mitteln herstellbar, z.B. durch galvanische Abscheidung um ein Rundmaterial wie z.B. einer Wendel- oder spiralförmigen Feder mit anschließendem Herauslösen der Feder aus dem galvanisch abgeschiedenen Formkörpers. Das Rundmaterial besteht vorzugs-

weise aufgrund seiner einfachen thermischen oder chemischen Entfernbarkeit aus einem elektrisch leitfähig beschichteten Kunststoff.

[0027] Ein elliptischer Querschnitt der Emulgierkammer begünstigt in vorteilhafter Weise eine an den Querschnitt angepasste elliptische wendelförmige Strömung. Allein durch diese Ellipsenform erfolgt eine zyklisch schwellende Zentrifugalkrafteinwirkung auf das Fluidgemisch (auch ohne Krümmung). Die Wirkung ist grundsätzlich vergleichbar mit der durch die Krümmung auf die Strömung eingreifenden Zentrifugalkraft. Die Frequenz der schwellenden Belastung ist jedoch aufgrund der elliptischen Querschnittsform doppelt so hoch (zwei Maximal bei einem 360°-Durchlauf der wendelförmigen Strömung in der Ellipse). Zusammen mit einer Krümmung addieren sich die auf die Strömung einwirkenden Kräfte vektoriell und damit deren vorteilhaften Wirkungen. Der Emulgierprozess wird durch die entstandene Dynamik auf vorgenannte Weise beschleunigt, die erzielbare Tröpfchengröße weiter reduziert.

[0028] Ein eckiger, bevorzugt rechteckiger oder quadratischer Querschnitt der Emulgierkammer begünstigt in vorteilhafter Weise eine verbesserte Herstellbarkeit vorzugsweise mit einer in der Mikroverfahrenstechnik etablierten Folienstapelbauweise. Vorzugsweise erstreckt sich die Emulgierkammer plan auf mindestens eine Ebene, die vorzugsweise durch Folien gebildet werden. Die Emulgierkammern und andere Fluidführungen werden durch Rillen oder Durchbrüche in den gestapelten Folien technisch umgesetzt. Die Einmündungen und die Ausmündungen sind vorzugsweise ebenfalls parallel oder senkrecht zu den Ebenen angeordnet, wobei die Symmetrieachse auf oder parallel zu einer Ebene angeordnet ist. Eine Integration als Komponente in mikroverfahrenstechnischen Vorrichtungen wird durch diese Bauform besonders begünstigt. Die wendelförmige Strömung wird durch den eckigen Querschnitt nicht geführt, sondern nur begrenzt. Sie bildet sich in einem freien Kernbereich des Querschnitts bevorzugt als runde oder elliptische Strömung aus, während die Eckbereiche des Querschnitts zu passiven strömungsarmen Totbereichen ausbilden.

[0029] Es sind auch Ausführungen denkbar, die sich dadurch auszeichnen, dass die Emulgierkammer Temperierungsmittel aufweist. Ist die Emulgierkammer integraler Bestandteil einer mikroverfahrenstechnischen Vorrichtung, umfasst die Temperierungsvorrichtung vorzugsweise eine Mikrokanalstruktur mit einem durchfließenden Temperiermedium.

[0030] Weiter bevorzugt ist in die Emulgierkammer bevorzugt in ihrer gesamten Länge ein Kern angeordnet. Der Kern ist in einer möglichen Ausführung um die Symmetrieachse rotationssymmetrisch gestaltet und angeordnet. Das Fluidvolumen der Emulgierkammer reduziert sich auf ein Ringspaltvolumen zwischen Kern und Innenwandung der Emulgierkammer. Diese Ausführung hat den weiteren Vorteil von zusätzlichen feststehenden Wandungen, womit zu der wendelförmigen Strömung

Grenzschichten aufgebaut werden und dabei zusätzliche fluidische Scherbelastungen in die wendelförmige Strömung einbringen.

[0031] Den die Emulgierung fördernden Prozess der wiederkehrenden Anspannung und Entspannung in der wendelförmigen Strömung wird mit vorgenanntem Kern dadurch verbessert, dass das Ringspaltvolumen winkelabhängige (ausgehend von der Symmetrielinie) Abmessungsunterschiede der lichten Weite aufweist und die wendelförmige Strömung entsprechende winkelabhängige Querschnittserweiterungen oder -reduzierungen aufweist. Diese Abmessungsunterschiede werden dadurch realisiert, dass der Kern entweder exzentrisch in der zur Symmetrieachse angeordnet ist oder axiale Störprofile wie z.B. Einschnitte, Rillen, Flachstellen oder Stufen aufweisen, der Kern aber ansonsten einen bevorzugt rotationssymmetrischen Querschnitt aufweist.

[0032] Optionale Ausgestaltungen sehen eine Emulgierkammer einen veränderlichen Querschnitt entlang der Symmetrieachse vor, die in axiale Richtung Staudrücke oder Entspannungen in der wendelförmigen Strömung hervorrufen.

[0033] Die Erfindung sowie Details dieser werden beispielhaft anhand von Ausführungsformen und folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig.1 eine prinzipielle perspektive Darstellung einer Emulgierkammer einer ersten Ausführungsform mit Ein- und Ausmündung,

Fig.2a und b die perspektivische Ansicht bzw. Schnittdarstellung einer technischen Umsetzung der in **Fig.1** dargestellten Ausführungsform,

Fig.3a bis c jeweils perspektivische Ansichten weiterer Ausführungsformen sowie

Fig.4a und b eine weitere Ausführungsform in Schichtbauweise.

[0034] Die erste Ausführungsform gem. **Fig.1** zeigt schematisch eine rohrförmige Emulgierkammer **1** mit einem ersten Endbereich **2** mit Einmündung **3** sowie einem zweiten Endbereich **4** mit Ausmündung **5** sowie einer Symmetrieachse **6**. Ein Fluidgemischstrom **7** tritt über die Einmündung in die Emulgierkammer ein und bildet in dieser eine wendelförmige Strömung **8** um die Symmetrieachse in Richtung der Ausmündung aus. Die wendelförmige Strömung erstreckt sich über die gesamte Emulgierkammer zwischen den beiden Endbereichen **2** und **4**, wobei die Emulgierkammer zwischen den beiden Endbereichen einen um eine Symmetrieachse symmetrischen Querschnitt aufweist. Mit zunehmendem Strömungsweg in der Emulsionskammer bewirkt der Emulsionsprozess unter Einwirkung einer pulsierenden und dabei in der Richtung wechselnder Krafteinwirkung eine zunehmende Umwandlung des Stoffgemisch zu einer Emulsion, die dann die Emulgierkammer als Emulsions-

strom **9** über die Ausmündung verlässt. Wie vorgenannt bewirken die gekrümmte Ausrichtung sowie die auf die Strömung einwirkenden Fluidkräfte die genannte pulsierende und in der Richtung wechselnde Krafteinwirkung.

[0035] Die Haupteinströmungsrichtung des Fluidgemischstroms **7** in die Emulgierkammer verläuft vorzugsweise fließend, d.h. ohne Knick oder Umlenkung tangential in die Hauptströmungsrichtung der wendelförmigen Strömung **8** ein. Dabei bestimmt oder beeinflusst sie wesentlich die Strömungsrichtung der wendelförmigen Strömung in der Emulgierkammer. Ebenso ist die Ausrichtung der Ausmündung **4** für den Emulsionsstrom vorzugsweise tangential zu der Hauptströmungsrichtung der wendelförmigen Strömung **8** am zweiten Endbereich ausgerichtet. Diesen Auslegungskriterien folgend münden die Einmündung und die Ausmündung Emulgierkammer folglich tangential oder in spitzen Winkel zu einem diesen unmittelbar umgebenden Rohrwandungsbereich in die bzw. aus der Emulgierkammer aus- bzw. ein.

[0036] Die tangential zur wendelförmigen Strömung vorgesehene Ausrichtung der Ein- und Ausmündung mit möglichst geringer Strömungsumlenkung begünstigt eine möglichst eine laminare Ein- bzw. Ausleitung des Fluidstroms in die bzw. aus der Emulgierkammer. Diese Maßnahme dient primär dem Aufbau und der Stabilisierung der wendelförmigen Strömung ausgehend von den beiden Endbereichen. Dieser Führungseffekt ist optional verbesserbar, indem die Emulgierkammer nur nahe der Endbereiche jeweils mit einem rotationssymmetrischen Kern ausgestaltet ist (Ringspaltvolumen nur in den Endbereichen), der sich von den Endbereichen hinweg verjüngt und vorzugsweise in einer Spitze endet. Der Emulgierprozess wird zwar durch eine laminare Ein- und Ausströmung nur mittelbar durch die stabile wendelförmige Strömung in den gekrümmten Bereichen der Emulgierkammer.

[0037] **Fig.2a und b** geben in einer perspektivischen Ansicht sowie einer Schnittdarstellung eine technische Umsetzung der in **Fig.1** dargestellten Ausführung wieder.

[0038] Ausgehend von bevorzugt zwei runden Scheiben (untere Scheibe **10**, obere Scheibe **11**) werden in jede eine Rille **12** jeweils mit vorzugsweise halbrunden Querschnitt eingedreht, die bei einem Aufeinanderlegen der Scheiben jeweils gegenüberliegend einen Hohlraum mit runden Querschnitt bilden (**Fig.2b**). Die Einmündung **3** und Ausmündung **5** werden nach vorgenannten Auslegungskriterien werden vorzugsweise mittels Bohren (runde Kanalbereiche) und / oder Elektroerodieren (eckige Kanalbereiche) in die untere Scheibe **10** eingebracht. Nach einem Aufeinanderlegen und Verbinden der beiden Scheiben miteinander durch z.B. Klemmen, Kleben, Diffusionsverschweißen oder ein anderes stoff- oder kraftschlüssiges Verbindungsverfahren entsprechend **Fig.2b** wird der Scheibenverbund auf der Höhe der Ein- und Ausmündungen mittig halbiert (vgl. **Fig.2a**). Es entstehen zwei Halbscheibenverbünde mit stirnseitig an der Schnittfläche **13** (vgl. **Fig.2a**) durch eine Ab-

schlussfolie abgedeckt werden müssen.

[0039] **Fig.3a bis c** geben in perspektivischen Ansichten schematisch weitere Ausführungsformen wieder. **Fig.3a und b** offenbaren beispielhaft eine Emulgiervorrichtung, wobei die Symmetrieachse aufeinander folgende Krümmungen **14** in verschiedene Raumrichtungen aufweist. Die in **Fig.3a** dargestellte Ausführung grenzen die Krümmungen im Gegensatz zu der in **Fig.3b** dargestellten Ausführung an größere Übergangsradien **15** an. Durch diese entstehen kontinuierliche Krümmungsradiüsänderungen, d.h. Einlaufstrecken in der Emulgierkammer, die die wendelförmige Strömung vor Eintritt in die Krümmungen zusätzlich stabilisieren. Die gekrümmten Bereiche umfassen folglich die Krümmungen **14** mit den Einlaufstrecken. **Fig.3c** zeigt eine Emulgiervorrichtung, bei der die Symmetrieachse wendelförmig ausgebildet ist und mit der längere Krümmungsstrecken auch mit kleinen Radien realisierbar sind.

[0040] Eine beispielhafte Ausführungsform in Schichtbauweise mit gestapelten strukturierten Einzelfolien **16** zeigen **Fig.4a und b**. Die Emulgierkammer **1** ist als schlitzförmiger Durchbruch **17** in einer Folie realisiert, die von den angrenzenden Folien beidseitig abgedeckt wird. Die angrenzenden Folien selbst weisen Durchbrüche für die Einmündung **3** und Ausmündung **5** auf. Der Querschnitt der Emulgierkammer **1** ist viereckig (vgl. Schnittdarstellung **Fig.4b**). Die Folien werden mit bekannten Verfahren wie vorzugsweise durch Verklebung oder Diffusionsverschweißung miteinander verbunden.

Bezugszeichenliste

[0041]

1	Emulgierkammer
2	erster Endbereich
3	Einmündung
4	zweiter Endbereich
5	Ausmündung
6	Symmetrieachse
7	Fluidgemischstrom
8	wendelförmige Strömung
9	Emulsionsstrom
10	Untere Scheibe
11	Obere Scheibe
12	Rille
13	Schnittfläche
14	Krümmung
15	Übergangsradius
16	Einzelfolie
17	Durchbruch

Patentansprüche

1. Emulgiervorrichtung umfassend

a) eine rohrförmige Emulgierkammer (**1**) mit ei-

- ner Rohrwandung und zwei Endbereichen (2, 4) für eine wendelförmige Strömung (8) mit einer wendelförmigen Strömungsrichtung,
- b) mindestens eine Einmündung (3) für ein Fluidgemisch aus zwei nicht mischbaren Fluidfraktionen in die Emulgierkammer an dem ersten Endbereich (2) sowie
- c) mindestens eine Ausmündung (5) für das Fluidgemisch aus der Emulgierkammer an dem zweiten Endbereich (4) wobei
- d) die Emulgierkammer (1) zwischen den beiden Endbereichen (2, 4) einen um eine Symmetrieachse (6) symmetrischen Querschnitt aufweist, wobei die Ausmündungen (5) und die Einmündungen (3) in Strömungsrichtung tangential oder im spitzen Winkel zu einem diese unmittelbar umgebenden Rohrwandungsbereich in die Emulgierkammer einmünden oder aus dieser ausmünden, wobei
- e) die Symmetrieachse (6) und die Emulgierkammer (1) mindestens einen gekrümmten Bereich aufweisen.
2. Emulgiervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einmündungen (3) und Ausmündungen (5) windschief zu der Symmetrieachse (6) angeordnet sind.
3. Emulgiervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der Emulgierkammer (1) um die Symmetrieachse (6) rotationssymmetrisch ist.
4. Emulgiervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der Emulgierkammer (1) einen elliptischen Querschnitt aufweist.
5. Emulgiervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der Emulgierkammer (1) rechteckig oder quadratisch ist.
6. Emulgiervorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Emulgierkammer (1), die Einmündungen (3) und die Ausmündungen (5) in Ebenen angeordnet sind, wobei die Symmetrieachse (6) auf oder parallel zu einer Ebene angeordnet ist.
7. Emulgiervorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ebenen durch gestapelte Folien (16) mit Rillen oder Foliendurchbrüche (17) als Fluidführungen gebildet sind.
8. Emulgiervorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Emulgierkammer (1) in ihrer gesamten Länge ein Kern angeordnet ist, womit die Emulgierkammer ein Ringspaltvolumen aufweist.
9. Emulgiervorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Emulgierkammer (1) einen veränderlichen Querschnitt aufweist.
10. Emulgiervorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Emulgierkammer (1) Temperierungsmittel aufweist.

Fig. 1

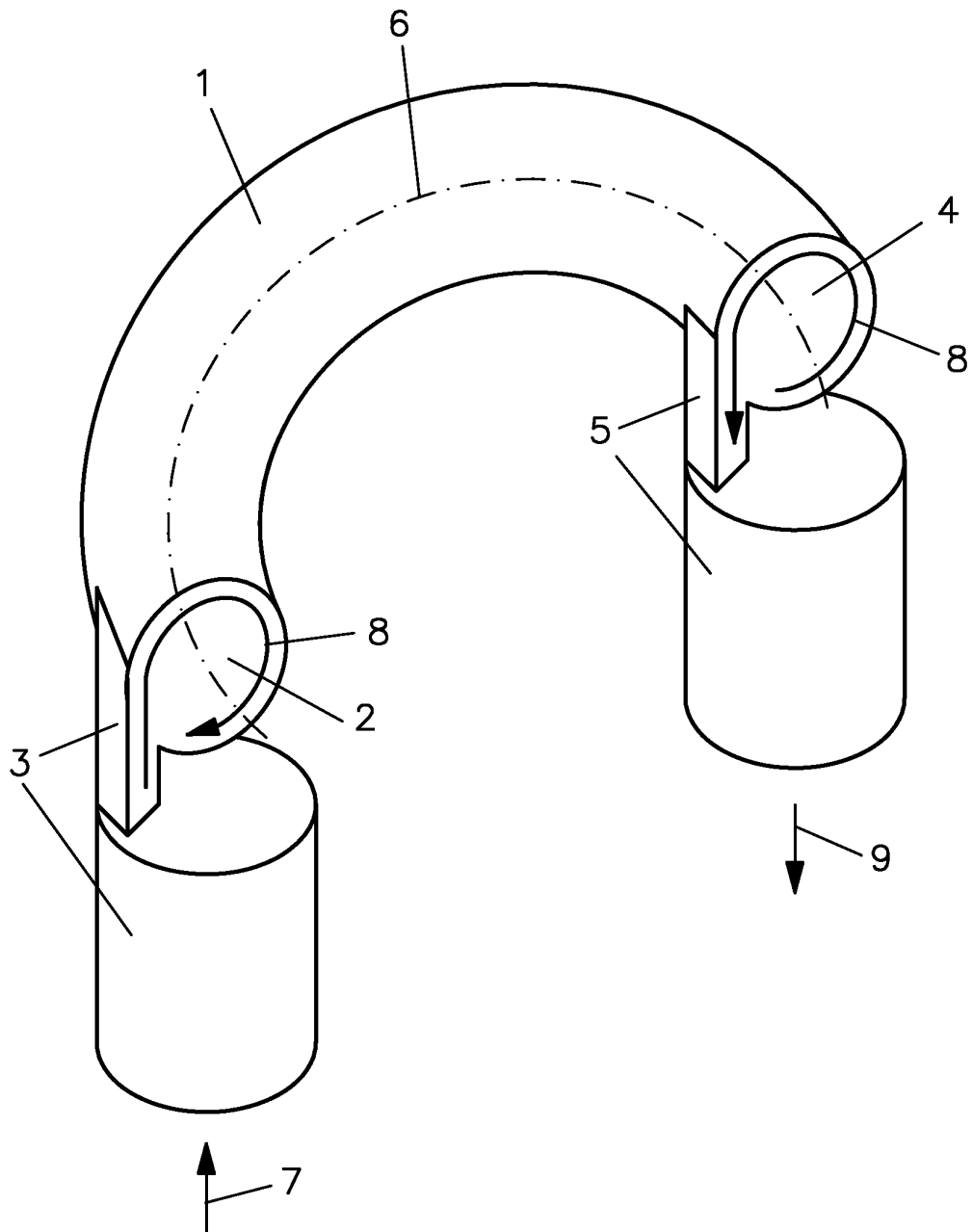


Fig. 2a

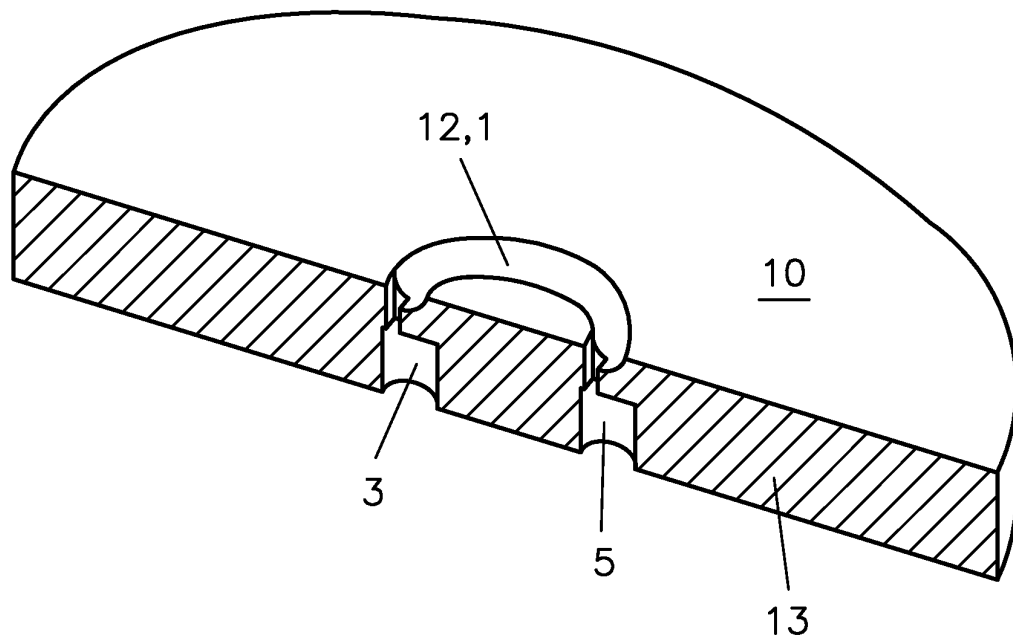


Fig. 2b

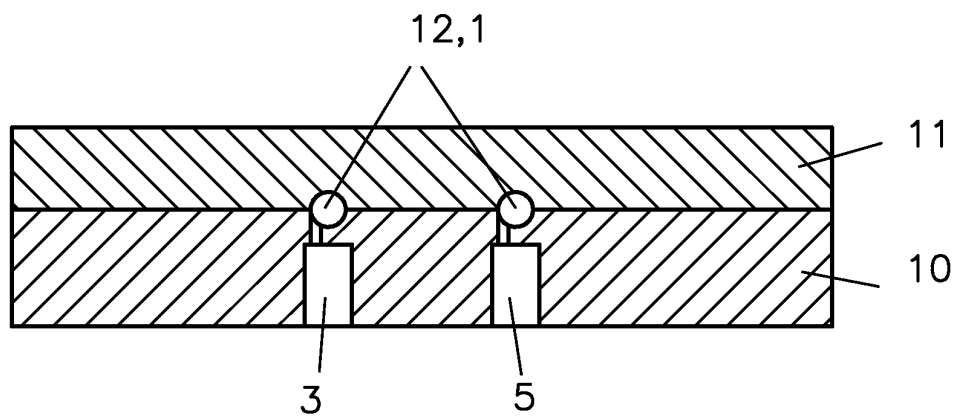


Fig. 3a

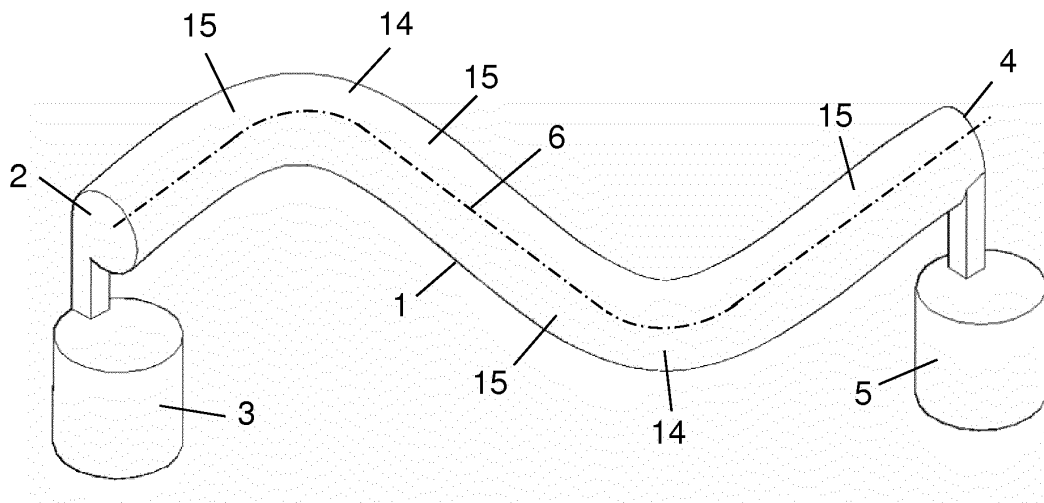


Fig. 3b

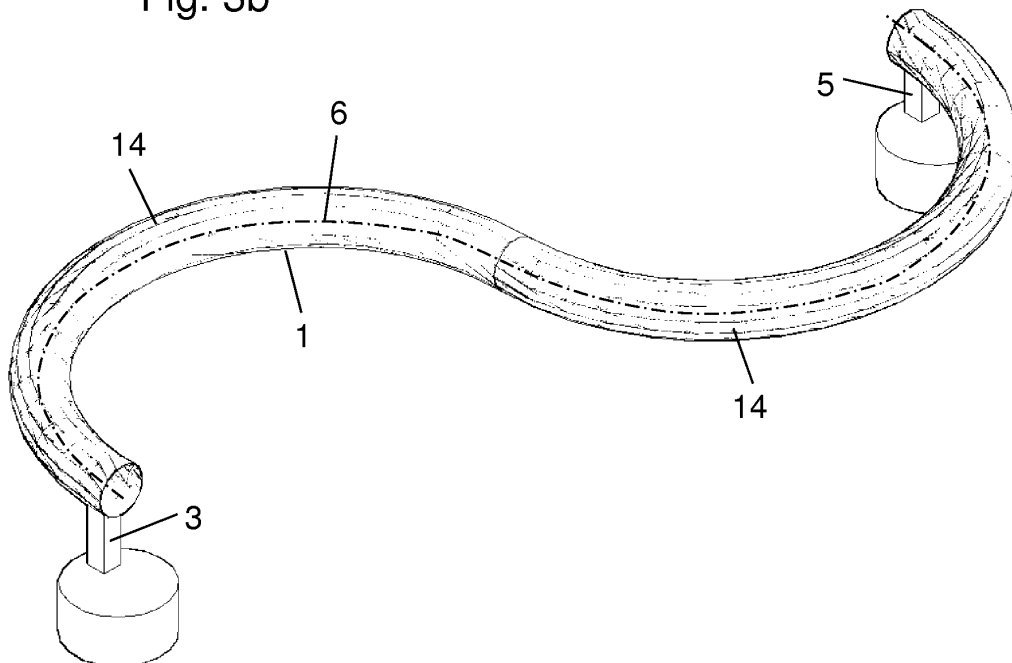


Fig. 3c

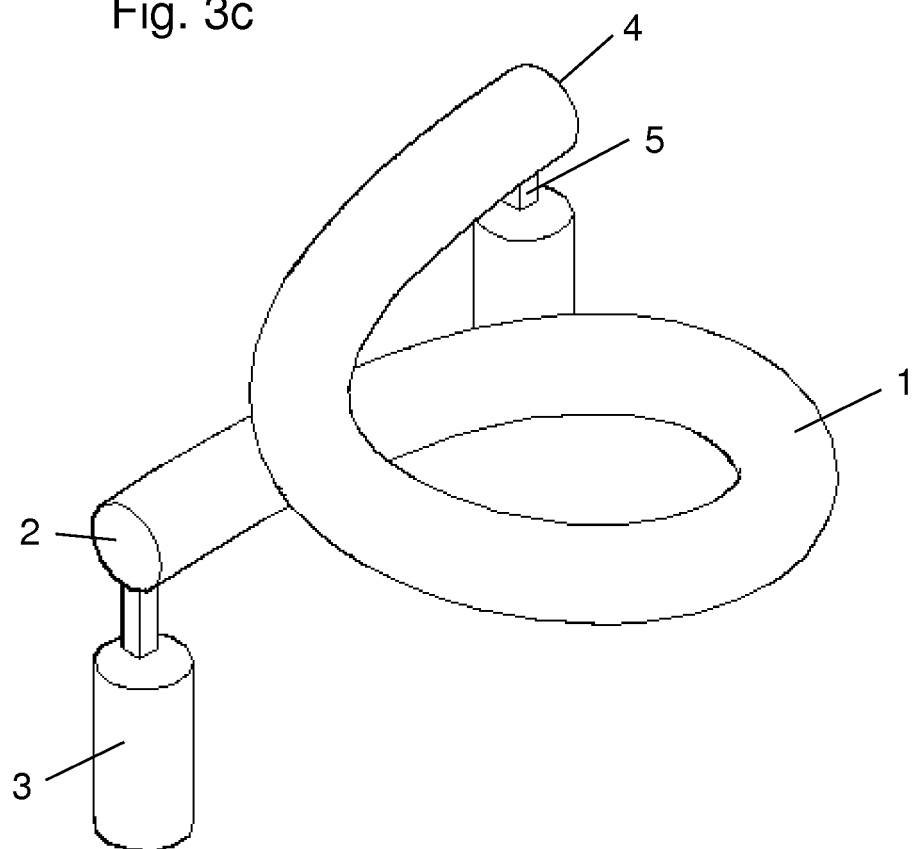


Fig. 4a

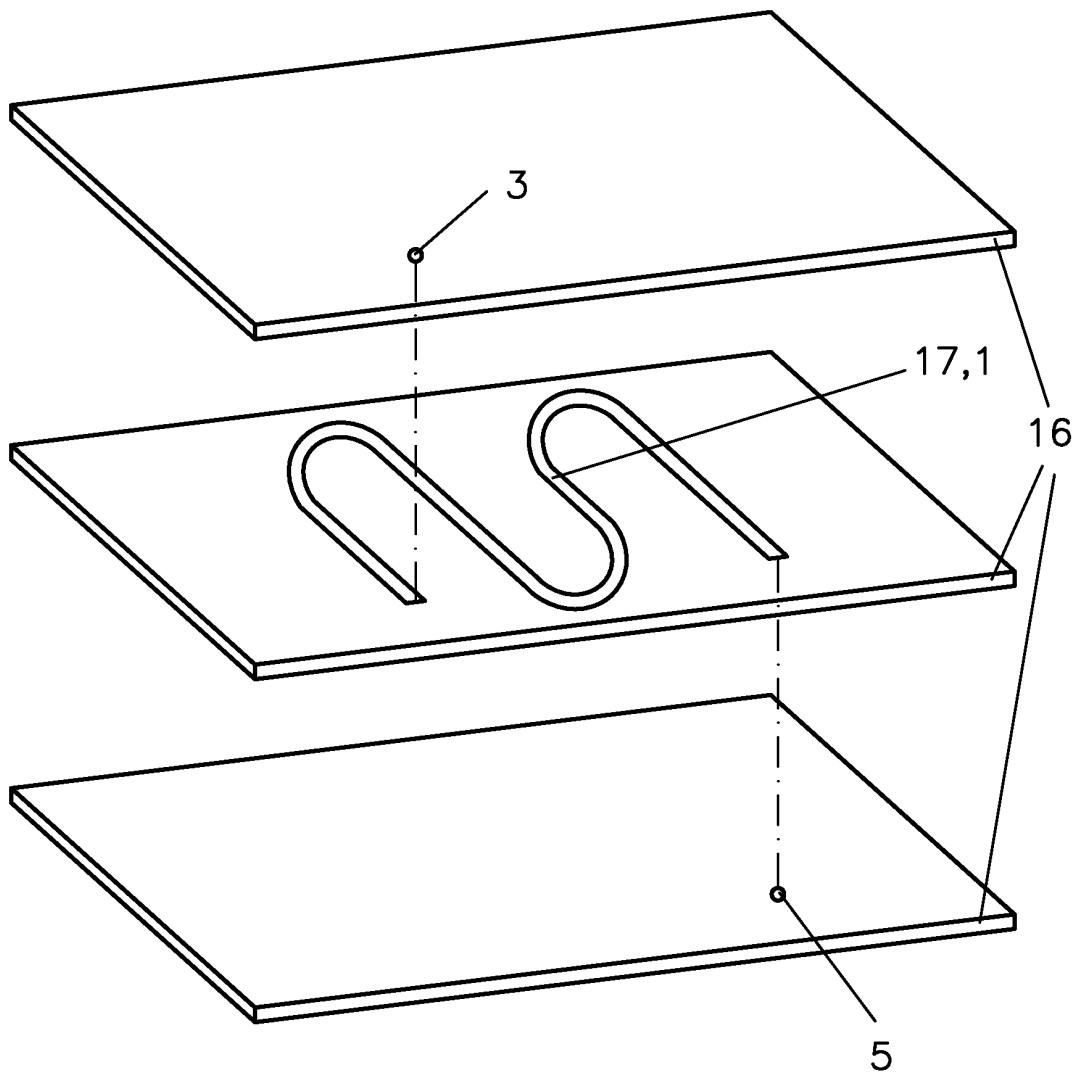
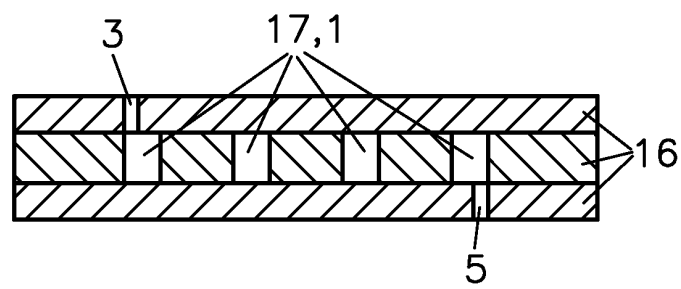


Fig. 4b



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 348667 [0007]
- DE 2339530 A [0008]
- EP 0545334 B1 [0010]
- EP 2123349 A2 [0013]