



(10) **DE 10 2017 210 202 A1** 2018.12.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 210 202.0**

(22) Anmeldetag: **19.06.2017**

(43) Offenlegungstag: **20.12.2018**

(51) Int Cl.: **B01J 19/26 (2006.01)**

**B01J 14/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:

**Gleiss Große Schrell und Partner mbB  
Patentanwälte Rechtsanwälte, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Walter, Moriz, 75391 Gechingen, DE; Bott, Mario,  
70178 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

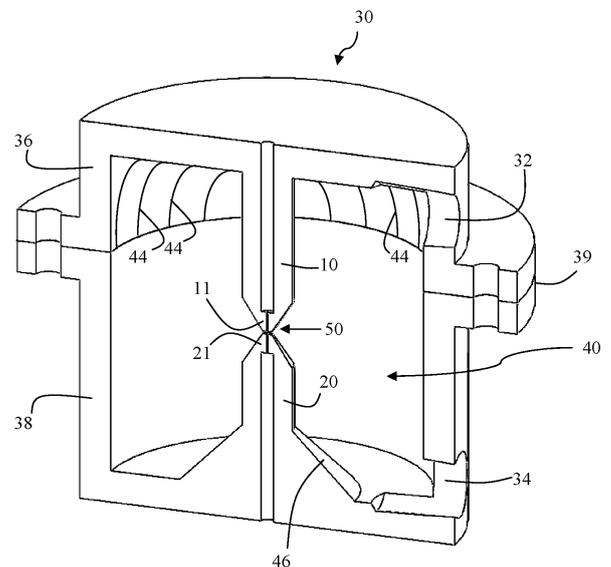
DE	10 2005 048 201	A1
DE	10 2007 008 878	A1
US	7 491 332	B2
US	8 852 644	B2
US	4 908 154	A
EP	1 165 224	B1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Fluidreaktor**

(57) Zusammenfassung: Fluidreaktor zur Erzeugung partikulärer Fluide durch Kollision, mit einem Gehäuse (30), das eine Kollisionskammer (40) umschließt, eine erste Flüssigkeitsdüse (10) und eine dazu kollinear entgegengesetzt orientierte zweite Flüssigkeitsdüse (20), die der ersten Düse (10) in Strahlrichtung der Düsen (10,20) in einer gemeinsamen Kollisionszone (50) unmittelbar gegenüber liegt, mindestens ein auf der Seite (36) der ersten Düse (10) angeordneter Spülfluideinlass (32) in die Kollisionskammer (40) und mindestens ein auf der Seite (38) der zweiten Düse (20) angeordneter Produktauslass (34) aus der Kollisionskammer (40).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Fluidreaktoren, besonders sogenannte Impinging Jet Reaktoren, zur Erzeugung von Nanopartikeln durch Fällung aus flüssigen Medien. Die Erfindung betrifft Verfahren und Mittel für die Herstellung von Nanopartikeln mit enger Korngrößenverteilung aus einer Lösung, besonders zum Einsatz in chemischen oder pharmazeutischen Produkten.

**[0002]** Nanopartikel eines Stoffes oder Stoffgemisches können aus Lösungen dieses Stoffes oder Stoffgemisches oder einer Vorstufe davon durch Fällung erhalten werden, wenn die Flüssigkeit, worin der Stoff oder dessen Vorstufe gelöst ist, unter hohem Druck - und folglich hoher Geschwindigkeit - auf ein Fällungsbad trifft. Dabei kommt es zu einer Zerstäubung der Flüssigkeiten und damit zur Ausbildung des Fällungsprodukts in Form von nanopartikulären Strukturen. Eine technische Realisierung ist als „Impinging Jet“-Verfahren bekannt. Dazu werden Fluidreaktoren eingesetzt, worin die beiden Flüssigkeiten, das heißt die den zu fällenden Stoff enthaltene Flüssigkeit einerseits und die fällende Flüssigkeit andererseits, unter hohem Druck durch zwei sich gegenüber liegende Flüssigkeitsdüsen gepresst werden, sodass die beiden Flüssigkeiten als Freistrahlen in einer zwischen diesen Düsen liegenden Kollisionszone unter hoher Geschwindigkeit aufeinandertreffen. Dabei entsteht eine sogenannte „Kollisionsscheibe“, welche sich aufgrund der Überlagerung der Impulse der beiden Flüssigkeiten quer zur jeweils ursprünglichen Ausbreitungsrichtung der beiden Flüssigkeiten, das heißt quer zur Strahlrichtung, ausbreitet. Am Kollisionspunkt der beiden Freistrahlen findet dabei aufgrund einer hochturbulenten Durchmischung der beiden inkompatiblen Medien eine chemische Fällungsreaktion statt, wobei gleichzeitig aufgrund der in dieser hochturbulenten Durchmischung herrschenden Scherkräfte das gefällte Produkt in Form von Nanopartikeln entsteht oder in diese unmittelbar bei Fällung zerteilt wird. Es wird angenommen, dass die Korngröße der Partikel eine Funktion des Geschwindigkeitsgradienten am Kollisionspunkt ist. Je nach Produktzusammensetzung ist die Korngröße der Partikel aber auch von Temperatur und/oder Druck im System abhängig. Es werden in der Regel Partikel, Korngröße im Bereich von 50 bis 500 µm erhalten.

**[0003]** Die beiden jeweils aus den sich gegenüberliegenden Düsen austretenden Freistrahlen kollidieren und erschöpfen sich vollständig in der entstehenden Kollisionsscheibe. Das in der Kollisionsscheibe vorliegende nanopartikuläre Produkt wird in dem Reaktor aufgefangen und anschließend daraus abgeführt. Dabei ist es häufig erforderlich, die Nanopartikel aus dem nanopartikulären Fluid der Kollisionsscheibe abzutrennen. Um das nanopartikuläre Fluid

der Kollisionsscheibe aus dem Reaktor abzuführen, kann der Reaktor intermittierend oder kontinuierlich mit einem Spülmedium gespült werden. Der Abtransport des nanopartikulären Fluids erfolgt bekanntermaßen in Richtung der Ebene der Kollisionsscheibe, das heißt quer zur Ausrichtung der beiden kollidierenden Freistrahlen.

**[0004]** Nachteilig bei bekannten derartigen Reaktoren ist, dass die Korngrößenverteilung der erhaltenen Nanopartikel breit ist und außerdem stark von den eingesetzten Betriebsparametern, vor allem Druck und Durchflussrate, aber auch von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Medien, vor allem Viskosität und Oberflächenspannung, abhängt. Eine genaue Kontrolle der Betriebsparameter ist erforderlich, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Aber bei bekannten Fluidreaktoren sind selbst unter idealen Betriebsbedingungen nur Korngrößenverteilungen erhältlich, die für einige Anwendungen unzureichend breit sind, und es sind weitere Maßnahmen zur Trennung der Korngrößen erforderlich.

**[0005]** Es bestand daher der Wunsch, Verfahren und Mittel zur Herstellung von Nanopartikeln mittels „Impinging Jet“-Verfahren derart weiter zu entwickeln, dass einfach, das heißt ohne enge Parameterkontrolle und zuverlässig reproduzierbar laufend Nanopartikel erhalten werden können, die vorteilhafterweise eine enge Korngrößenverteilung aufweisen.

**[0006]** Dieses technische Problem wird gelöst durch die Bereitstellung eines Fluidreaktors zur Erzeugung nanopartikulärer Fluide, besonders von Nanopartikeln, durch Kollision nach Anspruch 1.

**[0007]** Insbesondere durch einen Fluidreaktor, der ein Gehäuse aufweist, welches eine Kollisionskammer umschließt; in die Kollisionskammer ragen eine erste Flüssigkeitsdüse und eine dazu kollinear angeordnete, aber entgegengesetzt orientierte zweite Flüssigkeitsdüse, die der ersten Düse in Strahlrichtung der Düsen in einer gemeinsamen Kollisionszone unmittelbar gegenüberliegt. Der Reaktor weist erfindungsgemäß an dem Gehäuse mindestens einen auf der Seite der ersten Düse angeordneten Spülfluideinsatz auf, welcher in die Kollisionskammer mündet. Der Fluidreaktor weist außerdem mindestens einen auf der Seite der zweiten Düse angeordneten Produktauslass auf, der aus der Kollisionskammer führt.

**[0008]** Erfindungsgemäß ist der bereitgestellte Fluidreaktor besonders dadurch gekennzeichnet, dass auf der Seite der ersten Düse spezifisch geformte Strukturen ausgebildet sind, welche das über den Spülfluideinlass zuführbare Spülfluid, sei es ein Gas oder eine Flüssigkeit, aufweist, wobei diese Strukturen geeignet sind, in der Kollisionskammer, zumindest im Bereich der Kollisionszone, einen in Strahlrichtung der ersten Düse verlaufenden gerichteten

teten, insbesondere laminaren, Spülfluidstrom zu erzeugen. Unter „gerichtetem“ Strom wird hierbei ein vorzugsweise laminares Strömungsprofil verstanden, wobei das Fluid in Schichten strömt, die sich nicht vermischen und keine Wirbel ausbilden. Die charakteristische Reynoldszahl  $Re$  als Funktion von Fließgeschwindigkeit, charakteristischer Länge der Reaktor-geometrie und Viskosität sollte hierzu einen Wert von  $Re = 2300$  nicht überschreiten.

**[0009]** Das heißt, erfindungsgemäß ist im Betrieb des Reaktors, das heißt während der Kollision der beiden jeweils aus der ersten und zweiten Düse austretenden Freistrahlen, ein gerichteter, insbesondere laminarer, Strom eines Spülfluids vorhanden, welcher prinzipiell parallel zur Richtung der austretenden Freistrahlen verläuft, das heißt im Wesentlichen orthogonal zur entstehenden Kollisionsscheibe. Dadurch wird erfindungsgemäß erreicht, dass die Kollisionsscheibe in ihrer Ausbreitung in Richtung des gerichteten Nettostroms des Spülfluids abgelenkt wird.

**[0010]** Das heißt besonders, die sich ursprünglich im Wesentlichen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Freistrahlen ausbildende flache Kollisionsscheibe wird praktisch pilzförmig, das heißt bevorzugt in Form einer Kalotte oder eines Rotationsparaboloiden abgelenkt. Die konkrete Form des sich mit der Ablenkung durch das gerichtet, insbesondere laminar strömende Spülfluid ausbildenden Kollisionskegels ist in erster Näherung durch die Vektoraddition der Ausbreitungsgeschwindigkeit des nanopartikulären Fluids von der Kollisionszone einerseits und von dem Profil des gerichteten Spülfluids andererseits gegeben.

**[0011]** Dadurch wird vorteilhafterweise erreicht, dass die in dem gebildeten nanopartikulären Fluid der Kollisionsscheibe vorhandenen Partikel von der Kollisionszone und damit vorteilhafterweise besonders auch von den kollidierenden Freistrahlen sicher und zuverlässig weggeführt werden, wodurch die Wahrscheinlichkeit, dass bereits gebildete Partikel zurück in die Kollisionszone oder in die Freistrahlen prallen, signifikant reduziert wird.

**[0012]** Es hat sich überraschend gezeigt, dass durch diese Verfahrens- und Betriebsbedingung, die sich aus der besonderen baulichen Gestaltung des erfindungsgemäßen Fluidreaktors zwangsweise ergibt, das Verfahrensergebnis, nämlich die Herstellung von Nanopartikeln signifikant verbessern lässt. Zum einen sind Qualität und insbesondere Größenverteilung der Nanopartikel weniger stark von den gewählten Betriebs- und Prozessparametern abhängig, sodass zuverlässiger und reproduzierbarer nanopartikuläre Produkte erhalten werden können. Zum anderen hat sich überraschend gezeigt, dass dadurch die Korngrößenverteilung der erhältlichen Nanopartikel gegenüber der mit bekannten Verfahren herstellba-

ren Nanopartikel deutlich verbessert, das heißt verringert hat.

**[0013]** Unter „kollinear“ wird im Zusammenhang mit der Erfindung nicht nur ein Winkel von  $0^\circ$  (bei gleichgerichteter Orientierung) beziehungsweise  $180^\circ$  (bei entgegengesetzter Orientierung) verstanden, sondern „kollinear“ umfasst auch praktisch erwägbar Abweichungen von diesem Interaktionswinkel. Der Begriff „kollinear“ schließt daher bevorzugt Interaktionswinkel von  $-10^\circ$  bis  $+10^\circ$ , das heißt  $170^\circ$  bis  $190^\circ$  mit ein.

**[0014]** Unter „kollinear“ wird im Zusammenhang mit der Erfindung weiterhin nicht nur verstanden, dass die beiden interagierenden Strahlen, beziehungsweise Düsenausrichtungen fluchten oder in einer gemeinsamen Achse verlaufen, sondern „kollinear“ umfasst auch praktisch erwägbar Abweichungen in Form von seitlichem Versatz der Strahlen, beziehungsweise Düsenachsen. Idealerweise ist eine Überlappung der Strahlen von 100% vorgesehen, das heißt besonders, die Strahlen beziehungsweise Düsenachsen fluchten. Der Begriff „kollinear“ schließt aber bevorzugt auch Überlappungen von 50% oder mehr, bevorzugt von 70% oder mehr, mit ein. Der notwendige Grad der Überlappung ist auch vom Strahlprofil der aus den Düsen austretenden Freistrahlen abhängig. Der Fachmann kennt die entsprechenden Zusammenhänge.

**[0015]** Nachfolgend werden besondere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Fluidreaktors beschrieben, die jeweils den erfindungsgemäßen vorteilhaften Betrieb des Reaktors zusätzlich unterstützen, und insbesondere geeignet sind, das Rückprallen von gebildeten Nanopartikeln in der Kollisionszone und damit auch in die Freistrahlen zu verhindern.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kollisionskammer des Fluidreaktors, zumindest auf der Seite der zweiten Düse, wohin die Kollisionsscheibe aufgrund des erzeugbaren gerichteten, insbesondere laminaren, Spülfluidstroms ablenkbar ist, eine strukturierte Prallwand vorgesehen. Diese strukturierte Prallwand ist derart ausgebildet, dass der Impuls dort auftreffender Partikel aus den gebildeten nanopartikulären Fluid gestreut und/oder gedämpft wird, sodass insbesondere ein elastisches Rückprallen der Partikel in die Kollisionskammer und ungünstigstenfalls in die Kollisionszone oder die Freistrahlen verhindert wird. Dazu ist die Prallwand bevorzugt strukturiert, um die auf prallenden Fluidtropfen zu brechen. Bevorzugt sind offenporige oder schwammartige Strukturen, bevorzugt gesinterte Strukturen, Metall-, Glas- oder Keramikschwämme oder-fritten.

**[0017]** In bevorzugten Ausgestaltungen sind die spülfluidleitenden Strukturen in dem Fluidreaktor, welche zur Ausbildung eines gerichteten, insbeson-

dere laminaren, und insbesondere zur Strömungsrichtung der aus den Düsen austretenden Freistrahlen parallelen Strömung des Spülfluids als strukturierte Kämme oder ähnliche Strukturen ausgebildet, welche die Bildung von Turbulenzen eines in den Kollisionsraum eingeleiteten Spülfluids unterdrücken und die Strömung des Spülfluids lenken. In einer bevorzugten Variante sind die Strukturen als parallele Kanäle oder Rillen ausgebildet. Diese sind bevorzugt konzentrisch um die mittig verlaufende erste Düse angeordnet. In einer bevorzugten Ausgestaltung münden diese Kanäle in der Nähe der Spitze der ersten Düse, wo der Freistrahle des ersten Mediums austritt, in die Kollisionszone, sodass zumindest im Bereich der Kollisionszone eine gerichtete, insbesondere laminare, Strömung eines eingeleiteten Spülfluids ausbildbar ist.

**[0018]** Als spülfluidleitende Struktur ist in einer bevorzugten Variante zumindest im Bereich des Kopfes der ersten Düse an dem Gehäuse, besonders an der Wand der Kollisionskammer, ein Vorsprung derart ausgebildet, dass dieser der mittigen ersten Düse einen um diese Düse herum konzentrisch angeordneten und insbesondere konisch zulaufenden ersten Fluidleitraum in der Kollisionskammer bildet. Es ist vorgesehen, dass in diesem bevorzugt gebildeten Fluidleitraum die gerichtete Strömung eines eingeleiteten Spülfluids direkt auf die Austrittsöffnung des Freistrahls des ersten Mediums aus der ersten Düse gerichtet wird. Somit wird erreicht, dass das Spülfluid eng an dem Schaft der ersten Düse und an der Spitze der ersten Düse entlangströmt und den dort austretenden Freistrahle des ersten Mediums koaxial umhüllt. Ohne an die Theorie gebunden sein zu wollen, reißt der austretende Freistrahle so den Spülfluidstrom nach dem Prinzip einer Venturidüse mit, beschleunigt diesen und lenkt diesen unmittelbar und in Richtung des Freistrahls senkrecht auf die entstehende Kollisionsscheibe, die dabei unmittelbar quer zu ihrer Ausbreitungsrichtung von dem Spülmedium abgelenkt werden kann.

**[0019]** In einer zusätzlichen bevorzugten Ausgestaltung ist auch im Bereich des Kopfes der zweiten Düse, besonders an der Wand der Kollisionskammer, ein Vorsprung ausgebildet, der im Bereich des Kopfes der zweiten Düse einen um die Düse herum konzentrisch angeordneten und bevorzugt konisch auslaufenden zweiten Fluidleitraum in der Kollisionskammer bildet. Der zweite Fluidleitraum ist dabei so dimensioniert, dass er der durch das Spülmedium abgelenkten Kollisionsscheibe folgt. Dabei ist besonders vorgesehen, dass sich der zweite Fluidleitraum in Ausbreitungsrichtung der abgelenkten Kollisionsscheibe erweitert, sodass bevorzugt ein Druckabfall und eine Geschwindigkeitsreduzierung des gebildeten und abströmenden nanopartikulären Fluids ermöglicht wird. Durch diese Maßnahme wird zusätzlich verhindert, dass Partikel aus dem gebildeten na-

nopartikulären Fluid ihren Weg zurück zum Punkt ihrer Entstehung, das heißt zu der Kollisionszone oder auch zu den Freistrahlen finden können.

**[0020]** Durch diese Maßnahmen wird erreicht oder unterstützt, dass das erfindungsgemäß die Kollisionsscheibe ablenkende Spülfluid an der Kollisionszone im Wesentlichen senkrecht auf die Kollisionsscheibe trifft, diese in Ausbreitungsrichtung der Kollisionsscheibe, das heißt in Flussrichtung des in der Kollisionszone gebildeten nanopartikulären Fluids, entlang der Strömungsrichtung des Spülfluids orientiert, das heißt die Strömungsrichtung des gebildeten nanopartikulären Fluids in die Strömungsrichtung des Spülfluids einschwenkt, sodass diese vorzugsweise schließlich parallel verlaufen, wodurch das Spülfluid nun die Abfuhr der gebildeten Nanopartikel aus dem Reaktor unmittelbar unterstützt. Dabei ist bevorzugt vorgesehen, dass die Dimensionierung der vorgenannten Strukturen so auf die möglichen Betriebsparameter abgestimmt ist, sodass Druck- und Strömungsverhältnisse erreichbar sind, die eine kontinuierliche Ablenkung der Kollisionsscheibe erzwingen. Das heißt besonders, dass die erfindungsgemäß abgelenkte und zu einem Kollisionskegel verformte Kollisionsscheibe im Längsschnitt eine streng monoton fallende Funktion beschreibt. Das heißt an keiner Stelle der abgelenkten Kollisionsscheibe strömen gebildete Nanopartikel entgegen ihrer primären Nettoflussrichtung oder gar zurück in Richtung der Freistrahlen oder zur Kollisionszone.

**[0021]** Der Durchmesser der Düsen beträgt bevorzugt von 50 bis 500 µm, besonders von 100 bis 500 µm, bevorzugt von 200 bis 400 µm, in einer spezifischen Variante etwa 300 µm.

**[0022]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung von nanopartikulärem Fluid, das heißt Nanopartikeln aus in Lösungsmittel gelöster Komponente oder Komponentengemisch. Das Verfahren beinhaltet, dass ein erstes flüssiges Medium, das heißt das Medium worin die Komponente, woraus die Nanopartikel gebildet werden sollen, gelöst ist, durch eine erste Flüssigkeitsdüse gepresst wird und dort unter hoher Geschwindigkeit austritt und dass zusätzlich ein zweites flüssiges Medium, welches Fällungsmittel zur Fällung der in dem ersten flüssigen Medium gelösten Komponente enthält, durch eine zweite Flüssigkeitsdüse gepresst wird, welche zu der ersten Flüssigkeitsdüse kollinear angeordnet, aber entgegengesetzt orientiert ist, wobei die zweite Flüssigkeitsdüse der ersten Flüssigkeitsdüse unmittelbar gegenübersteht, sodass in dem Verfahrensschritt die beiden aus den Düsen austretenden Freistrahlen des ersten und zweiten flüssigen Mediums mit derart hoher Geschwindigkeit in einer gemeinsamen Kollisionszone aufeinanderprallen, dass die in dem ersten Medium gelöste Komponente durch das Fällungsmittel gefällt wird und, besonders gleichzeitig, eine

sich von dem Kollisionspunkt aus quer zur Strahlrichtung der Düsen erstreckende Kollisionsscheibe, enthaltend die gefällte Komponente als nanopartikuläres Fluid, gebildet wird. Erfindungsgemäß ist das Verfahren nun dadurch gekennzeichnet, dass ein zur Strahlrichtung der Düsen, beziehungsweise der Freistrahlen im Wesentlichen paralleler gerichteter Spülfluidstrom erzeugt wird, so dass durch den Spülfluidstrom die sich bildende Kollisionsscheibe quer zur ihrer primären Ausbreitungsrichtung abgelenkt und ein Kollisionskegel gebildet wird.

**[0023]** Bevorzugt sieht das Verfahren vor, dass der hierin beschriebene, besonders ausgestaltete Fluidreaktor eingesetzt wird.

**[0024]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Spülfluidstrom das gebildete nanopartikuläre Fluid in Strahlrichtung der Düsen beziehungsweise der Freistrahlen aus der Kollisionszone fördert. Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Spülfluidstrom das nanopartikuläre Fluid in einen Fluidraum fördert, der ein Rückprallen von gebildeten Partikeln in die Kollisionszone vermeidet oder verhindert. Der Fluidraum ist bevorzugt als Expansionsraum ausgebildet.

**[0025]** Alternativ oder zusätzlich ist bevorzugt vorgesehen, dass der Spülfluidstrom das gebildete nanopartikuläre Fluid in Strahlrichtung der Düsen aus der Kollisionszone fördert und auf eine strukturierte Prallwand, die ein Rückprallen von gebildeten Partikeln in der Kollisionszone vermeidet oder verhindert, lenkt.

**[0026]** Besonders im Zusammenspiel mit der Dimensionierung des verwendeten Fluidreaktors sieht das Verfahren bevorzugt vor, dass der Volumenstrom und gegebenenfalls die Dichte des Spülfluidstroms an den Volumenstrom und die Dichten des ersten und zweiten flüssigen Mediums angepasst ist, sodass sich ein kontinuierliches Fließgleichgewicht der Volumenströme einstellt, die eine derartige Geometrie ausbilden, das ein Rückströmen von Medien oder gebildeten Partikeln in die Kollisionszone oder in die Freistrahlen verhindert wird.

**[0027]** Der Flüssigkeitsvolumenstrom an der Düse beträgt bevorzugt von 100 bis 1000 ml/min, besonders von 125 bis 500 ml/min, bevorzugt von 200 bis 300 ml/min, in einer spezifischen Variante etwa 250 ml/min. Der Düsendurchmesser beträgt dabei bevorzugt etwa 300 µm.

**[0028]** Der Gasvolumenstrom des Spülfluids beträgt bevorzugt von 1 bis 20 l/min, besonders von 1 bis 10 l/min, bevorzugt von 3 bis 8 l/min, in einer spezifischen Variante etwa 5 l/min.

**[0029]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Verfahren ein Spülfluid verwendet, welches ein Inertgas oder ein inertes Gasgemisch ist. In einer alternativen

Ausgestaltung ist das Spülfluid eine Flüssigkeit. Diese Flüssigkeit ist bevorzugt weniger dicht als die zur Kollision und Fällung der Partikel eingesetzten ersten und zweiten flüssigen Medien, besonders bevorzugt weniger dicht als das erste flüssige Medium, welches die zu fällende Komponente enthält.

**[0030]** Die Erfindung wird an den nachfolgenden Beispielen näher erläutert, ohne dass die beschränkend zu verstehen wären:

**Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung in Schnittansicht einer ersten Ausführung eines erfindungsgemäßen Fluidreaktors. Dieser ist in der dargestellten Version zweiteilig ausgebildet, wobei ein der ersten Düse **10** zugeordneter Gehäuseteil **36** über einen Flansch **39** mit dem der zweiten Düse **20** zugeordneten zweiten Gehäuseteil **38** dichtend verbindbar ist. Dabei sind die in den von dem Gehäuse **30** umschlossenen Kollisionsraum **40** zwei gegeneinander gerichtete und kollinear angeordnete Flüssigkeitsdüsen **10, 20** derart angeordnet, dass sie sich in einer gemeinsamen Kollisionszone **50** unmittelbar gegenüberstehen, sodass aus dem Düsenkopf **11** einerseits und dem Düsenkopf **21** andererseits austretende Freistrahlen dort kollidieren. Erfindungsgemäß ist zumindest im Bereich der ersten Düse **10** eine fluidleitende Struktur **44** ausgebildet. Diese ist derart strukturiert, dass ein in den Spülfluideinlass **32** eingeleitetes Spülfluid durch die strömungsleitenden Strukturen **44** so abgelenkt werden, dass sich ein gerichteter Strom des Spülfluids entlang der Strömungsrichtung der Flüssigkeitsdüsen **10, 20** ausbildet, und zwar zumindest im Bereich der Kollisionszone **50**. Das Spülfluid kann zusammen mit einem in der Kollisionszone **50** gebildeten nanopartikulären Fluid aus der Kollisionskammer **40** an den Auslass **34** entnommen werden. In der dargestellten Ausführung ist zusätzlich innerhalb der Kollisionskammer, zumindest in dem der zweiten Düse **20** zugeordneten Bereich eine strukturierte Prallwand **46** vorgesehen.

Die **Fig. 2A** zeigt die Ausführung nach **Fig. 1** in geöffnetem Zustand. Die **Fig. 2C** zeigt eine Außenansicht des Reaktors nach **Fig. 1** in geschlossenem Zustand.

Die **Fig. 2B** zeigt in schematischer Darstellung den Betriebszustand des Fluidreaktors nach **Fig. 1**, wobei ein sich in dem Fluidreaktor ausbildender gerichteter Gasstrom **55** eine sich in der Kollisionszone **50** zwischen den Düsen ausbildende Kollisionsscheibe **52** in Strömungsrichtung der ersten Düse ablenkt, sodass das nanopartikuläre Fluid aus der Kollisionsscheibe **52** auf die Prallwand **46** trifft und zum anderen letztlich über den Auslass **34** zusammen mit dem Spülfluid aus dem Fluidreaktor ausgeleitet werden kann.

Die **Fig. 3A** zeigt einen Querschnitt durch eine alternative bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Fluidreaktors. Es ist eine dreiteilige Ausführung gewählt, wobei der obere, der ersten Düse **10** zugeordnete Gehäuseabschnitt **36** mit dem unteren, der zweiten Düse **20** zugeordneten Gehäuseteil **38** über eine Zwischenscheibe **37** im Bereich der Kollisionszone dichtend verbindet. In der dargestellten Ausführung sind die Düsenkörper der Düsen **10**, **20** in die Gehäuseteile **36**, **38** separat eingesetzt.

Die erste Düse **10** ist über einen Zulauf **12** mit einer Hochdruckpumpe verbindbar. Die Düse **20** ist über einen Zulauf **22** mit einer zweiten Hochdruckpumpe verbindbar. In dem Gehäuseteil **36** ist mindestens ein Zulauf **32** für Spülmedium ausgebildet. In dem Gehäuseteil **38** ist zumindest ein Ablauf **34** für gebildetes nanopartikuläres Fluid und Spülfluid ausgebildet. Die **Fig. 3B** zeigt einen Querschnitt durch den Gehäuseteil **36** der **Fig. 3A** im Bereich der Schnittlinie **A**. Innerhalb der Wand des Gehäuses **30** ist die Düse **10** eingesetzt, deren Schaft zur Gehäusewand hin parallele und konzentrisch um die Düse angeordnete Kanäle **44** bildet, die als strömungsleitende Strukturen dienen und einen gerichteten Strom von Spülfluid entlang der Düse **10** hin zu deren Spitze **11** erlauben.

Die **Fig. 3C** zeigt einen Detailausschnitt der Ausführung nach **Fig. 3A** im Bereich der Kollisionszone **50**. An der Spitze **11** der ersten Düse münden die strömungsleitenden Kanäle **44** in einen fluidleitenden Bereich **17**, welcher durch die Spitze der ersten Düse und einem Vorsprung **15** der Gehäusewand gebildet wird in Strömungsrichtung unterhalb der Kollisionszone **50** bildet die Spitze **21** der zweiten Düse mit dem Vorsprung **25** des Gehäuses einen zweiten Fluidleitraum **27**, welcher eine an der Kollisionszone **50** gebildete Kollisionsscheibe ausgebildetem nanopartikuläres Fluid aufnimmt und zusammen mit einem durchströmenden Spülfluid abführt.

Die **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** zeigen schematische Längsschnittansichten beziehungsweise Seitenansichten einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Fluidreaktors. Die **Fig. 4A** zeigt eine Schnittansicht, die **Fig. 4C** die Außenansicht der entsprechenden Orientierung. Die **Fig. 4D** zeigt eine Schnittansicht der Ausführung nach **Fig. 4A** mit dazu senkrecht stehender Schnittebene. Die **Fig. 4B** zeigt die zugehörige Außenansicht der entsprechend orientierten Ausführung.

### Patentansprüche

1. Fluidreaktor zur Erzeugung partikulärer Fluide durch Kollision, mit einem Gehäuse (30), das eine Kollisionskammer (40) umschließt, eine erste Flüssigkeitsdüse (10) und eine dazu kollineare entgegengesetzt orientierte zweite Flüssigkeitsdüse (20), die der ersten Düse (10) in Strahlrichtung der Düsen (10, 20) in einer gemeinsamen Kollisionszone (50) unmittelbar gegenüber liegt, mindestens ein auf der Seite (36) der ersten Düse (10) angeordneter Spülfluideinlass (32) in die Kollisionskammer (40) und mindestens ein auf der Seite (38) der zweiten Düse (20) angeordneter Produktauslass (34) aus der Kollisionskammer (40), **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Seite (36) der ersten Düse (10) spülfluidleitende Strukturen (44) ausgebildet sind, die geeignet sind, in der Kollisionskammer (40) im Bereich der Kollisionszone (50) einen in Strahlrichtung der ersten Düse (10) verlaufenden gerichteten Spülfluidstrom (55) zu erzeugen.

2. Fluidreaktor nach Anspruch 1, wobei in der Kollisionskammer (40) auf der Seite (38) der zweiten Düse (20) eine strukturierte Prallwand (46) ausgebildet ist.

3. Fluidreaktor nach Anspruch 1 oder 2, wobei spülfluidleitende Strukturen (44) als parallele Kanäle ausgebildet sind.

4. Fluidreaktor nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Vorsprung (15) ausgebildet ist, der im Bereich des Kopfes (11) der ersten Düse (10) einen um die Düse (10) konzentrisch angeordneten konisch zulaufenden ersten Fluidleitraum (17) in der Kollisionskammer (40) bildet.

5. Fluidreaktor nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Vorsprung (25) ausgebildet ist, der im Bereich des Kopfes (21) der zweiten Düse (20) einen um die Düse (20) konzentrisch angeordneten konisch auslaufenden zweiten Fluidleitraum (27) in der Kollisionskammer (40) bilden.

6. Fluidreaktor nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich der Schaft der zweiten Düse (20) von dem Kopf (21) der Düse (20) zu ihrer Basis (23) hin verjüngt und so zwischen Düse (20) und der Wand der Kollisionskammer (40) ein Fluidexpansionsraum (48) gebildet ist.

7. Verfahren zur Herstellung von nanopartikulärem Fluid aus in Lösungsmittel gelöster Komponente, enthaltend die Schritte:

Pressen eines ersten flüssigen Mediums mit darin gelöster Komponente durch eine erste Flüssigkeitsdüse (10) und Pressen eines zweiten flüssigen Mediums enthaltend Fällungsmittel durch eine kollineare, entgegengesetzt orientierte zweite Flüssigkeitsdüse (20), die der ersten Flüssigkeitsdüse (10) unmittelbar gegenübersteht, so dass die beiden aus den Düsen (10,20) austretenden Freistrahlen mit derart hoher Geschwindigkeit in einer Kollisionszone (50) aufeinanderprallen, dass die in dem ersten Medium

gelöste Komponente durch das Fällungsmittel gefällt wird und eine sich von der Kollisionszone (50) aus quer zur Strahlrichtung der Düsen (10,20) erstreckende Kollisionsscheibe (52) der gefällten Komponente als nanopartikuläres Fluid gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass

ein zur Strahlrichtung der Düsen (10,20) paralleler gerichteter Spülfluidstrom (55) die sich bildende Kollisionsscheibe (52) aus nanopartikulärem Fluid in Richtung des Spülfluidstroms (55) ablenkt, wobei das nanopartikuläre Fluid aus dem Spülfluidstrom (55) gewonnen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Spülfluidstrom (55) das gebildete nanopartikuläre Fluid in Strahlrichtung der Düsen (10,20) aus der Kollisionszone fördert.

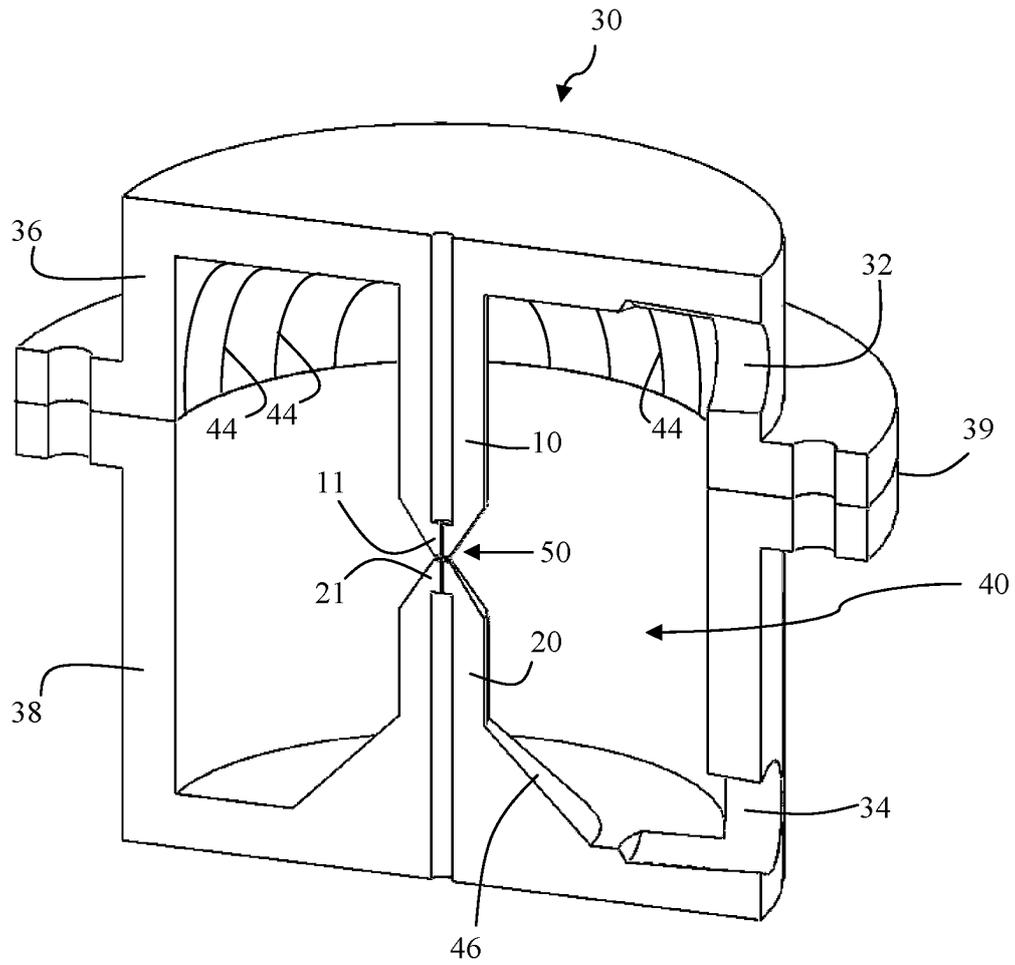
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Spülfluidstrom (55) das gebildete nanopartikuläre Fluid in Strahlrichtung der Düsen (10,20) aus der Kollisionszone in einen Fluidexpansionsraum (48), der ein Rückprallen von gebildeten Partikeln in die Kollisionszone (50) vermeidet oder verhindert, fördert.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der Spülfluidstrom (55) das gebildete nanopartikuläre Fluid in Strahlrichtung der Düsen (10,20) aus der Kollisionszone fördert und auf eine strukturierte Prallwand (46), die ein Rückprallen von gebildeten Partikeln in die Kollisionszone (50) vermeidet oder verhindert, lenkt.

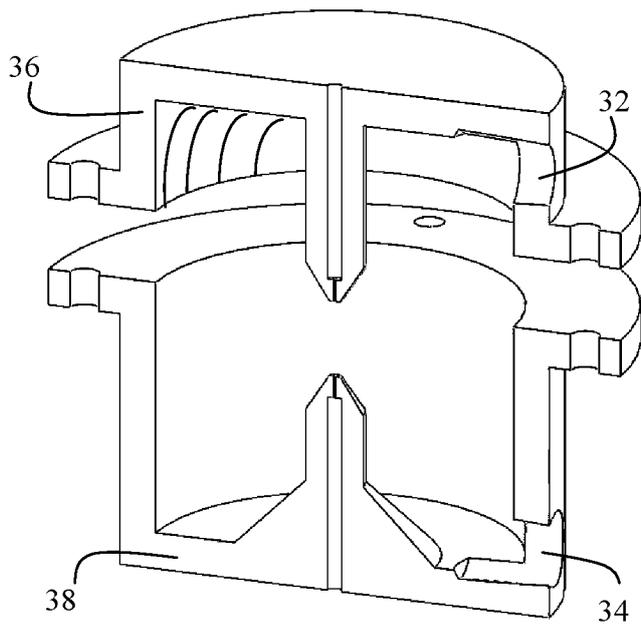
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei der Volumenstrom und gegebenenfalls auch die Dichte des Spülfluidstroms (55) an den Volumenstrom und die Dichten des ersten und zweiten flüssigen Mediums angepasst ist, so dass ein Rückströmen von Medien oder gebildeten Partikeln in die Kollisionszone (50) verhindert wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

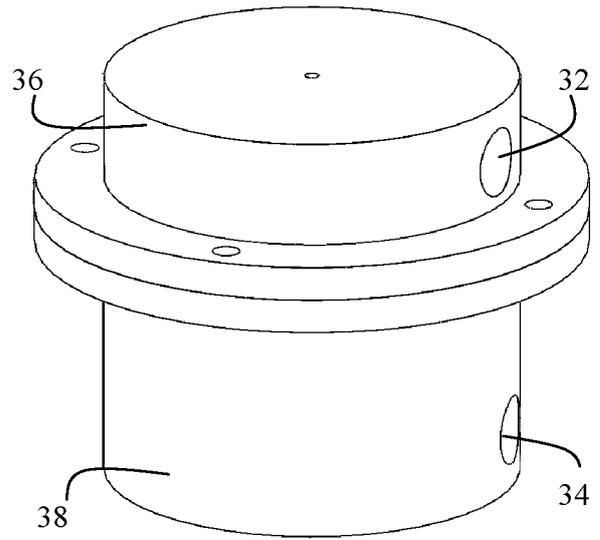
Anhängende Zeichnungen



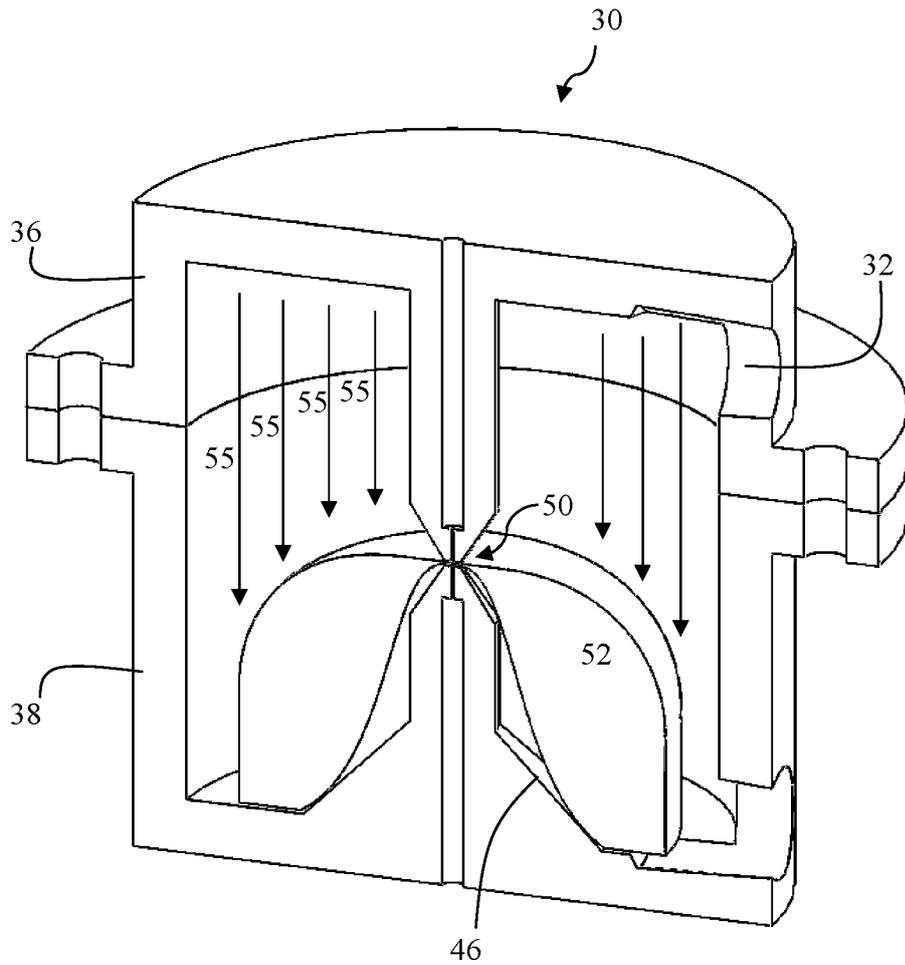
**Fig. 1**



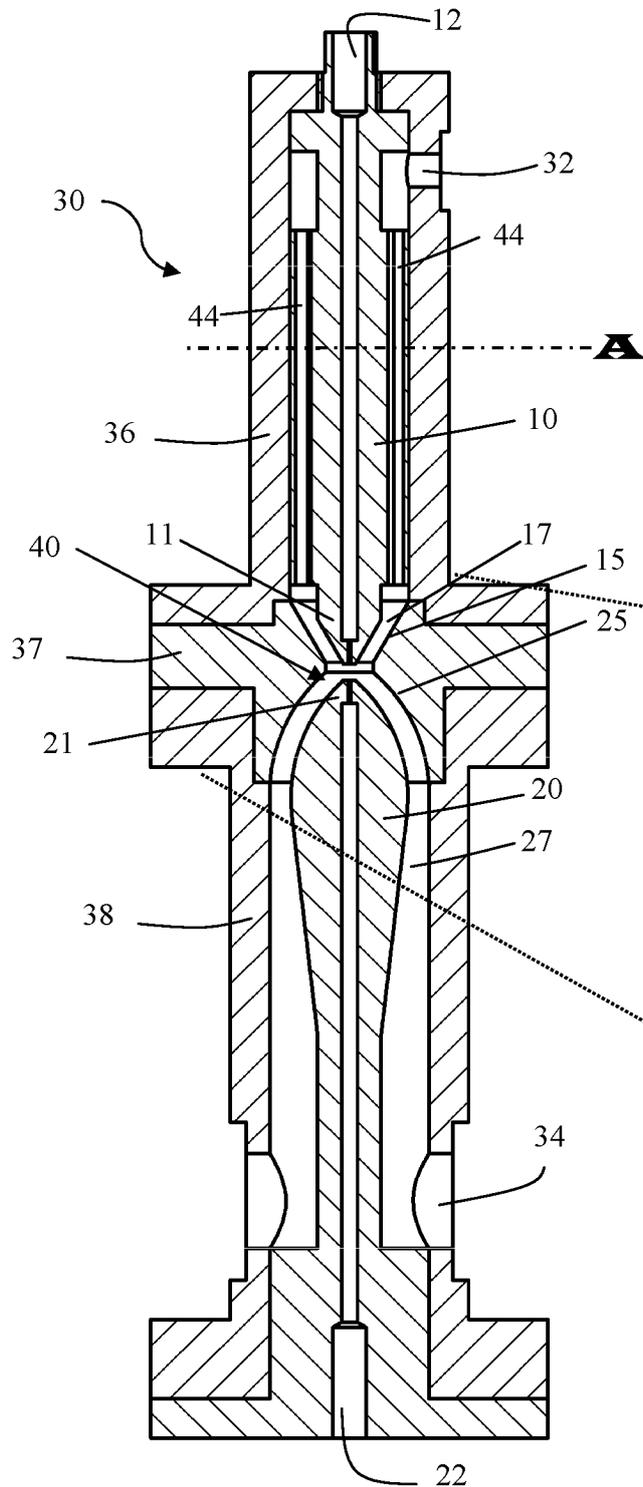
**Fig. 2A**



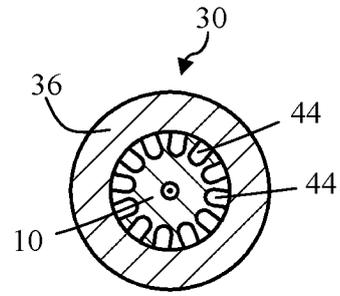
**Fig. 2C**



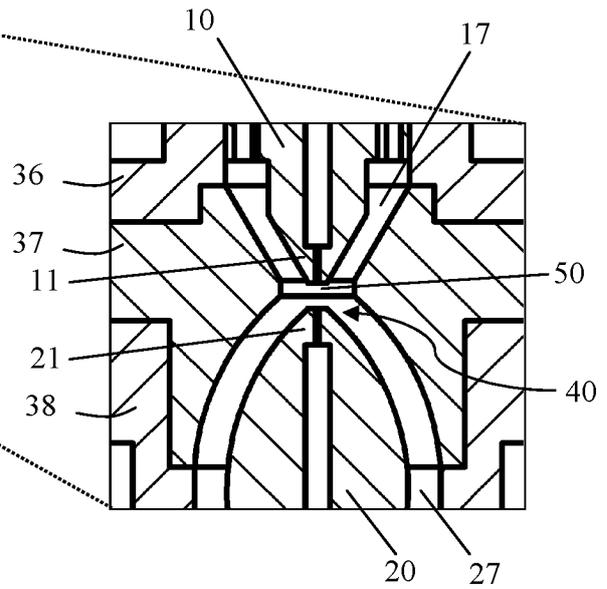
**Fig. 2B**



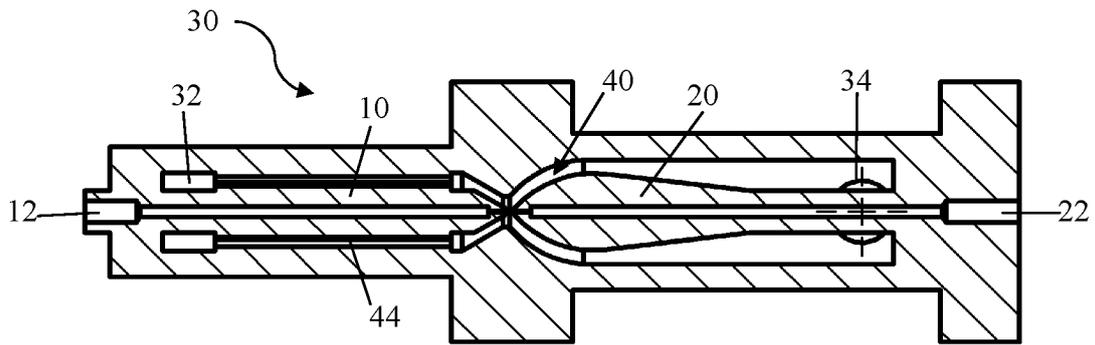
**Fig. 3A**



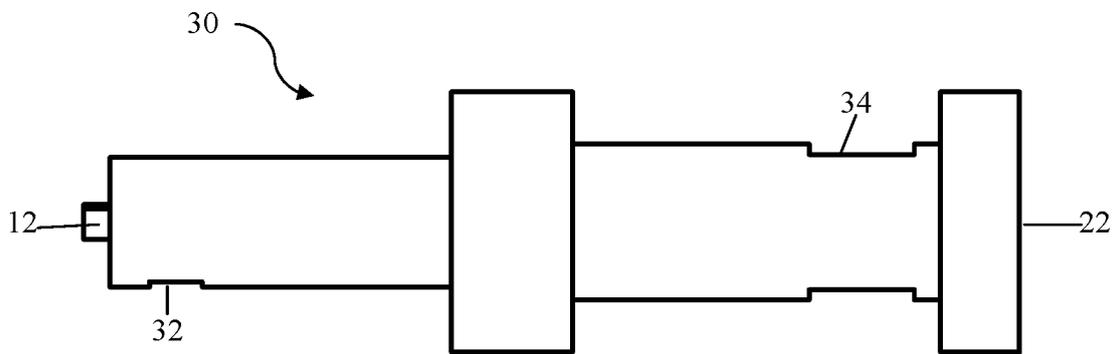
**Fig. 3B**



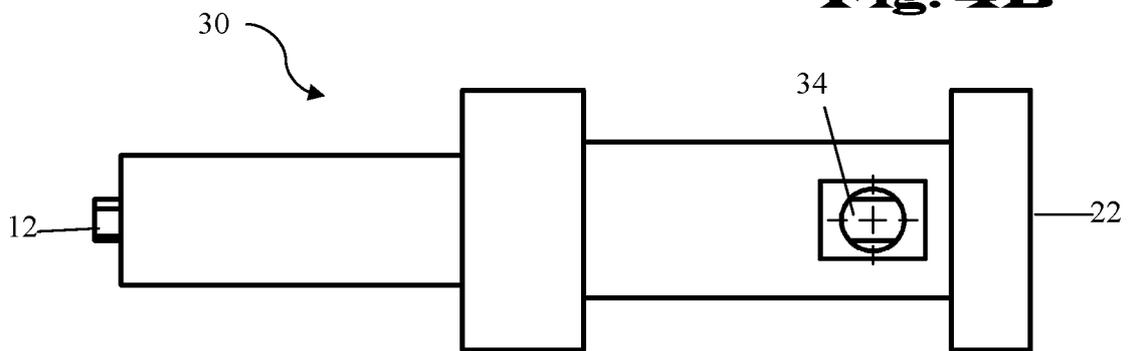
**Fig. 3C**



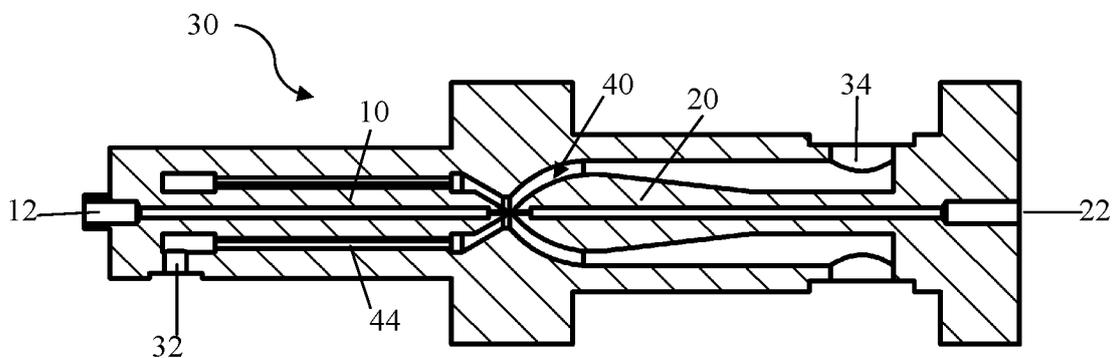
**Fig. 4A**



**Fig. 4B**



**Fig. 4C**



**Fig. 4D**