



(11)

EP 2 332 652 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.08.2013 Patentblatt 2013/33

(51) Int Cl.: **B01L 3/00** (2006.01) **B03C 1/033** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10015405.3**

(22) Anmeldetag: **08.12.2010**

(54) Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem

Fluid magnetic particle transport system

Système de transport de particules magnétiques fluidiques

(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

(30) Priorität: **10.12.2009 DE 102009057804**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.06.2011 Patentblatt 2011/24

(73) Patentinhaber: **Karlsruher Institut für Technologie 76131 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:
• **Franzreb, Matthias**
76185 Karlsruhe (DE)
• **Guber, Andreas**
73227 Karlsruhe (DE)
• **Danckwardt, Nils Zacharias**
72070 Tübingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2008/147530 WO-A1-2009/026566
US-A1- 2008 160 634

- **JUNHO JOUNG ET AL: "Micropumps Based on Alternating High-Gradient Magnetic Fields", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 36, Nr. 4, 1. Juli 2000 (2000-07-01), XP011032473, ISSN: 0018-9464**
- **AHN C H ET AL: "A fully integrated micromachined magnetic particle manipulator and separator", MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 1994, MEMS '94, PROCEEDINGS, IEEE WO RKSHOP ON OISO, JAPAN 25-28 JAN. 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 25. Januar 1994 (1994-01-25), Seiten 91-96, XP010207750, DOI: DOI:10.1109/MEMSYS.1994.555604 ISBN: 978-0-7803-1833-5**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 332 652 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein fluidisches Magnetpartikeltransportsystem für in einem Fluid suspendierte Magnetpartikel in einem Fluidkanal gemäß des ersten Patentanspruchs.

[0002] Fluidische Magnetpartikeltransportsysteme der eingangs genannten Art dienen dem Transport von Magnetpartikeln in einem Fluid, vorzugsweise suspendiert in einer flüssigen Suspension. Im Gegensatz zu Pumpen erfolgt der Transport der Partikel nicht gemeinsam mit dem Fluid oder den restlichen Bestandteilen der Suspension, sondern selektiv. Die unmagnetischen Bestandteile des Fluids oder der Suspension werden folglich durch das fluidische Magnetpartikeltransportsystem nicht direkt, d.h. allenfalls über die Magnetpartikel beeinflusst.

[0003] Ein selektiver Transport bestimmter Suspensionsbestandteile ist insbesondere in der Bioanalytik oder Biosynthese z.B. bei der Isolierung bestimmter Wirkstoffe von besonderer Bedeutung. Dabei werden bestimmte Moleküle einer Zielsubstanz an die Magnetpartikel gebunden und über ein fluidisches Kanal- oder Reaktionssystem zu einer nachfolgenden Synthese oder Analyse weitergeleitet. Alternativ lassen sich durch einen entsprechenden selektiven Transport auch allgemein eine Separation oder Vermischung von Partikeln in einem Fluid durchführen.

[0004] In [1] wird beispielhaft ein selektives Transportsystem für Magnetpartikel in einem Fluid beschrieben. Dabei wird die Suspension mit Fluid und Partikeln in Kanälen oszillierend hin- und herbewegt, wobei nur bei den Teilbewegungen in eine Richtung ein Magnetfeld angeschaltet wird. Damit werden bei dieser Teilbewegung die Magnetpartikel an den Kanalwänden fixiert, während sie bei der entgegengesetzten Teilbewegung gemeinsam mit dem Fluid vorangetrieben werden.

[0005] Der vorgenannte Transportvorgang erfordert somit eine oszillierende Bewegung der gesamten Suspension synchron zu der Magnetfeldumschaltung, was den Einsatzbereich erheblich eingrenzt.

[0006] Ferner offenbart [2] ein selektives Transportsystem für magnetische Partikel in einer Suspension durch einen Kanal. Hierzu sind an der Kanalwandung beidseitig zum Kanal in axial abwechselnder Seitenanordnung schaltbare elektromagnetische Quellen angeordnet, die in die Suspension im Kanal einwirken. Zur selektiven Förderung der magnetischen Partikel im Kanal werden die Quellen in axialer Richtung nacheinander angesteuert, wobei ähnlich einer Lauflichtschaltung jeweils nur maximal eine magnetische Quelle aktiv ist. Die magnetischen Partikel sammeln sich jeweils an der Kanalwandung an der jeweils aktivierten Quelle, um beim nächsten Schaltvorgang durch die in axialer Förderrichtung folgende nunmehr aktivierte Quelle an der gegenüberliegenden Kanalwandung angezogen zu werden. Der Transportvorgang erfolgt dabei diskontinuierlich. Das Transportsystem zeichnet sich jedoch durch einen aufwendigen

Aufbau mit einer Vielzahl von Elektromagneten aus, die nicht nur einzeln angesteuert werden, sondern in Summe eine Wärmequelle darstellen.

[0007] Nachteilig bei den vorgenannten Transportsystemen ist auch, dass die Magnetpartikel beim Transport systembedingt wiederholt die Kanalwänden fixiert werden, womit insbesondere die an den magnetischen Partikeln anheftende Substanzen ungewollt auch an die Kanalwandung übertragen werden.

[0008] Davon ausgehend liegt die **Aufgabe der Erfindung** darin, ein fluidisches Magnettransportsystem für magnetische Partikel in einer Suspension in einem Kanal mit verbesserter Selektivität des Transportvorgangs sowie erhöhter Effizienz vorzuschlagen. Insbesondere soll auch eine Berührung der Kanalwandung durch die Partikel in der Suspension während des Transportvorgangs grundsätzlich reduzierbar sein.

[0009] Die Aufgabe wird durch ein fluidisches Magnetpartikeltransportsystem mit den Merkmalen aus Anspruch 1 gelöst. Die auf diesen rückbezogene Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Verwendungen wieder.

[0010] Die Erfindung betrifft ein fluidisches Magnetpartikeltransportsystem für in einem Fluid suspendierte Magnetpartikel in einem Fluidkanal. An dem Kanal sind eine Vielzahl von in den Fluidkanal einwirkenden ein- und ausschaltbaren magnetischen Quellen vorgesehen, die in axialer Fluidkanalrichtung an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten außerhalb des Fluidkanals in abwechselnder Reihenfolge angeordnet sind.

[0011] Im laufenden Betrieb werden die magnetischen Partikel jeweils von einer der aktiven, d.h. eingeschalteten magnetischen Quelle im Fluid angezogen. Dabei werden die aktiven Quellen bei Erreichen der magnetischen Partikel wieder deaktiviert, d.h. ausgeschaltet und zugleich durch Umschaltung jeweils die nächst folgenden magnetischen Quellen auf einer vorzugsweise anderen Kanalseite aktiviert. Die magnetischen Partikel werden folglich durch diese Umschaltung vor einem Erreichen einer magnetischen Quelle durch eine magnetische Feldumschaltung auf die jeweils folgende Quelle auf diese umgelenkt.

[0012] Vorzugsweise findet im Rahmen einer möglichen Ausführung die Umschaltung bereits vor Erreichen der magnetischen Partikel der Wandung dann statt, wenn die ersten magnetischen Partikel die Hauptwirkungsrichtung der folgenden Quelle kreuzen, bis auf unter 10%, bevorzugt 5% des Fluidkanalsdurchmessers nahe kommen oder die ersten magnetischen Partikel oder eine maximale Konzentration an magnetischen Partikeln sich im Bereich der Hauptwirkungsrichtung der folgenden Quelle befindet. Die Konzentrationen lassen sich bei ansonsten transparenter Suspension z.B. optisch durch Extinktionsmessungen mittels eines Laserstrahls durch den Kreuzungspunkt zwischen den Hauptwirkungsrichtungen zweier aufeinander folgender magnetischer Quellen erfassen und, sofern nicht Erfahrungswerte nutzbar sind, für die Festlegung und/oder Steuerung

der Umschaltungen oder die Umschaltfrequenz heranziehen.

[0013] Basierend auf der vorgenannten Vorgehensweise lassen sich magnetische Partikel im Fluidkanal bei jeder Umschaltung von jeweils einer zur jeweils folgenden, auf einer gegenüberliegenden Fluidkanalseite angeordneten magnetischen Quelle weiterreichen und damit selektiv durch den Fluidkanal transportieren, ohne dass es zu einer Berührung der Kanalwandungen kommt. Für die Umschaltung der magnetischen Quellen sind Mittel für die Umschaltung zumindest von einer zu einer anderen magnetischen Quelle vorgesehen.

[0014] Eine wesentliche Merkmalskombination der Erfindung liegt in der Gruppenbildung der Quellen pro Seite um den Fluidkanal, kombiniert mit einer synchronen gruppenweise Ansteuerung der magnetischen Quellen sowie des Merkmals, dass die magnetischen Quellen eine schräg zum Fluidkanal ausgerichtete magnetische Hauptwirkungsrichtung aufweisen, wobei die Hauptwirkungsrichtungen aller Quellen nicht nur eine in den Fluidkanal weisende radiale magnetische Feldkomponente, sondern vorzugsweise auch eine axial zum Fluidkanal gerichtete magnetische Feldkomponente aufweisen. Die axiale ausgerichtete Feldkomponente ermöglicht eine bessere axiale Transporteffizienz der Partikel im Fluidkanal.

[0015] Die Mittel zur Umschaltung umfassen vorzugsweise Mittel für eine Wechselschaltung für die magnetischen Quellen, wobei die magnetischen Quellen einer Gruppe jeweils gemeinsam und gegen die Quellen mindestens einer anderen Gruppe wechselgeschaltet werden.

[0016] Vorzugsweise weisen die axial ausgerichteten Feldkomponenten aller Quelle in ein und die gleiche Richtung. Weiter bevorzugt weisen die Hauptwirkungsrichtungen aller magnetischen Quellen je Gruppe, weiter bevorzugt auch alle Quellen insgesamt jeweils einen einheitlichen, d.h. gleichen Winkel zum Fluidkanal auf, was wiederum die bevorzugte gleichmäßige Förderung in axialer Richtung zugute kommt.

[0017] Die mit den magnetischen, vorzugsweise magnetischen Partikeln zu transportierenden Zielmoleküle in der Suspension werden vorzugsweise reversibel auf den Partikeloberflächen immobilisiert. Im Einfluss eines Magnetfelds der vorgenannten magnetischen Quellen erfolgt eine selektive Bewegung und damit ein Transport der Partikel im Fluid. Dabei folgen die Transportrichtungen der Partikel bei ansonsten strömungsfreier Suspension der vektoriell ermittelbaren Summe der jeweilig angreifenden magnetischen Einzelkräfte.

[0018] Im Rahmen der Erfindung erfolgt eine Weitergabe der magnetischen Partikel vom magnetischen Feld einer Quelle zu dem der nächsten Quelle einer anderen Gruppe auf einer anderen Seite des Kanals, wobei sich ein Zick-Zack-ähnlicher Transportweg ausbildet. Vorzugsweise weisen die magnetischen Quellen zueinander eine gruppenweise versetzt und gegenüberliegende Anordnung auf, wobei die Quellen in axialer Richtung weiter

bevorzugt im gleichen Abstand zueinander positioniert sind.

[0019] Vorzugsweise ist der Kanal geradlinig und weist einen konstanten Durchströmungsquerschnitt auf.

[0020] Vorzugsweise sind alle magnetischen Quellen je Gruppe gleichartig oder identisch gestaltet und zum Fluidkanal angeordnet. Ferner sind sie in einer Reihe mit einem vorzugsweise konstanten Abstand zueinander angeordnet. Weiter bevorzugt sind die genannten Abstände und Ausbildung bei allen, insbesondere bei gegenüberliegenden Gruppen identisch.

[0021] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mit den folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig.1 eine prinzipielle Aufsicht des fluidischen Magnetpartikeltransportsystems mit geradlinig verlaufenden Fluidkanal sowie

Fig.2 eine prinzipielle Aufsicht des fluidischen Magnetpartikeltransportsystems mit schlangenförmig verlaufenden Fluidkanal.

[0022] Beide **Figuren** zeigen Ausführungsbeispiele mit einem Fluidkanal **1** mit einer Vielzahl von in den Fluidkanal einwirkenden und direkt an der Fluidkanalwandungen **2** angeordneten magnetischen Quellen **3**, die wiederum in zwei Gruppen **4** und **5** beidseitig am Fluidkanal aufgeteilt sind. Die Hauptwirkungsrichtungen **6** der Quellen **3** weisen durch die Fluidkanalwandungen in das Innere des mit der Suspension gefüllten Fluidkanals **1**. Die Hauptwirkungsrichtungen **6** der Quellen **3** vorzugsweise je Gruppe **4** oder **5** spannen mit den Kanalwandungen **2** vorzugsweise einen jeweils einheitlichen Winkel α bzw. β auf. Sie durchdringen die Kanalwandung **2** an jeweiligen Durchdringungsbereichen **7**, wobei die magnetischen Quellen **3** vorzugsweise direkt an den Außenflächen der Kanalwandung **2** angeordnet sind. In den Ausführungsbeispielen sind die Winkel α und β gleich, wobei die Hauptwirkungsrichtungen vorzugsweise auf die gegenüber liegenden Durchdringungsbereichen **7** jeweiligen benachbart vorgeschalteten Quelle **3** an der Fluidkanalwandung **2** gerichtet ist. Ferner ist in den Figuren die axiale Transportrichtung **9** der magnetischen Partikel wiedergegeben.

[0023] Während **Fig.1** eine erste Ausführungsform mit einem geraden Fluidkanal **1** zeigt, folgt der Verlauf des Fluidkanals der zweiten Ausführungsform gem. **Fig.2** den Hauptwirkungsrichtungen **6** der magnetischen Quellen **3**. Durch letztgenannte Gestaltung vermeidet man in vorteilhafter Weise größere Magnetfeldinhomogenitäten und damit auch Bereiche mit geringer magnetischer Feldstärke (Totvolumina) im Fluidkanal. Damit wird nicht nur der Reagenzienverbrauch reduziert, sondern auch ein effizienterer und schnellerer Transport von magnetischen Partikeln in der Suspension unterstützt.

[0024] Die Kanalwandungen sind zur Vermeidung von remanenten Magnetisierungseffekten wie z.B. von dau-

ermagnetischer Anheftung einzelner Partikel aus einem nicht magnetisierbaren Material, vorzugsweise Kunststoff oder Glas hergestellt. Zur Vermeidung einer Einwirkung von Restmagnetismen auf die Kanalinnenwandung weist die Kanalwandung eine Mindestwandstärke von 10%, bevorzugt 15% der Kanalbreite auf. Sie sind wie in beispielsweise **Fig.1** dargestellt über die axiale Erstreckung der magnetischen Quellen **3** konstant oder weisen, wie **Fig.2** beispielhaft dargestellt, eine variierende Wandstärke auf. Vorzugsweise ist die Wandstärke - wie auch in **Fig.2** dargestellt - in den Projektionsbereichen **7** vorzugsweise aller magnetischen Quellen **3** gleich.

[0025] Einheitliche magnetische Quellen **3** mit einheitlichem Winkel α und β an einer einheitlichen Wandstärke in den Projektionsbereichen **7** sind Voraussetzungen für eine einheitliche Magnetfeldentwicklung in der Suspension im Fluidkanal um die Hauptwirkungsrichtungen **6**. Vorzugsweise liegen die Durchdringungsbereiche in axialer Richtung in einem einheitlichen Abstand **D** zueinander (**Fig.1**). Eine einheitliche Magnetfeldentwicklung ist für eine einheitliche Transportdynamik der magnetischen Partikel in der Suspension (Fluid) und damit für einen möglichst konstanten Partikelstrom sowie zur Vermeidung von Staus und anderen lokalen Konzentrationspitzen sehr vorteilhaft.

[0026] Die magnetischen Quellen umfassen in beiden Ausführungsbeispielen jeweils eine passive weichmagnetische Struktur, vorzugsweise die dargestellten zur Fluidkanal gerichteten Platten **8** (bevorzugt) oder andere schlanke Strukturen wie Nadeln der Stangen im Einfluss eines oder mehrerer Magnetfelder einer oder mehrerer nicht weiter dargestellten Magnetquellen. Die dargestellten Platten **8** bilden magnetisiert jeweils ein eigenes Magnetfeld aus und konzentrieren dieses insbesondere vor und hinter den Plattenenden. Die Hauptwirkungsrichtungen **6** dieses Magnetfeldes bilden eine Gerade mit den Platten oder den schlanken Strukturen bilden.

[0027] Schlanke Strukturen lassen sich nur in Längsrichtung signifikant aufmagnetisieren, d.h. nur mit den parallel zu der Länge orientierten vektoriellen Anteilen der Magnetfeldlinien der zur Magnetisierung herangezogenen Magnetfelder. Dabei bilden sich konzentriert an den Spitzen der Strukturen um die Hauptwirkungsrichtung Magnetfeldlinien aus.

[0028] Die zur Magnetisierung der Platten herangezogenen Magnetquellen umfassen in einer Ausführungsform zwei, d.h. für jede Gruppe **4** oder **5** eigene getrennt ansteuerbare Elektromagnete unterschiedlicher Ausrichtung. Aus wirtschaftlichen und/oder platzlichen Gründen nutzen die Elektromagnete dabei in einer möglichen Ausführung ein und denselben weichmagnetischen Kern pro Magnetisierungsrichtung. Die Ausrichtung der einzelnen Elektromagneten orientiert sich an der jeweiligen Ausrichtung einer der Gruppen. Vorzugsweise sind sie zur Erzeugung von vorteilhaften parallel zu der Länge orientierten vektoriellen Anteilen der Magnetfeldlinien jeweils parallel zu den schlanken Strukturen orientiert. Dies umfasst grundsätzlich auch eine Bestückung jeder der

schlanken Strukturen mit einer eigenen Magnetfeldspule, wobei die Struktur die Funktion des weichmagnetischen Kerns übernimmt. Die Mittel zur diskontinuierlichen oder zur allmählichen Umschaltung umfassen vorzugsweise eine elektrische Wechselschaltung zwischen den beiden Elektromagneten. Diese Ausführungsform weist vorteilhaft keine bewegten Teile auf.

[0029] Alternativ umfassen die zur Magnetisierung der Platten herangezogenen Magnetquellen einen oder mehrere oszillierenden, vorzugsweise parallel zu ihrer Ausrichtung rotierende Permanent- oder Elektromagneten. Eine mögliche Ausführung umfasst eine parallel zu der Erstreckung der Quellen orientierten und um deren Orthogonalen drehenden Magnetquelle, wobei sich die jeweils vektoriell ergebenden Anteile der Magnetfeldlinien parallel zu den schlanken Strukturen in ihrem Betrag sinusförmig, d.h. oszillierend verhalten. Diese Ausführung weist zwar bewegliche Teile auf, ist aber seitens der Mittel zum Umschalten einfach, über die Drehzahl in ihrer Wechselschaltfrequenz steuer- und regelbar.

[0030] Bei beiden vorgenannten Ausführungen sind bei einer in **Fig.1** und **2** dargestellten planen Anordnung von zwei Gruppen **4** und **5** um einen Fluidkanal **1** vorzugsweise jeweils eine von zwei der vorgenannten Magnetquellen oberhalb bzw. unterhalb der planen Anordnung vorgesehen.

[0031] In **Fig.1** und **2** sind die Platten einer Gruppe treppenförmig angeordnet, wobei die Strukturen je Gruppe parallel zueinander ausgerichtet sind und zu den Strukturen der jeweils anderen Gruppe im rechten Winkel stehen. Auf diese Weise ist in vorteilhafter Weise sichergestellt, dass die Magnetisierung der Strukturen der Quellen einer Gruppe genau dann maximal ist, wenn sie bei den Strukturen der jeweils anderen Gruppe minimal ist. In einem Magnetfeld einer sich drehenden vorgenannten Magnetquelle folgt die Magnetisierung der Quellen einem Sinusverlauf, wobei bei rechtwinklig zueinander angeordneten Gruppen die Magnetisierungskurven der beiden Gruppen zueinander gegenläufig ist. Zur Sicherstellung von vorteilhaften untereinander identischen oder ähnlichen geometrischen Verhältnissen bei der Einwirkung der magnetischen Quellen in den Fluidkanal betragen die Winkel α und β jeweils 45° .

[0032] Die genannten Platten, Nadeln oder Stangen oder sonstigen schlanken Strukturen weisen ein Verhältnis von Länge zu Breite kleiner 5, bevorzugt kleiner 10 und weiter bevorzugt kleiner 20 auf.

[0033] Ferner die Platten, Nadeln oder Stangen oder sonstigen schlanken Strukturen in ihrer Länge begrenzt. Vorzugsweise findet bei orthogonaler Ansicht der in **Fig. 1** oder **2** dargestellten schlanken Strukturen keine Überlappung zu den benachbarten Strukturen der gleichen Gruppe statt, sodass die von den Magnetquellen ausgehenden Magnetfeldlinien idealerweise nur auf eine schlanke Struktur auftreffen und nur diese magnetisieren; eine Aufteilung auf zwei Strukturen findet damit nicht statt.

[0034] Eine Fertigung eines bevorzugt mikrofluidi-

schen Magnetpartikeltransportsystems gem. **Fig.1 oder 2** z.B. für Analysen oder Synthesen bevorzug im Labormaßstab (Forschung und Entwicklung) aus einem Vollmaterial ist wie folgt durchführbar:

- Herstellung mit Röntgentiefenlithographische Strukturierungsverfahren (z.B. LIGA-Verfahren): Der Fluidkanal und die weichmagnetischen schlanken Strukturen werden in einem Bauteil aus einem Resist (z.B. POM, PMMA etc.) strukturiert. In einem ersten Belichtungsschritt werden an der Position der weichmagnetischen Strukturen lithographisch Kavitäten geschaffen und galvanisch mit einem weichmagnetischen Material, vorzugsweise auf Eisen-Nickel-Basis wieder aufgefüllt. Alternativ lassen sich auch fertige Strukturen in die Kavitäten einsetzen. Erst anschließend erfolgt die lithographische Herauslösung und Abdeckung des Fluidkanals sowie die Bestückung mit den genannten Magnetquellen.
- Spangebende Einarbeitung von Vertiefungen für Kanal und magnetischen Quellen in ein Bauteil und bevorzugt Einsetzen der magnetischen Quellen in die dafür vorgesehenen Vertiefungen. Der Fluidkanal selbst wird durch eine rillenförmige und abgedeckte Vertiefung geschaffen.

[0035] Alternativ wird der Fluidkanal durch einen separat in der Vertiefung oder Kavität eingesetzten und auswechselbaren Schlauch (bevorzugt aus Kunststoff oder einem Elastomer) gebildet. Durch beide genannten Fertigungsverfahren wird ein mikrostrukturiertes passives Bauteil geschaffen, das auch als Einwegteil einsetzbar nach z.B. einer Analyse oder Synthese preisgünstig entsorgbar ist.

Literatur:

[0036]

- [1] DE 10 2004 062 535 A1
- [2] Joung J., Shen J., Grodzinski P.: Micropump Based on Alternation High- Gradient Magnetic Fields; IEEE Trans. Magn., Vol.36 (2000) No.4, 2012-2014

Bezugszeichenliste:

[0037]

- 1 Fluidkanal
- 2 Fluidkanalwandung
- 3 magnetische Quelle
- 4 erste Gruppe
- 5 zweite Gruppe

- 6 Hauptwirkungsrichtung
- 7 Durchdringungsbereich
- 8 weichmagnetische Platte
- 9 Transportrichtung

10 Patentansprüche

1. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem für in einem Fluid suspendierte Magnetpartikel in einem Fluidkanal **(1)**, umfassend

- a) eine Vielzahl von in den Fluidkanal einwirkenden ein- und ausschaltbaren magnetischen Quellen **(3)**, die in axialer Fluidkanalrichtung an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten außerhalb des Fluidkanals in abwechselnder Reihenfolge angeordnet sind,
- b) die Quellen jeder Seite je eine Gruppe **(4, 5)** bilden,
- c) Mittel zum gruppenweise individuellen Ein- und Ausschalten der Quellen vorgesehen sind **dadurch gekennzeichnet, dass**
- d) die magnetischen Quellen eine schräg zum Fluidkanal ausgerichtete magnetische Hauptwirkungsrichtung **(6)** aufweisen, wobei die Hauptwirkungsrichtungen aller Quellen in ein und die gleiche axiale Richtung zum Fluidkanal weist.

2. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach Anspruch 1, wobei die Mittel eine Wechselschaltung für die magnetischen Quellen **(3)** umfassen, wobei die magnetischen Quellen einer Gruppe **(4)** jeweils gemeinsam und gegen die Quellen mindestens einer anderen Gruppe **(5)** wechselgeschaltet werden.

3. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei die magnetischen Quellen **(3)** durch weichmagnetische Strukturen im Einflussbereich einer Magnetquelle gebildet sind.

4. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach Anspruch 3, wobei die weichmagnetischen Strukturen durch in einem Winkel α und/oder β zum Fluidkanal zulaufende stab- oder plattenförmige Elemente gebildet werden.

5. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach Anspruch 4, wobei die Strukturen je Gruppe parallel zueinander ausgerichtet und im Winkel $\alpha = \beta = 45^\circ$ auf den Fluidkanal **(1)** auftreffen.

6. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach Anspruch 5, wobei die Strukturen **(3)** jeweils über-

lappungsfrei zu den jeweils benachbarten Strukturen (3) der gleichen Gruppe (4, 5) gestaltet und dabei treppenstufenförmig angeordnet sind.

7. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Magnetquelle zwei getrennt ansteuerbare Elektromagnete unterschiedlicher Ausrichtung umfasst.
8. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Magnetquelle einen oszillierenden Permanent- oder Elektromagneten umfasst.
9. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei nur zwei Gruppen (4, 5) von Magnetquellen (3) vorgesehen sind, die beidseitig des Fluidkanals (1) angeordnet sind.
10. Fluidisches Magnetpartikeltransportsystem nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei Fluidkanal schlangenförmig die magnetischen Quellen an der Kanalwandung miteinander verbindet.

Claims

1. Fluid magnetic particle transport system for magnetic particles, that are suspended in a fluid, in a fluid channel (1), comprising
 - a) a plurality of engageable and disengageable magnetic sources (3) operating in the fluid channel and arranged in an axial fluid channel direction on at least two opposite sides outside the fluid channel in an alternating sequence,
 - b) the sources of each side which form a group (4, 5) each,
 - c) means that are provided for groupwise individual engagement and disengagement of the sources, **characterised in that**
 - d) the magnetic sources have a magnetic main effective direction (6) aligned in inclination to the fluid channel, with the main effective direction of all sources pointing in one and the same axial direction to the fluid channel.
2. Fluid magnetic particle transport system according to claim 1, wherein the means comprise alternate switching for the magnetic sources (3), wherein the magnetic sources of a group (4) are always alternately switched together and against the sources of at least another group (5).
3. Fluid magnetic particle transport system according to claim 1 or 2, wherein the magnetic sources (3) are formed by soft magnetic structures in the area of

influence of a magnetic source.

4. Fluid magnetic particle transport system according to claim 3, wherein the soft magnetic structures are formed by rod-or plate-shaped elements which converge at an angle α and/or β to the fluid channel.
5. Fluid magnetic particle transport system according to claim 4, wherein the structures for each group are aligned parallel to each other and impact the fluid channel (1) at an angle $\alpha = \beta = 45^\circ$.
6. Fluid magnetic particle transport system according to claim 5, wherein the structures (3) each are designed without overlap to the respective neighbouring structures (3) of the same group (4, 5) and, to this end, are arranged like stair steps.
7. Fluid magnetic particle transport system according to any one of claims 3 to 6, wherein the magnetic source comprises two separately selectable, differently aligned electromagnets.
8. Fluid magnetic particle transport system according to any one of claims 3 to 6, wherein the magnetic source comprises an oscillating permanent magnet or electromagnet.
9. Fluid magnetic particle transport system according to any one of the preceding claims, wherein only two groups (4, 5) of magnetic sources (3) are provided, which are arranged on both sides of the fluid channel (1).
10. Fluid magnetic particle transport system according to any one of the preceding claims, wherein the fluid channel serpentinously connects the magnetic sources at the channel wall with each other.

Revendications

1. Système de transport de particules magnétiques fluide pour des particules magnétiques suspendues dans un fluide dans un canal de fluide (1) comportant :
 - a) un ensemble de sources magnétiques (3) pouvant être branchées ou débranchées agissant dans le canal de fluide, et qui sont disposées dans la direction axiale du canal de fluide sur au moins deux côtés opposés à l'extérieur de ce canal de fluide selon une suite de rangées alternées,
 - b) les sources situées sur chaque côté forment chacune un groupe,
 - c) des moyens pour brancher et débrancher les sources individuellement par groupe sont pré-

vus,

caractérisé en ce que

d) les sources magnétiques présentent une direction d'action magnétique principale (6) orientée obliquement par rapport au canal de fluide, les directions d'action principale de toutes les sources s'étendant dans une seule et même direction axiale vers le canal de fluide.

chaque côté du canal de fluide (1).

2. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à la revendication 1, dans lequel les moyens des organes renferment une commutation alternée des sources magnétiques (3) les sources magnétiques d'un groupe (4) étant branchées en alternance respectivement en commun et en opposition avec les sources d'au moins un autre groupe (5). 10
3. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à la revendication 1 ou 2, dans lequel les sources magnétiques (3) sont formées par des structures magnétiques douces dans la zone d'influence d'une source magnétique. 15
4. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à la revendication 3, dans lequel les structures magnétiques douces sont formées par des éléments en forme de barreaux ou de plaques orientés selon un angle α et/ou β par rapport au canal de fluide. 20
5. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à la revendication 4, dans lequel les structures de chaque groupe sont orientées parallèlement les unes aux autres et viennent en contact avec le canal de fluide (1) selon un angle $\alpha = \beta = 45^\circ$. 25
6. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à la revendication 5, dans lequel les structures (3) sont réalisées de façon à ne pas chevaucher respectivement les structures voisines (3) du même groupe (4, 5) et sont disposées en forme de marches d'escalier. 30
7. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à l'une des revendications 3 à 6, dans lequel la source magnétique comporte deux électro-aimants ayant une orientation différente commandables séparément. 35
8. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à l'une des revendications 3 à 6, dans lequel la source magnétique renferme un électro-aimant ou un aimant permanent oscillant. 40
9. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à l'une des revendications précédentes, dans lequel il n'est prévu que deux groupes (4, 5) de sources magnétiques (3) qui sont situés de 45

10. Système de transport de particules magnétiques fluide conforme à l'une des revendications précédentes, dans lequel le canal de fluide relie les unes aux autres en forme de serpentins les sources magnétiques aux parois du canal. 50

Fig. 1

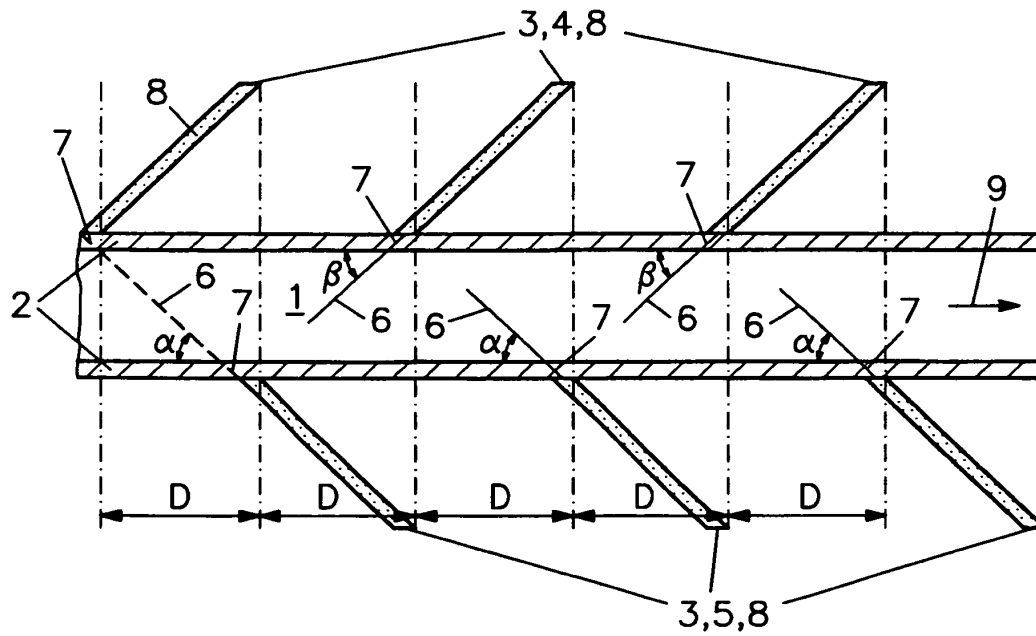
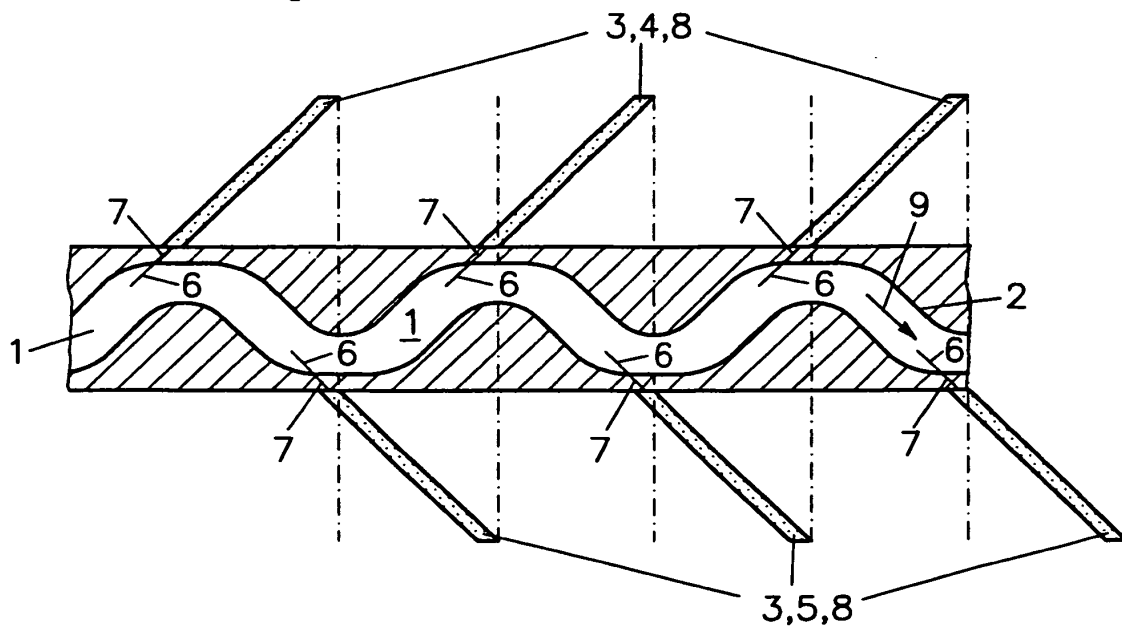


Fig. 2



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 102004062535 A1 [0036]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **JOUNG J. ; SHEN J. ; GRODZINSKI P.** Micropump Based on Alternation High- Gradient Magnetic Fields. *IEEE Trans. Magn.*, 2000, vol. 36 (4), 2012-2014 [0036]