

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
02. Januar 2020 (02.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/003154 A4

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04B 43/02 (2006.01) F04B 45/047 (2006.01)
F04B 43/04 (2006.01) F04B 53/10 (2006.01)
F04B 45/04 (2006.01) F16K 99/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2019/055396

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juni 2019 (26.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 115 328.7
26. Juni 2018 (26.06.2018) DE

(71) Anmelder: MST INNOVATION GMBH [DE/DE];
Waldblickweg 1, 44265 Dortmund (DE).

(72) Erfinder: BARTELS, Frank; Am Bennenbruch 4, 45527 Hattingen (DE). KREMER, Monika; Kirchhörder Straße 49, 44229 Dortmund (DE). SIEMENROTH, Florian; Düsseldorfer Straße 62, 44143 Dortmund (DE). STRUBE, Anja; Arndtstraße 9, 44135 Dortmund (DE).

(74) Anwalt: TAHHAN, Isam; Am Birkenacker 13, 79199 Kirchzarten (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

(54) Title: IMPROVED MICROPUMP

(54) Bezeichnung: VERBESSERTE MIKROPUMPE

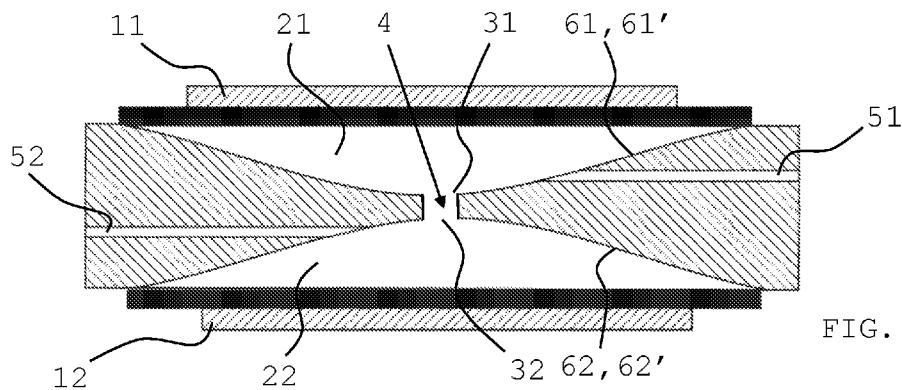


FIG. 1

(57) Abstract: The micropump according to the invention comprises a pump chamber (21), which can be filled with or emptied of fluid by means of a through opening (4) and by means of an inlet (51), wherein the pump chamber (21) is covered by a disk-shaped actuator (11; 11'), so that the volume of the pump chamber (21) can be changed by a deflection of the actuator (11; 11'), wherein the through opening (4) is arranged in a side (61) of the pump chamber (21) opposite the actuator (11; 11'), and the inlet (51) has a flow resistance that is lower than or similar to that of the through opening (4). An entrance (31) to the through opening (4) can be closed by means of the deflected actuator (11), so that a valve which is open in the basic state is formed, or is closed by means of the non-deflected actuator (11'), so that a valve which is closed in the basic state is formed. According to the invention, the micropump has a second pump chamber (22) with actuator (12; 12') and inlet (52), the through opening (4) of which is connected to the through opening of the first pump chamber (21).

(57) Zusammenfassung: Die erfindungsgemäße Mikropumpe umfasst eine Pumpkammer (21), welche sowohl mittels einer Durchgangsöffnung (4) als auch einem Zugang (51) fluidisch befüllbar oder entleerbar ist, wobei die Pumpkammer (21) mit einem scheibenförmigen Aktuator (11; 11') abgedeckt ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21) mittels Auslenkens des Aktuators (11; 11') änderbar ist, wobei Durchgangsöffnung (4) in einer dem Aktuator (11; 11') gegenüberliegenden Seite (61) der Pumpkammer (21) angeordnet ist, und der Zugang (51) einen im Vergleich zur Durchgangsöffnung (4) kleineren oder ähnlichen Strömungswiderstand aufweist.

WO 2020/003154 A4

ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

Veröffentlichungsdatum der geänderten Ansprüche:

27. Februar 2020 (27.02.2020)

Ein Eingang (31) zur Durchgangsöffnung (4) ist mittels des ausgelenkten Aktuators (11) verschließbar, so dass ein im Grundzustand geöffnetes Ventil gebildet ist, oder mittels des unausgelenkten Aktuators (11') verschlossen, so dass ein im Grundzustand geschlossenes Ventil gebildet ist. Erfindungsgemäß weist die Mikropumpe eine zweite Pumpkammer (22) mit Aktuator (12; 12') und Zugang (52) auf, deren Durchgangsöffnung (4) mit derjenigen der ersten Pumpkammer (21) verbunden ist.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE
beim Internationalen Büro eingegangen am 20 Dezember 2019 (20.12.2019)

1. Mikropumpe mit geringer Gehäusegröße, umfassend eine Pumpkammer (21), welche sowohl mittels einer Durchgangsöffnung (4) als auch einem Zugang (51) fluidisch befüllbar oder entleerbar ist, wobei die Pumpkammer (21) mit einem scheibenförmigen Aktuator (11; 11') abgedeckt ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21) mittels Auslenkens des Aktuators (11; 11') änderbar ist, wobei die Durchgangsöffnung (4) in einer dem Aktuator (11; 11') gegenüberliegenden Seite (61) der Pumpkammer (21) angeordnet ist, und der Zugang (51) einen im Vergleich zur Durchgangsöffnung (4) kleineren oder ähnlichen Strömungswiderstand aufweist, und wobei ein Eingang (31) zur Durchgangsöffnung (4)

- mittels des ausgelenkten Aktuators (11) verschließbar ist, so dass ein im Grundzustand geöffnetes Ventil gebildet ist, oder
- mittels des unausgelenkten Aktuators (11') verschlossen ist, so dass ein im Grundzustand geschlossenes Ventil gebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Mikropumpe eine zweite Pumpkammer (22) mit Aktuator (12; 12') und Zugang (52) aufweist, deren ebenfalls einen Eingang (32) umfassende Durchgangsöffnung (4) mit derjenigen der ersten Pumpkammer (21) verbunden ist, wobei

- der unausgelenkte Aktuator (11'; 12') an der ihm gegenüberliegenden Seite (61, 62) der Pumpkammer (21, 22) anliegt, so dass sich eine Pumpkammer (21, 22) mit einem Volumen von Null ergibt, oder
- wobei der unausgelenkte Aktuator (11, 12) von der ihm gegenüberliegenden Seite (61, 62) der Pumpkammer (21, 22) beabstandet ist, so dass sich eine Pumpkammer (21, 22) mit einem Volumen größer Null ergibt, und wobei ~~der~~ ein Anschlag (61', 62') durch die Seite (61, 62) gebildet ist, gegen welche der Aktuator (11, 12) mittels Ansteuerns mechanisch anlegbar ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21, 22) definiert minimierbar ist,

wobei der Anschlag (61'', 62''), gegen welchen der Aktuator (11', 12') mittels Ansteuerns mechanisch anlegbar ist, sich auf

derjenigen Seite des Aktuators (11', 12') befindet, welche der Pumpkammer (21, 22) abgewandt ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21, 22) definiert maximierbar ist.

2. Mikropumpe nach Anspruch 1, wobei die zweite Pumpkammer (12, 12') identisch der ersten Pumpkammer (11, 11') ausgebildet ist.
3. Mikropumpe nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Eingang (31, 32) der Durchgangsöffnung (4)
 - mittels des ausgelenkten Aktuators (11, 12) verschließbar ist, so dass ein im Grundzustand geöffnetes Ventil gebildet ist, wobei der Aktuator (11, 12) in einer Ruhelage von der gegenüberliegenden Seite (61; 62) der jeweiligen Pumpkammer (21, 22) beabstandet ist, oder
 - mittels des unausgelenkten Aktuators (11', 12') verschlossen ist, so dass ein im Grundzustand geschlossenes Ventil gebildet ist, wobei der Aktuator (11', 12') in einer Ruhelage an der gegenüberliegenden Seite (61, 62) der jeweiligen Pumpkammer (21, 22) anliegt,

dadurch gekennzeichnet, dass dem Aktuator (11, 12; 11', 12') ein Anschlag (61', 62') zugeordnet ist, welcher den Hub des Aktuators (11, 12; 11', 12') mechanisch begrenzt.
4. Mikropumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei deren Aktuatoren (11, 12, 11', 12') jeweils
 - mittels einer Rechteckwelle, einer Sinuswelle oder einer Trapezwelle ansteuerbar sind, wobei
 - zwischen den beiden Wellen ein Phasenversatz ungleich 180° herstellbar ist.
5. Mikropumpe nach Anspruch 4, wobei dieselbe eine Steuerung umfasst, mittels welcher die Aktuatoren (11, 12, 11', 12') mittels einer Rechteckwelle, einer Sinuswelle oder einer Trapezwelle ansteuerbar sind, wobei zwischen den beiden Wellen ein Phasenversatz ungleich 180° herstellbar ist.
6. Mikropumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei die beiden Pumpkammern (21, 22) (i) gegenüberliegend oder (ii) nebeneinander positioniert, und jeweils mittels der

gemeinsamen Durchgangsöffnung (4) fluidisch verbunden sind, und/oder

- wobei die Durchgangsöffnung (4) im Zentrum der dem Aktuator (11, 12; 11', 12') gegenüberliegenden Seite (61, 62) der jeweiligen Pumpkammer (21, 22) angeordnet ist.
7. Mikropumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dieselbe sowohl umfassend eine Pumpkammer (21, 22) mit einem Anschlag (61', 62'), der durch die Seite (61, 62) gebildet ist, gegen welche der Aktuator (11, 12) mittels Ansteuerns mechanisch anlegbar ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21, 22) definiert minimierbar ist, als auch einen Anschlag (61'', 62''), gegen welchen der Aktuator (11', 12') mittels Ansteuerns mechanisch anlegbar ist, und welcher sich auf derjenigen Seite des Aktuators (11', 12') befindet, welche der Pumpkammer (21, 22) abgewandt ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21, 22) definiert maximierbar ist .
8. Mikropumpe nach Anspruch 1, wobei dieselbe
- (i) nur eine Pumpkammer (21) umfasst, deren unausgelenkter Aktuator (11, 12) von der ihm gegenüberliegenden Seite (61, 62) der Pumpkammer (21, 22) beabstandet ist, so dass sich eine Pumpkammer (21, 22) mit einem Volumen größer Null ergibt, wobei der Anschlag (61', 62') durch die Seite (61, 62) gebildet ist, gegen welche der Aktuator (11, 12) mittels Ansteuerns mechanisch anlegbar ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21, 22) definiert minimierbar ist, oder
 - (ii) nur eine Pumpkammer (21) umfasst, deren unausgelenkter Aktuator (11'; 12') an der ihm gegenüberliegenden Seite (61, 62) der Pumpkammer (21, 22) anliegt, so dass sich eine Pumpkammer (21, 22) mit einem Volumen von Null ergibt, wobei der Anschlag (61'', 62''), gegen welchen der Aktuator (11', 12') mittels Ansteuerns mechanisch anlegbar ist, sich auf derjenigen Seite des Aktuators (11', 12') befindet, welche der Pumpkammer (21, 22) abgewandt ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21, 22) definiert maximierbar ist, oder
 - (iii) eine Pumpkammer (21) umfasst, deren unausgelenkter Aktuator (11, 12) von der ihm gegenüberliegenden Seite (61, 62)

der Pumpkammer (21, 22) beabstandet ist, so dass sich eine Pumpkammer (21, 22) mit einem Volumen größer Null ergibt, mit einem Anschlag (61''), gegen welchen der Aktuator (11', 12') mittels Ansteuerns mechanisch anlegbar ist, sich auf derjenigen Seite des Aktuators (11', 12') befindet, welche der Pumpkammer (21, 22) abgewandt ist, so dass das Volumen der Pumpkammer (21, 22) definiert maximierbar ist,

wobei deren nutzbares Volumen kleiner oder gleich dem nutzbaren Volumen der zweiten Pumpkammer (22) ist.

9. Mikropumpe nach Anspruch 1, wobei dieselbe zwei Pumpkammern (21, 22) gemäß Definition in Anspruch 8 (i), oder zwei Pumpkammern (21, 22) gemäß Definition in Anspruch 8 (ii), oder zwei Pumpkammern (21, 22) gemäß Definition in Anspruch 7 umfasst.
10. Mikropumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die dem Aktuator (11, 12; 11', 12') gegenüberliegende, die Durchgangsöffnung aufweisende Seite (61, 62) der Pumpkammer (21, 22) zumindest im Bereich der Durchgangsöffnung (4) die negative Form des ausgelenkten Aktuators (11, 12) oder des unausgelenkten Aktuators (11', 12') aufweist.
11. Mikropumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Zugang (51, 52) ebenfalls in der dem Aktuator (11, 12; 11', 12') gegenüberliegenden Seite (61, 62) angeordnet ist.
12. Mikropumpe nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wobei die dem Aktuator (11, 12; 11', 12') gegenüberliegende, die Durchgangsöffnung aufweisende Seite (61, 62) der Pumpkammer (21, 22) vollständig die negative Form des ausgelenkten Aktuators (11, 12) oder unausgelenkten Aktuators (11', 12') aufweist.
13. Mikropumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein die Aktuatoren (11, 12; 11', 12') umfassendes Gehäuse nicht größer als 5cm x 2cm x 1cm ist.
14. Mikropumpe nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wobei dieselbe mindestens an einem der Aktuatoren (11, 12; 11', 12') einen Sensor zur Detektion des Anschlagens seiner zur Pumpkammer (21, 22) weisenden Seite aufweist.

15. Ventilsystem zum Steuern eines Fluidflusses, umfassend die Komponenten einer Mikropumpe gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ventilsystem vier Stufen umfasst, welche durch den Zugang (51) und den ersten Aktuator (11; 11'), den ersten Aktuator (11; 11') und die Durchgangsöffnung (4), die Durchgangsöffnung (4) und den zweiten Aktuator (12; 12'), sowie den zweiten Aktuator (12; 12') und den Zugang (52) gebildet sind.
16. Verfahren zum Betrieb einer Mikropumpe gemäß Definition des Oberbegriffs von Anspruch 1, oder gemäß Definition in Anspruch 12 oder Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass**, ausgehend von einem Anfangszustand, in dem beide Aktuatoren (11, 12; 11', 12') derart angesteuert sind, so dass die Volumina der Pumpkammern (21, 22) minimal und die jeweiligen Eingänge (31, 32) zur Durchgangsöffnung (4) sowie die Zugänge (51, 52) verschlossen sind, ein Pumpzyklus folgende Schritte umfasst:
- Vergrößern des Abstandes des ersten Aktuators (11; 11') von der ihm gegenüberliegenden Seite (61), so dass sich das Volumen der ersten Pumpkammer (21) vergrößert und der erste Zugang (51) sowie der erste Eingang (31) zur Durchgangsöffnung (4) geöffnet werden, so dass Fluid aufgrund des so gebildeten Unterdrucks durch den ersten Zugang (51) in die erste Pumpkammer (21) strömen kann und diese befüllt;
 - Gleichzeitiges Verkleinern des Abstandes des ersten Aktuators (11; 11') von der ihm gegenüberliegenden Seite (61) und Vergrößern des Abstandes des zweiten Aktuators (12; 12') von der ihm gegenüberliegenden Seite (62), so dass auch der zweite Eingang (32) zur Durchgangsöffnung (4) geöffnet ist, und das Volumen der ersten Pumpkammer (21) reduziert, und zugleich das Volumen der zweiten Pumpkammer (22) vergrößert wird, wodurch das Fluid von der ersten Pumpkammer (21) durch die gemeinsame Durchgangsöffnung (4) in die zweite Pumpkammer (22) strömen kann und erstere entleert und letztere befüllt wird;
 - Verkleinern des Abstandes auch des zweiten Aktuators (12; 12'), so dass das Volumen der zweiten Pumpkammer (22) minimal wird und das Fluid aufgrund des sich bildenden Überdrucks durch den

zweiten Zugang (52) ausgegeben wird, und sich die Mikropumpe wieder im Anfangszustand befindet;

so dass Fluid in den ersten Zugang (51) hinein, durch beide Pumpkammern (21, 22) hindurch, und durch den zweiten Zugang (52) hinausgefördert wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16 zum Betrieb einer Mikropumpe mit mindestens einem Anschlag gemäß Definition in einem der Ansprüche 3, 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens der erste Aktuator (11; 11'), dann, wenn er sich in Richtung des jeweiligen Anschlags (61', 61'', 62', 62'') bewegt, derart angesteuert wird, dass er mit dem Anschlag (61', 61'', 62', 62'') in mechanischen Kontakt kommt, so dass sein Hub auf definierte Weise begrenzt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17 zum Betrieb einer gemäß Definition in einem der Ansprüche 4 oder 5 steuerbaren Mikropumpe, wobei beide Aktuatoren (11, 11', 12, 12') jeweils mit einer Rechteckwelle, einer Sinuswelle, oder einer Trapezwelle angesteuert werden, deren Phasenversatz zueinander zwischen 70° und 120° beträgt.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei die Schritte
 - mittels Veränderns des Phasenversatzes oder
 - mittels Umkehr der Ansteuerungsfolgein umgekehrter Reihenfolge durchlaufen werden, so dass Fluid in den zweiten Zugang (52) hinein, durch beide Pumpkammern (22, 21) hindurch, und durch den ersten Zugang (51) hinausgefördert wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei die Förderleistung je Zeiteinheit dem Produkt von Volumen der Pumpkammern (21, 22) und Anzahl der Zyklen je Zeiteinheit entspricht.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, wobei beide Aktuatoren (11, 12; 11', 12') mittels einer Sinus-, Trapez- oder Rechteckspannung angesteuert werden, deren Phasenversatz $90^{\circ} \pm 20^{\circ}$ oder $270^{\circ} \pm 20^{\circ}$ Grad beträgt, wobei der Hub des Aktuators (11, 12; 11', 12') auf $75\% \pm 20\%$ begrenzt ist.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, wobei die Aktuatoren (11, 12; 11', 12') bei Resonanzfrequenz oder einer zweiten, dritten oder höheren Oberschwingung betrieben werden.
23. Verwendung einer Mikropumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 15 als mehrstufiges Ventilsystem mit vier Verschlüssen.