

(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. Juni 2022 (02.06.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/112474 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01L 3/00 (2006.01) *B03C 3/88* (2006.01)
F04B 19/00 (2006.01) *B03C 5/02* (2006.01)
G01N 27/416 (2006.01) *B65G 54/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/083107

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. November 2021 (26.11.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 214 957.7
27. November 2020 (27.11.2020) DE

(71) Anmelder: **KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE** [DE/DE]; Kaiserstrasse 12, 76131 Karlsruhe (DE).

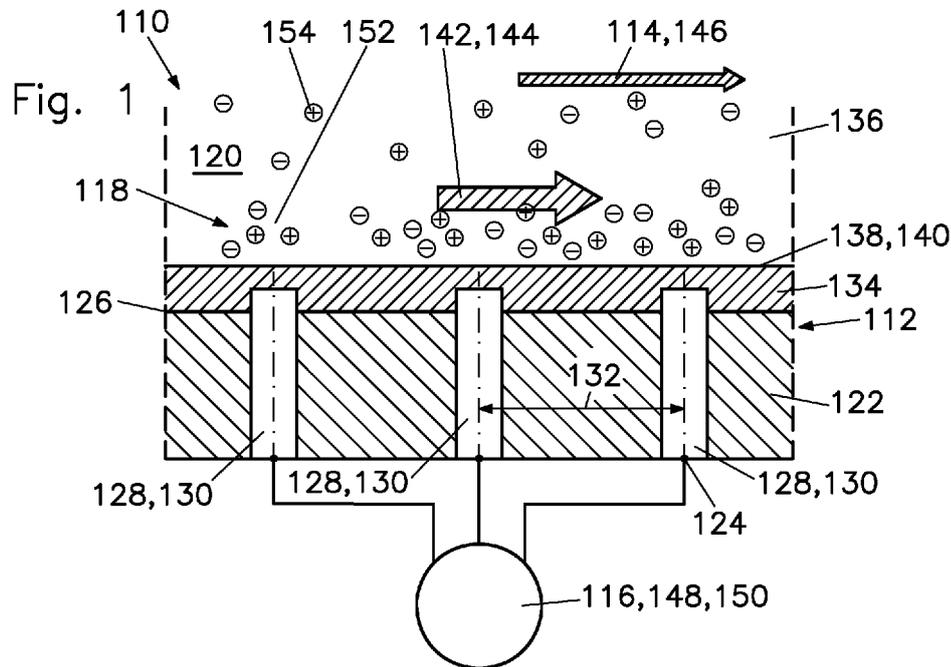
(72) Erfinder: **CLASS, Andreas**; Ringstr. 8, 76351 Linkenheim-Hochstetten (DE). **MARTHALER, Philipp**; Wilhelm-Maybach-Str. 24, 68766 Hockenheim (DE).

(74) Anwalt: **ALTMANN STÖSSEL DICK PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; STÖBEL, Matthias, Theodor-Heuss-Anlage 2, 68165 Mannheim (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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,

(54) Title: ARRANGEMENT, SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING LIQUID FLOWS

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG, SYSTEM UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON FLÜSSIGKEITSSTRÖMEN



(57) Abstract: The present invention relates to an arrangement (112) for generating liquid flows (114) of at least partially electrically charged particles (118) which are located in a liquid (120), comprising a substrate (122) with controllable means (124) for providing electrical voltages for a large number of electrode triples (128) located on a surface (126) of the substrate (122), wherein the large number of electrode triples (128) are arranged in such a way that the electrode triples (128), when an electrical voltage is applied, produce at least two mutually independent movable electrical field components (142) which each apply a force (144) to the electrically charged particles (118), as a result of which the liquid (120) can be moved in at least two different directions (146) on the substrate (122). The present invention furthermore relates to a system (110) comprising at least one arrangement (112), to a method for producing



WO 2022/112474 A1

MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

the arrangement (112), to a method for operating the arrangement (112) or the system (110), and to a computer program.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) aus zumindest teilweise elektrisch geladenen Teilchen (118), die sich in einer Flüssigkeit (120) befinden, umfassend ein Substrat (122) mit steuerbaren Mitteln (124) zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen für eine Vielzahl von sich auf einer Oberfläche (126) des Substrats (122) befindlichen Elektrodentripeln (128), wobei die Vielzahl der Elektrodentripel (128) derart angeordnet ist, dass die Elektrodentripel (128) bei Anlegen einer elektrischen Spannung zumindest zwei voneinander unabhängige bewegliche elektrische Feldkomponenten (142) erzeugen, die jeweils eine Kraft (144) auf die elektrisch geladenen Teilchen (118) bewirken, wodurch die Flüssigkeit (120) in zumindest zwei voneinander verschiedenen Richtungen (146) auf dem Substrat (122) bewegbar ist. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein System (110) umfassend mindestens eine Anordnung (112), ein Verfahren zur Herstellung der Anordnung (112), ein Verfahren zum Betrieb der Anordnung (112) oder des Systems (110), und ein Computerprogramm.

ANORDNUNG, SYSTEM UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON FLÜSSIGKEITSSTRÖMEN

5

Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen, ein System umfassend mindestens eine Anordnung, sowie Verfahren zur Herstellung und zum Betrieb der Anordnung oder des Systems. Die Vorrichtungen und Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung können insbesondere auf dem Gebiet der Mikrofluidik eingesetzt werden. So können die Vorrichtungen und Verfahren zur Miniaturisierung eines Analyselabors, beispielsweise für die Analyse von Flüssigkeiten oder darin enthaltenen Komponenten, eingesetzt werden. Andere Anwendungen sind denkbar.

15

Stand der Technik

Für die Bereitstellung eines Labors im Mikromaßstab, das insbesondere ohne bewegte Teile, beispielweise rein elektrisch funktioniert, stehen im Allgemeinen verschiedene Technologien zur Verfügung. So können zum Transport von Flüssigkeiten einerseits elektrische Volumeneffekte und/oder Oberflächeneffekte ausgenutzt werden. Beispielsweise kann hierfür eine so genannte „Elektrobenetzung“ eingesetzt werden, welche insbesondere im Rahmen der digitalen Mikrofluidik Anwendung findet. Weiterhin bieten Antriebe, welche auf den Phänomenen von Elektroosmose und Elektrophorese, die zur Klasse der elektrokinetischen Effekte gehören, beruhen, eine weitere Möglichkeit zur Bereitstellung eines Labors im Mikromaßstab.

Als „Elektroosmose“ wird die Bewegung einer Flüssigkeit unter dem Einfluss eines extern induzierten elektrischen Feldes bezeichnet. An der Oberfläche (Wand) eines Substrats sind in der Regel elektrische Ladungen vorhanden. Kommt die Oberfläche in Kontakt mit einer Flüssigkeit, die frei bewegliche elektrische Ladungen beinhaltet, bildet sich eine so genannte „elektrische Doppelschicht“ aus. Die Ladung an der Oberfläche des Substrats zieht Ladungsträger der Flüssigkeit, die entgegengesetzt zur Ladung der Oberfläche geladen sind, an. Die Elektroneutralität der Flüssigkeit ist in der elektrischen Doppelschicht durch den

Ladungsüberschuss dann nicht mehr gegeben. Durch das extern induzierte elektrische Feld wandern die überschüssigen Ladungsträger in der elektrischen Doppelschicht in eine Vorzugsrichtung. Aufgrund von viskosen Wechselwirkungen wird dadurch eine Bewegung der umgebenden Flüssigkeit verursacht. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist proportional zum Betrag des induzierten elektrischen Felds. Der Proportionalitätsfaktor wird elektroosmotische Mobilität genannt.

Unter „Elektrophorese“ wird eine gerichtete Bewegung von zumindest teilweise elektrisch geladenen Teilchen in einer Flüssigkeit oder eines Gels unter Einwirkung eines angelegten elektrischen Feldes verstanden. Die Geschwindigkeit der Teilchen ist proportional zum Betrag des angelegten elektrischen Felds. Der Proportionalitätsfaktor wird „elektrophoretische Mobilität“ genannt. Die Mobilitäten sind in der Regel spezifisch und von der umgebenden Flüssigkeit abhängig.

Im Allgemeinen weisen Anwendungen, die auf bekannten Antrieben mittels Elektroosmose oder Elektrophorese beruhen, üblicherweise festverdrahtete Kanäle auf, an denen im Vergleich zur Zersetzungsspannung der Flüssigkeit hohe Spannungen anliegen, um eine Bewegung der Flüssigkeit zu induzieren.

In WO 2007/090531 A1 und DE 10 2006 004 887 A1 wird jeweils eine spezielle Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmungen bzw. Teilchenströmen aus zumindest teilweise elektrisch geladenen Teilchen in einer Flüssigkeit beschrieben, welche ohne festverdrahtete Kanäle Strömungen erzeugt. Die Anordnung umfasst ein Substrat und steuerbare Mittel zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen für eine Vielzahl von Elektrodenpaaren auf der Oberfläche des Substrats, die ein elektrisches Feld erzeugen, das innerhalb der elektrischen Doppelschicht eine Kraft auf den an die Oberfläche des Substrats angrenzenden Teil der Flüssigkeit ausübt und sowohl innerhalb als auch außerhalb der elektrischen Doppelschicht eine Kraft auf die Teilchen ausübt, wobei die Oberfläche des Substrats in Form einer Matrix in Bereiche untergliedert ist, die sich in Betrag oder Vorzeichen ihrer Oberflächenladung oder in ihrer Höhe über dem Substrat unterscheiden. Weiterhin wird ein Verfahren zur Herstellung und zum Betrieb einer derartigen Anordnung sowie ihre Verwendung als programmierbare mikrofluidische Analyse- oder Syntheseeinheit oder zur lokalen Kühlung eines angrenzenden mikroelektronischen Bauteils oder Prozessors beschrieben.

Eine solche Anordnung ist im Allgemeinen zwar frei programmierbar und kann somit ein komplettes Labor im Mikromaßstab darstellen, findet aber noch keine Umsetzung, da die

elektrische Doppelschicht eine Abschirmwirkung aufweisen kann, wodurch sich der elektrokinetische Effekt auf die Flüssigkeit stark reduziert. Daher sind solche Antriebe im Allgemeinen ineffektiv, da üblicherweise nur geringe Strömungsgeschwindigkeiten erzielt werden können. Weiterhin benötigt eine Aufprägung von elektrischen Oberflächenladungen in einer solchen Anordnung elektrische Steuermittel, welche zusätzlichen Platz in Anspruch nehmen und daher die Miniaturisierung eines Labors im Mikromaßstab begrenzen.

Eine weitere Möglichkeit zur Bereitstellung eines Labors im Mikromaßstab kann die AC-Elektroosmose darstellen, mittels welcher Strömungen von Flüssigkeiten erzeugt werden können. Im Allgemeinen wird die AC-Elektroosmose mit Paaren von Elektroden und speziellen Geometrien realisiert. Häufig treten dabei jedoch Wirbel und weitere 2- oder 3-dimensionale Strukturen in der Strömung auf, die grundsätzlich nicht erwünscht sind. In einer Variante kann in einer symmetrischen Geometrie mit vier Elektroden eine sogenannte „Wanderwellen-Elektroosmose“ umgesetzt werden.

A. Ramos, H. Morgan, N.G. Green und A. Castellanos beschreiben in „AC Electric-Field-Induced Fluid Flow in Microelectrodes“, J. Colloid and Surface Sciences 1999, Band 217, S. 420-422, die Anregung von Partikeln in einer Suspension mittels Wechselstrom-Elektrokinetik auf einer Mikroelektrodenstruktur, wobei eine starke Frequenzabhängigkeit beobachtet wurde.

A. Ramos, H. Morgan, N.G. Green, A. Gonzales und A. Castellanos beschreiben in „Pumping of liquids with travelling-wave electroosmosis“, Journal of Applied Physics 2005, Band 97, S. 084906-1 bis 084906-8, eine Anordnung von Mikroelektroden, die durch Anlegen eines wandernden elektrischen Potentials einen Nettofluss eines Elektrolyten induzieren.

In „Microfluidic mixing on application of traveling wave electroosmosis“, European Journal of Mechanics B/Fluids 2014, Band 48, S. 153 bis 164 beschreiben K. Huang, Z. Hong und J. Changa eine Mischtechnik unter Verwendung einer Vier-Phasen-Wanderwellen-Elektrodenanordnung. Wanderwellen-Elektrodenanordnungen, die Wechselstromsignalen ausgesetzt sind, sind auf beiden Seiten von Mikrokanalwänden angeordnet, wodurch ein chaotischer Mischmechanismus für einen kurzen Mikrokanal und eine angelegte Wechselspannung mit niedriger Amplitude geschaffen wird.

A. Shamloo, M. Mirzakhloo und M. R. Dabirzadeh beschreiben in „Numerical Simulation for efficient mixing of Newtonian and non-Newtonian fluids in an electro-osmotic

micro-mixer”, Chemical Engineering and Processing 2016, Band 107, S. 11 bis 20, eine zweiphasige Elektrodenanordnung, an welche Wechselstromsignale angelegt werden und die sich in bestimmten Teilen der Geometrie befindet. Dies trägt wesentlich zu einem chaotischen Mischmechanismus bei, der auf einer Wechselspannung mit niedriger
5 Amplitude innerhalb eines Mikrokanals beruht.

US 7,708,873 B2 offenbart Vorrichtungen und Geräte zum effizienten Pumpen und/oder Mischen von relativ kleinen Mengen an Flüssigkeit. Die beschriebenen Vorrichtungen nutzen die nichtlineare Elektrokinetik als primären Mechanismus für den Antrieb des Flüssigkeitsstroms. Weiterhin werden Verfahren der Zellanalyse und des Hochdurchsatzes, sowie
10 Verfahren für multiple Produktbildung unter Verwendung von entsprechenden Vorrichtungen beschrieben.

In J.H. Noh, J. Noh, E. Kreit, J. Heikenfeld und P.D. Rack, “Toward active-matrix lab-on-a-chip: programmable electrofluidic control enabled by arrayed oxide thin transistors”, Lab Chip, 2012, 12, 353, wird eine elektrofluidische Vorrichtung vorgestellt, die aus einer Aktiv-Matrixanordnung von Dünnschicht-Transistoren (Thin-Film-Transistors, TFT) besteht. Darauf werden in Öl eingebettete wässrige Proben durch Elektrobenetzung bewegt. Die vorgestellte Aktiv-Matrix-Bauweise ermöglichte die Reduktion der Leitungen von $m \times n$
20 auf $m + n$, wobei m und n die jeweilige Anzahl der TFT-Elemente in eine Richtung bezeichnen, da so einzelnen Reihen nacheinander mit einem Anregungssignal beaufschlagt werden können.

In US 2013/0146459 A1 werden Vorrichtungen, Geräte und Verfahren zum effizienten Pumpen und/oder Mischen relativ kleiner Fluidmengen beschrieben. Das Fluid enthält eine Probe innerhalb einer inneren Fluidphase, die in einer äußeren Phase dispergiert ist. Die Vorrichtungen nutzen nichtlineare Elektrokinetik als primären Mechanismus zum Antreiben des Fluidstroms und/oder zum Mischen des Fluids. Hierin werden unter anderem Verfahren der Zellanalyse und der Arzneimittelabgabe beschrieben.
30

N. Loucaides, A. Ramos und G. E. Georghiou beschreiben in „Novel systems for configurable AC electroosmotic pumping“, Microfluid Nanofluid, 2007, 3, 709-714 ein Verfahren zur Erzeugung und Verwendung geometrischer Asymmetrien für AC elektroosmotische Pumpen. Das Verfahren umfasst ein Gruppieren von Elektroden gleicher Spannung derart,
35 dass veränderliche Asymmetrien in periodischen Elektrodenanordnungen erzeugt werden können, die eine Nettogeschwindigkeit des AC elektroosmotischen Flusses hervorrufen.

A. Farzanehnia und A. Taheri beschreiben in „Optimization and parametric study of AC electroosmotic micropumping by response surface method“, SN Applied Sciences, 2019, 1:1556, eine Simulation einer ACEO Mikropumpe, in welcher periodische Elektrodenanordnungen nach ihrer angelegten Spannung gruppiert werden, um Asymmetrien in der Elektrodenkonfiguration zu erzeugen.

US 2009/0314062 A1 offenbart einen Fluidaktuator, umfassend einen piezoelektrischen Körper, einen Fluidkanal, der den piezoelektrischen Körper auf einem Teil seiner Innenwand aufweist und es einem Fluid ermöglicht, sich darin zu bewegen, sowie einen Abschnitt zur Erzeugung akustischer Oberflächenwellen, um das Fluid in dem Fluidkanal durch akustische Oberflächenwellen anzutreiben, die von einer Interdigitalelektrode erzeugt werden, die auf der dem Fluidkanal zugewandten Oberfläche des piezoelektrischen Körpers angeordnet ist. Der Abschnitt zur Erzeugung akustischer Oberflächenwellen ist an einer von der Mitte des Fluidkanals versetzten Position angeordnet.

US 2005/0161327 A1 beschreibt eine mikrofluidische Vorrichtung, umfassend ein Einlassreservoir zur Aufnahme von in einem fluiden Medium dispergierten, elektrisch geladenen Substanzen, einen mikrofluidischen Kreislauf, der in fluider Verbindung mit dem Einlassreservoir steht, und eine elektrische Transportvorrichtung zum Bewegen der elektrisch geladenen Substanzen entlang des mikrofluidischen Kreislaufs. Die elektrische Transportvorrichtung umfasst eine Anzahl von leitfähigen Bereichen, die entlang des mikrofluidischen Kreislaufs angeordnet und durch Bereiche entgegengesetzten Typs getrennt sind, wobei die leitfähigen Bereiche elektrisch mit einer Spannungsquelle verbunden sind, um eine gepulste Spannung bereitzustellen, die die geladenen Substanzen entlang des mikrofluidischen Kreislaufs transportiert.

DE 10 2018 210 693 A1 offenbart eine Vorrichtung mit wenigstens einer Flusszelle zur dielektrischen Trennung von Partikeln gemäß einer Wanderwellen-Dielektrophorese. Der Flusszelle ist eine mehrlagige Elektrodenanordnung zugeordnet, wobei die Elektrodenanordnung zur Erzeugung von wenigstens zwei in einem Winkel zueinanderstehenden elektrischen, sich bewegenden Feldern in der Flusszelle eingerichtet ist.

Ungeachtet der Vorteile durch die im Stand der Technik bekannten Anordnungen und Verfahren, verbleiben weiterhin noch zahlreiche technische Herausforderungen. Insbesondere mangelt es vielen System an ausreichender Leistung für eine anwendungsbezogene Umsetzung. Im Allgemeinen ist der Wirkungsgrad bei bekannten Strömungsantrieben zu gering für eine realitätsnahe Umsetzung. Außerdem treten häufig unerwünschte Nebenwirkungen,

wie beispielsweise eine erhöhte Wärmeentwicklung, beim Betrieb der Antriebe auf. Weiterhin bereiten die oben erwähnten Abschirmeffekte der elektrischen Doppelschicht technische Probleme bei der Umsetzung bekannter Lösungen. Insbesondere weisen einige der bekannten Anordnungen strukturierte, beispielsweise stufenförmige, Strömungskanäle auf.

5 Eine derartige Strukturierung ist im Allgemeinen ungeeignet, freie Strömungen auf freien Oberflächen zu erzeugen. Andere bekannte Anordnungen verwenden verschiedene Oberflächenmaterialien, um eine Strömung zu erzeugen. Dabei können jedoch technische Probleme, z.B. Rückströmungen, Wirbelbildung oder Schwierigkeiten bei Umsetzung einer scharfen Trennung von Oberflächenspannungen durch Isolation, auftreten.

10

Aufgabe der Erfindung

Es wäre daher wünschenswert, eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen, ein System sowie Verfahren zur Herstellung und zum Betrieb der Anordnung bereitzustellen, welche die Nachteile bekannter Vorrichtungen zumindest weitgehend vermeiden. Insbesondere soll eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen mit verbesserter Antriebsleistung und erhöhter Strömungsgeschwindigkeit bereitgestellt werden, die Anwendungen für ein Labor im Mikromaßstab ermöglicht.

15

Offenbarung der Erfindung

Diese Aufgabe wird durch eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen, ein System sowie Verfahren zur Herstellung und zum Betrieb der Anordnung oder des Systems mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen, welche einzeln oder in beliebiger Kombination realisierbar sind, sind in den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung dargestellt.

20

In einem ersten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen aus zumindest teilweise elektrisch geladenen Teilchen, die sich in einer Flüssigkeit befinden, umfassend ein Substrat mit steuerbaren Mitteln zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen für eine Vielzahl von sich auf einer Oberfläche des Substrats befindlichen Elektrodentripeln. Die Vielzahl der Elektrodentripel ist derart angeordnet, dass die Elektrodentripel bei Anlegen einer elektrischen Spannung zumindest zwei voneinander unabhängige bewegliche elektrische Feldkomponenten erzeugen, die jeweils eine Kraft auf die elektrisch geladenen Teilchen bewirken, wodurch die Flüssigkeit in zumindest zwei voneinander verschiedenen Richtungen auf dem Substrat bewegbar ist.

25

30

35

Der Begriff „Anordnung“ bezieht sich auf eine Kombination mehrerer Elemente, wobei die Elemente alleine oder gemeinsam eine Funktion erfüllen, die auf eine Handhabung einer Flüssigkeit gerichtet ist. Die Anordnung kann insbesondere im Bereich der Mikrofluidik verwendet werden, beispielsweise um Flüssigkeiten zu bewegen, zu separieren, zu vermischen, zu analysieren und/oder zu charakterisieren. Dabei kann die Anordnung insbesondere dazu eingerichtet sein, um Flüssigkeiten reaktionsschnell mit geringer Ansprechzeit zu bewegen. Der Begriff der „Ansprechzeit“ bezeichnet hierbei eine Zeitspanne zwischen einem Anlegen mindestens einer elektrischen Feldkomponente und dem Einsetzen einer Bewegung der Flüssigkeit. Insbesondere kann die vorliegende Anordnung dazu verwendet werden, mehrere Flüssigkeitsströme zu erzeugen, wobei sich die Flüssigkeitsströme in Richtung und/oder in Geschwindigkeit voneinander unterscheiden können. Die vorliegende Anordnung kann dabei als elektrokinetischer Antrieb, insbesondere als elektroosmotischer Antrieb, betrachtet werden. Die Anordnung kann beispielsweise als elektrokinetischer Antrieb für ein Labor im Mikromaßstab verwendet werden. Die Anordnung kann weiterhin auch kombinierbar mit anderen Elementen und/oder Vorrichtungen sein, die üblicherweise im Bereich der Mikrofluidik verwendet werden, beispielsweise mit anderen Mikroantrieben, Mikropumpen, Mikroventilen und/oder Mikromischern. Insbesondere kann die Anordnung auch mit anderen, gleichartigen Anordnungen kombiniert werden, beispielsweise in einem System, wie weiter unter noch ausführlich erläutert wird.

Der Begriff „Erzeugung“ bezieht sich auf einen Vorgang, der mindestens einen Flüssigkeitsstrom in der Anordnung auslösen, hervorrufen und/oder aufrechterhalten kann. Die Erzeugung von Flüssigkeitsströmen kann somit ein Auslösen, Hervorrufen und/oder Aufrechterhalten mindestens eines Flüssigkeitsstroms zumindest eines Teils der Flüssigkeit umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Erzeugung von Flüssigkeitsströmen ebenfalls das Auslösen, Hervorrufen und/oder Aufrechterhalten von mehreren Flüssigkeitsströmen umfassen, wobei das Auslösen, Hervorrufen und/oder Aufrechterhalten mehrerer Flüssigkeitsströme in einer Ebene, die von der Oberfläche des Substrats der Anordnung aufgespannt wird, insbesondere unabhängig voneinander erfolgen kann. So können in der Anordnung mehrere Flüssigkeitsströme, insbesondere mindestens zwei, drei, vier, fünf, sechs oder mehr Flüssigkeitsströme, unabhängig voneinander erzeugt werden.

Der Begriff „Flüssigkeitsstrom“ bezieht sich auf eine gerichtete Bewegung einer Flüssigkeit. Dabei bezeichnet der Begriff „Flüssigkeit“ mindestens eine Substanz, die einen flüssigen Aggregatzustand aufweist. Insbesondere kann die Flüssigkeit eine im Wesentlichen inkompressible Substanz umfassen. Die Flüssigkeit kann als reine Substanz vorliegen oder, alternativ, auch als Gemisch von mindestens zwei Substanzen, beispielsweise als Emulsi-

on, Lösung oder Suspension mindestens zweier Substanzen. Die Flüssigkeit kann insbesondere auch eine Trägerflüssigkeit und darin zu handhabende Proben, insbesondere Partikeln, vorzugsweise anorganische Partikeln oder Zellen, und/oder diffuse Proben, umfassen. Als diffuse Probe wird ein räumlich abgegrenzter Bereich innerhalb der Trägerflüssigkeit
5 bezeichnet, welcher sich bezüglich der Zusammensetzung und/oder bezüglich der Ionenzusammensetzung von der Trägerflüssigkeit unterscheidet. Die diffuse Probe kann hierbei von der umgebenden Trägerflüssigkeit durch eine Diffusionsgrenzschicht getrennt sein.

Die gerichtete Bewegung der Flüssigkeit wird im Folgenden somit als „Flüssigkeitsstrom“
10 bezeichnet. Dabei kann eine quantifizierbare Menge der Flüssigkeit eine Ortsänderung erfahren. Insbesondere kann es sich bei dem Flüssigkeitsstrom um einen Massenstrom und/oder um einen Volumenstrom handeln. Hierbei kann also eine quantifizierbare Menge an Masse oder an Volumen der Flüssigkeit eine Ortsänderung erfahren. Die Ortsänderung kann dabei durch eine Strömungsgeschwindigkeit quantifiziert werden. Der Flüssigkeits-
15 strom kann in der Ebene der Oberfläche des Substrats der Anordnung bevorzugt ein homogenes Geschwindigkeitsprofil aufweisen, wobei das Geschwindigkeitsprofil insbesondere eine ortsabhängige Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit über einen Querschnitt des Flüssigkeitsstroms bezeichnet. Somit kann das homogene Geschwindigkeitsprofil im Wesentlichen eine konstante Geschwindigkeit über den Querschnitt des Flüssigkeitsstroms
20 aufweisen. Insbesondere kann keine Geschwindigkeitskomponente normal zur Oberfläche auftreten. Entlang der Oberfläche kann sich bevorzugt ein Blockprofil ausbilden, das mindestens einem vorgegebenen Strömungspfad folgt und das quer zur Richtung des mindestens einen Strömungspfads keine oder nur geringe Variationen aufweist. Außerhalb des mindestens einen Strömungspfads soll hierbei möglichst keine oder höchstens eine geringe
25 Strömung erfolgen. Der mindestens eine Strömungspfad transportiert Flüssigkeit hierbei in gerichteter Form, vergleichbar mit einer Rohrleitung, und kann daher auch als „Strömungsröhre“ oder „Stromröhre“ bezeichnet werden. Jedoch sind auch andere Geschwindigkeitsprofile denkbar, beispielsweise inhomogene Geschwindigkeitsprofile mit über den Querschnitt des Flüssigkeitsstroms veränderlichen Strömungsgeschwindigkeiten. Die ortsabhängige Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit über den Querschnitt des Flüssigkeits-
30 stroms des inhomogenen Geschwindigkeitsprofils kann dabei einstellbar sein. Weiterhin kann der Flüssigkeitsstrom entlang von Strömungslinien verlaufen, welche wahlweise offen oder geschlossen sein können. Die Strömungslinien können bevorzugt parallel zu der Oberfläche des Substrats verlaufen. Hierbei können Proben, insbesondere diffuse Proben,
35 bevorzugt in geschlossenen Stromröhren einer Trägerflüssigkeit transportiert und/oder gehandhabt werden. Dabei können Stromröhren mit einem geringen Durchmesser, insbesondere von höchstens 500 μm , bevorzugt von höchstens 100 μm , insbesondere von höchstens

5 µm, besonders vorteilhaft im Hinblick auf einen geringen Energieaufwand, geringe Verluste, geringe Wärmeentwicklung und/oder geringe Wirbelbildung sein.

In der Flüssigkeit befinden sich zumindest teilweise elektrisch geladene Teilchen. Der Begriff „elektrisch geladenes Teilchen“ bezieht sich auf einzelne Atome, Moleküle oder Komplexe, welche mindestens eine elektrische Elementarladung tragen. Insbesondere können die elektrisch geladenen Teilchen auch mehrere, beispielsweise mindestens zwei verschiedene Atome, Moleküle oder Komplexe umfassen. Alternativ oder zusätzlich können die elektrisch geladenen Teilchen auch höherwertige Gebilde umfassen, beispielsweise Nanoteilchen, welche aus bis zu 1000 Atomen oder Molekülen bestehen können. Die elektrisch geladenen Teilchen können mindestens eine negative Elementarladung oder mindestens eine positive Elementarladung tragen. In der Flüssigkeit können sich sowohl elektrisch geladenen Teilchen mit negativer elektrischer Ladung, elektrisch geladene Teilchen mit positiver elektrischer Ladung als auch elektrisch ungeladene, neutrale Teilchen befinden. Bevorzugt kann jedoch in einem Teilgebiet der Flüssigkeit eine Konzentration an elektrisch geladenen Teilchen mit einer Ladungsart eine andere Konzentration an elektrisch geladenen Teilchen der entgegengesetzt geladenen Ladungsart übertreffen, insbesondere in der elektrischen Doppelschicht. In einem anderen Teilgebiet kann ein Gleichgewicht der Konzentrationen von elektrisch geladenen Teilchen beider Ladungsarten vorhanden sein. Die elektrisch geladenen Teilchen können der Flüssigkeit hinzugefügt sein. Beispielsweise können die elektrisch geladenen Teilchen in der Flüssigkeit gelöst oder suspendiert sein. Alternativ oder zusätzlich können die elektrisch geladenen Teilchen auch durch Reaktion in der Flüssigkeit erzeugt werden, beispielsweise durch Autoprotolyse. In der Flüssigkeit können neben den elektrisch geladenen Teilchen auch noch andere, insbesondere elektrisch neutrale Teilchen vorhanden sein. In einer solchen Situation befinden sich folglich teilweise elektrisch geladene Teilchen und teilweise elektrisch neutrale Teilchen in der Flüssigkeit. Alternativ kann die Flüssigkeit auch ausschließlich aus elektrisch geladenen Teilchen bestehen, wie dies beispielsweise bei ionischen Flüssigkeiten der Fall ist.

30

Die Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen umfasst ein Substrat mit steuerbaren Mitteln. Der Begriff „Substrat“ bezieht sich auf eine Unterlage, umfassend einen Körper, der ein Volumen aufweist, das über eine Oberfläche verfügt, die vorzugsweise in Form einer planaren Fläche vorliegt. Der Begriff „Oberfläche des Substrats“ bezieht sich dabei auf eine Fläche des Substrats, welche einem Strömungsbereich der Flüssigkeit zugewandt ist, während eine „Rückseite des Substrats“ eine weitere Fläche des Substrats bezeichnet, welche dem Strömungsbereich der Flüssigkeit abgewandt ist. In einer besonderen Ausge-

35

staltung ist nur ein Teilbereich der Oberfläche des Substrats für die Bereitstellung der Flüssigkeit vorgesehen sein; ein weiterer Teilbereich der Oberfläche kann Strukturen, die für weitere Zwecke eingerichtet sein können, aufweisen, insbesondere Messeinrichtungen oder Strukturen zur Strömungsführung, beispielsweise Versperrungen oder Hindernisse.

5

In einer bevorzugten Ausgestaltung kann die Oberfläche des Substrats direkt in Kontakt mit der Flüssigkeit stehen. In einer alternativen Ausgestaltung kann die Oberfläche des Substrats durch eine weitere aufgebrauchte Schicht, beispielsweise durch eine isolierende Schicht, von dem Strömungsbereich der Flüssigkeit getrennt sein. Insbesondere kann die
10 auf der Oberfläche des Substrats angebrachte Vielzahl der Elektroden durch eine isolierende Schicht von dem Strömungsbereich der Flüssigkeit getrennt sein. Die isolierende Schicht kann eine ebene Oberfläche für die Flüssigkeitsströme bilden. Hierbei ist die ebene Oberfläche durch das Fehlen makroskopisch erfassbarer Höhenunterschiede gekennzeichnet. Weiterhin kann die isolierende Schicht eine glatte Oberfläche für die Flüssigkeitsströme bilden. Hierbei bezeichnet die „glatte Oberfläche“ eine Fläche mit einer Rauheit von
15 höchstens $0,1 \mu\text{m}$, bevorzugt von höchstens $0,05 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt von höchstens $0,01 \mu\text{m}$.

Das Substrat kann aus einem nichtleitenden Material und/oder aus einem halbleitenden
20 Material bestehen, bevorzugt aus Glas, Kunststoff und/oder Silizium. Die Oberfläche des Substrats kann insbesondere flach ausgestaltet sein. So können die steuerbaren Mittel beispielsweise auf der Oberfläche des Substrats angebracht werden. In einer alternativen Ausführungsform können die steuerbaren Mittel jedoch auch zumindest teilweise von dem Substrat aufgenommen werden.

25

Der Begriff „steuerbare Mittel“ bezieht sich allgemein auf elektrisch leitfähige Elemente, welche von dem Substrat umfasst sind. Die steuerbaren Mittel können dabei elektrische Leiterbahnen umfassen, insbesondere eine Vielzahl von elektrischen Leiterbahnen. Beispielsweise können die steuerbaren Mittel ein metallisches Material, Graphit und/oder ein
30 halbleitendes Material, insbesondere ein dotiertes halbleitendes Material, umfassen. Die steuerbaren Mittel können besonders bevorzugt auf der Oberfläche des Substrats angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich können die steuerbaren Mittel jedoch auch zumindest teilweise in dem Volumen des Substrats angeordnet sein. Die steuerbaren Mittel können in einer oder in mehreren Schichten auf dem Substrat oder in dem Volumen des Substrats
35 angeordnet sein.

- Die steuerbaren Mittel können insbesondere eine einer Vielzahl an Elektroden entsprechenden Anzahl an elektrischen Leiterbahnen und an elektrischen Anschlüssen für die Elektroden aufweisen. Dabei können die elektrischen Anschlüsse die elektrischen Leiterbahnen der steuerbaren Mittel mit den Elektroden der Elektrodentripel verbinden. Die steuerbaren Mittel können weiterhin eine der Vielzahl an Elektroden entsprechenden Anzahl an elektrischen Anschlüssen für ein Antriebselement aufweisen. Dabei können die elektrischen Anschlüsse für Antriebselemente auf der Rückseite des Substrats oder außerhalb der Anordnung zugänglich sein.
- Alternativ können die steuerbaren Mittel eine Anzahl an elektrischen Leiterbahnen umfassen, die mindestens der Vielzahl an Elektrodentripel entspricht, höchstens jedoch der Anzahl an Elektroden in den Elektrodentripeln. In einer bevorzugten Ausführungsform können die steuerbaren Mittel eine Anzahl an elektrischen Leitbahnen umfassen, die mindestens der Vielzahl an Elektrodentripel entspricht, jedoch geringer ist als die Anzahl der Elektroden in den Elektrodentripeln. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform können die steuerbaren Mittel genau eine der Vielzahl an Elektrodentripel entsprechenden Anzahl an elektrischen Leiterbahnen umfassen. Zusätzlich können die steuerbaren Mittel zumindest eine der Vielzahl an Elektrodentripel entsprechenden Anzahl an elektrischen Anschlüsse für die Elektroden umfassen. Weiterhin können die steuerbaren Mittel zusätzliche elektrische Anschlüsse für die Elektroden umfassen, wobei die zusätzlichen Anschlüsse ausgewählte Elektroden untereinander verbinden. Insbesondere können solche Elektroden verbunden werden, die entsprechend der noch näher zu erläuternden Steuerung der Anordnung auf ein gleiches elektrisches Potential gehoben werden.
- Die steuerbaren Mittel sind dazu eingerichtet, elektrische Spannungen für eine Vielzahl von sich auf der Oberfläche des Substrats befindlichen Elektrodentripeln bereitzustellen. Der Begriff „elektrische Spannung“ bezieht sich auf jede Art einer elektrischen Potentialdifferenz, die zwischen mindestens zwei elektrisch kontaktierbaren Orten besteht. Insbesondere kann es sich hierbei um eine Wechselspannung handeln. Die elektrische Spannung kann mindestens eine Wechselspannung umfassen. In einer besonders bevorzugten Ausführung kann die elektrische Spannung drei Wechselspannungen umfassen, die jeweils um eine Phasendifferenz zueinander verschoben sind. Die Kombination von drei Wechselspannungen wird im Folgenden auch als „Drehstrom“ bezeichnet. Dabei kann je eine Wechselspannung auf eine von dem Elektrodentripel umfasste Elektrode anlegbar sein. Bevorzugt kann die Phasenverschiebung 120° betragen. Jedoch sind auch andere Phasenverschiebungen denkbar. Die Wechselspannung kann dabei eine Amplitude von 0,005 V bis 10 V, bevorzugt von 0,01 V bis 0,1 V, und eine Frequenz von 1 kHz bis 1000 kHz,

bevorzugt von 5 kHz bis 100 kHz, aufweisen. Eine optimale Kombination kann insbesondere von einer Elektrolytkonzentration der Flüssigkeit abhängen. Besonders bevorzugt kann dabei eine Amplitude von etwa 0,025 V und eine Frequenz von 10 kHz bis 50 kHz bei einer Elektrolytkonzentration von 10^{-5} mol/l bis 10^{-4} mol/l sein. Andere Kombinationen sind ebenfalls möglich.

Der Begriff „Elektroden-tripel“ bezieht sich auf eine Gruppierung von drei separat voneinander ausgestalteten Elektroden. Ein Elektroden-tripel kann somit drei voneinander getrennt ausgestaltete Elektroden umfassen. Die Elektroden in dem Elektroden-tripel können vorzugsweise eine gleichartige geometrische Form ausweisen. Die Elektroden eines Elektroden-tripels können insbesondere räumlich benachbart zueinander angeordnet sein. Die Elektroden eines Elektroden-tripels können insbesondere mindestens ein elektrisch leitfähiges Material, beispielsweise ein metallisches Material, ein halbleitendes Material und/oder ein dotiertes halbleitendes Material umfassen. Die Elektroden eines Elektroden-tripels können derart ausgestaltet sein, dass sie untereinander keine elektrische Verbindung aufweisen. Dies schließt jedoch insbesondere die Möglichkeit nicht aus, dass Elektroden verschiedener Elektroden-tripel eine elektrische Verbindung untereinander aufweisen können. Das Elektroden-tripel, insbesondere jede Elektrode eines Elektroden-tripels, kann durch die steuerbaren Mittel elektrisch kontaktierbar sein. Die Elektroden-tripel befinden sich auf der Oberfläche des Substrats. Die Elektroden-tripel können beispielsweise auf die Oberfläche des Substrats aufgebracht sein. Alternativ können die Elektroden-tripel zumindest teilweise in der Oberfläche des Substrats aufgenommen sein. Die Elektroden-tripel können durch eine isolierende Schicht von dem Strömungsbereich der Flüssigkeit getrennt sein. Die Elektroden-tripel können insbesondere derart von dem Strömungsbereich der Flüssigkeit getrennt sein, dass keine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem Elektroden-tripel und der Flüssigkeit besteht.

Die steuerbaren Mittel können weiterhin dazu eingerichtet sein, die elektrische Spannung derart an der Vielzahl der Elektroden-tripel bereitzustellen, dass die elektrische Spannung an den Elektroden jeweils eines Elektroden-tripels um eine Phasendifferenz zueinander verschoben ist. Mit anderen Worten: Die steuerbaren Mittel können die elektrische Spannung derart an der Vielzahl der Elektroden-tripel bereitstellen, dass die elektrische Spannung an jeder von dem Elektroden-tripel umfassten Elektroden um eine Phasendifferenz zueinander verschoben ist. Insbesondere können die steuerbaren Mittel die elektrische Spannung derart an der Vielzahl der Elektroden-tripel bereitstellen, dass die Phasendifferenz zwischen räumlich nacheinander angeordneten Elektroden in dem Elektroden-tripel monoton steigend oder fallend ist.

Weiterhin können die steuerbaren Mittel dazu eingerichtet sein, die elektrische Spannung derart an die Vielzahl der Elektrodentripel bereitzustellen, dass die an jeweils einer der Elektroden jeden Elektrodentripels anliegende elektrische Spannung eine Phasendifferenz von $n \cdot 360^\circ$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, aufweist. Beispielsweise kann zwischen jeder ersten Elektrode der Vielzahl der Elektrodentripel eine Phasendifferenz von $n \cdot 360^\circ$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, anliegen, ebenso wie zwischen jeder zweiten Elektrode und zwischen jeder dritten Elektrode der Vielzahl an Elektrodentripel.

Die Phasendifferenz zwischen den Elektroden eines Elektrodentripels kann von einem räumlichen Abstand der Elektroden innerhalb des Elektrodentripels abhängig sein. Beispielsweise kann die Phasendifferenz zwischen den Elektroden innerhalb des Elektrodentripels jeweils 120° bei äquidistanter räumlicher Anordnung der Elektroden betragen. Andere Möglichkeiten sind jedoch ebenfalls denkbar.

15

Die Elektroden in jeweils einem Elektrodentripel können in einem räumlichen Abstand zueinander angeordnet sein, wobei der räumliche Abstand der Elektroden der Größenordnung einer Schichtdicke einer elektrischen Doppelschicht, welche sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung in der Flüssigkeit ausbildet, entsprechen kann. Hierbei bezeichnet der Begriff der „Größenordnung“ eine räumliche Ausdehnung von einem Zehntel der Schichtdicke der elektrischen Doppelschicht bis zu einem Zehnfachen der Schichtdicke der elektrischen Doppelschicht. Insbesondere kann der räumliche Abstand der Elektroden im Bereich von mindestens einem Zehntel bis maximal einem Zehnfachen der Dicke der elektrischen Doppelschicht liegen. Besonders bevorzugt kann der räumliche Abstand der Elektroden im Bereich von mindestens einem Drittel bis maximal einem Dreifachen der Dicke der elektrischen Doppelschicht liegen. Die Schichtdicke der elektrischen Doppelschicht kann insbesondere von einer Konzentration der elektrisch geladenen Teilchen in der Flüssigkeit abhängen. Beispielsweise können die Elektroden in jeweils einem Elektrodentripel in einem räumlichen Abstand zueinander angeordnet sind, wobei der räumliche Abstand der Elektroden bevorzugt $0,05 \mu\text{m}$ bis $10 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt $0,05 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$, insbesondere $0,1 \mu\text{m}$, beträgt. Wie oben beispielsweise erläutert, können die Elektroden in jeweils einem Elektrodentripel äquidistant angeordnet sind. In einer bevorzugten Ausführungsform mit einem räumlichen Abstand der Elektroden von $0,05 \mu\text{m}$ kann insbesondere eine Verlängerung einer Wellenlänge der beweglichen elektrischen Feldkomponente erreicht werden, sodass eine gewünschte Größenordnung bereitgestellt werden kann.

35

Die Vielzahl der Elektroden tripel ist derart angeordnet, dass die Elektroden tripel bei Anlegen der elektrischen Spannung zumindest zwei voneinander unabhängige bewegliche elektrische Feldkomponenten erzeugen. Der Begriff „elektrische Feldkomponente“ bezieht sich auf eine durch Anlegen der elektrischen Spannung induzierte Kraftfeldkomponente.

5 Eine Gesamtheit der elektrischen Feldkomponenten kann insbesondere ein elektrisches Feld beschreiben. Das elektrische Feld kann insbesondere mit den elektrisch geladenen Teilchen in der Flüssigkeit wechselwirken, insbesondere derart, dass auf die elektrisch geladenen Teilchen eine Kraft durch das elektrische Feld ausgeübt wird. Die Kraftwirkung des elektrischen Feldes kann durch Feldlinien beschrieben werden, wobei die Feldlinien

10 eine Richtung der Kraft angeben. Die elektrische Feldkomponente ist eine bewegliche elektrische Feldkomponente. Der Begriff „beweglich“ bezieht sich hierbei auf die Tatsache, dass die Feldlinien des elektrischen Feldes bzw. der elektrischen Feldkomponenten orts- und zeitabhängig sind. So kann beispielweise durch Anlegen der Wechselspannung mindestens zwei voneinander unabhängige bewegliche elektrische Feldkomponenten erzeugt werden, welche Feldlinien besitzen, die sich sowohl örtlich als auch zeitlich verändern. Insbesondere können durch Anlegen der elektrischen Spannung sogenannte „Wanderwellen“ erzeugt werden, insbesondere mindestens zwei Wanderwellen, wobei eine Wanderwelle die bewegliche elektrische Feldkomponente bezeichnet.

15

20 Bei Anlegen der elektrischen Spannung entstehen zumindest zwei voneinander unabhängige elektrische Feldkomponenten. In diesem Zusammenhang bezieht sich der Begriff „voneinander unabhängig“ auf eine Eigenschaft der mindestens zwei elektrischen Feldkomponenten Feldlinien zu besitzen, welche in einem Winkel, bevorzugt von größer als 0° bis weniger als 180° , besonders bevorzugt von 30° bis 150° , insbesondere 45° bis 135° , zueinander stehen. Die elektrischen Feldkomponenten können insbesondere derart voneinander unabhängig sein, dass die Feldlinien der zumindest zwei elektrischen Feldkomponenten senkrecht zueinander verlaufen oder einen Winkel von 60° oder 120° zueinander annehmen. Die voneinander unabhängigen elektrischen Feldkomponenten können sich also insbesondere in zwei Richtungen erstrecken, wobei die Feldlinien der elektrischen Feldkomponenten entlang der zwei Richtungen senkrecht zueinander stehen. Insbesondere im Unterschied zu den in N. Loucaides et al., s.o., und in A. Farzanehnia und A. Taheri, s.o., beschriebenen Vorrichtungen, kann die Anordnung gemäß der vorliegenden Erfindung mittels der mindestens zwei voneinander unabhängigen elektrischen Feldkomponenten einen zweidimensionalen Transport über die Oberfläche des Substrats ermöglichen. Die elektrischen Feldkomponenten können insbesondere parallel zu der Oberfläche, insbesondere parallel zur Ausdehnung der Oberfläche, des Substrats verlaufen.

30

35

- Die elektrischen Feldkomponenten bewirken jeweils eine Kraft auf die elektrisch geladenen Teilchen, wodurch die Flüssigkeit in zumindest zwei voneinander verschiedenen Richtungen auf dem Substrat bewegbar ist. Der Begriff „Kraft“ bezieht sich auf die durch das elektrische Feld induzierte Krafteinwirkung auf die elektrisch geladenen Teilchen in der Flüssigkeit. Insbesondere kann die Kraft auf die geladenen Teilchen durch eine Coulomb-Kraft beschrieben werden. Eine weiterhin denkbare Kraft, deren Richtung senkrecht zur Oberfläche steht, ist jedoch vernachlässigbar, da sie praktisch zu keiner beobachtbaren Strömung auf der Oberfläche der Anordnung führt.
- Der Begriff „Richtung“ bezieht sich auf eine Angabe eines Bewegungsziels der Flüssigkeit. Dabei kann die Angabe der Richtung sich insbesondere auf ein vorgegebenes Koordinatensystem beziehen, beispielsweise ein Koordinatensystem, das in der Ebene der Oberfläche des Substrats liegt. Die Richtung kann beispielsweise durch einen Richtungsvektor in diesem Koordinatensystem angezeigt werden. Beispielsweise kann die Richtung durch eine Angabe in einem kartesischen Koordinatensystem angezeigt werden, insbesondere in einem x-y-Koordinatensystem. Alternativ kann grundsätzlich auch ein Polarkoordinatensystem verwendet werden. In dem kartesischen Koordinatensystem kann die Richtung zum Beispiel durch Vergleich mit einer Himmelsrichtung angegeben werden. So bezeichnet beispielsweise eine Nord-Süd-Richtung eine in Relation zur Oberfläche des Substrats horizontale Richtung von oben nach unten. Ebenso bezeichnet eine West-Ost-Richtung eine in Relation zur Oberfläche des Substrats horizontale Richtung von links nach rechts. In diesem Zusammenhang bezieht sich der Begriff „voneinander verschieden“ auf die Tatsache, dass die Richtungsvektoren zwei voneinander verschiedener Richtungen senkrecht zueinanderstehen. Mathematisch kann dies dadurch ausgedrückt werden, dass das Skalarprodukt der Richtungsvektoren Null ergibt. Die voneinander unabhängigen beweglichen elektrischen Feldkomponenten können also insbesondere zwei Flüssigkeitsströme in zumindest zwei voneinander verschiedenen Richtungen bewirken, wobei ein Flüssigkeitsstrom beispielsweise in Nord-Süd-Richtung verläuft und ein anderer Flüssigkeitsstrom in West-Ost-Richtung. Auch andere Richtungen sind möglich, beispielsweise eine Kombination dieser Richtungen. Die mindestens zwei voneinander verschiedenen Flüssigkeitsströme können insbesondere unabhängig voneinander steuerbar sein. Die erzeugten Flüssigkeitsströme können sich insbesondere zu einem resultierenden Flüssigkeitsstrom überlagern.
- Der Begriff der „Vielzahl an Elektrodentripel“ bezieht sich auf eine Anzahl an Elektrodentripeln, die benötigt wird, um die Flüssigkeit in die mindestens zwei voneinander verschiedenen Richtungen zu bewegen. Die Anzahl an Elektrodentripel kann insbesondere

derart gewählt sein, dass die Anordnung mit den auf dem Substrat aufgebrachtenelektroden
tripel flächendeckend ausgestaltet werden kann. Die Elektroden
tripel können dabei insbesondere derart angeordnet sein, dass mindestens zwei Elektroden
tripel in einem Winkel zueinanderstehen. Beispielsweise kann ein Elektroden
tripel der Anordnung um 90°
5 Grad zu einem anderen Elektroden
tripel der Anordnung gedreht sein. In diesem Beispiel
könnten also auf einem rechteckig geformten Substrat drei Elektroden
tripel in Nord-Süd-
richtung sowie drei Elektroden
tripel in West-Ost-Richtung angeordnet sein. So kann die
Anordnung mindestens sechs Elektroden
tripel umfassen. Alternativ könnte auch eine he-
xagonale Ausrichtung der Elektroden
tripel vorteilhaft für eine flächendeckende Ausgestal-
10 tung sein. Dabei können die Elektroden
tripel in einem Winkel von 60° zueinander gedreht
sein. In diesem Beispiel kann die Anordnung ebenfalls mindestens sechs Elektroden
tripel umfassen, wobei jeweils ein Elektroden
tripel in einem Abschnitt der hexagonalen Ausrich-
tung angeordnet sein kann. Damit kann die Anordnung insbesondere mindestens sechs
Elektroden
tripel bei einer rechtwinkligen oder hexagonalen Anordnung der Vielzahl der
15 Elektroden
tripel umfassen. Andere Möglichkeiten sind jedoch ebenfalls denkbar.

In einer bevorzugten Ausführungsform können mindestens zwei der Elektroden
tripel aus
der Vielzahl der Elektroden
tripel derart zueinander angeordnet sein, dass die von jedem
der Elektroden
tripel bei Anlegen der elektrischen Spannung erzeugten beweglichen
20 elektrischen Feldkomponenten einen Winkel von größer als 0° bis weniger als 180° zuei-
nander annehmen, bevorzugt von 30° bis 150°, besonders bevorzugt von 45° bis 135°,
insbesondere von 60° bis 120°. Der Winkel bezeichnet dabei insbesondere einen Winkel in
einer durch die Oberfläche des Substrats beschriebenen Ebene.

25 In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein System, umfassend min-
destens eine Anordnung, bevorzugt mindestens zwei Anordnungen, zur Erzeugung von
Flüssigkeitsströmen gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder
mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren
der nachfolgend noch näher beschriebenen Ausgestaltungen. Weiterhin umfasst das Sys-
30 tem mindestens eine Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen, insbe-
sondere eine Drehstromquelle oder einen Drehstromgenerator.

Der Begriff „System“ bezieht sich insbesondere auf eine Vorrichtung oder eine Gruppe
von miteinander wechselwirkenden Vorrichtungen, welche zur Erfüllung mindestens eines
35 gemeinsamen Zwecks eingerichtet sind. Dabei kann der gemeinsame Zweck des Systems
insbesondere das Bewegen, das Mischen, das Separieren und /oder das Analysieren von
Flüssigkeiten sein. Das System kann also insbesondere im Bereich der Mikrofluidik ver-

wendet werden. Das System kann mindestens einen Antrieb aufweisen, insbesondere kann die mindestens eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen als Antrieb des Systems verwendet werden.

5 Das System kann beispielsweise als Fluid-Maschine verwendet werden, wobei die Fluid-Maschine, in Analogie zu einer Computerrecheneinheit, mit der Flüssigkeit Rechenoperationen umsetzen kann. Eine sogenannte „Fluid-Prozesseinheit“ kann hierbei eine zentrale Verknüpfung von Komponenten der Fluid-Maschine darstellen. Die Fluid-Prozesseinheit kann dabei eine Vielzahl an verknüpften Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeits-

10 strömen umfassen. Beispielsweise können mit dem System transportierte Proben ein Einheitsvolumen aufweisen, wodurch die Verarbeitung der Rechenoperationen erleichtert wird. Weiterhin kann hierbei durch Verwendung einer Maschinensprache Rechenoperationen in Flüssigkeitstransportprozesse, wie beispielsweise Misch-, Auswahl- und Transport-Befehle, übersetzt werden.

15

Das System umfasst, wie bereits erläutert, mindestens eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren der nachfolgend noch näher beschriebenen Ausgestaltungen. Für weitere Definitionen bezüglich des Systems kann daher auf die obige Beschreibung der Anordnung verwiesen

20 werden. Insbesondere kann das System eine Vielzahl an Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen umfassen, wobei die Vielzahl an Anordnungen mindestens zwei Anordnungen umfasst. Es können jedoch auch mehr als zwei Anordnungen von dem System umfasst sein, insbesondere 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 oder mehr als 30 Anordnungen.

25 Diese Vielzahl an Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen kann in einem gemeinsamen Verbund angeordnet sein. Die Vielzahl an Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen kann insbesondere derart einen flächendenkenden Verbund ausbilden, dass ein gemeinsamer Strömungsbereich über die Vielzahl der Anordnungen hinweg entsteht. Beispielsweise kann das System die Vielzahl der Anordnungen zur Erzeugung von

30 Flüssigkeitsströmen in einem Verbund in Spalten und Zeilen anordnen, insbesondere in einem matrixförmigen Verbund. Hierfür kann insbesondere eine rechtwinklige oder auch hexagonale Form der Anordnungen besonders vorteilhaft sein. Auch andere Möglichkeiten die Vielzahl der Anordnungen in dem System zu verbinden sind ebenfalls denkbar.

35 Weist das System eine Vielzahl von Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen auf, so können mindestens zwei Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen durch mindestens ein elektrisches Verbindungselement verbunden sein. Das elektrische

Verbindungselement kann die steuerbaren Mittel der mindestens zwei Anordnung miteinander verbinden, insbesondere derart, dass eine elektrisch leitfähige Verbindung zwischen den steuerbaren Mitteln der mindestens zwei Anordnungen herstellbar ist. Beispielsweise kann das elektrische Verbindungselement eine elektrisch leitfähige Verbindung zwischen
5 den elektrischen Anschlüssen für ein Antriebselement der mindestens zwei Anordnungen herstellen. Beispielsweise kann das elektrische Verbindungselement mindestens zwei benachbarte Anordnungen innerhalb einer Spalte und/oder Zeile verbinden. Zusätzlich kann das elektrische Verbindungselement auch mindestens zwei benachbarte Verbindungselement an einem Anfang oder an einem Ende einer Spalte und/oder Zeile verbinden.

10

Das System umfasst mindestens eine Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen. Der Begriff „Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen“ bezieht sich auf eine Vorrichtung, die eingerichtet dazu eingerichtet ist, die elektrische Spannung an der mindestens einen Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen bereitzustellen. Insbesondere kann es sich bei der Vorrichtung zur Bereitstellung von
15 elektrischen Spannungen um eine Drehstromquelle und/oder um einen Drehstromgenerator handeln. Die Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen kann also insbesondere dazu eingerichtet sein, zumindest eine Wechselspannung bereitzustellen. In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen
20 Spannungen dazu eingerichtet sein, drei zueinander um eine Phasenverschiebung verschobene Wechselspannungen bereitzustellen. Besonders bevorzugt kann die Phasenverschiebung 120° betragen. Andere Phasenverschiebungen sind jedoch ebenfalls möglich.

20

Das System kann weiterhin mindestens ein Flüssigkeitsreservoir umfassen. Das Flüssigkeitsreservoir kann dazu eingerichtet sein, die Flüssigkeit, in welcher sich zumindest teilweise die elektrisch geladenen Teilchen befinden, zu bevorraten und über mindestens einen Verbindungskanal der Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen zuzuführen. Der Verbindungskanal kann dazu eingerichtet sein, das Flüssigkeitsreservoir mit der Anordnung fluidisch zu verbinden. Insbesondere kann das Flüssigkeitsreservoir über mindestens
25 zwei Verbindungskanäle mit der Anordnung fluidisch verbunden sein, wobei je ein Verbindungskanal für eine Strömungsrichtung von dem Flüssigkeitsreservoir zu der Anordnung bzw. von der Anordnung zu dem Flüssigkeitsreservoir vorhanden sein kann. Der Verbindungskanal kann beispielsweise eine Vielzahl von Elektroden aufweisen, welche mit einem Wechselstrom beaufschlagbar sind, wodurch ein Flüssigkeitstransport zwischen
30 dem Flüssigkeitsreservoir und der Anordnung stattfinden kann. Die Richtung des Flüssigkeitstransports kann hierbei von dem beaufschlagten Wechselstrom abhängen. Alternativ kann mindestens eine Wand des Verbindungskanals eine aufgebrauchte Wandladung tragen,

35

wobei weiterhin eine elektrische Potentialdifferenz zwischen dem Flüssigkeitsreservoir und der Anordnung anlegbar ist, wodurch ein Flüssigkeitstransport zwischen dem Flüssigkeitsreservoir und der Anordnung stattfinden kann. Die Richtung des Flüssigkeitstransports kann dabei von einer Polarität der Wandladung abhängen.

5

Das System kann weiterhin mindestens eine Steuereinheit umfassen. Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, das Anlegen der elektrischen Spannung an die Vielzahl der Elektroden tripel mittels der steuerbaren Mittel zu steuern. Weist das System eine Vielzahl von Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen auf, so kann die Steuereinheit dazu
10 eingerichtet sein, das Anlegen der elektrischen Spannung an die steuerbaren Mittel der Vielzahl an Anordnungen zu steuern. Insbesondere kann die Steuereinheit das Anlegen der elektrischen Spannung an die steuerbaren Mittel für jede Anordnung separat und/oder unabhängig voneinander steuern. Die Steuereinheit kann dabei als aktive Steuereinheit oder als passive Steuereinheit ausgeführt sein.

15

Die „passive Steuereinheit“ bezeichnet hierbei eine Steuereinheit, die eine separate Beaufschlagung der von dem System umfassten Anordnung, insbesondere der von dem System umfassten Vielzahl an Anordnungen, zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen mit der elektrischen Spannung umfasst. Die passive Steuereinheit kann also eine separate Kontaktierung der Vielzahl an Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen umfassen.
20 Dabei kann je eine passive Steuereinheit für jede von dem System umfasste Anordnung vorgesehen sein. Die passive Steuereinheit kann in einer Ebene des Systems, insbesondere in einer Ebene unter der Anordnung angeordnet sein. Die passive Steuereinheit kann damit insbesondere Bereiche im System vermeiden, in denen die Flüssigkeit nicht angesteuert werden kann. Das Funktionsprinzip der passiven Steuereinheit kann dabei dem Prinzip der
25 Ansteuerung eines LCD- und/oder TFT-Displays entsprechen.

Die „aktive Steuereinheit“ bezeichnet hierbei eine Steuereinheit, die mindestens eine elektronische Recheneinheit, insbesondere einen Mikroprozessor, umfasst. Der Mikroprozessor
30 kann durch mindestens einen Datenbus mit mindestens einem Eingangssignal beaufschlagbar sein. Das mindestens eine Eingangssignal kann insbesondere mindestens ein Aktivsignal umfassen, wobei das Aktivsignal eine Information über ein einzuschaltendes Elektrodentripel oder ein auszuschaltendes Elektrodentripel der mindestens einen Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen beinhaltet. Das Eingangssignal kann weiterhin mindestens eine Information über eine Drehrichtung der an das Elektrodentripel anzulegenden
35 Wechselspannung umfassen. Das Funktionsprinzip der aktiven Steuereinheit kann dabei dem Prinzip der Ansteuerung eines Displays mittels eines Grafikprozessors entsprechen.

Der Mikroprozessor der aktiven Steuereinheit kann weiterhin dazu eingerichtet sein, das mindestens eine Eingangssignal auf mindestens einem Speicherelement zu speichern. Das Speicherelement kann dabei zumindest das Aktivsignal wie auch die Information über die Drehrichtung der Wechselspannung speichern. Die Steuereinheit kann insbesondere mindestens ein Speicherelement pro Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen, welche von dem System umfasst sein können, aufweisen. Eine Vielzahl an Speicherelementen kann bevorzugt als Schieberegister ausgestaltet sein. Jedoch sind auch andere Ausgestaltungen möglich. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung können mindestens zwei Register Ebenen realisiert werden. So kann zumindest eine erste Register Ebene eine aktive Register Ebene bilden, während eine zweite Register Ebene eine Zwischenspeicherebene bilden kann. Besonders vorteilhaft können auch weitere Register Ebenen als weitere Zwischenspeicherebenen ausgestaltet sein. Der Mikroprozessor kann weiterhin eingerichtet sein, ein auf dem Speicherelement gespeichertes Eingangssignal zu lesen.

15

Die aktive Steuereinheit kann weiterhin mindestens einen Schalter pro Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen umfassen. Insbesondere kann der Schalter einen elektronischen Schalter oder einen Analogschalter umfassen. Der Schalter kann dazu eingerichtet sein, entsprechend dem mindestens einen Eingangssignal die steuerbaren Mittel mit der elektrischen Spannung zu beaufschlagen. Die aktive Steuereinheit kann über eine elektrische Verbindung der elektrischen Spannung, insbesondere der Wechselspannung, beaufschlagt werden. Je nach Eingangssignal, welches auf dem mindestens einen Speicherelement gespeichert ist, kann der Mikroprozessor dazu eingerichtet sein, die elektrische Spannung, insbesondere die Wechselspannung, über den Schalter an die mindestens eine Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen weiterzugeben.

20
25

Die vorgeschlagene Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen und das vorgeschlagene System weisen im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen zahlreiche Vorteile auf.

30

Wie oben bereits erläutert, liefern bekannte Vorrichtungen im Allgemeinen nur kleine Strömungsgeschwindigkeiten, da nur relative schwache elektrische Felder außerhalb der elektrischen Doppelschicht erzeugt werden können. Die Abmessungen der Elektroden sind in bekannten Vorrichtungen grundsätzlich von der gleichen Größenordnung wie die Zuleitungen.

35

Die vorgeschlagene Anordnung und das vorgeschlagene System hingegen können insbesondere mit gleichförmigen Abmessungen der zu fertigenden Strukturen auf einem Mikrochip auskommen. Hierbei werden nur wenige Zuleitungen benötigt, um eine Vielzahl von Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen zu steuern.

5

Durch einen bevorzugten Betrieb der Anordnung mit dreiphasiger Wechselspannung benötigt die Anordnung im Gegensatz zu bekannten Vorrichtungen mit mehr Phasen einen geringeren Bauraum. Die Elektroden jeweils eines Elektrodentripels können dabei bevorzugt derart eng zusammenliegen, dass der Abstand der Elektroden innerhalb eines Elektrodentripels im Bereich einer Größenordnung einer Schichtdicke der elektrischen Doppelschicht in der Flüssigkeit entspricht. Ein solcher Abstand in Kombination mit einer ebenen und/oder glatten Oberfläche der isolierenden Schicht auf dem Substrat, kann die Erzeugung von homogenen Flüssigkeitsströmen, beispielsweise von Flüssigkeitsströmen ohne Strömungswirbel, ermöglichen. So können also mittels der vorgeschlagenen Anordnung und/oder mittels des vorgeschlagenen Systems gleichförmige Flüssigkeitsströme erzeugt werden.

Ein von der Anordnung umfasstes Elektrodentripel kann bevorzugt drei Elektroden pro räumlicher Periode des Drehstroms umfassen. Ein solch dreiphasiger Aufbau einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen kann grundsätzlich die kleinstmögliche Bauweise einer solchen Vorrichtung ermöglichen. Zur Fertigung einer vorgeschlagenen Anordnung und eines vorgeschlagenen Systems, die oben beschriebene Abmessungen aufweisen, kann auf Technologien zurückgegriffen werden, die bereits im Bereich der Mikroelektronik-Chips verwendet werden.

25

Weiterhin kann durch den Übergang von zweiphasiger Wechselspannung auf dreiphasige Wechselspannung die Antriebsleistung der hier vorgeschlagenen Anordnung wesentlich erhöht werden. Die Verwendung einer dreiphasigen Wechselspannung in der Anordnung weist einen höheren Wirkungsgrad im Vergleich zu bekannten Vorrichtungen auf.

30

Außerdem kann die Flüssigkeit auch als Transportfluid für den Transport diffuser Proben verwendet werden. Die oben erwähnte Diffusionsgrenzschicht kann sich im Allgemeinen im Zeitverlauf vergrößern. Wird die Diffusionsgrenzschicht in ihrer Dicke vergleichbar mit der räumlichen Ausdehnung der diffusen Probe, so kann eine Vermischung mit der Trägerflüssigkeit stattfinden, insbesondere solange bis die Probe komplett in die Trägerflüssigkeit hineindiffundiert ist und sich nicht mehr nachweisen lässt. Der Diffusionsvorgang kann also eine Zeitdauer begrenzen, in welcher die diffuse Probe gehandhabt werden kann. Die

35

vorgeschlagene Anordnung und das vorgeschlagene System können hohe Strömungsgeschwindigkeiten und kurze Ansprechzeiten für die Handhabung diffuser Proben bereitstellen. Insofern können die vorgeschlagene Anordnung und das vorgeschlagene System sich zur Verarbeitung und Handhabung diffuser Proben eignen. Daher können mit der vorgeschlagenen Anordnung und/oder mit dem vorgeschlagenen System auch diffuse Proben transportiert, miteinander in Verbindung gebracht, vermischt oder Trennungsvorgänge durchgeführt werden. Das System kann weiterhin eine frei programmierbare Oberfläche aufweisen, so dass das System in kurzer Zeit für verschiedenste Anwendungen benutzt werden kann.

10

Insbesondere im Unterschied zur WO 2007/090531 A1 zeichnet sich die vorliegende Anordnung und das vorliegende System durch die Verwendung von Elektrodentripel aus. Besonders bevorzugt werden diese Elektrodentripel mit einer dreiphasigen Wechselspannung beaufschlagt. Dies kann insbesondere die in der Vorrichtung der WO 2007/090531 A1 auftretende Problematik der elektrischen Abschirmung des elektrischen Felds in der Flüssigkeit durch die elektrische Doppelschicht beheben.

15

Insbesondere weist die vorgeschlagene Anordnung und das vorgeschlagene System folgende besondere Vorteile auf: Die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit kann durch eine Verkleinerung des Elektrodenabstands wesentlich erhöht werden. Dabei kann jedoch der im Hinblick auf den für die individuelle Ansteuerbarkeit jeder einzelnen Anordnung des Systems notwendigen Platz erhalten werden.

20

Weiterhin kann das vorgeschlagene System einen matrixförmigen Verbund der einzelnen Anordnungen zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen umfassen. Im Unterschied dazu wird in der WO 2007/090531 A1 eine Schachbrett-förmige Anordnung der kleinsten Elementareinheiten vorgeschlagen. Der matrixförmige Verbund kann jedoch die Flexibilität bezüglich einer besonderen Ausgestaltung des Systems erhöhen, da in einem matrixförmigen Verbund verschiedene Grundstrukturen für die Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen verbindbar sind.

25

30

Auch im Unterschied zur US 7,708,873 B2 zeichnet sich die vorliegende Anordnung und das vorliegende System durch die Verwendung von Elektrodentripel und deren bevorzugte Beaufschlagung mit einer dreiphasigen Wechselspannung aus. Weiterhin wird in der US 7,708,873 B2 eine stufenförmige Bauweise der Elektroden vorgeschlagen. Eine ebene und/oder glatte Oberfläche, wie sie in der vorgeschlagenen Anordnung durch die isolieren-

35

de Schicht erreicht werden kann, ermöglicht homogene Flüssigkeitsströme, insbesondere ohne in der Flüssigkeit auftretende Strömungswirbel.

Die in J.H. Noh et al., s.o., vorgestellte Vorrichtung unterscheidet sich insbesondere durch die Verwendung eines Verfahrens zur Elektrobenetzung im Gegensatz zur hierin verwendeten Wechselstrom-Elektrosmose. Durch die Verwendung von vernetzten Elektroden in der vorliegenden Anordnung wird erst eine Bauweise mit geringen Abmessungen möglich, da einzelne TF-Transistoren deutlich mehr Schichten benötigen. Weiterhin ermöglicht Wechselstrom-Elektrosmose einen kontinuierlichen und schnelleren Flüssigkeitstransport.

10

Insbesondere im Unterschied zu den in N. Loucaides et al., s.o., und in A. Farzanehnia und A. Taheri, s.o., beschriebenen Vorrichtungen, unterscheidet sich die vorliegende Erfindung durch einen wesentlich geringeren Elektrodenabstand. In diesen Veröffentlichungen wird die elektrische Doppelschicht als vergleichbar dünn angenommen, so dass die Abmessungen der Elektroden und der Elektrodenabstände deutlich größer als die elektrische Doppelschicht sind. Durch die Wahl der Elektrodenabstände in der Größenordnung der elektrischen Doppelschicht können insbesondere höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Insbesondere in der Veröffentlichung von A. Farzanehnia und A. Taheri, s.o., wird nachteilig auf die Komplexität und Kosteneffizienz von Anordnungen kleinerer Abstände hingewiesen. So kann mit der Anordnung gemäß der vorliegenden Erfindung die Notwendigkeit der kleineren Geometrie belegt werden. Darüber hinaus weisen auch die in

15

20

DE 10 2018 210 693 A1 zeigt insbesondere eine Vorrichtung mit einer Matrixanordnung, umfassend jeweils 4 Elektroden mit Phasenverschiebung. Die Vorrichtung kann beispielsweise als Weiche mit einem Eingang und zwei Ausgängen funktionieren. Diese Vorrichtung ermöglicht es daher im Unterschied zur vorliegenden Erfindung nicht, frei programmierbare Strömungen auf eine Oberfläche zu ermöglichen. Anordnungen gemäß der vorliegenden Erfindung können insbesondere als Matrixbaustein zu einem komplexen Chipaufbau zusammengeschaltet werden. Die Anordnung kann derart ausgestaltet sein, um direkt an gleichartige Anordnungen anzuknüpfen. Im Unterschied dazu zeigt die Vorrichtung in DE 10 2018 210 693 A1 ein alleinstehendes Modul, an welches Kanäle angeschlossen werden sollen. Somit können dort komplexere Anordnungen nur durch Verbindungen vieler Module über Kanalnetzwerke ermöglicht werden.

30

35

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren der nachfolgend noch näher beschriebenen Ausgestaltungen. Das Verfahren umfasst die nachfolgend beschriebenen Schritte, welche insbesondere in der beschriebenen Reihenfolge durchgeführt werden können. Jedoch ist auch eine andere Reihenfolge möglich, oder eine zeitliche Überlappung der Durchführung der Verfahrensschritte oder eine zumindest teilweise gleichzeitige Durchführung der Verfahrensschritte. Das Verfahren kann weitere Verfahrensschritte umfassen, welche nicht genannt sind.

Das Verfahren zur Herstellung einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen umfasst hierbei die folgenden Schritte:

- i) Bereitstellen eines Substrats;
- ii) Aufbringen von steuerbaren Mitteln zur Beschaltung der Vielzahl der Elektroden, die
- iii) in Elektrodentripeln auf eine Oberfläche des Substrats angebracht werden.

Weiterhin kann das Verfahren zur Herstellung einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen vorzugsweise den folgenden Schritt umfassen, der insbesondere nach Schritt iii) ausgeführt wird:

- iv) Behandeln der Oberfläche des Substrats derart, dass eine ebene Oberfläche und/oder glatte Oberfläche für die Flüssigkeitsströme entsteht.

Für mögliche Methoden zur Herstellung der Anordnung, insbesondere für die Durchführung einer oder mehrerer der Schritte ii) bis iv), können auf bekannte Fertigungsprozesse aus der Halbleiterindustrie zurückgegriffen werden. Vorzugsweise kann hierfür mindestens ein Fertigungsprozess, ausgewählt aus Fotolithografie, Trockenätzen, Nassätzen, Plasmaätzen, chemische Gasphasenabscheidung, Waferbonden, Stacking und IC Packaging, verwendet werden. Für weitere Einzelheiten zur Herstellung kann bevorzugt auf die Darstellung in US 7,708,873 B2 zurückgegriffen werden.

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Systems zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren der nachfolgend noch näher beschriebenen Ausgestaltungen. Das Verfahren umfasst die nachfolgend beschriebenen Schritte, welche insbesondere in der beschriebenen Reihenfolge durchgeführt werden können. Jedoch ist auch eine andere Reihenfolge möglich, oder eine zeitliche Überlappung der Durchführung der

Verfahrensschritte oder eine zumindest teilweise gleichzeitige Durchführung der Verfahrensschritte. Das Verfahren kann weitere Verfahrensschritte umfassen, welche nicht genannt sind.

- 5 Das Verfahren zur Herstellung eines Systems zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen umfasst hierbei die folgenden Schritte:
- (I) Herstellen einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen gemäß dem Verfahren zu Herstellung der Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen; und
 - (II) Bereitstellen einer Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen.

10

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren der nachfolgend noch näher beschriebenen Ausgestaltungen oder zum Betrieb eines Systems gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren der nachfolgend noch näher beschriebenen Ausgestaltungen.

15

Das Verfahren umfasst es, mindestens ein Elektrodentripel, bevorzugt mindestens zwei Elektrodentripel, durch die steuerbaren Mittel derart mit einer elektrischen Spannung zu beaufschlagen, dass die Flüssigkeit strömt. Dabei kann die elektrische Spannung insbesondere in Form eines Drehstroms aufgebracht werden, wobei der Drehstrom eine Frequenz von 1 kHz bis 1000 kHz, bevorzugt von 5 kHz bis 100 kHz, besonders bevorzugt von 10 kHz, und eine Amplitude von 0,005 V bis 10 V beträgt, bevorzugt von 0,01 V bis 0,1 V, besonders bevorzugt von 0,025 V, aufweist.

25

Für weitere Einzelheiten in Bezug auf die vorliegenden Verfahren wird auf die Beschreibung der erfindungsgemäßen Anordnung und des Systems verwiesen.

30

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren zum Betrieb einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen oder eines Systems gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren der nachfolgend noch näher beschriebenen Ausgestaltungen auszuführen.

Das Computerprogramm kann hierbei insbesondere mindestens einen Compiler umfassen, wobei der mindestens eine Compiler dazu eingerichtet ist, Befehle des Computerpro-

35

gramms in die Maschinensprache zur Ansteuerung mindestens einer Komponente des Systems zu übersetzen.

Die vorliegende Anordnung und das vorliegende System eignen sich insbesondere zur Anwendung und zur Bereitstellung eines Labors im Mikromaßstab. Insbesondere können die vorliegende Anordnung und das vorliegende System als Plattformtechnologie zur Manipulation und Charakterisierung von zu untersuchenden Proben, beispielsweise von Proteinen und/oder Medikamenten, genutzt werden. Hierbei kommen insbesondere sämtliche Proben und/oder Substanzen infrage, die üblicherweise in der Chemie und/oder in der Biochemie gehandhabt werden, und welche in und/oder mit Transportflüssigkeiten transportiert und gehandhabt werden können. Beispielsweise können mit der vorliegenden Anordnung und mit dem vorliegenden System chromatografische Verfahren zur Charakterisierung von Proteinen, insbesondere von Wirkstoffen von Medikamenten, umgesetzt werden. Weiterhin können aber auch biologische Proben, wie beispielsweise Zellen, transportiert werden, insbesondere ohne Beschädigung, da die vorliegende Anordnung und das vorliegende System keine Kanten oder Ähnliches aufweist, die solche Proben üblicherweise beschädigen können.

Neben der Analyse können aber auch synthetische Verfahren umgesetzt werden. Beispielsweise können in einer weiteren Anwendung der vorliegenden Anordnung und des vorliegenden Systems Synthesereaktionen umgesetzt werden, bei denen Edukte A und B über Zwischenprodukte zu C und weiter nach D reagieren. Wird ein Reaktant E hinzugegeben kann gegebenenfalls die Reaktion nach D unterbrochen werden, sodass das Zwischenprodukt C gewonnen werden kann. Wenn das Zwischenprodukt C nur eine kurze Lebensdauer hat, eignet sich die vorliegende Anordnung und das vorliegende System besonders, da ein Labor mit den geringen Abmessungen und kurzen Ansprechzeiten umgesetzt werden kann, in dem der Stoff C ohne das unerwünschte Produkt D oder nur mit geringer Bildung des unerwünschten Produkts D synthetisiert werden kann. Somit können insbesondere Reaktionen mit konkurrierenden Strömungspfaden wirtschaftlich durchgeführt werden, da hier die Zeitskalen von Reaktionen, Transport und Mischung aufeinander abgestimmt werden können.

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Computerprogramm, das bei Ablauf auf einem Computer oder Computer-Netzwerk das Verfahren zum Betrieb der Anordnung oder des Systems in einer seiner Ausgestaltungen ausführt.

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um das Verfahren zum Betrieb der Anordnung oder des Systems in einer seiner Ausgestaltungen durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer oder Computer-Netzwerk ausgeführt wird. Insbesondere können die Programmcode-Mittel auf einem computerlesbaren Datenträger und/oder einem computerlesbaren Speichermedium gespeichert sein.

Der Begriffe „computerlesbarer Datenträger“ und „computerlesbares Speichermedium“, wie sie hier verwendet werden, können sich insbesondere auf nicht-transitorische Datenspeicher beziehen, beispielsweise ein Hardware-Datenspeichermedium, auf welchem computer-ausführbare Instruktionen gespeichert sind. Der computerlesbare Datenträger oder das computerlesbare Speichermedium können insbesondere ein Speichermedium wie ein Random-Access Memory (RAM) und/oder ein Read-Only Memory (ROM) sein oder umfassen.

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung einen Datenträger, auf dem eine Datenstruktur gespeichert ist, die nach einem Laden in einen Arbeits- und/oder Hauptspeicher eines Computers oder Computer-Netzwerkes das Verfahren zum Betrieb der Anordnung oder des Systems in einer seiner Ausgestaltungen ausführen kann.

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Computerprogramm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode-Mitteln, um das Verfahren zum Betrieb der Anordnung oder des Systems in einer seiner Ausgestaltungen durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer oder Computer-Netzwerk ausgeführt wird.

Dabei wird unter einem Computer-Programmprodukt das Programm als handelbares Produkt verstanden. Es kann grundsätzlich in beliebiger Form vorliegen, so zum Beispiel auf Papier oder einem computerlesbaren Datenträger und kann insbesondere über ein Datenübertragungsnetz verteilt werden.

In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein modulierte Datensignal, welches von einem Computersystem oder Computernetzwerk ausführbare Instruktionen zum Ausführen eines Verfahrens zum Betrieb der Anordnung oder des Systems nach einer der beschriebenen Ausführungsformen enthält.

Im Hinblick auf die computer-implementierten Aspekte der vorliegenden Erfindung können einer, mehrere oder sogar alle Verfahrensschritte des Verfahrens zum Betrieb der Anordnung oder des Systems gemäß einer oder mehreren der hier vorgeschlagenen Ausgestaltungen mittels eines Computers oder Computer-Netzwerks durchgeführt werden. Somit
5 können, allgemein, jegliche der Verfahrensschritte des Verfahrens zum Betrieb der Anordnung oder des Systems, einschließlich der Bereitstellung und/oder Manipulation von Daten mittels eines Computers oder Computer-Netzwerks durchgeführt werden. Allgemein können diese Schritte jegliche dieser Verfahrensschritte umfassen, ausgenommen der Schritte, welche manuelle Arbeit erfordern, beispielsweise das Bereitstellen von Proben und/oder
10 bestimmte Aspekte der Durchführung tatsächlicher Messungen und/oder Synthesen.

Hierin werden die Begriffe „haben“, „aufweisen“, „umfassen“ oder „einschließen“ oder beliebige grammatikalische Abweichungen davon in nicht-ausschließlicher Weise verwendet. Dementsprechend können sich diese Begriffe sowohl auf Situationen beziehen, in welchen, neben den durch diese Begriffe eingeführten Merkmalen, keine weiteren Merkmale
15 vorhanden sind, oder auf Situationen, in welchen ein oder mehrere weitere Merkmale vorhanden sind. Beispielsweise kann sich der Ausdruck „A hat B“, „A weist B auf“, „A umfasst B“ oder „A schließt B ein“ sowohl auf die Situation beziehen, in welcher, abgesehen von B, kein weiteres Element in A vorhanden ist (d.h. auf eine Situation, in welcher A ausschließlich aus B besteht), als auch auf die Situation, in welcher, zusätzlich zu B, ein oder
20 mehrere weitere Elemente in A vorhanden sind, beispielsweise Element C, Elemente C und D oder sogar weitere Elemente.

Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die Begriffe „mindestens ein“ und „ein oder mehrere“ sowie grammatikalische Abwandlungen dieser Begriffe, wenn diese in Zusammenhang mit einem oder mehreren Elementen oder Merkmalen verwendet werden und ausdrücken sollen, dass das Element oder Merkmal einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann, in der Regel lediglich einmalig verwendet werden, beispielsweise bei der erstmaligen Einführung des Merkmals oder Elementes. Bei einer nachfolgenden erneuten Erwähnung des
25 Merkmals oder Elementes wird der entsprechende Begriff „mindestens ein“ oder „ein oder mehrere“ in der Regel nicht mehr verwendet, ohne Einschränkung der Möglichkeit, dass das Merkmal oder Element einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann.

Weiterhin werden die Begriffe „vorzugsweise“, „insbesondere“, „beispielsweise“ oder ähnliche Begriffe in Verbindung mit optionalen Merkmalen verwendet, ohne dass alternative Ausführungsformen hierdurch beschränkt werden. So sind Merkmale, welche durch diese Begriffe eingeleitet werden, optionale Merkmale, und es ist nicht beabsichtigt, durch
35

diese Merkmale den Schutzzumfang der Ansprüche und insbesondere der unabhängigen Ansprüche einzuschränken. So kann die Erfindung, wie der Fachmann erkennen wird, auch unter Verwendung anderer Ausgestaltungen durchgeführt werden. In ähnlicher Weise werden Merkmale, welche durch „in einer Ausführungsform der Erfindung“ oder durch „in
 5 einem Ausführungsbeispiel der Erfindung“ eingeleitet werden, als optionale Merkmale verstanden, ohne dass hierdurch alternative Ausgestaltungen oder der Schutzzumfang der unabhängigen Ansprüche eingeschränkt werden soll. Weiterhin sollen durch diese einleitenden Ausdrücke sämtliche Möglichkeiten, die hierdurch eingeleiteten Merkmale mit anderen Merkmalen zu kombinieren, seien es optionale oder nicht-optionale Merkmale, un-
 10 angetastet bleiben.

Kurze Beschreibung der Figuren

Weitere Einzelheiten und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, insbesondere in Verbindung mit den Unteransprüchen. Hierbei
 15 können die jeweiligen Merkmale für sich alleine oder zu mehreren in Kombination miteinander verwirklicht sein. Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt. Die Ausführungsbeispiele sind in den Figuren schematisch dargestellt. Gleiche Bezugsziffern in den einzelnen Figuren bezeichnen dabei gleiche oder funktionsgleiche bzw. hinsichtlich ihrer Funktionen einander entsprechende Elemente.
 20

Im Einzelnen zeigen:

25	Figur 1	ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Systems in einer schematischen Seitenansicht;
	Figur 2	ein Ausführungsbeispiel eines Elektrodentripels in Draufsicht;
	Figuren 3A und 3B	ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen in Draufsicht;
30	Figuren 4A bis 4C	ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen in Draufsicht;
	Figur 5	ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen in Draufsicht;
	Figur 6A bis 6D	Ausführungsbeispiele eines elektrischen Verbindungselements zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen System;
35	Figuren 7A bis 7C	Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Systems in Draufsicht;

- Figur 8 ein Ausführungsbeispiel einer Steuereinheit zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen System;
- Figur 9 ein Ausführungsbeispiel einer gekoppelten Ansteuerung der Steuereinheit in dem erfindungsgemäßen System;
- 5 Figur 10 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Systems in Draufsicht;
- Figuren 11A und 11B beispielhafte Verwendungen eines erfindungsgemäßen Systems zum Transport diffuser Proben; und
- Figur 12 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur
10 Herstellung einer Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

- 15 Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Systems 110 in einer schematischen Seitenansicht. Das System umfasst mindestens eine Anordnung 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114 gemäß der vorliegenden Erfindung, beispielsweise gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen und/oder gemäß einer oder mehreren der in den folgenden Figuren näher beschriebenen Ausgestaltungen. Weiterhin umfasst das System 110 mindestens eine Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen 116.
20

Die Anordnung 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114 aus zumindest teilweise elektrisch geladenen Teilchen 118, die sich in einer Flüssigkeit 120 befinden, umfasst ein
25 Substrat 122 mit steuerbaren Mitteln 124 zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen für eine Vielzahl von sich auf einer Oberfläche 126 des Substrats 122 befindlichen Elektrodentripeln 128. In Figur 1 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich ein Ausschnitt des Systems 110 und der Anordnung 112 gezeigt, wobei der Ausschnitt ein einzelnes Elektrodentripel 128 umfasst. Insbesondere in den folgenden Figuren 3 bis 5 ist die von der
30 Anordnung 112 umfasste Vielzahl der Elektrodentripel 128 dargestellt.

Ein Elektrodentripel 128 kann insbesondere drei voneinander getrennt ausgestaltete Elektroden 130 umfassen. Dabei können die Elektroden 130 eines Elektrodentripels 128 derart in einem räumlichen Abstand 132 zueinander angeordnet sein, dass der räumliche Abstand
35 132 der Elektroden 130 bevorzugt einen Wert von 0,05 μm bis 10 μm annimmt. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Elektroden 130 innerhalb eines Elektrodentripels 128 äqui-

distant angeordnet. Jedoch sind auch variierende räumliche Abstände 132 zwischen den Elektroden 130 eines Elektrodentripels 128 möglich.

5 Weiterhin können die steuerbaren Mittel 124 dazu eingerichtet sein, die elektrische Spannung derart an die Vielzahl der Elektrodentripel 128 bereitzustellen, dass die elektrische Spannung an jeder von dem Elektrodentripel 128 umfassten Elektroden 130 um eine Phasendifferenz zueinander verschoben ist. Die Phasenverschiebung zwischen den von dem Elektrodentripel 128 umfassten Elektroden 130 kann insbesondere von dem räumlichen Abstand 132 abhängen. Die Phasenverschiebung zwischen den Elektroden 130 wird in der
10 nachfolgenden Beschreibung, insbesondere in den Figuren 2 bis 5, näher erläutert.

Wie in Figur 1 dargestellt, können die Elektrodentripel 128 sich nicht nur auf der Oberfläche 126 des Substrats 122 befinden, sondern zusätzlich auch zumindest teilweise von der Oberfläche 126 des Substrats 122 aufgenommen sein. Die auf der Oberfläche 126 des Substrats 122 angebrachte Vielzahl an Elektrodentripel 128 kann insbesondere durch eine isolierende Schicht 134 von einem Strömungsbereich 136 der Flüssigkeit 120 getrennt sein. Die isolierende Schicht 134 kann dabei besonders bevorzugt eine ebene Oberfläche 138 und/oder eine glatte Oberfläche 140 für die Flüssigkeitsströme 114 bilden.

20 Die Vielzahl der Elektrodentripel 128 ist derart angeordnet, dass die Elektrodentripel 128 bei Anlegen einer elektrischen Spannung zumindest zwei voneinander unabhängige bewegliche elektrische Feldkomponenten 142 erzeugen, die jeweils eine Kraft 144 auf die elektrisch geladenen Teilchen 118 bewirken, wodurch die Flüssigkeit 120 in zumindest zwei voneinander verschiedenen Richtungen 146 auf dem Substrat 122 bewegbar ist. In
25 Figur 1 ist aufgrund der seitlichen Ansicht des Systems 110 und der Anordnung 112 lediglich eine elektrische Feldkomponente 142 und eine Richtung 146 sichtbar. Die mindestens eine weitere elektrische Feldkomponente 142 und die mindestens eine weitere Richtung 146 würde beispielsweise in die Bildebene hinein oder aus der Bildebene heraus zeigen.

30 Die elektrische Spannung an den Elektroden 130 eines Elektrodentripels 128 kann insbesondere durch die Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen 116 bereitgestellt werden. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann die Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen 116 eine Drehstromquelle 148 und/oder einen Drehstromgenerator 150 umfassen. Die Vielzahl der Elektrodentripel 128 kann insbesondere mit einer Wechselspannung, besonders bevorzugt mit einem Drehstrom, beaufschlagt werden.
35

An der ebenen Oberfläche 138 und/oder an der glatten Oberfläche 140 der isolierenden Schicht 134 kann sich durch Kontakt mit der Flüssigkeit 120 ein Gebiet 152 ausbilden, in dem ein Ladungsungleichgewicht zwischen positiv elektrisch geladenen Teilchen 118 und negativ elektrisch geladenen Teilchen 118 herrscht. In diesem Gebiet 152 kann insbesondere eine elektrische Doppelschicht in der Flüssigkeit 120 ausgebildet sein, insbesondere da auf der ebenen Oberfläche 138 und/oder auf der glatten Oberfläche 140 üblicherweise Oberflächenladungen (nicht dargestellt) vorhanden sind. In diesem Gebiet 152 kann durch die auf die elektrisch geladenen Teilchen 118 wirkende Kraft 144 eine Volumenkraft auf die Flüssigkeit 120 übertragen werden, wodurch die Flüssigkeit 120 bewegbar ist. In einem weiteren Gebiet 154 kann in ausreichender Entfernung zu der ebenen Oberfläche 138 und/oder an der glatten Oberfläche 140 der isolierenden Schicht 134 ein Gleichgewicht zwischen den elektrisch geladenen Teilchen 118 vorliegen. Auch in diesem Gebiet 154 können Flüssigkeitsströme 114 durch viskose Wechselwirkung zwischen der Flüssigkeit 120 im Gebiet 152 und der Flüssigkeit 120 im neutralen Gebiet 154 induziert werden.

15

Ein Verfahren zum Betrieb der Anordnung 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114 oder zum Betrieb des Systems 110 umfasst also das Beaufschlagen des mindestens einen Elektrodentripels 128, bevorzugt mindestens zweier Elektrodentripel 128, durch die steuerbaren Mittel 124 mit einer elektrischen Spannung derart, dass die Flüssigkeit 120 strömt. Die elektrische Spannung kann dabei besonders bevorzugt in Form eines Drehstroms aufgebracht werden, wobei der Drehstrom eine Frequenz von 1 kHz bis 1000 kHz, besonders bevorzugt von 10 kHz, und eine Amplitude von 0,01 V bis 10 V, besonders bevorzugt von 0,025 V, aufweist.

25

Das System 110 kann insbesondere weitere, optionale Komponenten umfassen. Weitere Ausführungsbeispiele des Systems 110 finden sich in den folgenden Figuren, insbesondere in den Figuren 7A bis 7C und in Figur 10.

30

In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel des Elektrodentripels 128 in einer Draufsicht gezeigt. In diesem Ausführungsbeispiel weisen die Elektroden 130 des Elektrodentripels 128 eine gleichartige geometrische Form auf. Wie in Figur 1 zu sehen, weisen die Elektroden 130 eine längliche, rechteckige Form auf. Es ist jedoch auch möglich, dass die Elektroden 130 andere Formen und/oder ungleichartige Formen aufweisen. Die Elektroden 130 können insbesondere mit ihrer länglichen Form in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet sein. Werden diese Elektroden 130 mit der elektrischen Spannung beaufschlagt, so kann das Elektrodentripel 128 einen Flüssigkeitsstrom 114 in West-Ost-Richtung bzw. in Ost-West-Richtung je nach Drehrichtung der elektrischen Spannung erzeugen. Dabei werden die

35

Elektroden 130 des Elektrodentripels 128, wie oben bereits erwähnt, derart von den steuerbaren Mitteln 124 mit der elektrischen Spannung beaufschlagt, dass die Elektroden 130 des Elektrodentripels 128 eine Phasendifferenz zueinander aufweisen. In diesem Ausführungsbeispiel weist die elektronische Spannung an den Elektroden 130 des Elektrodentripels 128 eine Phasendifferenz von 120° zueinander auf. In diesem Ausführungsbeispiel weist also eine erste Elektrode 156 eine Phase φ , eine zweite Elektrode 158 eine Phase $\varphi+120^\circ$ und eine dritte Elektrode 160 eine Phase $\varphi+240^\circ$ auf, wobei die Phase φ jeden beliebigen Wert von 0° bis $360^\circ n$, wobei $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, annehmen kann. Andere Phasendifferenzen zwischen den Elektroden 130 des Elektrodentripels 128 sind jedoch ebenfalls möglich.

10

Die Figuren 3A bis 5 zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Anordnung 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114 in einer Draufsicht. Dabei ist zunächst in den Figuren 3A und 3B beispielhaft eine quadratische Form der Anordnung 112 gewählt. Wie in Figur 3A dargestellt, umfasst die Anordnung 112 die Vielzahl der Elektrodentripeln 128, welche auf der Oberfläche 126 des Substrats 122 angeordnet sind. Die von der Anordnung 112 umfassten Elektrodentripeln 128 können dabei insbesondere wie in Figur 2 dargestellt ausgestaltet sein. In diesem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst die Anordnung 112 sechs Elektrodentripel 128 mit jeweils drei Elektroden 130, d.h. insgesamt 18 Elektroden.

20

Ein Teil der von der Anordnung 112 umfassten Elektrodentripel 128 kann dabei unverändert in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet sein, wobei diese Elektrodentripel 128 Flüssigkeitsströme 114 in West-Ost-Richtung bzw. in Ost-West-Richtung erzeugen können. Ein anderer Teil der von der Anordnung 112 umfassten Elektrodentripel 128 kann im Vergleich zu ersteren Elektrodentripeln 128 um einen Winkel gedreht sein. In diesem Ausführungsbeispiel ist der andere Teil der von der Anordnung 112 umfassten Elektrodentripel 128 um 90° gedreht. Andere Winkel und Geometrien in der Anordnung sind jedoch ebenfalls möglich, wie insbesondere in Figur 5 dargestellt. Der andere Teil der von der Anordnung umfassten Elektrodentripel 128 kann also in West-Ost-Richtung ausgerichtet sein, wobei diese Elektrodentripel 128 Flüssigkeitsströme 114 in Nord-Süd-Richtung bzw. in Süd-Nord-Richtung erzeugen können.

30

Eine mögliche Beschaltung der in Figur 3A gezeigten Anordnung 112 ist in Figur 3B gezeigt. Hier sind die von der Anordnung 112 umfassten steuerbaren Mittel 124 in einer Draufsicht gezeigt. Die steuerbaren Mittel 124 können auf der Oberfläche 126 des Substrats 122 aufgebracht und/oder von einem Volumen des Substrats 122 aufgenommen sein. Insbesondere können die steuerbaren Mittel 124 jedoch in einer Ebene unter der Vielzahl

35

an Elektrodentripeln 128 in dem Substrat 122 oder unterhalb des Substrats 122 angeordnet sein.

5 Wie in Figur 3B dargestellt, können die steuerbaren Mittel 124 eine Vielzahl an Leiterbahnen 162 und eine Vielzahl an elektrischen Anschlüssen für die Elektroden 164 aufweisen. Die elektrischen Leiterbahnen 162 können über die elektrischen Anschlüsse für die Elektroden 164 eine elektrisch leitende Verbindung zu den von der Vielzahl an Elektrodentripeln 128 umfassten Elektroden 128 herstellen. Die steuerbaren Mittel 124 können insbesondere eine der Vielzahl an Elektroden 130 entsprechenden Anzahl an elektrischen Leiterbahnen 162 und an elektrischen Anschlüssen für die Elektroden 164 umfassen. In diesem Ausführungsbeispiel umfassen die steuerbaren Mittel 124 folglich je 18 Leiterbahnen 162 und elektrische Anschlüsse für die 18 Elektroden 130. Die steuerbaren Mittel können weiterhin elektrische Anschlüsse für Antriebselemente 166 aufweisen. Die elektrischen Anschlüsse für Antriebselemente 166 können insbesondere auf einer Berandung 168 der steuerbaren Mittel 124 angeordnet sein. Die Abmessungen der steuerbaren Mittel 124 und der Elektroden 130 können insbesondere miteinander übereinstimmen. Dies kann insbesondere eine Fertigung der Anordnung 112 mit gleicher Fertigungstechnologie sowohl auf der Ebene der steuerbaren Mittel 124 wie auch auf der Ebene der Elektroden 130 begünstigen.

20

Eine alternative Beschaltung der in Figur 3A gezeigten Anordnung 112 ist in den Figuren 4A bis 4C gezeigt. Dabei ist in Figur 4A eine erste Ebene der Anordnung 112, in Figur 4B eine zweite Ebene der Anordnung 112 und in Figur 4C eine dritte Ebene der Anordnung 112 in jeweils einer Draufsicht gezeigt. In Figur 4A ist die erste Ebene der Anordnung 112 mit der darin angeordneten Vielzahl an Elektrodentripeln 128 gezeigt. Figur 4B zeigt eine zweite, mittlere Ebene der Anordnung 112 mit den darin angeordneten elektrischen Anschlüssen für die Elektroden 164 der steuerbaren Mittel 124. In Figur 4C ist eine dritte, unterste Ebene der Anordnung 112 mit den darin angeordneten Leiterbahnen 162 der steuerbaren Mittel 124 dargestellt. Wie in Figur 4C dargestellt, können die steuerbaren Mittel 124 auch lediglich eine der Vielzahl an Elektrodentripel 128 entsprechenden Anzahl an Leiterbahnen 162 umfassen. In diesem Ausführungsbeispiel umfassen die steuerbaren Mittel also nur sechs Leiterbahnen 162 im Unterscheid zu den 18 Leiterbahnen 162 in Figur 3B. Mit den elektrischen Anschlüssen 164 kann die Vielzahl der Elektrodentripel 128 elektrisch kontaktiert werden. Weiterhin können die steuerbaren Mittel 124 zusätzliche elektrische Anschlüsse 170 aufweisen, wobei die zusätzlichen elektrischen Anschlüsse 170 ausgewählte Elektroden 130 untereinander verbinden. Die so verbundenen Elektroden 130 können insbesondere aus verschiedenen, benachbarten Elektrodentripeln 128 ausgewählt

35

sein. Beispielsweise kann eine erste Elektrode 156 eines Elektrodentripels 128 mit einer ersten Elektrode 156 eines anderen, benachbarten Elektrodentripels 128 über die zusätzlichen elektrischen Anschlüsse verbunden sein. Ebenso können die zweiten Elektroden 158 und dritten Elektroden 160 benachbarter Elektrodentripel 128 verbunden sein.

5

Figur 5 zeigt eine alternative Geometrie der Anordnung 112. Hier ist die Vielzahl der Elektrodentripel 128 in einer hexagonalen Form angeordnet. Dabei können die Elektrodentripel 128 jeweils in einem Winkel von 60° zueinander gedreht sein. Auch in diesem Ausführungsbeispiel umfasst die Anordnung 112 sechs Elektrodentripel 128. Bei Anlegen der elektrischen Spannung an die Vielzahl der Elektrodentripel 128 können hier jedoch
10 mindestens drei voneinander unabhängige elektrische Feldkomponenten erzeugt werden: So kann mit diesem Ausführungsbeispiel je eine elektrische Feldkomponente in West-Ost-Richtung, eine elektrische Feldkomponente in Südwest-Nordost-Richtung und eine elektrische Feldkomponente in Südost-Nordwest-Richtung erzeugt werden.

15

In den Figuren 6A bis 6D sind verschiedene Ausführungsbeispiele eines elektrischen Verbindungselements 172 zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen System 110 gezeigt. Dazu ist in den Figuren 6A bis 6D das System 110 auf seiner Leiterebene gezeigt. Das in den Figuren 6A bis 6D gezeigte Ausführungsbeispiel des Systems 110 weist zwölf Anordnungen 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114 auf, die in einem matrixförmigen
20 Verbund 174 in Zeilen 176 und Spalten 178 derart angeordnet sind, dass ein gemeinsamer Strömungsbereich 136 der Flüssigkeit 120 über die Anordnungen 112 hinweg entsteht. Dabei können besonders bevorzugt Anordnungen 112 in einer aus den in Figuren 3A bis 4C gezeigten Ausführungsformen verwendet werden.

25

Das elektrische Verbindungselement 172 kann dazu eingerichtet sein, mindestens zwei Anordnungen 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114 in dem System 110 elektrische miteinander zu verbinden. In dem Ausführungsbeispiel aus Figur 6A kann das elektrische Verbindungselement an einem Ende einer Spalte 178 angeordnet sein, um mindestens
30 zwei Anordnungen 112 über zwei benachbarte Spalten 178 hinweg verbinden. Alternativ oder zusätzlich kann das elektrische Verbindungselement 172 auch am Ende einer Zeile angeordnet sein. In Figur 6B ist ein schematisches Ausführungsbeispiel des elektrischen Verbindungselements 172 gezeigt, wobei hier das elektrische Verbindungselement 172 in Schichten unterhalb der Anordnungen 112 ausgeführt ist. In dieser Ausführungsform kann
35 das elektrische Verbindungselement 172 auch inmitten einer Zeile 176 und/oder einer Spalte 178 angeordnet sein. Ein solches Beispiel ist in Figur 6C gezeigt. In diesem Ausführungsbeispiel ist eine weitere elektrische Leitungsbahn 180 vorgesehen. In Figur 6D ist

schließlich eine vereinfachte Darstellung der Anordnung 112 mit einem darunterliegenden elektrischem Verbindungselement 172 gezeigt. In Figur 6D ist dies durch die Schraffur auf der Anordnung 112 dargestellt.

5 In den Figuren 7A bis 7C sind weitere Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Systems 110 in einer Draufsicht gezeigt. Dabei sind auch in diesen Ausführungsbeispielen die von dem System 110 umfasste Vielzahl an Anordnungen 112 in dem matrixförmigen Verbund 174 angeordnet. Beispielsweise umfasst das in Figur 7A gezeigte System 110 32 Anordnungen 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114. Eine andere Anzahl von Anordnungen 112 ist jedoch möglich. Die Anordnungen 112 können hierbei in Richtung und Geschwindigkeit identische oder verschiedene Flüssigkeitsströme 114 erzeugen. Analog zu Figur 6D sind die in den Figuren 7A bis 7C durch das elektrische Verbindungselement 172 verbundenen Anordnungen 112 schraffiert dargestellt.

15 Das System 110 kann, wie in Figur 7A dargestellt, mindestens eine Steuereinheit 182 aufweisen. Die Steuereinheit 182 kann eingerichtet sein, das Anlegen der elektrischen Spannung an die Vielzahl der Elektrodentripel 128 mittels der steuerbaren Mittel 124 zu steuern. So kann die Steuereinheit 182 zur Steuerung der Richtung und Geschwindigkeit der Flüssigkeitsströme 114 auf den einzelnen Anordnungen 112 eingerichtet sein. Die Steuereinheit 182 kann über einen Datenbus 184 mit einem Eingangssignal beaufschlagt werden. Ein Ausführungsbeispiel der Steuereinheit 182 ist in Figur 8 detailliert beschrieben. Für die Beschreibung der Steuereinheit 182 wird auf die Beschreibung von Figur 8 verwiesen.

Über die elektrischen Anschlüsse für Antriebselemente 166 können die Anordnungen 112 mit der Steuereinheit 182 verbunden sein. Dafür kann die Steuereinheit 182 mindestens eine Verbindungsstelle 186 aufweisen, besonders bevorzugt eine Vielzahl an Verbindungsstellen 186, an denen die Steuereinheit 182 mit den elektrischen Anschlüssen für Antriebselemente 166 der Anordnungen 112 verbunden sein kann. Ebenso kann die Steuereinheit 182 mindestens eine weitere Verbindungsstelle 188 zu dem Datenbus 184 aufweisen.

30 Alternativ kann das System 110 auch, entsprechend der in Figur 7B gezeigten Ausführungsform, zwei Steuerelemente 182 umfassen. In diesem Ausführungsbeispiel können die Steuerelemente 182 getrennt voneinander in dem System 110 angeordnet sein. Dies kann insbesondere die Kontaktierung mit der von dem System 110 umfassten Vielzahl an Anordnungen 112 erleichtern.

35

Zusätzlich kann das System 110, wie in Figur 7C dargestellt, mindestens ein Flüssigkeitsreservoir 190 umfassen. Das Flüssigkeitsreservoir 190 kann eingerichtet sein, die Flüssigkeit 120, in welcher sich zumindest teilweise die elektrisch geladenen Teilchen 118 befinden, zu bevorraten. Das Flüssigkeitsreservoir 190 kann über mindestens einen Verbindungskanal 192 mit der Anordnung 112, bevorzugt mit der von dem System 110 umfassten
5 Vielzahl an Anordnungen 112 verbunden sein. Das Flüssigkeitsreservoir 190 kann also dazu eingerichtet sein, der Anordnung 112, bevorzugt der Vielzahl an Anordnungen 112, die Flüssigkeit 120 über den mindestens einen Verbindungskanal 192 zuzuführen. In diesem Ausführungsbeispiel umfasst das Flüssigkeitsreservoir 190 zwei Verbindungskanäle
10 192, wobei je ein Verbindungskanal 192 für eine Flussrichtung 194 der Flüssigkeit 120 zu der Anordnung 112 hin bzw. von der Anordnung 112 weg vorgesehen ist.

In einer möglichen Ausführungsform kann der Verbindungskanal 192 eine Vielzahl an Elektroden 196 umfassen, die mit Wechselstrom beaufschlagt werden können, wodurch
15 mittels Elektroosmose ein Transport der Flüssigkeit 120 ermöglicht wird. In einer alternativen Ausführungsform kann an dem Flüssigkeitsreservoir 190 eine Spannungsquelle 198 über einen Kontakt 200 angeschlossen werden. Das System 110 kann dagegen über eine Erdung 202 verfügen, sodass eine Potentialdifferenz zwischen dem Flüssigkeitsreservoir 190 und dem System 110 anliegt. Auf den Wänden des Verbindungskanals 192 können
20 elektrische Wandladungen aufgebracht sein, sodass ein Transport der Flüssigkeit 120 aufgrund der Potentialdifferenz zwischen Flüssigkeitsreservoir 190 und System 110 je nach Polarität der Wandladung und/oder Polarität der Potentialdifferenz in beiden Richtungen möglich ist.

25 Figur 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Steuereinheit 182 zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen System 110. Die Steuereinheit 182 kann als passive Steuereinheit oder als aktive Steuereinheit 204 ausgeführt sein. In Figur 8 ist ein Ausführungsbeispiel einer aktiven Steuereinheit 204 gezeigt. Die aktive Steuereinheit 204 kann mindestens einen Mikroprozessor 206 umfassen. Der Mikroprozessor 206 kann über einen Anschlusspunkt
30 208 mindestens ein Eingangssignal von dem Datenbus 184 empfangen.

Die aktive Steuereinheit 204 kann das mindestens eine Eingangssignal in mindestens einem Speicherelement 208, bevorzugt auf einem digitalen Speicher, ablegen. Das Eingangssignal kann insbesondere Informationen darüber enthalten, welche der Elektrodentripeln 128 mit elektrischer Spannung beaufschlagt werden sollen. Die aktive Steuereinheit
35 204 kann weiterhin mit mindestens drei Stromleitern von außen mit der notwendigen Leistung versorgt werden. Eine Weiterleitung der angelegten elektrischen Spannung zu den

elektrischen Leiterbahnen 162, welche zu den Elektrodentripeln 128 führen kann nur erfolgen, wenn das entsprechende Speicherelement 208 in der aktiven Steuereinheit 204 den entsprechenden Zustand aufweist. Eine Drehrichtung der Wechselspannung an den Elektrodentripeln 128 kann über eine gespeicherte Information über die Drehrichtung der Wechselspannung festgelegt sein. Das Aktivsignal und die Information über die Drehrichtung der Wechselspannung, welches in dem Speicherelement 208 abgelegt ist und das Analogsignal der elektrischen Spannung können mittels einem Analogschalter 210 derart verknüpft werden, dass nur die gewünschten Elektrodentripel 128 mit elektrischer Spannung beaufschlagt werden.

10

Die Beaufschlagung des mindestens einen Speicherelements 208 in der aktiven Steuereinheit 204 kann, in vorteilhafter Weise, als Schieberegister 212 erfolgen. Das zu speichernde Eingangssignal kann über den Datenbus 184 auf die aktive Steuereinheit 204 übertragen werden. Neben dem Datenbus kann ein Taktsignal von außen zugeführt werden. Zur Minimierung der notwendigen Busarchitektur, kann auch die Funktion des Datenbusses, der Spannungsversorgung und des Taktsignals über einen Bus umfassend mindestens zwei Leiter erfolgen. Hierdurch können Zuleitungen zu der aktiven Steuereinheit 204 gespart werden.

15

20

Während das Schieberegister 212 die Informationen an die richtige Position verschiebt, kann eine Weitergabe von unerwünschten Zwischenzuständen an die Elektrodentripeln 128 durch Unterbrechung der Analogschalter 210 in der aktiven Steuereinheit 204 unterdrückt werden. Wie in Figur 8 dargestellt, können mehrere Register Ebenen 212 bereitgestellt werden. Jede Register Ebene 212 kann mindestens einen Speicher für den Aktivzustand und die Information über die Drehrichtung der Wechselspannung der Elektrodentripel 128 umfassen. Somit können Zwischenspeicherebenen seriell mit Informationen über den Datenbus 184 befüllt werden, ohne dass sich der Zustand einer aktiven Register Ebene 212 und damit der Elektrodentripeln 128 ändert. Wenn ein Speicherzustand einer Zwischenspeicherebene den gewünschten Zustand erreicht hat, kann durch einen einzigen Kopiervorgang, beispielsweise einem Write-Befehl, der Inhalt der Zwischenspeicherebene auf die aktive Register Ebene 212 parallel kopiert werden. Alle Elektrodentripel 128 des Systems 110 können so gleichzeitig neu gesetzt werden.

25

30

35

Alternativ kann die Steuereinheit 182 auch als passive Steuereinheit ausgeführt sein. Die passive Steuereinheit kann die Kontaktierung von Zeilen- und Spaltenleiterbahnen an einem Rand des System 110 umfassen. Angesteuert werden können die Elektrodentripel 128 an Kreuzungspunkten der Zeilen- und Spaltenleiterbahnen. Besonders bevorzugt können

jeweils 3 Zeilen- und 3 Reihenleiterbahnen gleichzeitig mit der elektrischen Spannung beaufschlagt werden. Das in Figur 7A beispielhaft dargestellte System 110 umfasst 32 Anordnungen 112 und muss somit mit bis zu 64 Drehstromsignalen versorgt werden. In der passiven Steuereinheit kann die Versorgung durch Multiplexen mit einer hohen Schaltfrequenz und anschließender Glättung mit Kondensatoren erfolgen.

In Figur 9 ist ein Ausführungsbeispiel einer gekoppelten Ansteuerung der Steuereinheit 182 in dem erfindungsgemäßen System 110 dargestellt. Das Eingangssignal 214 kann für jede Zeile, hier durchnummeriert von A bis H, und für jede Spalte, hier durchnummeriert von I bis VIII, jeweils das mindestens eine Aktivsignal und die mindestens eine Information über die Drehrichtung der Wechselspannung an den Elektrodentripeln 128 umfassen.

Das mindestens eine Aktivsignal und die Information über die Drehrichtung der Wechselspannung können für jedes Elektrodentripel 130 einer Anordnung 112, die Flüssigkeitsströme 114 in eine Richtung 146 erzeugen, verschiedene Zustände annehmen. Beispielsweise kann das Aktivsignal für Elektrodentripel 130 in West-Ost-Richtung die Zustände An (1) bzw. Aus (0) annehmen. Die Information über die Drehrichtung der Wechselspannung kann eine Information über die Richtung 146 enthalten, beispielsweise einen Zustand (+) für Flüssigkeitsströme 114 in West-Ost-Richtung oder einen Zustand (-) für Flüssigkeitsströme 114 in Ost-West-Richtung. Ebenso können für Elektrodentripel 130 in Nord-Süd-Richtung das Aktivsignal und die Information über die Drehrichtung der Wechselspannung entsprechende Zustände annehmen. So können an der einen Anordnung 112 neun verschiedene Strömungszustände umgesetzt werden, wobei die Strömungszustände jede mögliche Himmelsrichtung und auch den Zustand „keine Strömung“ annehmen können. In diesem Beispiel, können zur Speicherung der Strömungszustände mindestens sechs Speicherelemente 208 vorgesehen sein. Allgemein kann die Anzahl N der Speicherelemente 208 pro Anordnung 112 $N = 2 * (2 * n + 1)$ betragen, wobei n eine Amplitude des Aktivsignals bezeichnet.

Figur 10 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Systems 110 in einer Draufsicht. Das in Figur 10 dargestellte Ausführungsbeispiel kann insbesondere als Fluid-Maschine 216 verwendet werden. Die Fluid-Maschine 216 kann einen Einlass 218 aufweisen, in welchen die Flüssigkeit 120 durch Pipettieröffnungen 220 zugeführt werden kann. Über ein Anbindungselement 222 kann die Flüssigkeit 120 den von dem System 110 umfassten Anordnungen 112 zugeführt werden. Das Anbindungselement 222 kann dabei insbesondere mindestens einen Flüssigkeitskanal 224 umfassen. Das System 110 kann eine Vielzahl von Anordnungen 112 umfassen, welche die auszuführenden Rechenoperationen

der Fluid-Maschine 216 in Misch-, Auswahl- und/oder Transportprozesse der Flüssigkeit 120 umsetzen können. Die Vielzahl der Anordnungen 112 kann dabei auch als Fluid-Prozesseinheit 226 bezeichnet werden.

- 5 Die Fluid-Maschine 216 kann weiterhin über einen Auslass 228 verfügen, der insbesondere analog zu dem Einlass 218 ausgestaltet sein kann. Weiterhin kann die Fluid-Maschine 216 eine Vielzahl an Speicherelementen 230 aufweisen, welche zur Zwischenlagerung der Flüssigkeit 120 eingerichtet sein können. Die Speicherelemente 230 können insbesondere als RAM-Speicher verwendet werden und über Anbindungselemente 222 mit der Fluid-
10 Prozesseinheit 226 verbunden sein.

Wie in Figur 10 dargestellt, kann die Fluid-Maschine 216 über ein inneres Flüssigkeitsreservoir 232 verfügen, welches über Flüssigkeitskanäle 234 mit der Fluid-Prozesseinheit 226 verbunden ist. Die Flüssigkeitskanäle 224 der Anbindungselemente 222 können über
15 eine Y-Gabelung mit den Flüssigkeitskanälen 234 des inneren Flüssigkeitsreservoirs 232 auf der Fluid-Prozesseinheit 226 zur Erhaltung der Kontinuität der Flüssigkeitsströme 114 verbunden sein. Zusätzlich kann die Fluid-Maschine ein äußeres Flüssigkeitsreservoir 236 aufweisen, welches dazu eingerichtet ist, das innere Flüssigkeitsreservoir 232 zu spülen. Weiterhin kann die Fluid-Maschine 216 weitere Anbauelemente 238, beispielweise zusätz-
20 liche Mischeinrichtungen und/oder Messeinrichtungen, aufweisen.

In den Figuren 11A und 11B sind beispielhafte Verwendungen des erfindungsgemäßen Systems 110 zum Transport diffuser Proben 240 gezeigt. Dabei sind Ausschnitte des Systems 110 in einem zeitlichen Ablauf dargestellt. Eine diffuse Probe kann dabei, wie in Fi-
25 gure 11A gezeigt, in einer geschlossenen Stromröhre 242 in dem System 110 transportiert werden. In diesem Ausführungsbeispiel wird die diffuse Probe in West-Ost-Richtung 244 in dem System transportiert. In Figur 11B ist der Transport der diffusen Probe zu einem Ausgang 246 gezeigt. Dabei kann die geschlossene Stromröhre 242 derart über den Ausgang 246 erweitert werden, dass die diffuse Probe 240 in den Ausgang 246 hinein trans-
30 portiert werden kann.

Figur 12 zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahren 248 zur Herstellung des Systems 110 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114. Das Verfahren 248 umfasst die nachfolgend näher genannten Schritte. Diese Schritte können in der ge-
35 nannten Reihenfolge durchgeführt werden. Auch eine andere Reihenfolge ist jedoch grundsätzlich möglich. Weiterhin können zwei oder mehr der genannten Verfahrensschritte zeitlich überlappend oder gleichzeitig durchgeführt werden. Weiterhin können einer oder

mehrere der genannten Verfahrensschritte einfach oder auch wiederholt durchgeführt werden. Das Verfahren 248 kann über die genannten Schritte hinaus weitere Verfahrensschritte umfassen, welche nicht genannt sind.

5 Das Verfahren 248 zur Herstellung des Systems 110 umfasst:

(I) Herstellen 250 der Anordnung 112 zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen 114 mit den Schritten:

i) Bereitstellen 252 des Substrats 122;

10 ii) Aufbringen 254 von steuerbaren Mitteln 124 zur Beschaltung der Vielzahl an Elektroden 130, die,

iii) gekennzeichnet durch das Bezugszeichen 256 in Elektrodentripeln 128 auf die Oberfläche 126 des Substrats 122 angebracht werden.

und optional:

15 iv) Behandeln 258 der Oberfläche 126 des Substrats 122 derart, dass eine ebene Oberfläche 138 und/oder glatte Oberfläche 140 für die Flüssigkeitsströme 114 entsteht;

und

(II) Bereitstellen 260 der Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen 116.

20

Für weitere Einzelheiten in Bezug auf die vorliegenden Verfahren wird auf die Beschreibung der erfindungsgemäßen Anordnung 112 und des Systems 110 verwiesen.

25 Bezugszeichenliste

110	System
112	Anordnung zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen
114	Flüssigkeitsstrom
116	Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen
118	elektrisch geladene Teilchen
120	Flüssigkeit
122	Substrat
124	steuerbare Mittel
126	Oberfläche des Substrats
128	Elektrodentripel
130	Elektrode

132	räumlicher Abstand der Elektroden
134	isolierende Schicht
136	Strömungsbereich
138	ebene Oberfläche
140	glatte Oberfläche
142	elektrische Feldkomponente
144	Kraft
146	Richtung
148	Drehstromquelle
150	Drehstromgenerator
152	Gebiet mit Ladungsungleichgewicht
154	neutrales Gebiet
156	erste Elektrode
158	zweite Elektrode
160	dritte Elektrode
162	Leiterbahn
164	elektrischer Anschluss für Elektrode
166	elektrischer Anschluss für Antriebselemente
168	Berandung
170	zusätzlicher elektrischer Anschluss
172	elektrisches Verbindungselement
174	matrixförmiger Verbund
176	Zeile
178	Spalte
180	elektrische Leitungsbahn
182	Steuereinheit
184	Datenbus
186	Verbindungsstelle zu Anordnung
188	Verbindungsstelle zu Datenbus
190	Flüssigkeitsreservoir
192	Verbindungskanal
194	Flussrichtung
196	Vielzahl an Elektroden
198	Spannungsquelle
200	Kontakt
202	Erdung
204	aktive Steuereinheit

206	Mikroprozessor
208	Speicherelement
210	Analogschalter
212	Registerebene
214	Eingangssignal
216	Fluid-Maschine
218	Einlass
220	Pipettieröffnungen
220	Anbindungselement
224	Flüssigkeitskanal
226	Fluid-Prozesseinheit
228	Auslass
230	Speicherelement
232	inneres Flüssigkeitsreservoir
234	Flüssigkeitskanal
236	äußeres Flüssigkeitsreservoir
238	Anbauelement
240	diffuse Probe
242	Stromröhre
244	West-Ost-Richtung
246	Ausgang
248	Verfahren zur Herstellung eines Systems
250	Herstellung einer Anordnung
252	Bereitstellen des Substrats
254	Aufbringen von steuerbaren Mitteln
256	Aufbringen von Elektroden in Elektrodentripeln
258	Behandeln der Oberfläche des Substrats
260	Bereitstellen der Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen

Patentansprüche

1. Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) aus zumindest teilweise elektrisch geladenen Teilchen (118), die sich in einer Flüssigkeit (120) befinden, umfassend ein Substrat (122) mit steuerbaren Mitteln (124) zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen für eine Vielzahl von sich auf einer Oberfläche (126) des Substrats (122) befindlichen Elektrodentripeln (128), wobei die Vielzahl der Elektrodentripel (128) derart angeordnet ist, dass die Elektrodentripel (128) bei Anlegen einer elektrischen Spannung zumindest zwei voneinander unabhängige bewegliche elektrische Feldkomponenten (142) erzeugen, die jeweils eine Kraft (144) auf die elektrisch geladenen Teilchen (118) bewirken, wodurch die Flüssigkeit (120) in zumindest zwei voneinander verschiedenen Richtungen (146) auf dem Substrat (122) bewegbar ist.
5
- 15 2. Anordnung (112) nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die zumindest zwei elektrischen Feldkomponenten (142) Feldlinien aufweisen, welche in einem Winkel von größer als 0° bis weniger als 180° zueinanderstehen.
- 20 3. Anordnung (112) nach Anspruch 2, wobei die zumindest zwei elektrischen Feldkomponenten (142) derart voneinander unabhängig sind, dass die Feldlinien der zumindest zwei elektrischen Feldkomponenten (142) einen Winkel von 60° oder 120° zueinander annehmen.
- 25 4. Anordnung (112) nach Anspruch 2, wobei die zumindest zwei elektrischen Feldkomponenten (142) sich in zwei Richtungen erstrecken, wobei die Feldlinien der zumindest zwei elektrischen Feldkomponenten (142) entlang der zwei Richtungen senkrecht zueinanderstehen.
- 30 5. Anordnung (112) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Elektroden (130) in jeweils einem Elektrodentripel (128) in einem räumlichen Abstand (132) zueinander angeordnet sind, wobei der räumliche Abstand (132) der Elektroden (130) einer Größenordnung einer Schichtdicke einer elektrischen Doppelschicht, welche sich bei Anlegen der elektrischen Spannung in der Flüssigkeit (120) ausbildet, entspricht.

6. Anordnung (112) nach dem vorangehenden Anspruch, wobei der räumliche Abstand (132) der Elektroden (130) 0,05 μm bis 10 μm beträgt.
- 5 7. Anordnung (112) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die steuerbaren Mittel (124) eingerichtet sind, die elektrische Spannung derart an die Vielzahl der Elektrodentripel (124) bereitzustellen, dass die elektrische Spannung an Elektroden (130) jeweils eines Elektrodentripels (128) um eine Phasendifferenz zueinander verschoben ist.
- 10 8. Anordnung (112) nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die steuerbaren Mittel (124) weiterhin eingerichtet sind, die elektrische Spannung derart an die Vielzahl der Elektrodentripel (128) bereitzustellen, dass die an jeweils einer der Elektroden (130) jeden Elektrodentripels (128) anliegende elektrische Spannung eine Phasendifferenz
15 von $n \cdot 360^\circ$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, aufweist.
9. Anordnung (110) nach einem der beiden vorangehenden Ansprüche, wobei die Phasendifferenz zwischen den Elektroden (130) innerhalb des Elektrodentripels (128) jeweils 120° bei äquidistanter räumlicher Anordnung der Elektroden (130) beträgt.
- 20 10. Anordnung (110) nach einem der drei vorangehenden Ansprüche, wobei die steuerbaren Mittel (124) eine Anzahl an elektrischen Leiterbahnen (162) umfassen, die mindestens der Vielzahl an Elektrodentripel (128) entspricht, höchstens jedoch der Anzahl der Elektroden (130) in den Elektrodentripeln (128).
- 25 11. Anordnung (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei der Elektrodentripel (128) aus der Vielzahl der Elektrodentripel (128) derart zueinander angeordnet sind, dass die von jedem der Elektrodentripel (128) bei Anlegen der elektrischen Spannung erzeugten beweglichen elektrischen Feldkomponenten
30 (142) einen Winkel von 30° bis 150° in einer durch die Oberfläche (126) des Substrats (122) ausgespannten Ebene zueinander annehmen.
- 35 12. Anordnung (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend mindestens sechs Elektrodentripel (128) bei einer rechtwinkligen oder hexagonalen Anordnung der Vielzahl der Elektrodentripel (128).

13. Anordnung (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vielzahl der Elektrodentripel (128) durch eine isolierende Schicht (134) von einem Strömungsbereich (136) der Flüssigkeit (120) getrennt ist, wobei die isolierende Schicht (134) eine ebene Oberfläche (138) für die Flüssigkeitsströme (114) bildet.
- 5
14. System (110) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) aus zumindest teilweise elektrisch geladenen Teilchen (118), die sich in einer Flüssigkeit (120) befinden, umfassend mindestens eine Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) nach einem der vorangehenden Ansprüche, weiterhin umfassend mindestens eine Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen (116).
- 10
15. System (110) nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die mindestens eine Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischen Spannungen (116) eine Drehstromquelle (148) oder einen Drehstromgenerator (150) umfasst.
- 15
16. System (110) nach einem der beiden vorangehenden Ansprüche, weiterhin umfassend mindestens ein Flüssigkeitsreservoir (190), wobei das Flüssigkeitsreservoir (190) eingerichtet ist, eine Flüssigkeit (120), in welcher sich zumindest teilweise elektrisch geladene Teilchen (118) befinden, zu bevorraten und über mindestens einen Verbindungskanal (192) der Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) zuzuführen.
- 20
17. System (110) nach einem der drei vorangehenden Ansprüche, weiterhin umfassend mindestens eine Steuereinheit (182), wobei die Steuereinheit (182) eingerichtet ist, das Anlegen der elektrischen Spannung an die Vielzahl der Elektrodentripel (128) mittels der steuerbaren Mittel (124) zu steuern.
- 25
18. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) nach einem der vorangehenden, eine Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) betreffenden Ansprüche, umfassend:
- 30
- i) Bereitstellen eines Substrats (122);
 - ii) Aufbringen von steuerbaren Mitteln (124) zur Beschaltung einer Vielzahl an Elektroden (130), die
 - iii) in Elektrodentripeln (128) auf eine Oberfläche (126) des Substrats (122) angebracht werden.
- 35

19. Verfahren zum Betrieb einer Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) nach einem der vorangehenden, eine Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) betreffenden Ansprüche oder eines Systems (110) nach einem der vorangehenden, ein System (110) betreffenden Ansprüche, wobei mindestens ein Elektrodentripel (128), bevorzugt mindestens zwei Elektrodentripel (128), durch die steuerbaren Mittel (124) derart mit einer elektrischen Spannung beaufschlagt werden, dass die Flüssigkeit (120) strömt.
20. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die elektrische Spannung in Form eines Drehstroms aufgebracht wird, wobei der Drehstrom eine Frequenz von 1 kHz bis 1000 kHz und eine Amplitude von 0,01 V bis 10 V aufweist.
21. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren zum Betrieb einer Anordnung (112) zur Erzeugung von Flüssigkeitsströmen (114) oder eines Systems (110) nach einem der vorangehenden, ein Verfahren zum Betrieb einer Anordnung (112) oder eines Systems (110) betreffenden Ansprüche auszuführen.

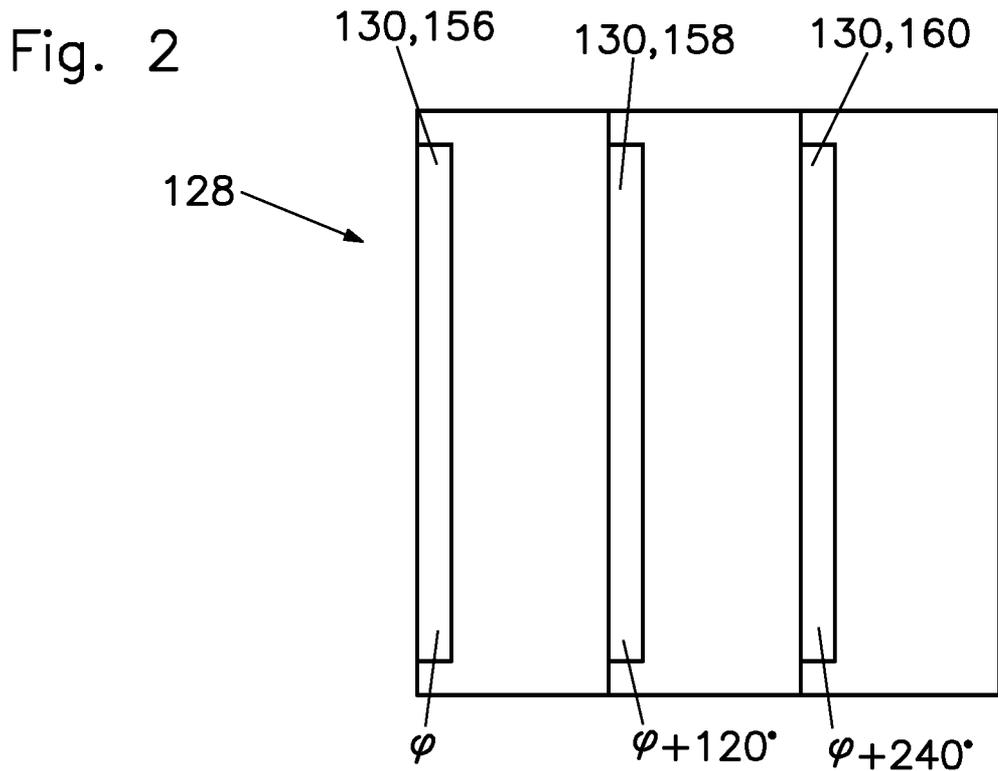
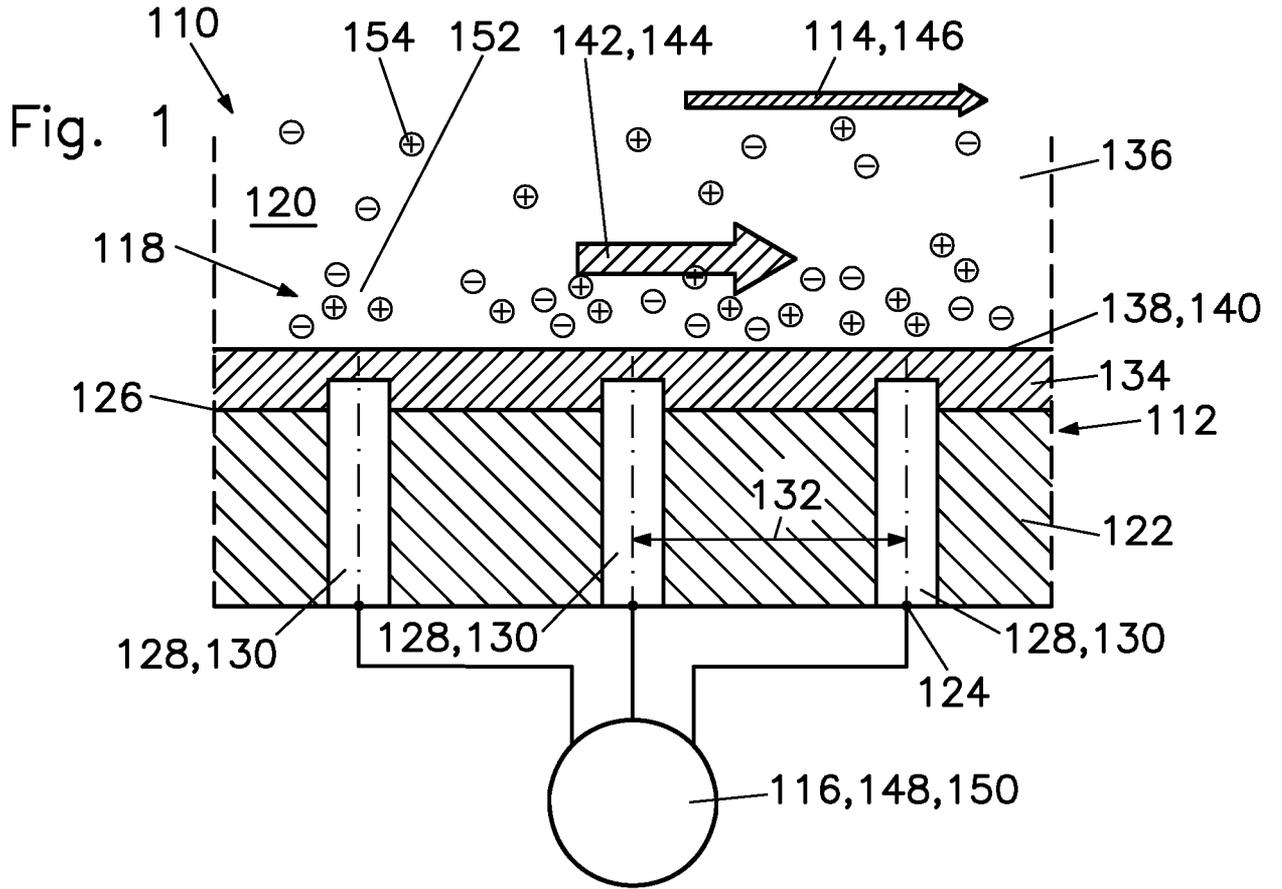


Fig. 3a

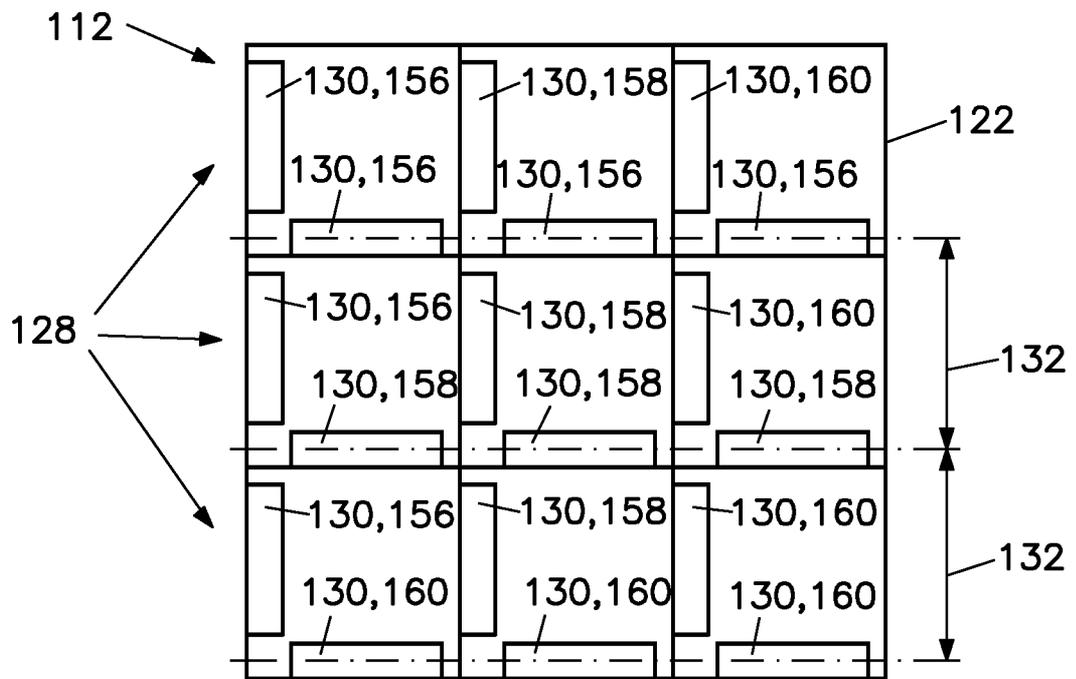


Fig. 3b

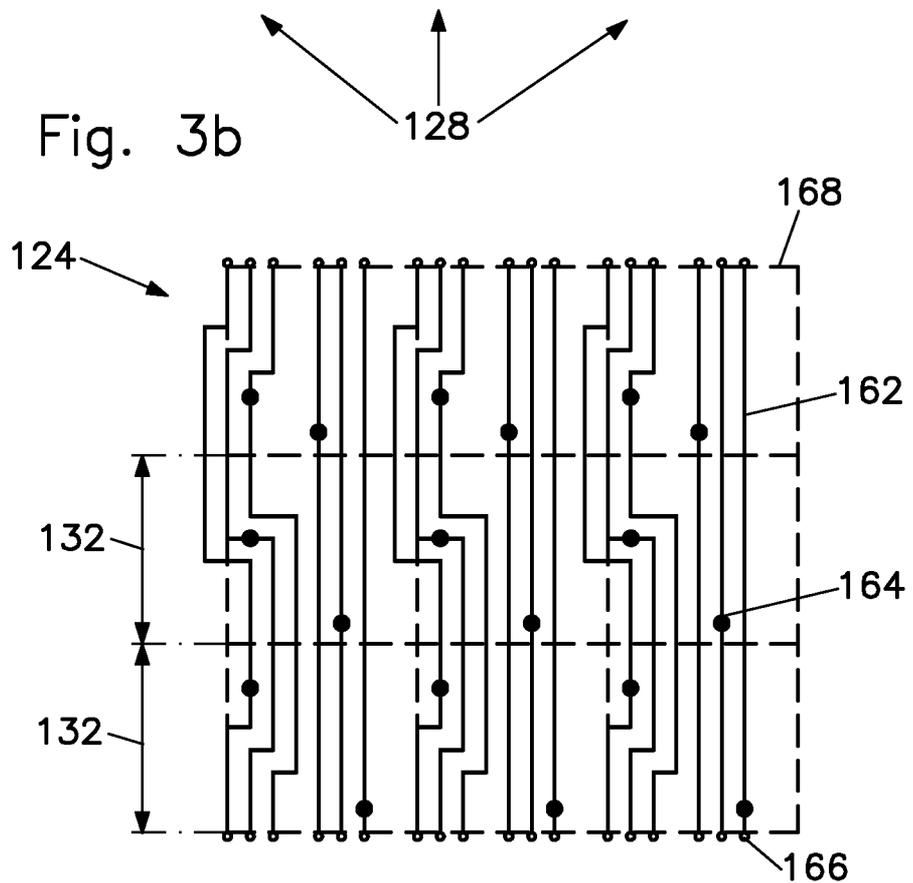


Fig. 4a

Fig. 4b

Fig. 4c

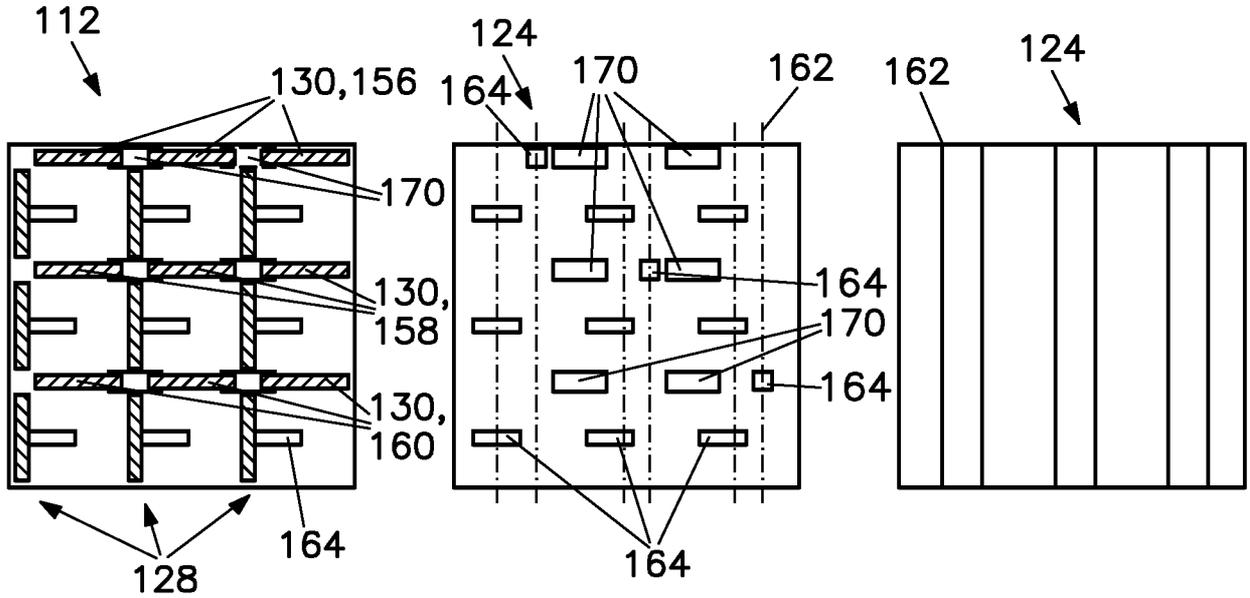
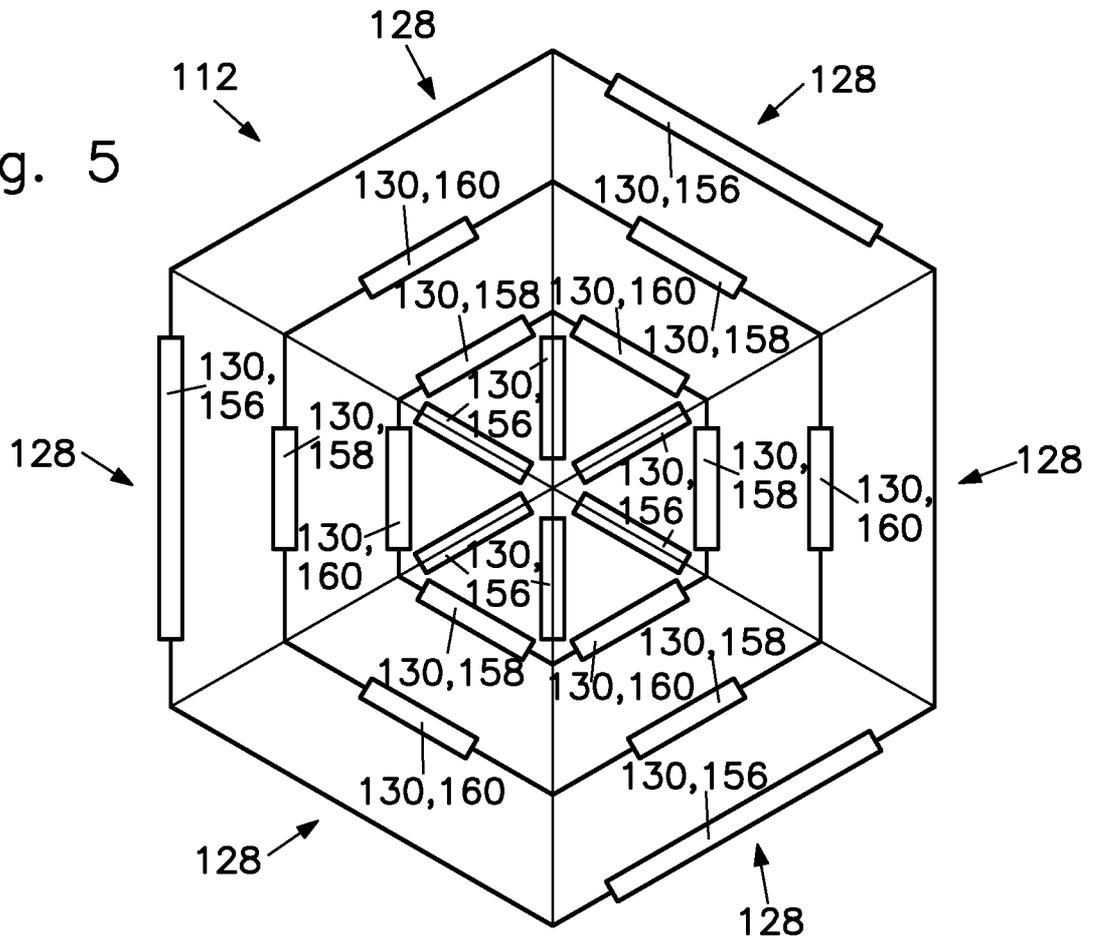


Fig. 5



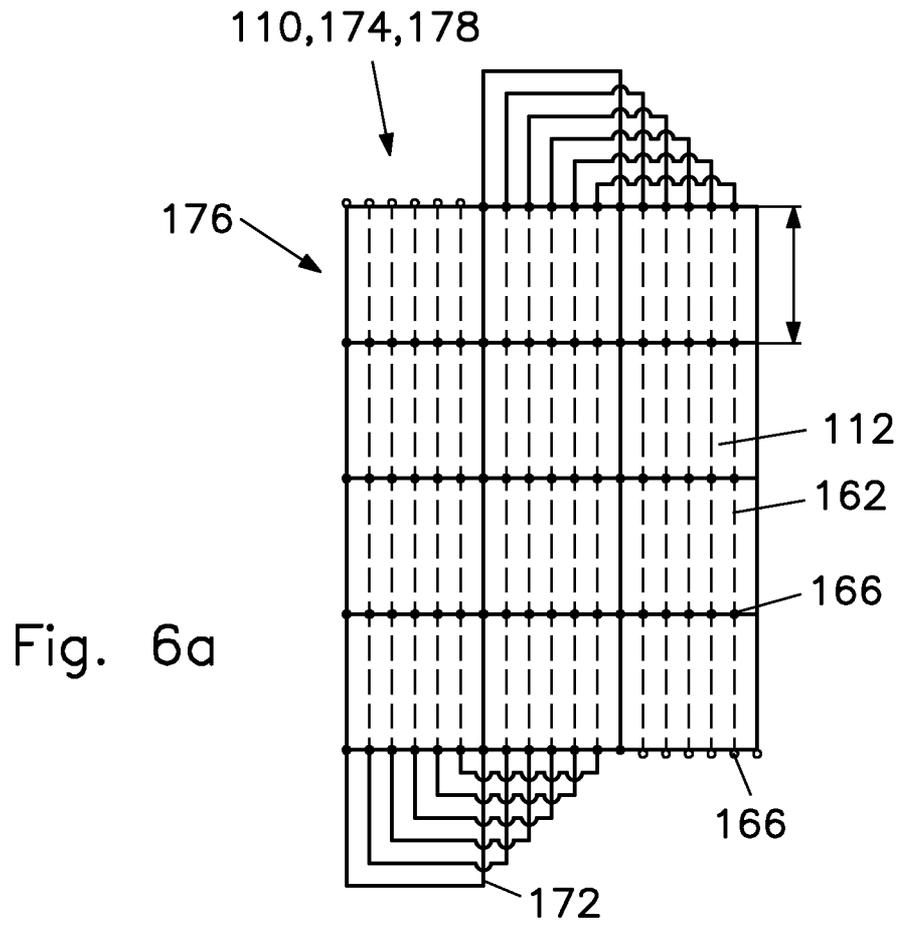


Fig. 6a

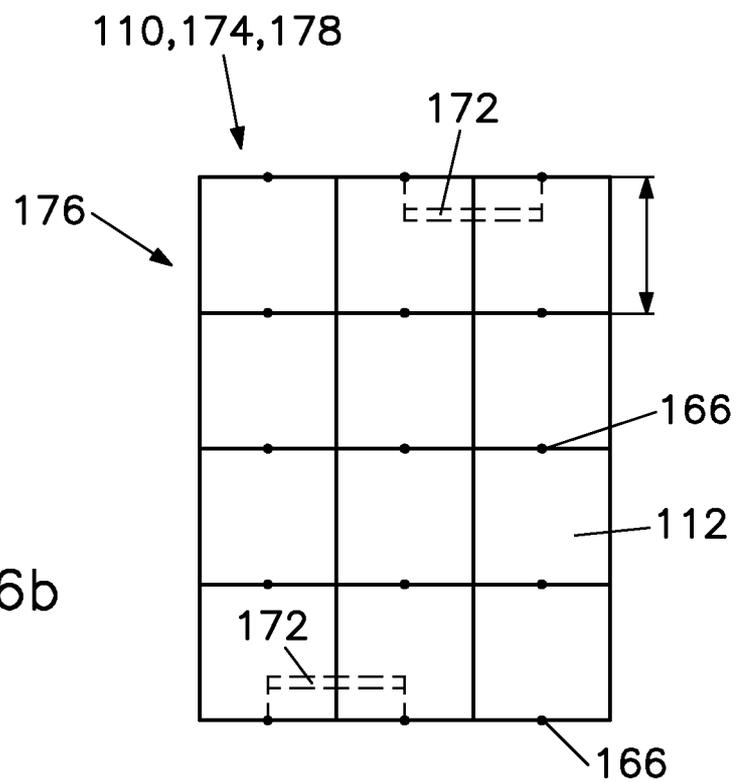


Fig. 6b

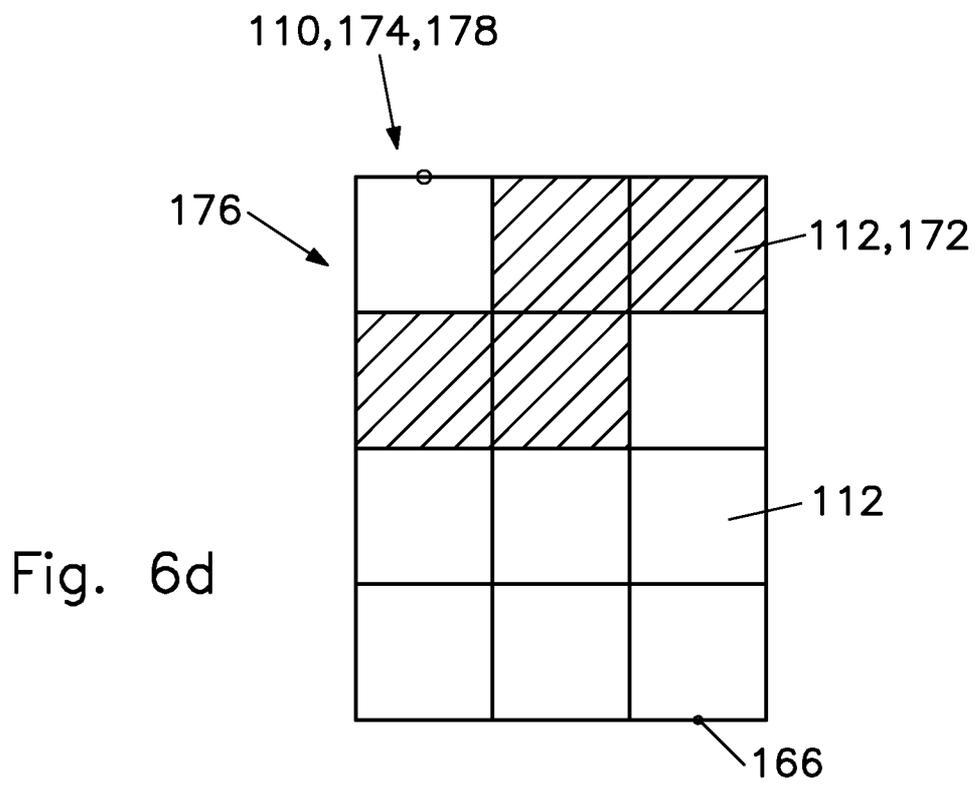
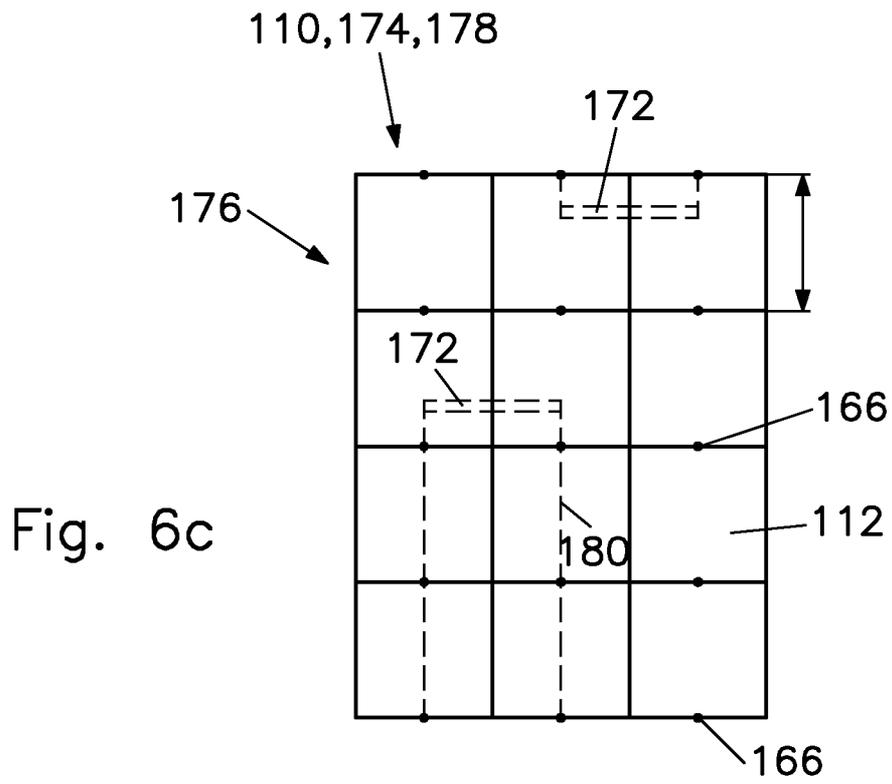
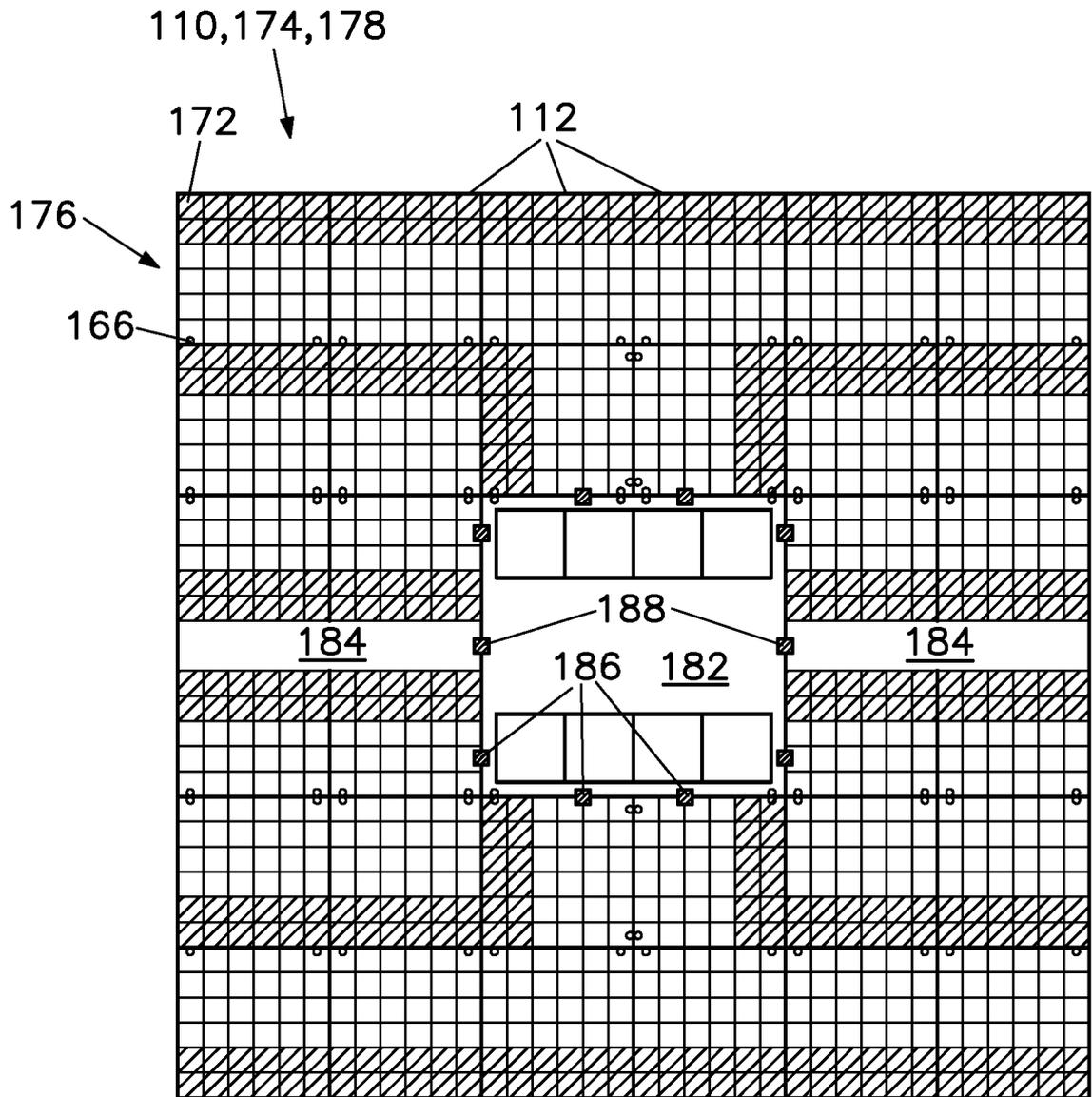


Fig. 7a



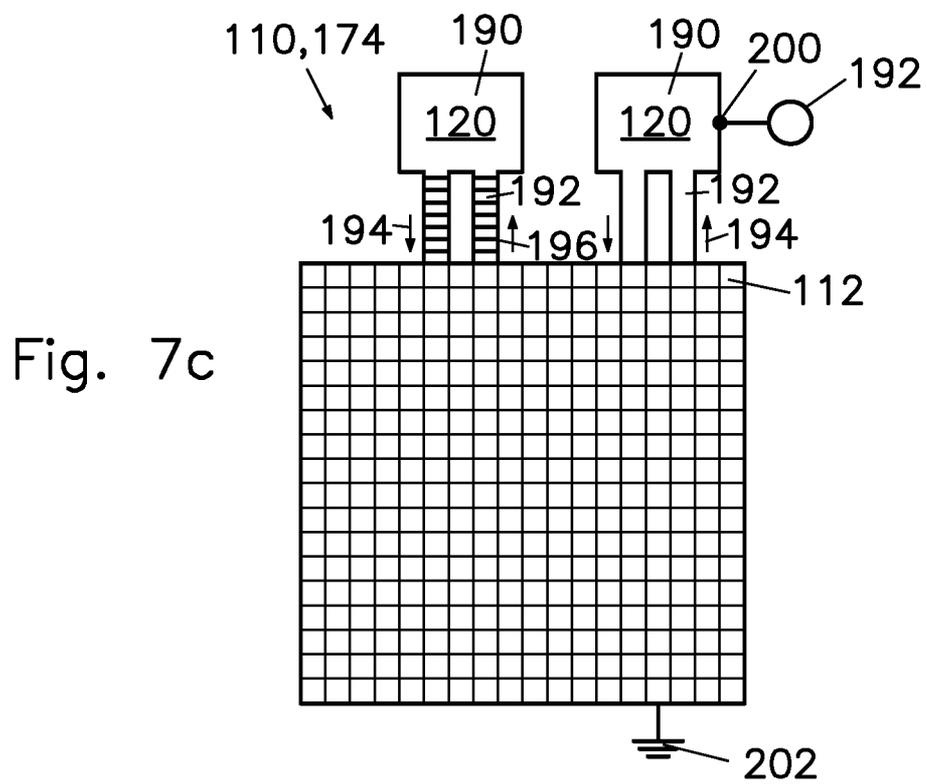
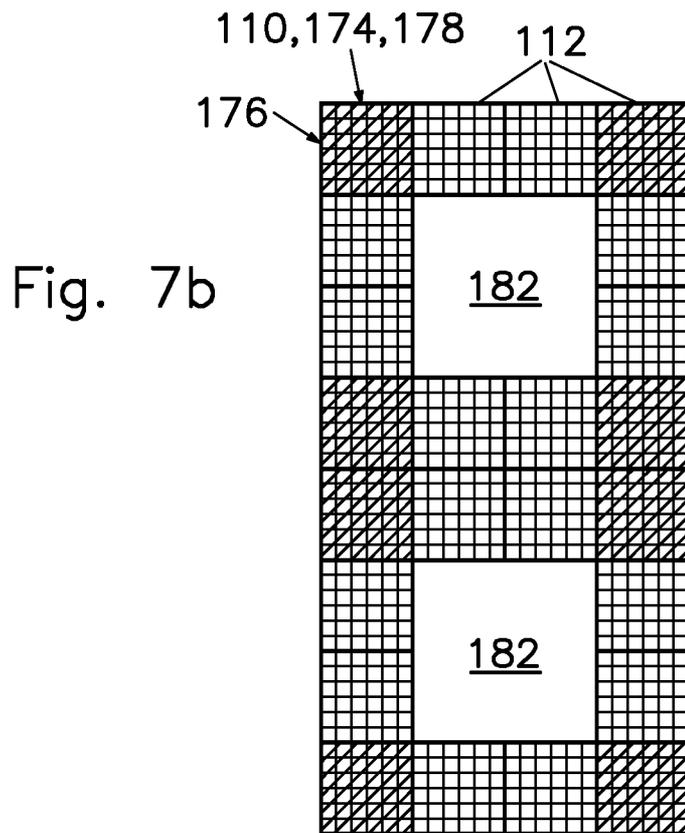


Fig. 8

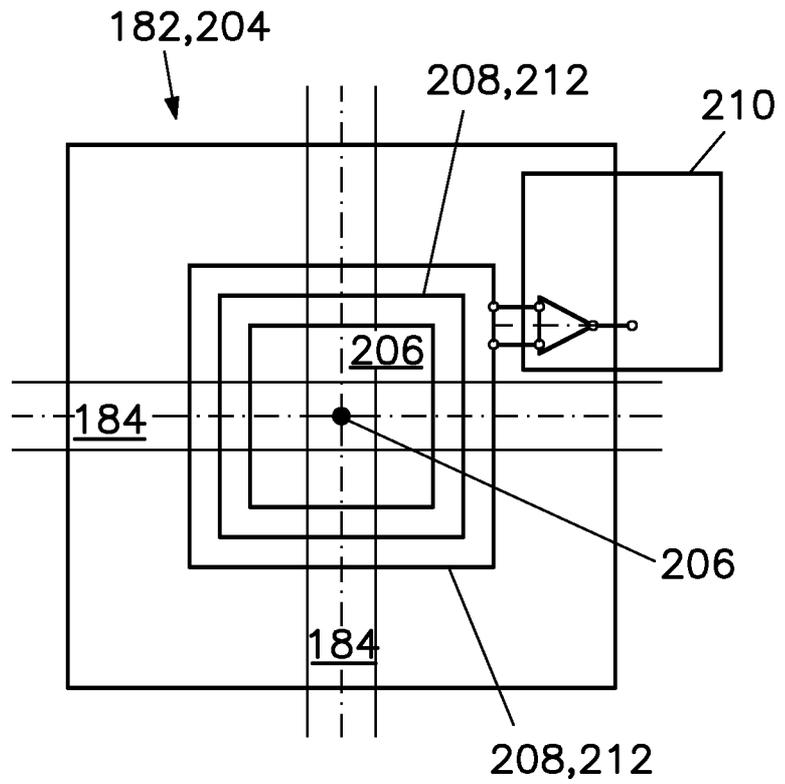


Fig. 9

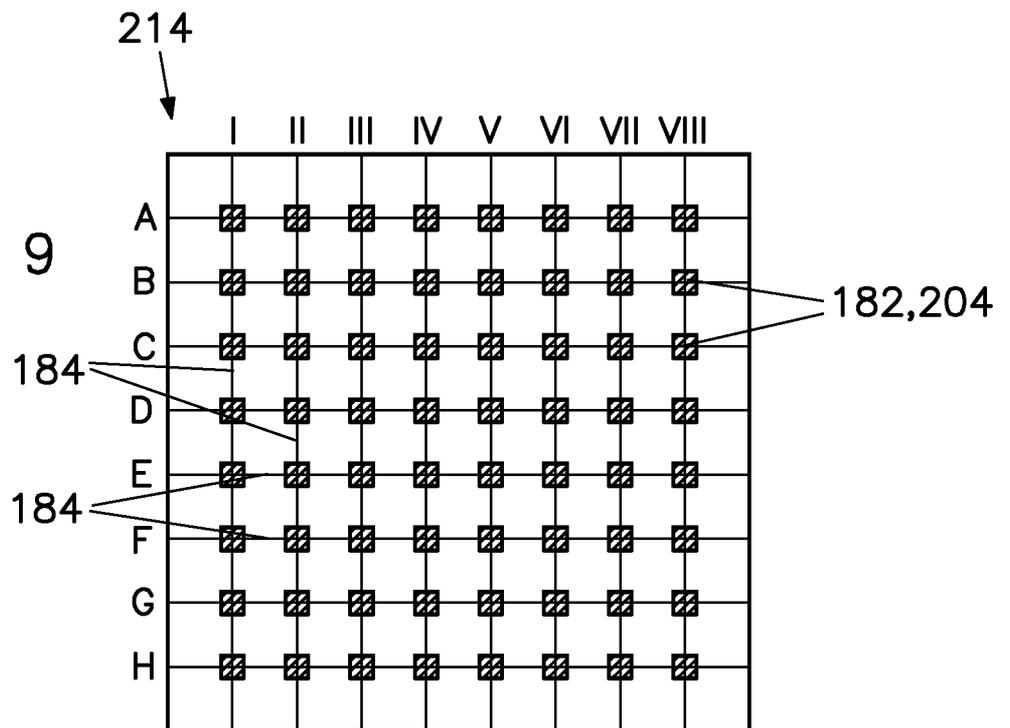
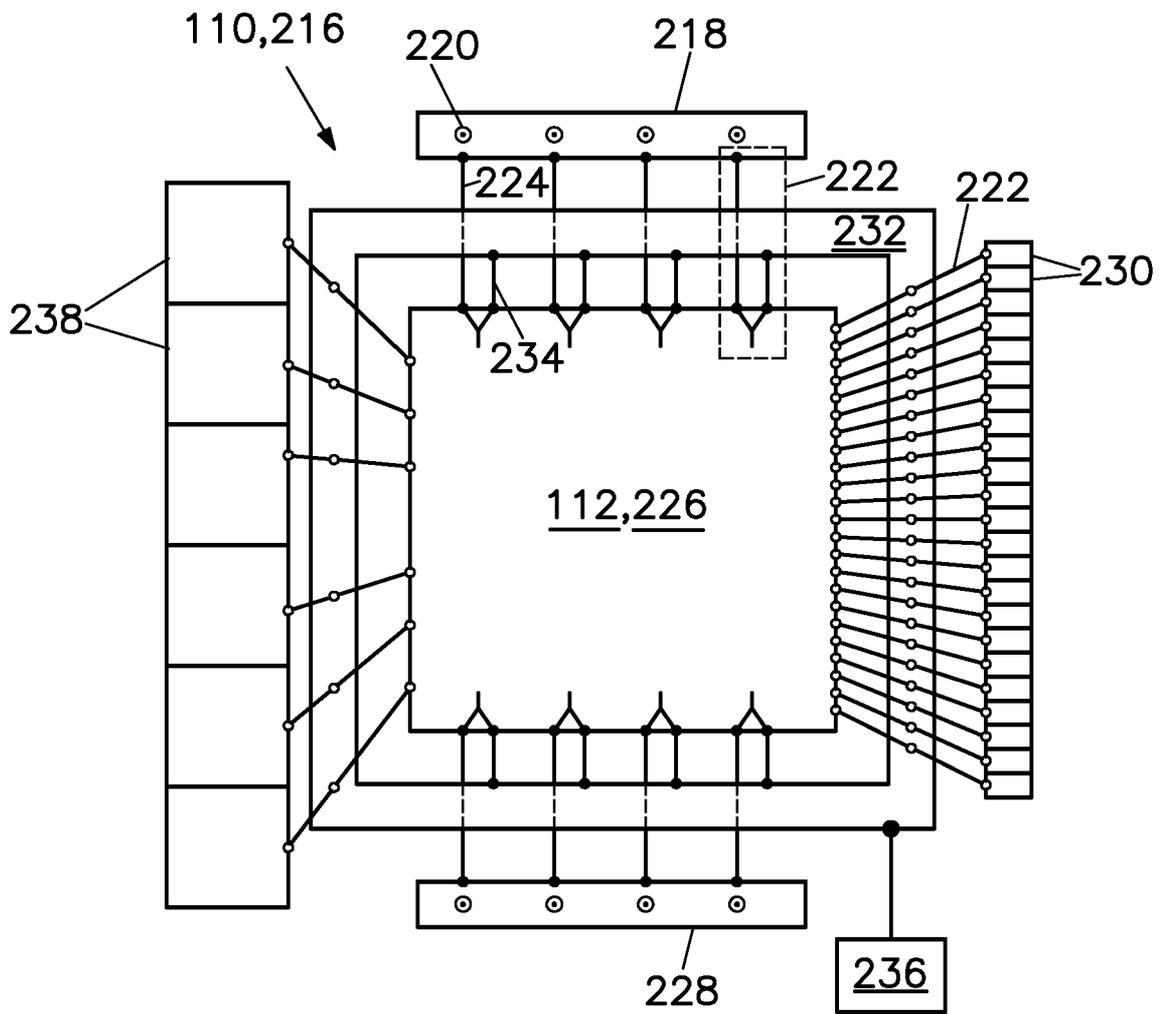


Fig. 10



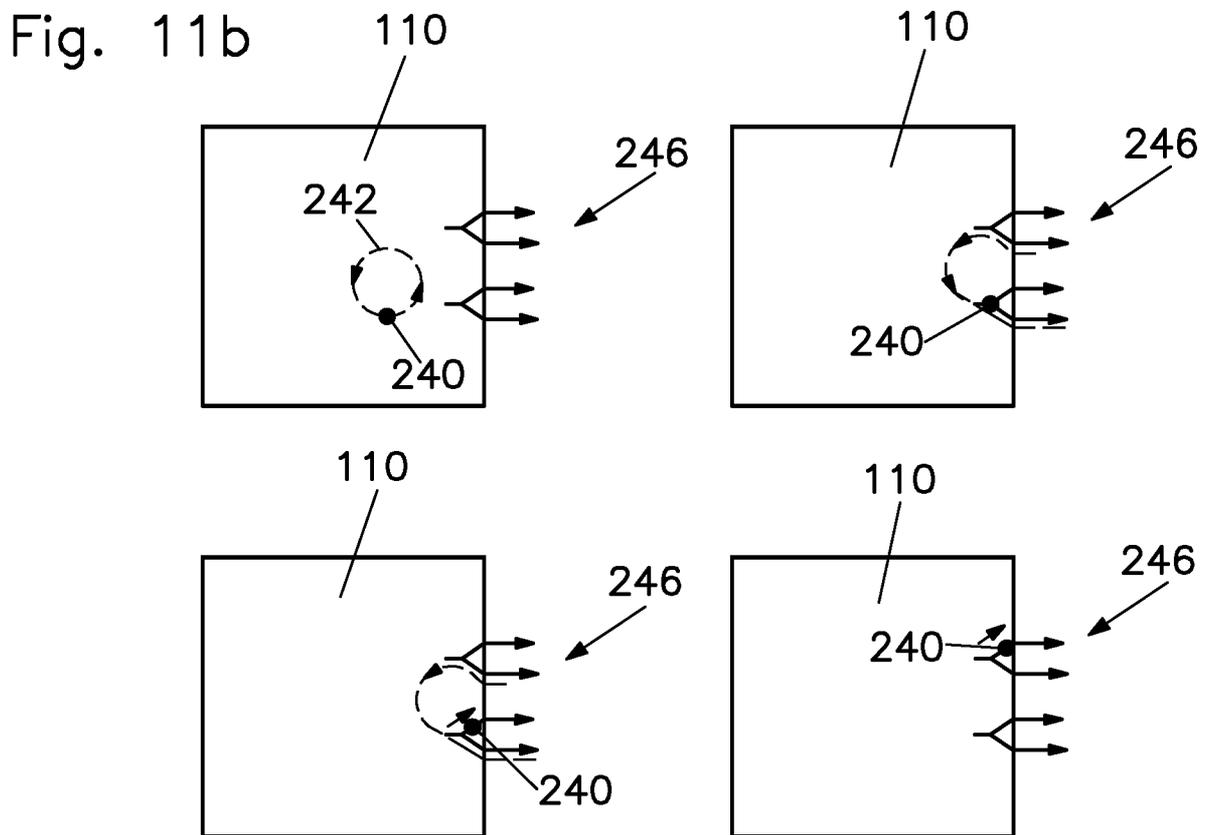
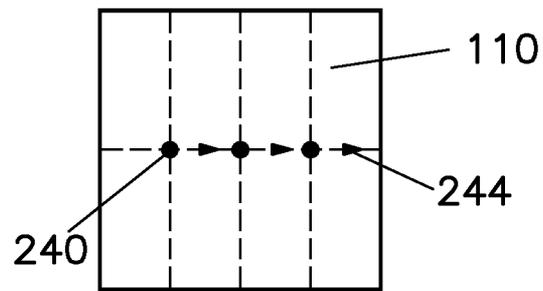
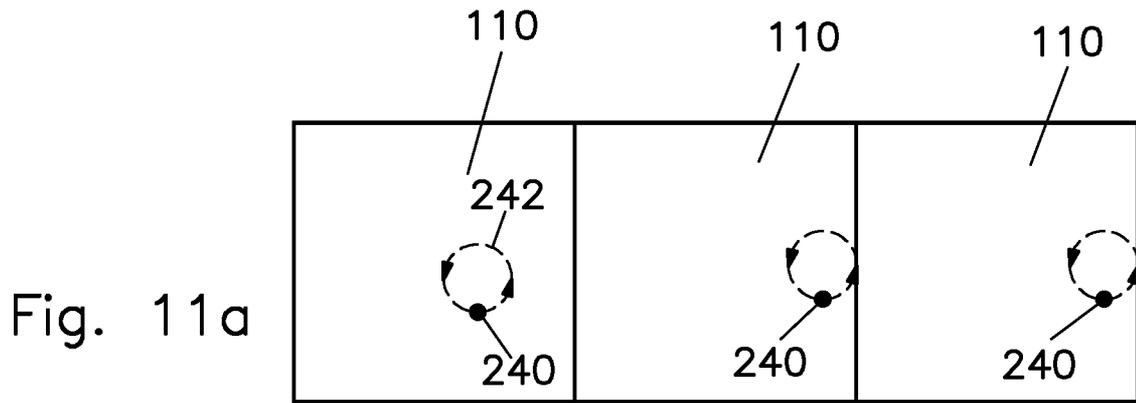
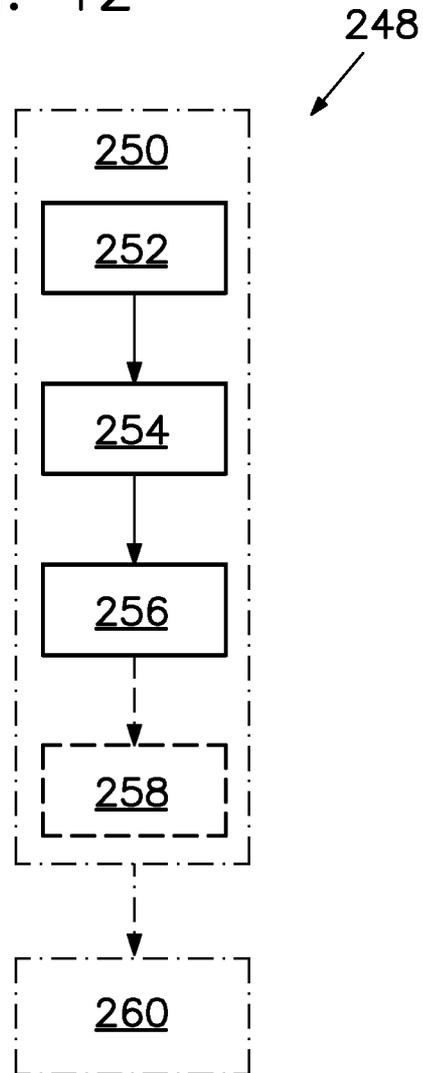


Fig. 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/083107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B01L 3/00</i> (2006.01)i; <i>F04B 19/00</i> (2006.01)i; <i>G01N 27/416</i> (2006.01)i; <i>B03C 3/88</i> (2006.01)i; <i>B03C 5/02</i> (2006.01)i; <i>B65G 54/02</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01L; F04B; G01N; B65G; B03C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102006004887 A1 (KARLSRUHE FORSCHZENT [DE]) 16 August 2007 (2007-08-16) cited in the application paragraphs [0028] - [0030], [0043], [0075], [0093] - [0103]; figures 1-10	1-12,14,18-20
X	EP 1362827 A1 (MICRONIT MICROFLUIDICS BV [NL]) 19 November 2003 (2003-11-19) paragraphs [0067] - [0071]; figure 5	1-5,11,13,18,19
X	US 6185084 B1 (TAI YU-CHONG [US] ET AL) 06 February 2001 (2001-02-06) column 4, lines 10-60; figures 5-8, 18, 19 column 7, line 66 - column 8, line 42	1,2,7-10,13-16,18,19
X	EP 2039433 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 25 March 2009 (2009-03-25) paragraphs [0036], [3777] - [0080], [0114] - [0117]; figures 2-8	1-5,7-11,14,17,19,21
X	US 2014131207 A1 (MEDORO GIANNI [IT] ET AL) 15 May 2014 (2014-05-15) paragraphs [0132], [0138] - [0141]; figure 13	1-5,19
X	US 2006054227 A1 (SOHN DONG-KEE [KR]) 16 March 2006 (2006-03-16) paragraphs [0027] - [0040]; figures 1-4	1-5,7-10,14-17,19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 25 February 2022		Date of mailing of the international search report 16 March 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Viskanic, Martino Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/083107

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102006004887	A1	16 August 2007	DE	102006004887	A1	16 August 2007
				EP	1979738	A1	15 October 2008
				US	2009008255	A1	08 January 2009
				WO	2007090531	A1	16 August 2007
EP	1362827	A1	19 November 2003	AT	407096	T	15 September 2008
				CA	2428980	A1	16 November 2003
				EP	1362827	A1	19 November 2003
				EP	1997772	A2	03 December 2008
				US	2003226604	A1	11 December 2003
US	6185084	B1	06 February 2001	AU	9792098	A	27 April 1999
				US	6185084	B1	06 February 2001
				WO	9917883	A1	15 April 1999
EP	2039433	A1	25 March 2009	EP	2039433	A1	25 March 2009
				WO	2009027927	A2	05 March 2009
US	2014131207	A1	15 May 2014	CA	2615809	A1	25 January 2007
				CA	2926639	A1	25 January 2007
				CN	101267889	A	17 September 2008
				CN	102225367	A	26 October 2011
				DK	1909965	T3	28 June 2021
				EP	1909965	A2	16 April 2008
				EP	3851196	A1	21 July 2021
				ES	2879332	T3	22 November 2021
				JP	5349044	B2	20 November 2013
				JP	5606496	B2	15 October 2014
				JP	2009501628	A	22 January 2009
				JP	2013013892	A	24 January 2013
				KR	20080059146	A	26 June 2008
				US	2009205963	A1	20 August 2009
				US	2014131207	A1	15 May 2014
				WO	2007010367	A2	25 January 2007
US	2006054227	A1	16 March 2006	CN	1747294	A	15 March 2006
				JP	4152977	B2	17 September 2008
				JP	2006090309	A	06 April 2006
				KR	20060023724	A	15 March 2006
				US	2006054227	A1	16 March 2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/083107

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B01L3/00 F04B19/00 G01N27/416 B03C3/88 B03C5/02 B65G54/02 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B01L F04B G01N B65G B03C Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2006 004887 A1 (KARLSRUHE FORSCHZENT [DE]) 16. August 2007 (2007-08-16) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0028] - [0030], [0043], [0075], [0093] - [0103]; Abbildungen 1-10 -----	1-12, 14, 18-20
X	EP 1 362 827 A1 (MICRONIT MICROFLUIDICS BV [NL]) 19. November 2003 (2003-11-19) Absätze [0067] - [0071]; Abbildung 5 -----	1-5, 11, 13, 18, 19
X	US 6 185 084 B1 (TAI YU-CHONG [US] ET AL) 6. Februar 2001 (2001-02-06) Spalte 4, Zeilen 10-60; Abbildungen 5-8, 18, 19 Spalte 7, Zeile 66 - Spalte 8, Zeile 42 ----- -/--	1, 2, 7-10, 13-16, 18, 19
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absdtedatum des internationalen Recherchenberichts	
25. Februar 2022	16/03/2022	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Viskanic, Martino	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>EP 2 039 433 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 25. März 2009 (2009-03-25) Absätze [0036], [3777] - [0080], [0114] - [0117]; Abbildungen 2-8</p> <p>-----</p>	<p>1-5, 7-11, 14, 17, 19, 21</p>
X	<p>US 2014/131207 A1 (MEDORO GIANNI [IT] ET AL) 15. Mai 2014 (2014-05-15) Absätze [0132], [0138] - [0141]; Abbildung 13</p> <p>-----</p>	<p>1-5, 19</p>
X	<p>US 2006/054227 A1 (SOHN DONG-KEE [KR]) 16. März 2006 (2006-03-16)</p> <p>Absätze [0027] - [0040]; Abbildungen 1-4</p> <p>-----</p>	<p>1-5, 7-10, 14-17, 19</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/083107

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006004887 A1	16-08-2007	DE 102006004887 A1	16-08-2007
		EP 1979738 A1	15-10-2008
		US 2009008255 A1	08-01-2009
		WO 2007090531 A1	16-08-2007

EP 1362827 A1	19-11-2003	AT 407096 T	15-09-2008
		CA 2428980 A1	16-11-2003
		EP 1362827 A1	19-11-2003
		EP 1997772 A2	03-12-2008
		US 2003226604 A1	11-12-2003

US 6185084 B1	06-02-2001	AU 9792098 A	27-04-1999
		US 6185084 B1	06-02-2001
		WO 9917883 A1	15-04-1999

EP 2039433 A1	25-03-2009	EP 2039433 A1	25-03-2009
		WO 2009027927 A2	05-03-2009

US 2014131207 A1	15-05-2014	CA 2615809 A1	25-01-2007
		CA 2926639 A1	25-01-2007
		CN 101267889 A	17-09-2008
		CN 102225367 A	26-10-2011
		DK 1909965 T3	28-06-2021
		EP 1909965 A2	16-04-2008
		EP 3851196 A1	21-07-2021
		ES 2879332 T3	22-11-2021
		JP 5349044 B2	20-11-2013
		JP 5606496 B2	15-10-2014
		JP 2009501628 A	22-01-2009
		JP 2013013892 A	24-01-2013
		KR 20080059146 A	26-06-2008
		US 2009205963 A1	20-08-2009
		US 2014131207 A1	15-05-2014
		WO 2007010367 A2	25-01-2007

US 2006054227 A1	16-03-2006	CN 1747294 A	15-03-2006
		JP 4152977 B2	17-09-2008
		JP 2006090309 A	06-04-2006
		KR 20060023724 A	15-03-2006
		US 2006054227 A1	16-03-2006
