



(11) **EP 1 781 410 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**06.10.2010 Patentblatt 2010/40**

(51) Int Cl.:  
**B01L 3/00** <sup>(2006.01)</sup> **F04B 19/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**B01F 13/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **05802009.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/011320**

(22) Anmeldetag: **20.10.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/045547 (04.05.2006 Gazette 2006/18)**

(54) **VERFAHREN ZUR BEWEGUNG VON KLEINEN FLÜSSIGKEITSMENGEN IN MIKROKANÄLEN  
DURCH AKUSTISCHE WELLEN**

METHOD FOR DISPLACING SMALL AMOUNTS OF FLUIDS IN MICRO CHANNELS BY MEANS OF  
ACOUSTIC WAVES

PROCEDE POUR DEPLACER DE PETITES QUANTITES DE LIQUIDE DANS DES MICROCANAU  
AU MOYEN D'ONDES ACOUSTIQUES

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR**

(30) Priorität: **21.10.2004 DE 102004051394**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.05.2007 Patentblatt 2007/19**

(73) Patentinhaber: **Beckman Coulter, Inc.  
Brea, 92821 CA (US)**

(72) Erfinder:  
• **GAUER, Christoph  
81667 München (DE)**

• **VON GUTTENBERG, Zeno  
81675 München (DE)**

(74) Vertreter: **Rocke, Carsten et al  
Müller-Boré & Partner  
Grafinger Strasse 2  
81671 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 418 003 WO-A-03/018181  
DE-B3- 10 325 313 US-A- 6 010 316  
US-A1- 2003 000 835 US-B1- 6 210 128**

**EP 1 781 410 B1**

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

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bewegung von kleinen Flüssigkeitsmengen in Mikrokanälen und ein Mikrokanalsystem zur Durchführung des Verfahrens.

**[0002]** Miniaturisierte fluidische Systeme bestehen oft aus geschlossenen Kanälen, die aus Kunststoffen, Halbleitermaterialien oder aus Glas hergestellt werden können. Solche geschlossenen Kanäle sind z. B. in M. G. Pollack and R. B. Fair, Applied Physics Letters, 2000, 77, 1725 - 1728 beschrieben.

**[0003]** Herstellverfahren sind z. B. nasschemisches Ätzen oder auch Heißprägen von Kunststoffen zur Erzeugung der Kanäle in den Substraten. Anschließend werden die so strukturierten Substrate mit einem Deckel verschlossen. Typische Kanaldimensionen sind Durchmesser im Bereich zwischen 50 µm und einigen mm sowie eine Länge des Gesamtsystems von einigen cm. Für lab-on-the-chip-Anwendungen sollen in diesen Kanälen z. B. biochemische Reaktionen durchgeführt werden. Dazu müssten im allgemeinen Dosierer, Mischer, Reaktionskammern und Verzweigungen in einem solchen System realisiert werden. Zur Bewegung der Flüssigkeit sind pumpenartige Systeme notwendig.

**[0004]** Heute stehen als Pumpen für derartige "lab chips" unterschiedliche Technologien zur Verfügung: peristaltische Pumpen (US 6,408,878), elektrokinetische Pumpen (US 6,394,759) oder auch Pumpen unter Ausnutzung der Zentrifugalkraft ("lab-CD", US 5,472,603).

**[0005]** Elektrokinetische Pumpen benötigen z. B. jedoch Spannungen von mehreren 100 Volt, sind also für portable Geräte wenig geeignet. In den sogenannten lab-CDs können die Flüssigkeiten nur in eine Richtung, nämlich nach außen bewegt werden. Miniaturisierte Peristaltikpumpen sind sehr aufwendig und daher teuer.

**[0006]** Andere Anwendungen nutzen die Kapillarkraft aus, um Flüssigkeiten durch Kanäle zu bewegen. Ohne zusätzliche Kraft kann hier eine Bewegung in nur einer Richtung erfolgen. Zum Beispiel ein hydrophiler Kanal läßt sich mit einer Lösung zwar füllen, aber bei gefülltem Kanal ist keine weitere Bewegung oder Strömung mehr möglich, die durch die Kapillarkraft vermittelt wäre.

**[0007]** Die Einkopplung von Schallwellen in dünne, lateral ausgedehnte Flüssigkeitsfilme ist in DE 103 25 313 B3 beschrieben. Dort werden Ultraschallfrequenzen eingesetzt, um in einer kleinen Flüssigkeitsmenge in einem lateral unstrukturierten Kapillarspalt eine Durchmischung zu bewirken. Die Einstrahlung in den Flüssigkeitsfilm erfolgt bei der Anordnung der DE 103 25 313 B3 symmetrisch bilateral.

**[0008]** Die Erzeugung von Strömung in Flüssigkeit mit Hilfe von Schallwellen ist in Wesley Le Mars Nyborg "Acoustic Streaming" in Physical Acoustics 2B; Editor W.P.Mason; Academic Press 265 (1965) beschrieben.

**[0009]** Ein verfahren unit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 ist aus US 6,210,128 B1 bekannt.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und ein System anzugeben, mit dem kleine Flüssigkeitsmengen in Mikrokanalsystemen auf leicht steuerbare und programmierbare Art und Weise bewegt werden können. Das Verfahren soll einfach durchführbar sein und die dazu notwendigen Materialien klein, robust und leicht sein, so daß das Verfahren auch mit tragbaren Chiplabors realisiert werden kann.

**[0011]** Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. einem Mikrokanalsystem mit den Merkmalen des Anspruches 11 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

**[0012]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Flüssigkeitsmenge in ein Kanalsystem eingebracht, das zumindest einen Bereich umfasst, der topologisch einem Ring entspricht, so dass eine geschlossene Bahn der Flüssigkeit möglich ist. Zur Erzeugung der Bewegung werden akustische Wellen in die Flüssigkeit eingestrahlt, die in der Ebene des Kanalsystems mindestens eine asymmetrische Komponente haben, die die Bewegungsrichtung der Flüssigkeit definiert. Durch den Impulsübertrag der Schallwellen auf die Flüssigkeit wird in der Flüssigkeit eine Strömung erzeugt ("acoustic streaming"). Durch die Bewegung der Flüssigkeit in einer geschlossenen Bahn sind nur geringe Leistungen notwendig, da auf der geschlossenen Bahn kein großer hydrostatischer Druck aufgebaut werden muss, um eine Bewegung zu erzeugen. Durch die asymmetrische Komponente wird der Flüssigkeit eine Bewegungsrichtung aufgeprägt, die sie sich entlang der geschlossenen Bahn bewegen lässt.

**[0013]** Das Kanalsystem kann unterschiedliche Geometrien aufweisen, solange ein topologisch ringförmiger Bereich enthalten ist, der für die gerichtete Bewegung der Flüssigkeit auf einer geschlossenen Bahn dient. Besonders einfach ist die Verwendung eines einfachen Ringes ohne Verzweigungen.

**[0014]** Bei einer einfachen Ausgestaltung ist das Kanalsystem nach oben offen, z. B. als Rinne in einem Substrat. Durch die Bewegungsvermittlung aufgrund des "Acoustic Streaming" ist ein Abschluss nach oben nicht notwendig. Die strömungsinduzierte Bewegung kann auch in einem offenen Kanal stattfinden.

**[0015]** Gegen äußere Einflüsse unempfindlicher ist ein Kanalsystem, das allseitig umschlossen ist. Die Befüllung eines solchen Kanalsystems erfolgt entweder bevor ein Deckel auf das rinnenförmige Kanalsystem aufgebracht wird oder durch eine entsprechende Befüllöffnung, an die z. B. eine Pipette angesetzt werden kann. An anderer Stelle des Kanalsystems ist eine Entlüftungsöffnung vorgesehen, so dass die durch die eingebrachte Flüssigkeit verdrängte Luft entweichen kann. Da die Bewegung in dem Kanalsystem durch die schallinduzierte Strömung vermittelt wird, ist ein dichter Abschluss nicht nötig, wie es bei anderen Verfahren des Standes der Technik der Fall ist, die hydrostatischen Druck zur Bewegung verwenden.

**[0016]** Einfacherweise ist das Kanalsystem in einem

Substrat vorgesehen. Vorteilhaft ist die Verwendung eines Materiales, das von akustischen Wellen durchdrungen wird, zum Beispiel Glas, nicht-elastischer Kunststoff oder Halbleitermaterialien. Auf diese Weise ist auch bei außen angeordnetem Schallerzeuger sichergestellt, dass die Bewegung durch das mit den Schallwellen erzeugte "acoustic streaming" vermittelt wird und nicht durch eine schallwelleninduzierte Bewegung des Substratmaterials selbst.

**[0017]** Die Schallwellen werden erfindungsgemäß unit zumindest einem Interdigitaltransducer erzeugt, wie sie aus der Hochfrequenzfiltertechnologie bekannt sind. Derartige Interdigitaltransducer, die auf piezoelektrischen Materialien aufgebracht sind, können durch Anlegen einer Frequenz von 1 bis einigen 100 MHz zur Anregung von akustischen Wellen, insbesondere Oberflächenschallwellen, in dem piezoelektrischen Material eingesetzt werden. Die so erzeugten Schallwellen können in das System eingekoppelt werden, wie es auch in DE 103 25 313 B3 für den Fall von filmförmigen Kapillarspalten beschrieben ist.

**[0018]** Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der Interdigitaltransducer direkt mit der Flüssigkeit in Kontakt gebracht, ist also Teil des Mikrokanalsystems. So wird die Schallwelle, die mit dem Interdigitaltransducer erzeugt wird, direkt in die Flüssigkeit übertragen.

**[0019]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das rinnenartige Kanalsystem mit einer Folie, vorzugsweise aus Kunststoff, abgedeckt ist, gegen die der Interdigitaltransducer direkt gepresst wird, um eine direkte Übertragung der Schallwellen in die Flüssigkeit zu ermöglichen.

**[0020]** Das piezoelektrische Material, in der Regel ein Chip, kann auch direkt als Abschluss des Kanalsystems eingesetzt werden und insofern einen Teil des Kanalsystems darstellen.

**[0021]** Um in einem Kanalsystem Bewegung in den unterschiedlichen Richtungen zu ermöglichen oder um Verzweigungen mit Flüssigkeit zu durchströmen, können mehrere Interdigitaltransducer an unterschiedlichen Stellen des Kanalsystems vorgesehen sein.

**[0022]** Ein erfindungsgemäßes Mikrokanalsystem zur Bewegung von kleinen Flüssigkeitsmengen weist zumindest einen Kanal auf, der eine geschlossene Bahn darstellt. Wenigstens ein Interdigitaltransducer ist derart angeordnet, dass eine Schallwelle gerichtet in den Kanal eingekoppelt werden kann.

**[0023]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere vorteilhaft einzusetzen, wenn einzelne Bereiche des Mikrokanalsystems biologisch, chemisch, physikalisch oder auf andere Weise funktionalisiert sind. An einer solchen funktionalisierten Stelle kann mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem erfindungsgemäßen Mikrokanalsystem die Flüssigkeit vorbeigeführt werden, so dass die gesamte Flüssigkeit sicher mit der Funktionalisierung in Berührung kommt ist. Bei anderen Anwendungen kann die Flüssigkeit an entsprechend ange-

ordneten Messpunkten vorbei geführt werden. Bei entsprechender Ausgestaltung des Mikrokanalsystems mit Verzweigungen ist eine Dosierung oder Abteilung einzelner Flüssigkeitsmengen möglich, die unterschiedlichen Behandlungen in den einzelnen Verzweigungen unterzogen werden können.

**[0024]** Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Figuren im Detail erläutert, die schematische Ansichten des erfindungsgemäßen Systems bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigen. Dabei zeigt:

Figur 1a: eine schematisierte Längsschnittansicht eines erfindungsgemäßen Systems,

Figur 1b: eine Querschnittsansicht des Systems der Figur 1a,

Figur 2: einen schematisierten Längsschnitt einer anderen erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Figur 3: einen Querschnitt einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform, und

Figur 4: einen schematischen Längsschnitt durch eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform.

**[0025]** Figur 1a zeigt einen Längsschnitt durch ein Mikrokanalsystem. Erkennbar ist der Mikrokanal 3, der z. B. einen Durchmesser im Bereich von 50 µm bis einigen mm hat. Er ist z. B. durch nasschemisches Ätzen in einem Substrat 1 gebildet, das z. B. aus Glas, Halbleitermaterialien oder aus einem nicht elastischen Kunststoff besteht. In dem Kanal bewegt sich die Flüssigkeit, die beispielhaft durch die Kreuze 5 angedeutet ist. Die Bewegungsrichtung ist dabei mit 19 bezeichnet.

**[0026]** Figur 1b zeigt einen Querschnitt in Blickrichtung A der Figur 1a. Der ringförmige Kanal 3 hat eine Befüllöffnung 7, die in dieser Querschnittsansicht sichtbar ist. Unterhalb des Substrats 1 ist im Bereich einer Ecke ein piezoelektrisches Substrat 13 angeordnet, auf dem sich ein Interdigitaltransducer 11 befindet, der in an sich bekannter und hier daher nicht dargestellter Weise mit einem elektrischen Wechselfeld angesteuert werden kann. Gegebenenfalls kann zwischen dem piezoelektrischen Material 13 und dem Substrat 1 ein Koppelmedium (z. B. Wasser) vorgesehen sein, um eine unerwünschte Reflexion der Schallwellen an einem möglicherweise vorhandenen dünnen Luftspalt zu vermeiden. Interdigitaltransducer, die an sich aus der Oberflächenwellenfiltertechnologie bekannt sind, umfassen kammartig ausgebildete metallische Elektroden, deren doppelter Fingerabstand die Wellenlänge der Oberflächenschallwelle definiert und die durch optische Fotolithographieverfahren z. B. im Bereich um die 10 µm Fingerabstand hergestellt werden können. Solche Interdigitaltransducer werden auf piezoelektrischen Kristallen vorgesehen, um

darauf Oberflächenschallwellen in an sich bekannter Weise anzuregen. Anlegen eines elektrischen Wechselfeldes von einigen bis einigen 100 MHz in an sich bekannter Weise an die ineinander greifenden Fingerelektroden des Interdigitaltransducers 11 bewirkt die Erzeugung von Oberflächenschallwellen, die ähnlich wie in DE 103 25 313 B3 beschrieben zur Ausbildung von Schallwellen 15, 17 führen. Das Anlegen des Wechselfeldes kann über entsprechende elektrische Anschlüsse oder z. B. durch drahtlose Einstrahlung erfolgen.

**[0027]** Die Längsschnittansicht der Figur 1a entspricht etwa der Blickrichtung B, die in Figur 1b angegeben ist.

**[0028]** Die Lage des Interdigitaltransducers 11 und die Abstrahlrichtungen der Schallwellen 15, 17 sind auch in Figur 1a angedeutet, obwohl sie in der Längsschnittansicht der Figur 1a an sich nicht sichtbar wären. Zudem sind in Figur 1a das Befüllloch 7 und das Entlüftungsloch 9 angedeutet, die in der Längsschnittansicht der Figur 1a eigentlich ebenfalls nicht sichtbar sein sollten, da sie bei der gezeigten Ausführungsform im oberen Abschluss 18 vorgesehen sind.

**[0029]** Die in Figuren 1a und 1b dargestellte Anordnung kann wie folgt eingesetzt werden. Durch die Befüllöffnung 7 wird Flüssigkeit in das System eingebracht. Dabei kann die Kapillarkraft ausgenutzt werden, die die Flüssigkeit durch den Kanal 3 hindurch saugt. Alternativ kann die Flüssigkeit durch die Befüllöffnung 7 z. B. mit einer Spritze oder Pipette eingebracht werden. Die von der Flüssigkeit aus dem Kanal 3 verdrängte Luft tritt durch die Entlüftungsöffnung 9 aus. Der Kanal ist schließlich vollständig mit Flüssigkeit gefüllt. Nach der Befüllung können die Befüllöffnung 7 und die Entlüftungsöffnung 9 verschlossen werden, was jedoch nicht notwendig ist. Anlegen eines elektrischen Wechselfeldes in der Größenordnung von 1 MHz bis einigen 100 MHz an den nur schematisch dargestellten Interdigitaltransducer 11 bewirkt die Erzeugung einer Oberflächenschallwelle auf dem piezoelektrischen Substrat 13, das die Abstrahlung von Schallwellen 15, 17 senkrecht zu der Fingerausrichtung des Interdigitaltransducers 11 bewirkt. Während die Schallwelle 17 nach außen abstrahlt und somit ohne wesentliche Wirkung auf die Flüssigkeit bleibt, strahlt die Schallwelle 15 direkt in den Kanal 3 ein. Die Schallwellen durchdringen das Substratmaterial aus Glas, Kunststoff oder Halbleitermaterial und erzeugen in der Flüssigkeit eine Strömung "acoustic streaming". Flüssigkeitsteilchen 5 werden durch den Schallimpulsübertrag in Richtung 19 beschleunigt und bewirken eine Bewegung entlang des Kanals 3.

**[0030]** Da das Kanalsystem vor Einstrahlen der Schallwelle bereits gefüllt ist, ist nur ein sehr geringer Druck notwendig. Insofern sind die von dem Interdigitaltransducer 11 elektrischen Leistungen von kleiner als 1 Watt ausreichend, um eine Bewegung der Flüssigkeit zu bewirken.

**[0031]** Durch die Anordnung des Interdigitaltransducers 11 in einer Ecke des Kanalsystems 3 ist sichergestellt, dass nur eine Schallkomponente 15 in Richtung

des Kanals 3 wirkt, während die andere vom Interdigitaltransducer erzeugte Schallwelle nach außen abgestrahlt wird. Alternativ kann ein unidirektionales Transducerdesign eingesetzt werden, das nur in eine Richtung abstrahlt. Ein solcher unidirektionaler Transducer kann an beliebiger Stelle des Kanals 3 eingesetzt werden. Schließlich können Geometrien realisiert werden, bei denen der Gegenstrahl 17 nicht nach außen abgestrahlt ist, sondern gezielt absorbiert oder reflektiert wird.

**[0032]** Das Kanalsystem kann unterschiedliche Geometrien aufweisen, solange nur eine geschlossene Bahn möglich ist. Eine andere Ausgestaltung zeigt z. B. Figur 2 mit einer Verzweigung 4. Der Interdigitaltransducer 11 wird wie für Figur 1 beschrieben zur Erzeugung einer Bewegung in Richtung 19 eingesetzt. Ein weiterer Interdigitaltransducer 12 kann eine Bewegung entlang der Abzweigung 4 in Richtung 20 bewirken.

**[0033]** Mit Hilfe eines Interdigitaltransducers 14 kann die Bewegungsrichtung der Flüssigkeit umgedreht werden, so dass sich die Flüssigkeit in Richtung 22 bewegt.

**[0034]** Bei einer nicht gezeigten Ausführungsform ist das Kanalsystem nach oben hin offen.

**[0035]** Figur 3 zeigt eine andere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mikrokanalsystems im Querschnitt. Hier wird das Kanalsystem 3 durch eine Kunststoffolie 21 abgeschlossen, auf die das piezoelektrische Material 13 mit dem darauf aufgetragenen Interdigitaltransducer 11 aufgedruckt wird, so dass der Luftspalt zwischen Transducer und Folie kleiner als die Schallwellenlänge (1 bis einige 100  $\mu\text{m}$ ) ist, um Reflexionen am Luftspalt zu vermeiden. Die Schallwelle durchdringt die Kunststoffolie und die Energieübertragung auf die Flüssigkeit erfolgt durch acoustic streaming und nicht durch die schallinduzierte Bewegung der Folie selbst.

**[0036]** Bei einer weiteren Ausführungsform, die nicht in den Figuren dargestellt ist, wird das piezoelektrische Material zur Erzeugung der akustischen Wellen direkt als Deckel für das Kanalsystem eingesetzt.

**[0037]** Figur 4 zeigt in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Mikrokanalsystem mit einem funktionalisierten Bereich 23. Dieser funktionalisierte Bereich kann z. B. eine physikalische, chemische, biologische oder eine andere Funktionalisierung aufweisen, die zu einer Reaktion mit der Flüssigkeit in dem Kanalsystem 3, 4 vorgesehen ist. Nachdem die Flüssigkeit z. B. durch eine Einfüllöffnung entsprechend der Einfüllöffnung 7 der Figur 1 in das Kanalsystem eingebracht worden ist wird entweder mit Hilfe des Interdigitaltransducers 11 oder des Interdigitaltransducers 14 wie beschrieben in dem Kanal 3 eine Strömung erzeugt. Anlegen eines weiteren elektrischen Wechselfeldes an den Interdigitaltransducer 12 bewirkt eine Bewegung in Richtung 20 durch die Verzweigung 4. Die Flüssigkeit wird so an dem funktionalisierten Bereich 23 vorbeigeführt. Durch die Strömung in dem Kanalsystem 3, 4 kann sichergestellt werden, dass die gesamte Flüssigkeit mit diesem funktionalisierten Bereich in Kontakt kommen kann und z. B. eine Reaktion eingehen kann.

**[0038]** 25 bezeichnet nur schematisch eine Messanordnung, die z. B. elektrisch oder optisch sein kann. 27 bezeichnet ebenfalls nur schematisch den elektrischen Anschluss dieser Messeinrichtung. Bewegt sich die Flüssigkeit in dem Kanal 3 z. B. durch Anregung einer Strömung mit dem Interdigitaltransducer 11 oder mit dem Interdigitaltransducer 14, so wird die Flüssigkeit an diesem Messpunkt 25 vorbeigeführt. Die kontinuierliche Strömung gewährleistet, dass die gesamte Flüssigkeit an dem Messpunkt vorbeifließt.

**[0039]** Die Erzeugung von Schallwellen in der Flüssigkeit mit Hilfe von Oberflächenschallwellen, die durch einen Interdigitaltransducer auf einem piezoelektrischen Material generiert werden, ist für das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft, da die so erzeugte Schallwelle bereits eine große Komponente in Richtung des Kanals hat.

**[0040]** Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. das erfindungsgemäße Mikrokanalsystem haben den weiteren Vorteil, dass sie nicht nur zur Bewegung der Flüssigkeit entlang des Kanals verwendet werden können, sondern auch zur Durchmischung der Flüssigkeit. Dazu werden die Schallwellenerzeugungseinrichtungen mit so geringer Leistung betrieben, dass die Energie nicht zur Strömung des Gesamtsystems ausreicht. Alternativ können zwei Transducer, die eine gegenläufige Abstrahlrichtung haben, wie z. B. die Transducer 11 und 14 der Figur 2, gleichzeitig betrieben werden, so dass eine Strömung der Flüssigkeit nicht möglich ist und nur eine Durchmischung erfolgt.

**[0041]** Selbstverständlich verwirklichen die hier beschriebenen Ausführungsformen nur Beispiele möglicher Geometrien, ohne dass die Erfindung auf die dargestellten speziellen Formen des Kanalsystems eingeschränkt sein soll. Außerdem können am Kanal beliebig viele Interdigitaltransducer mit unterschiedlichen Abstrahlrichtungen vorgesehen sein.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewegung von kleinen Flüssigkeitsmengen in Mikrokanälen, bei dem

- eine Flüssigkeitsmenge in ein Kanalsystem (3, 4) eingebracht wird, das zumindest einen Bereich umfasst, der topologisch einem Ring entspricht, so dass eine geschlossene Bahn der Flüssigkeit möglich ist, und
- akustische Wellen (15) in die Flüssigkeit eingestrahlt werden, die in der Ebene des Kanalsystems (3, 4) mindestens eine asymmetrische Komponente haben, die die Bewegungsrichtung der Flüssigkeit definiert,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

zur Erzeugung der akustischen Wellen zumindest ein Interdigitaltransducer (11) auf einem piezoelek-

trischen Material (13) eingesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Kanalsystem einen Ring (3) umfasst.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem ein Kanalsystem eingesetzt wird, das nach oben offen ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem ein Kanalsystem (3, 4) eingesetzt wird, das allseitig mit Ausnahme einer Befüllöffnung (7) und einer Entlüftungsöffnung (9) geschlossen ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das verwendete Kanalsystem (3, 4) in einem Substrat (1) aus Glas, nicht-elastischem Kunststoff oder Halbleitermaterial gebildet ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der Interdigitaltransducer mit der Flüssigkeit direkt in Kontakt ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Kanalsystem (3, 4) mit einer Folie, vorzugsweise einer Kunststoffolie abgedeckt ist, gegen die der Interdigitaltransducer (11) gepresst wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Kanalsystem an einer Stelle durch das piezoelektrische Material, auf dem der Interdigitaltransducer aufgebracht wird, abgeschlossen ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Frequenz der Schallwellen im Bereich zwischen einem MHz bis einigen 100 MHz gewählt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem mehrere Schallerzeugungseinrichtungen (11, 12, 14) eingesetzt werden, um unterschiedliche Bewegungen zu bewirken.

11. Mikrokanalsystem zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Bewegung von kleinen Flüssigkeitsmengen, mit

- zumindest einem Kanal (3), der eine geschlossene Bahn darstellt, und
- zumindest einer Schallerzeugungseinrichtung (11, 14), die derart angeordnet und/ oder ausgestaltet ist, dass eine Schallwelle (15) gerichtet in den Kanal (3) eingestrahlt werden kann, wobei die zumindest eine Schallerzeugungseinrichtung einen Interdigitaltransducer (11, 14) umfasst.

12. Mikrokanalsystem nach Anspruch 11, bei dem das Kanalsystem (3, 4) allseitig mit Ausnahme einer Be-

füllöffnung (7) und einer Entlüftungsöffnung (9) geschlossen ist.

13. Mikrokanalsystem nach einem der Ansprüche 11 oder 12, bei dem das Kanalsystem als Rinne in einem Substrat (1) ausgebildet ist, das mit einem Deckel (21) abgeschlossen ist. 5
14. Mikrokanalsystem nach Anspruch 13, bei dem der Deckel (21) aus Folie, vorzugsweise Kunststoffolie besteht und die Schallerzeugungseinrichtung (11) direkt am Deckel (21) anliegt. 10
15. Mikrokanalsystem nach Anspruch 11, bei dem das Kanalsystem nach oben offen ist. 15
16. Mikrokanalsystem nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei dem die zumindest eine Schallerzeugungseinrichtung außerhalb des Kanalsystems (3, 4) angeordnet ist. 20
17. Mikrokanalsystem nach einem der Ansprüche 11 bis 16, mit mehreren Schallerzeugungseinrichtungen (11, 12, 14), die derart angeordnet sind, dass sie Schallwellen in unterschiedlichen Richtungen in das Kanalsystem (3, 4) einstrahlen können. 25
18. Mikrokanalsystem nach einem der Ansprüche 11 bis 17, bei dem das Kanalsystem (3, 4) in einem Substrat (1) aus Glas, nicht-elastischem Kunststoff oder Halbleitermaterial gebildet ist. 30
19. Mikrokanalsystem nach einem der Ansprüche 11 bis 18, bei dem innerhalb des Kanalsystems (3, 4) zumindest ein biologisch, chemisch oder physikalisch funktionalisierter Bereich (23) vorgesehen ist. 35
20. Mikrokanalsystem nach einem der Ansprüche 11 bis 19, bei dem an zumindest einem Bereich des Kanalsystems (3, 4) eine Messanordnung (25) zum Messen eines physikalischen, biologischen oder chemischen Parameters vorgesehen ist. 40
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Flüssigkeit (5) an zumindest einem biologisch, chemisch oder physikalisch funktionalisierten Bereich (23) innerhalb des Kanalsystems (3, 4) vorbeibewegt wird. 45
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder 21, bei dem die Flüssigkeit (5) an zumindest einen Messpunkt (25) zur Messung eines physikalischen, biologischen oder chemischen Parameters vorbeibewegt wird. 50

## Claims

1. A method for displacing small amounts of fluids in microchannels, in which
  - an amount of fluid is introduced into a channel system (3,4) which comprises at least one area which corresponds in a topological manner to a ring so that a closed path of the fluid is possible, and
  - acoustic waves (15) are irradiated into the fluid, which have at least one asymmetrical component in the plane of the channel system (3,4), which component defines the displacement direction of the fluid,

**characterised in that**  
at least one interdigital transducer (11) on a piezoelectric material (13) is used to generate the acoustic waves.
2. The method according to Claim 1, wherein the channel system comprises a ring (3).
3. The method according to either Claim 1 or Claim 2, wherein a channel system is used which is upwardly open.
4. A method according to either Claim 1 or Claim 2, wherein a channel system (3,4) is used which is closed on all sides, with the exception of a filling opening (7) and a ventilation opening (9).
5. A method according to any one of Claims 1 to 4, wherein the channel system (3,4) used is formed in a substrate (1) of glass, non-elastic plastics material or semiconductor material.
6. A method according to any one of Claims 1 to 5, wherein the interdigital transducer is directly in contact with the fluid.
7. A method according to any one of Claims 1 to 5, wherein the channel system (3,4) is covered with a film, preferably a plastics material film, against which the interdigital transducer (11) is pressed.
8. A method according to any one of Claims 1 to 5, wherein the channel system is closed off at one location by the piezoelectric material, to which the interdigital transducer is applied.
9. A method according to any one of Claims 1 to 8, wherein the frequency of the sound waves is selected in the range of between 1 MHz and several 100 MHz.
10. A method according to any one of Claims 1 to 9,

wherein several sound-generating devices (11,12,14) are used to bring about different displacements.

11. A microchannel system for carrying out a method according to any one of Claims 1 to 10 for the displacement of small amounts of fluids, with

- at least one channel (3) which represents a closed path, and
- at least one sound-generating device (11,14) which is arranged and/or designed so that a sound wave (15) can be irradiated so as to be directed into the channel (3), wherein the at least one sound-generating device comprises an interdigital transducer (11,14).

12. A microchannel system according to Claim 11, wherein the channel system (3,4) is closed on all sides with the exception of a filling opening (7) and a ventilation opening (9).

13. A microchannel system according any one of Claims 11 or 12, wherein the channel system is formed as a groove in a substrate (1), which is closed by a cover (21).

14. A microchannel system according to Claim 13, wherein the cover (21) consists of film, preferably plastics material film, and the sound-generating arrangement (11) directly adjoins the cover (21).

15. A microchannel system according to Claim 11, wherein the channel system is upwardly open.

16. A microchannel system according any one of Claims 11 to 15, wherein the at least one sound-generating device is arranged outside the channel system (3,4).

17. A microchannel system according to any one of Claims 11 to 16, with a plurality of sound-generating devices (11,12,14) which are arranged so that they are able to irradiate sound waves in different directions into the channel system (3,4).

18. A microchannel system according to any one of Claims 11 to 17, wherein the channel system (3,4) is formed in a substrate (1) of glass, non-elastic plastics material or semiconductor material.

19. A microchannel system according to any one of Claims 11 to 18, wherein at least one biologically, chemically or physically functionalised area (23) is provided inside the channel system (3,4).

20. A microchannel system according to any one of Claims 11 to 19, wherein a measuring assembly (25) for measuring a physical, biological or chemical pa-

rameter is provided in at least one area of the channel system (3,4).

21. A method according to any one of Claims 1 to 10, wherein the fluid (5) is moved past at least one biologically, chemically or physically functionalised area (23) inside the channel system (3,4).

22. A method according to any one of Claims 1 to 10 or 21, wherein the fluid (5) is moved past at least one measurement point (25) to measure a physical, biological or chemical parameter.

## Revendications

1. Procédé pour déplacer de petites quantités de liquide dans des microcanaux, dans lequel :

- une quantité de liquide est introduite dans un système de canaux (3, 4), qui comprend au moins une zone qui correspond topologiquement à un anneau de sorte qu'une voie fermée du liquide soit possible, et
- on envoie dans le liquide des ondes acoustiques (15), qui ont, dans le plan du système de canaux (3, 4), au moins une composante asymétrique qui définit le sens de déplacement du liquide,

### caractérisé en ce que,

pour produire les ondes acoustiques, on utilise au moins un transducteur interdigital (11) sur un matériau piézoélectrique (13).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le système de canaux comprend un anneau (3).
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel on utilise un système de canaux qui est ouvert vers le haut.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel on utilise un système de canaux (3, 4) qui est fermé de tous côtés, à l'exception d'une ouverture de remplissage (7) et d'une ouverture d'aération (9).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le système de canaux employé (3, 4) est formé dans un substrat (1) en verre, en matériau synthétique non élastique ou en matériau semi-conducteur.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le transducteur interdigital est en contact direct avec le liquide.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le système de canaux (3, 4) est recouvert d'une feuille, de préférence d'une feuille synthétique, contre laquelle est pressé le transducteur interdigital (11). 5
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le système de canaux est fermé en un point par le matériau piézoélectrique, sur lequel est appliqué le transducteur interdigital. 10
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la fréquence des ondes acoustiques est choisie dans la plage entre un MHz et quelques 100 MHz. 15
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel on utilise plusieurs dispositifs générateurs de son (11, 12, 14) pour susciter différents mouvements. 20
11. Système de microcanaux pour effectuer un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 en vue de déplacer de petites quantités de liquide, avec 25
  - au moins un canal (3) qui représente une voie fermée, et
  - au moins un dispositif générateur de son (11, 14), qui est aménagé et/ou conçu de sorte qu'une onde acoustique (15) puisse être émise de manière dirigée dans le canal (3), le au moins un dispositif générateur de son comprenant un transducteur interdigital (11, 14). 30
12. Système de microcanaux selon la revendication 11, dans lequel le système de canaux (3, 4) est fermé de tous côtés, à l'exception d'une ouverture de remplissage (7) et d'une ouverture d'aération (9). 35
13. Système de microcanaux selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, dans lequel le système de canaux se présente sous la forme d'une rigole dans un substrat (1), qui est fermée par un couvercle (21). 40
14. Système de microcanaux selon la revendication 13, dans lequel le couvercle (21) est constitué d'une feuille, de préférence d'une feuille synthétique, et le dispositif générateur de son (11) est appliqué directement sur le couvercle (21). 45
15. Système de microcanaux selon la revendication 11, dans lequel le système de canaux est ouvert vers le haut. 50
16. Système de microcanaux selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, dans lequel le au moins un dispositif générateur de son est aménagé en dehors du système de canaux (3, 4). 55
17. Système de microcanaux selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, avec plusieurs dispositifs générateurs de son (11, 12, 14) qui sont aménagés de sorte qu'ils puissent envoyer des ondes acoustiques dans différentes directions dans le système de canaux (3, 4).
18. Système de microcanaux selon l'une quelconque des revendications 11 à 17, dans lequel le système de canaux employé (3, 4) est formé dans un substrat (1) en verre, en matériau synthétique non élastique ou en matériau semi-conducteur.
19. Système de microcanaux selon l'une quelconque des revendications 11 à 18, dans lequel il est prévu, à l'intérieur du système de canaux (3, 4), au moins une zone (23) à fonction biologique, chimique ou physique.
20. Système de microcanaux selon l'une quelconque des revendications 11 à 19, dans lequel il est prévu, dans au moins une zone du système de canaux (3, 4), un dispositif de mesure (25) pour mesurer un paramètre physique, biologique ou chimique.
21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel le liquide (5) passe devant au moins une zone (23) à fonction biologique, chimique ou physique à l'intérieur du système de canaux (3, 4).
22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 ou 21, dans lequel le liquide (5) passe devant au moins un point de mesure (25) pour mesurer un paramètre physique, biologique ou chimique.



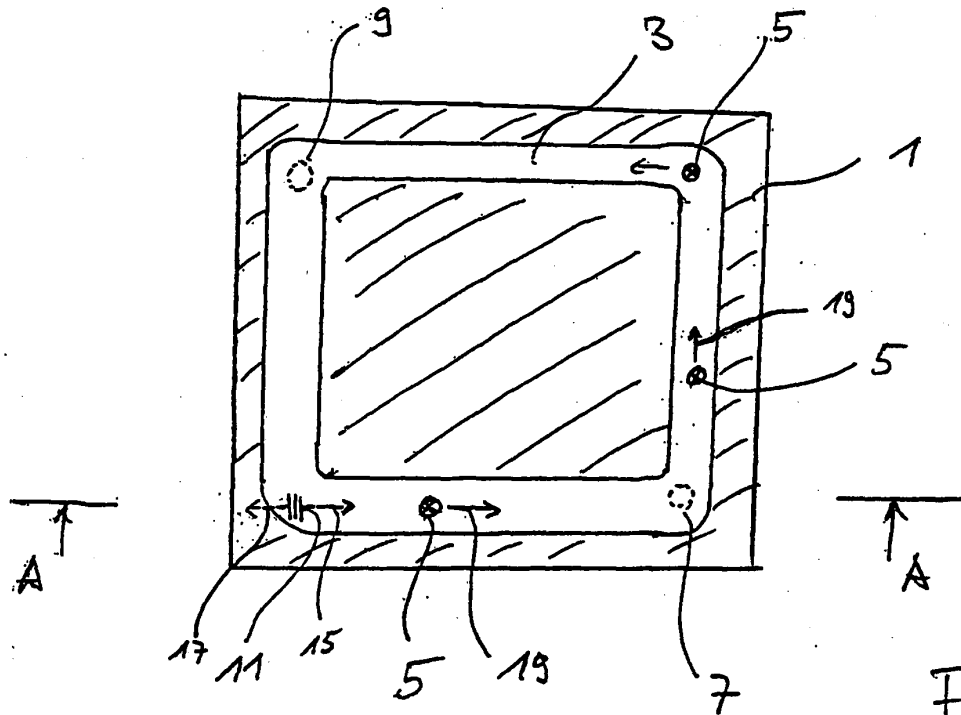


Figure 1a

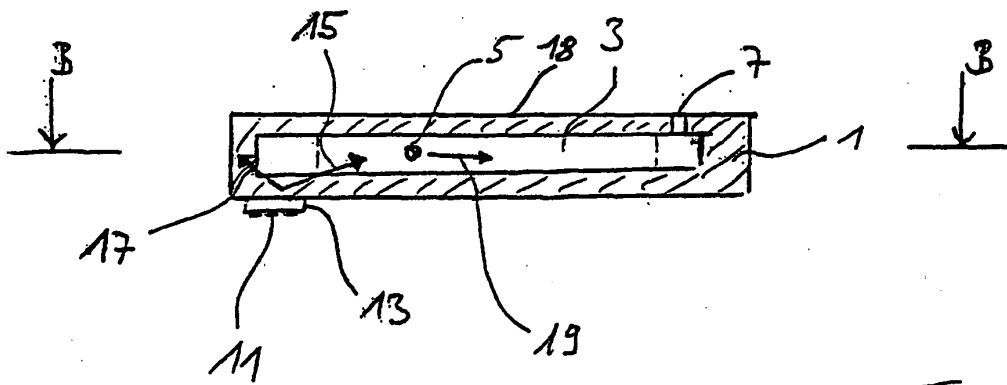


Figure 1b

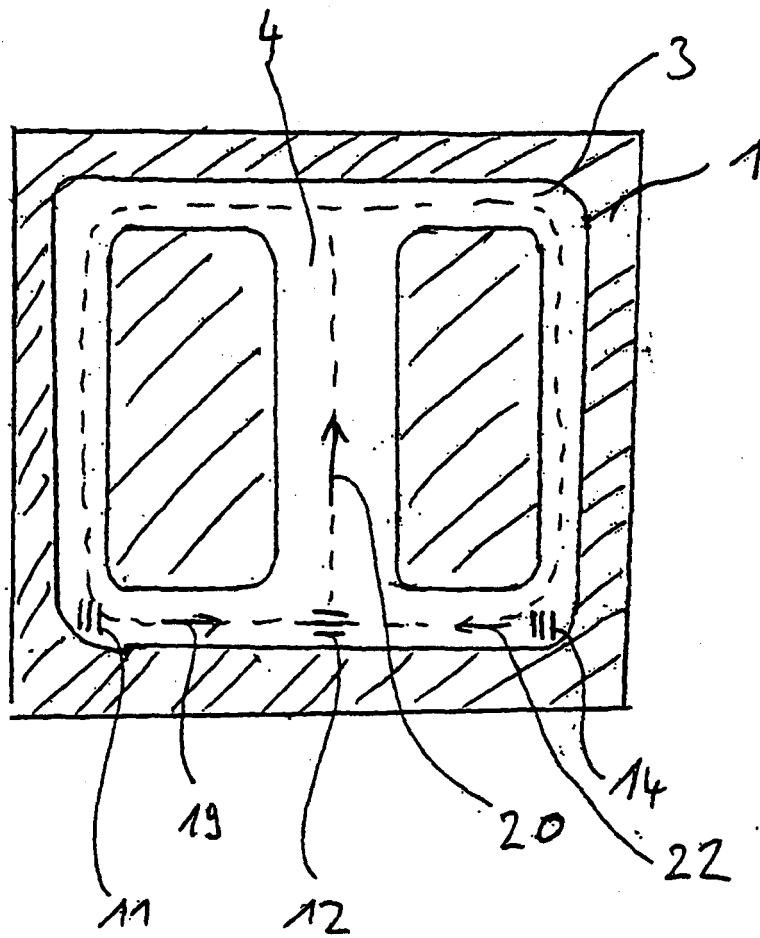


Figure 2

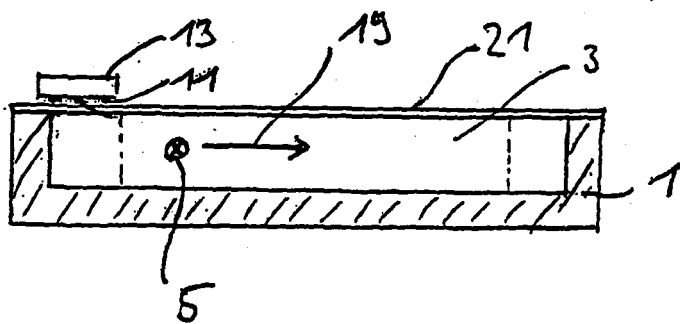


Figure 3

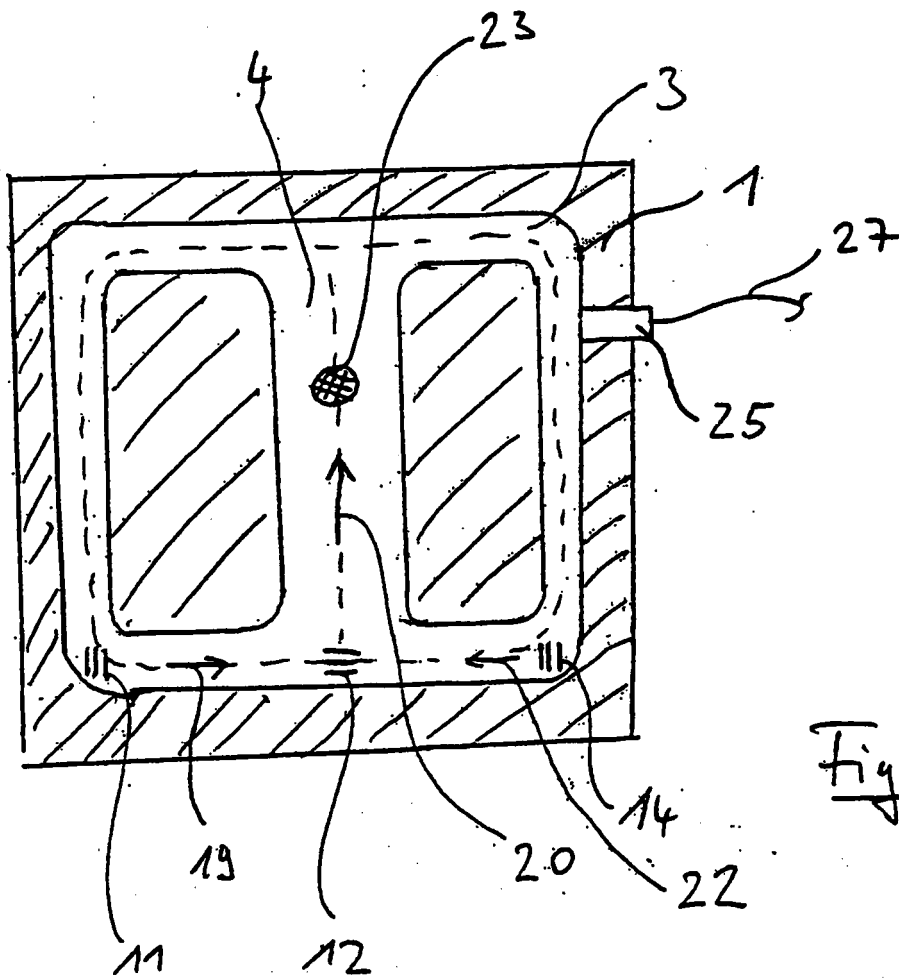


Figure 4

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 6408878 B [0004]
- US 6394759 B [0004]
- US 5472603 A [0004]
- DE 10325313 B3 [0007] [0017] [0026]
- US 6210128 B1 [0009]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **M. G. Pollack ; R. B. Fair.** *Applied Physics Letters*, 2000, vol. 77, 1725-1728 [0002]
- Acoustic Streaming. **Wesley Le Mars Nyborg.** *Physical Acoustics 2B*. Academic Press, 1965, 265 [0008]