



(10) **DE 11 2012 002 817 T5** 2014.04.10

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/005185**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 002 817.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2012/053449**
(86) PCT-Anmeldetag: **05.07.2012**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **10.01.2013**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **10.04.2014**

(51) Int Cl.: **G01N 11/04** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
P20110102443 **07.07.2011** **AR**

(74) Vertreter:
**Koch & Schiweck GbR Patentanwälte, 80339,
München, DE**

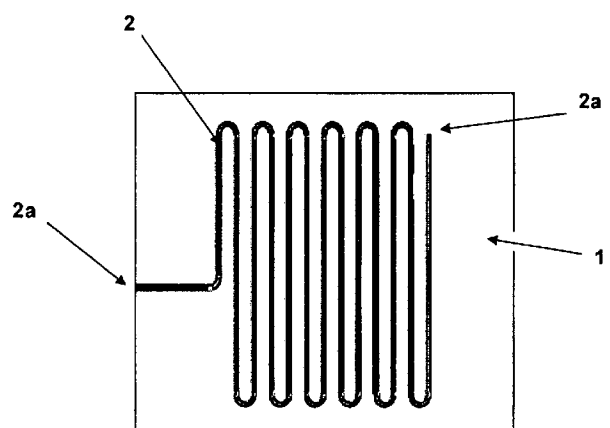
(71) Anmelder:
**Comision Nacional de Energia Atomica, Buenos
Aires, AR; Consejo Nacional De Investigaciones
Cientificas Y Tecnicas (Conicet), Buenos Aires,
AR; Inis Biotech LLC, Milford, Kent County, Del.,
US**

(72) Erfinder:
**Morhell, Nadim Marcelo, San Carlos de Bariloche,
Pcia de Rio Negro, AR; Pastoriza, Hernán, San
Carlos de Bariloche, Pcia de Rio Negro, AR**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kapillar-Mikroviskosimeter**

(57) Zusammenfassung: Kostengünstiges und einfach zu bedienendes Mikroviskosimeter, das für medizinische Diagnose, klinische Studien und andere Flüssigkeitstests geeignet ist. Das Gerät besteht aus einem Mikrokanal (2), der durch aneinanderhängende Mikrokanäle durch Mikrofertigungsverfahren hergestellt wird, und einen Positionsdetektor für die Flüssigkeitssäule innerhalb des Mikrokanals. Die Mikrokanäle sind an einem Ende offen und am anderen Ende geschlossen ist und aus einem einzigen biokompatiblen Material hergestellt. Wenn ein Flüssigkeitstropfen in den Eingang des Mikrokanal (2) eingeführt wird, tritt die Flüssigkeit durch Kapillarwirkung ein, bis der Druck der komprimierten Luft gleich dem Kapillardruck und dem Atmosphärendruck ist. Die transiente Bewegung der Flüssigkeit vom Eintreten in den Kanal bis zu ihrem Anhalten in der Gleichgewichtsposition wird analysiert, wodurch somit als Ergebnis die Viskosität und der Kapillardruck der getesteten Flüssigkeit erhalten wird.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kapillar-Mikroviskosimeter, das die Messung der Viskosität von Flüssigkeiten erlaubt, und das umfasst einen mikrogefertigten aus einem einzelnen biokompatiblen Material angefertigten Mikrokanal (Mikrokapillare), der an seinem Ende geschlossen ist, wobei die zu messende Flüssigkeit durch das offene Ende durch den Kapillardruck angetrieben eintritt. Aus der Messung der Position (und/oder Geschwindigkeit) des Flüssigkeitsmeniskus über der Zeit ist es möglich, die Werte der Kapillar-Viskosität und des Drucks zu erhalten.

HINTERGRUND UND VORTEILE DER ERFINDUNG

[0002] Bei der Untersuchung der physikalischen und chemischen Eigenschaften einer Flüssigkeit ist es wichtig, deren Viskosität zu bestimmen. Zu diesem Zweck sind Viskosimeter verwendet worden, die es ermöglichen, Flüssigkeiten bei verschiedenen Strömungsformen und bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten zu testen.

[0003] Es gibt eine große Anzahl von Industrien und Forschungsfeldern, bei denen die Viskositätsmessung ein Routine-Test ist, zum Beispiel unter anderem bei der Erdölraffination, Schmieröl-Produktion, Emulsionen, in der Pharmaindustrie, bei Druckfarben oder der Produktion von Milchprodukten.

[0004] Bei einigen Anwendungen wie z. B. der Analyse von biologischen Flüssigkeiten verändern Suspensionspartikel die Viskosität der Flüssigkeit im Verhältnis zur Strömungsgeschwindigkeit. Für diese rheologischen Fluide oder Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten sind Viskosimeter konzipiert, die in der Lage sind, Viskositätswerte für verschiedene Geschwindigkeitsgradienten zu ermitteln.

[0005] In Fällen, in denen ein begrenztes Probenvolumen vorhanden ist, ist es notwendig, Vorrichtungen zu haben, die mit Volumina von weniger als einigen Mikroliter Flüssigkeit arbeiten können.

[0006] Es gibt drei Arten von Viskosimeter, die sich durch das physikalische Prinzip, nach dem sie arbeiten, unterscheiden. Das erste, das als Stokes-Typ bezeichnet wird, besteht aus der Analyse der Bewegung eines Körpers innerhalb einer Flüssigkeit und dem Berechnen der Viskosität aus der Widerstandskraft, die auf den Körper ausgeübt wird.

[0007] Bei der zweiten, dem Rotierenden Typ, wird die Flüssigkeit in einem Hohlraum, der von einem festen Teil und einem rotierenden Kegel gebildet wird, eingeführt. Die Rotation des Kegels induziert eine Drehbewegung in der Flüssigkeit, deren Viskosität aus dem Verhältnis zwischen Rotationsgeschwindigkeit und Drehmoment, das an den Kegel angelegt wird, erhalten werden kann.

[0008] Bei der dritten Art, die als Kapillar-Viskosimeter bezeichnet wird, bewegt sich das Fluid durch ein Kapillarrohr und es werden dynamische Parameter wie Position, Geschwindigkeit oder Strömungsrate gegenüber der Zeit aufgezeichnet.

[0009] Stokes-Typ-Viskosimeter sind nicht geeignet zum Messen von nicht-Newtonschen Flüssigkeiten aufgrund der Beschränkungen des physikalischen Arbeitsprinzips. Herkömmliche Kapillar-Viskosimeter erfordern einen minimale Probe von etwa 2 ml und sind einfach zu bedienen, erfordern allerdings, dass ein bekannter Druckunterschied zwischen ihren Enden erzielt werden muss, und sind andererseits häufig nicht für die Messung von nicht-Newtonschen Flüssigkeiten geeignet. Rotations-Viskosimeter können Viskositäten bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu messen, um nicht-Newtonschen Flüssigkeiten zu charakterisieren, und auf dem Markt gibt es Versionen, die mit Proben mit etwa 200 Mikroliter arbeiten, obwohl ihr Betrieb mehr Ausbildung und Qualifizierung erfordert.

[0010] Es gibt eine Reihe Viskosimeter betreffende Patentschriften. Das der vorliegenden Erfindung am nächsten kommende ist im US-Patent 7,188,515 offenbart, und unterscheidet sich von der vorliegenden Erfindung in mehrfacher Hinsicht, insbesondere, dadurch dass die in diesem Patent beschriebene Vorrichtung auf der Flüssigkeitgeschwindigkeitsanalyse in einer an beiden Enden offenen Kapillare basiert, eine zusätzliche Kapillare zur Messung des Kapillardrucks erfordert. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine einzelne geschlossene Kapillare, wobei die Dynamik der Fluidbewegung durch andere Gleichungen beschrieben wird. Wie durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt, ist es möglich, die Herstellung dieser Vorrichtungen zu

vereinfachen, wobei der Vorteil beibehalten wird, in der Lage zu sein, Flüssigkeitsvolumina von weniger als einem Mikroliter zu analysieren.

[0011] Andererseits ist die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung zuverlässiger in Bezug auf die gemachten Messungen, da im US-Patent 7,188,515 beschriebenen Viskosimeter die Viskosität durch Messung von zwei separaten Parameter (Kapillargeschwindigkeit und Druck) erhalten wird, von denen einer (Kapillardruck) eine breite Ergebnisstreuung präsentiert, weil er stark von den Herstellungsbedingungen abhängt.

[0012] Dieses US-Patent stellt ein mikrobearbeitetes Kapillar-Viskosimeter bereit, wobei der Flüssigkeitsstrom durch Kapillardruck angetrieben wird. Allerdings gibt es die im folgenden aufgelisteten signifikanten Unterschiede: 1) die zu messende Flüssigkeit bewegt sich entlang einer Kapillare mit beiden Enden offen; 2) der Kapillardruck wird durch Beobachten, in wie weit die Flüssigkeit eine Kapillare mit bekanntem Volumen eintritt, bestimmt ein; 3) die Flüssigkeitgeschwindigkeitsmessung wird mit elektrischen Kontakten, die entlang der Kapillare angeordnet sind, durchgeführt; 4) es wird mit einer Glasscheibe und einem Siliziumwafer, die miteinander verschweißt sind, hergestellt; in der vorliegenden Erfindung werden beide Kappen in dem selben Material hergestellt, und 5) die Temperatursteuerung der zu messenden Flüssigkeit wird nicht berücksichtigt.

[0013] Es kann auch die in der japanischen Patentschrift JP 61-161437 (A) beschriebene Vorrichtung erwähnt werden, bei der die Viskosität der Flüssigkeit bestimmt wird durch Messen der Fallgeschwindigkeit eines Stabes mit bekannten Abmessungen und Dichte, der in der zu untersuchenden Flüssigkeit eintaucht. Diese unterscheidet sich von der vorliegenden Erfindung dadurch, dass das Funktionsprinzip unterschiedlich ist, denn es kein Kapillarsondern eine Stokes-Typ-Viskosimeter, in dem die zu messende Flüssigkeit ruht. Darüber hinaus ist es keine mikrobearbeitete Vorrichtung.

[0014] Ferner ist in der Revista Chilena de Tecnologia Médica, Band 13, Nr. 1 Seiten 617–623, 1990, ein Artikel über die menschliche Blutviskosität und die Implementierung einer einfachen Methode für Vollblut und Plasma – Normalwerte – offenbart. In diesem Artikel werden Viskositätsmessungen in menschlichem Blut von verschiedenen Patienten durchgeführt. Dazu wird eine Vorrichtung verwendet, über die zuvor von B. Pirofsky in dem wissenschaftlichen Artikel "Die Bestimmung der Viskosität in Menschen durch Verfahren, basierend auf dem Poiseuille-Gesetz." J. Clin. Invest. 32, 292–298, 1953, berichtet worden war. Diese wendet das Prinzip an, die Viskosität anhand der Zeit zu bestimmen, die ein bekanntes Volumen der Flüssigkeit braucht, um sich entlang einer Kapillare bekannter Größe zu bewegen. Diese Offenbarung unterscheidet sich von der hier beschriebenen Erfindung in den folgenden Merkmalen: a) Es erfordert eine große Menge an Probe: 2,5 ml; b) die Druckdifferenz, die die Flüssigkeit antreibt, wird durch Schwerkraft bereitgestellt und Kapillareffekte werden vernachlässigt; c) die Flüssigkeit fließt in ein an beiden Enden offenes Rohr; d) die Flussrate wird bestimmt, indem das Anfangsvolumen der Flüssigkeit bekannt ist und Messen der Zeit des Passage durch die vorgegebene Kapillare, und e) Sie ist weder mikrobearbeitet noch in der Lage, in eine halbautomatische Vorrichtung integriert zu werden.

[0015] Mit Bezug auf das US-Patent 6,412,336 B2, das Vorrichtungen offenbart, die eine Flüssigkeits-Viskosität bestimmt durch deren Strömungsgeschwindigkeit durch ein Kapillareröhrchen mit bekannten Dimensionen, unterscheidet sie sich von der vorliegenden Erfindung dadurch, dass: a) die Flüssigkeit durch ein an beiden Enden offenes Rohr fließt; b) die Druckdifferenz, die die Flüssigkeitsbewegung antreibt durch die Schwerkraft bereitgestellt wird und Kapillar-Effekte vernachlässigt werden; und c) der Flüssigkeitsflussrate wird durch Messen des Gewichts der verschütteten Flüssigkeit gegen die Zeit bestimmt.

[0016] Was das US-Patent 4,441,358 angeht, dies betrifft Vorrichtungen, die die Flüssigkeits-Viskosität bestimmen durch deren Strömungsgeschwindigkeit durch ein Kapillarröhrchen mit bekannten Dimensionen. Sie unterscheidet sich von der vorliegenden Erfindung dadurch, dass: 1) Die Flüssigkeit durch ein Rohr an beiden Enden offen fließt; 2) Die Druckdifferenz, die die Flüssigkeitsbewegung antreibt durch die Schwerkraft gegeben ist und Kapillar-Effekte vernachlässigt werden; und 3) Die Flussrate der Flüssigkeit bestimmt wird durch Messen der Zeit, die der Meniskus der Flüssigkeit braucht, um sich zwischen zwei bekannten Punkten der Kapillare bewegen. Diese wird mit Hilfe von Ultraschallsensoren detektiert.

[0017] Im US-Patent 4,648,262 wird die Flüssigkeits-Viskosität bestimmt durch Messen der Fallgeschwindigkeit einer Kugel mit bekannten Abmessungen und Dichte, die in die zu testende Flüssigkeit, die sich innerhalb einer Kapillare befindet, eintaucht. Sie unterscheidet sich von der vorliegenden Erfindung dadurch, dass: 1) Das Arbeitsprinzip unterschiedlich ist (es ist keine Kapillar-, sondern ein Stokes-Typ-Viskosimeter), in dem die zu messende Flüssigkeit ruht; 2) es gibt keine Mikrobearbeitung.

[0018] Mit Bezug auf das US-Patent 2,095,282, dies offenbart Vorrichtungen, die Flüssigkeits-Viskosität bestimmen durch deren Strömungsgeschwindigkeit durch eine Kapillare mit bekannten Dimensionen. Sie unterscheidet sich von der vorliegenden Erfindung wie folgt: 1) Die Flüssigkeit fließt durch ein an beiden Enden offenes Rohr; 2) Die Druckdifferenz, die die Flüssigkeitsbewegung antreibt, wird durch die Schwerkraft gegeben und Kapillar-Effekte werden vernachlässigt, und 3) Die Flussrate der Flüssigkeit wird durch Messen der Entleerungszeit von vorbestimmten Flüssigkeitsvolumina bestimmt.

[0019] Wie im US-Patent 6,470,736 B2 offenbart, misst die Vorrichtung Flüssigkeitsviskosität anhand der Massenströmungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit durch eine Kapillare mit bekannten Dimensionen. Sie unterscheidet sich von der vorliegenden Erfindung dadurch, dass: 1) die Flüssigkeit durch ein an beiden Enden offenes Rohr fließt; 2) die Druckdifferenz, die die Flüssigkeitsbewegung antreibt, durch Schwerkraft gegeben ist und Kapillareffekte vernachlässigt werden, und 3) der Flüssigkeitsflussrate durch Messen des Gewichts der verschütteten Flüssigkeit über die Zeit bestimmt wird.

[0020] Es gibt zusätzlich andere wissenschaftliche Arbeiten und Patente, die Vorrichtungen mit ähnlichen Eigenschaften wie dem Viskosimeter der vorliegenden Erfindung betreffen, wie zum Beispiel denjenigen, die in den Patenten US 6,023,961, US 6,402,703, US 6,412,336, US 6,428,488, US 6,443,911, US 6,692,437, US 7,207,939, US 6,796,168 und US 2006/0179923 offenbart sind. Die meisten dieser Vorrichtungen verwenden das gleiche Funktionsprinzip, aber mit unterschiedlichen Methoden der Flüssigkeitshandhabung und der anschließenden Detektion

[0021] Das Funktionsprinzip von Kapillar-Viskosimetern besteht darin, eine Druckdifferenz herzustellen und die Position und/oder Geschwindigkeit der Flüssigkeitssäule durch ein Kapillarröhrchen aufzuzeichnen. Für die Messung nicht-Newtonschen Flüssigkeiten ist es notwendig, die Druckdifferenz oder den Kapillardurchmesser ändern.

[0022] Die Positionserfassung wird in der Regel mit optischen Detektoren (CCD-Kameras oder Photodetektor-Array) oder kapazitiven Detektoren durchgeführt. Kapillar-Mikrobearbeitung ermöglicht die Verwendung von kleinen Flüssigkeitsproben, wie in US 2006/0179923 A1 und US 2009/0203643 A1 gezeigt.

[0023] Das Funktionsprinzip des vorliegenden Viskosimeters besteht darin, von Kapillar-Druck zu profitieren, um die Druckdifferenz zu etablieren, die die Flüssigkeit bewegt. Die Position wird in Relation zur Zeit detektiert und durch Verarbeiten von Daten wird die Fluidviskosität berechnet.

[0024] Diese Strömungsgeschwindigkeit ist nicht konstant und nimmt ab, wenn die Flüssigkeit in den Kanal eintritt. Somit kann die Messung von nicht-Newtonschen Flüssigkeiten durch Analyse verschiedener Abschnitte derselben Kapillare oder durch Bearbeitung benachbarten Kapillaren mit unterschiedlichen Durchmessern durchgeführt werden.

[0025] Das vorgeschlagene Viskosimeter besteht aus einer Sensorbasis mit integrierter Elektronik, die Datenverarbeitung durchführt, und austauschbare Mikrokanäle, die in dieser Basis vor jeder Messung angeordnet sind. Gegebenenfalls können Daten von dem Prozessor zu einem Computer extrahiert werden. Der Betrieb des Gerätes ist einfach, da es nur erforderlich ist, einen Tropfen im Mikrokanaleinlass einzubringen.

[0026] Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung umfasst einen Mikrokanal, der in einem einzigen Material mikrobearbeitet ist, wodurch ein Ende der Kapillare offen und das andere geschlossen ist, so dass Flüssigkeit so lange eintritt, bis der Druck, der von dem komprimierten Luftvolumen ausgeübt wird gleich der Summe des Kapillardrucks und Luftdrucks ist.

[0027] Die für dieses Viskosimeter vorgeschlagene Geometrie erzeugt eine Flüssigkeitsdynamik, die es ermöglicht, absolute Viskositätsmessung zu erreichen. Andererseits stellt die Verwendung eines einzigen Materials zur Herstellung der Mikrokanäle gleichmäßige Grenzflächenbedingungen entlang dem Umfang des Kanals sicher. Konventionelle Kapillarviskosimeter analysieren Poiseuille-Ströme, also einen Flüssigkeitsstrom durch einen an beiden Enden offenen Kanal und der Druckdifferenz unterworfen. In diesem Fall modifiziert der geschlossene Kanal die Poiseuille-Strömung und eine andere Dynamik regelt die Bewegung der Flüssigkeit vom Eintritt bis zum Stoppen.

[0028] Diese Vorrichtung ist neu durch das verwendete physikalische Prinzip, bei dem der Übergangszustand einer Flüssigkeit, die in einen geschlossenen Kanal eintritt gemessen wird. Viskositätsmessungen sind absolut

und erfordern keine Kalibrierungsflüssigkeit bei jedem Test. Das Gerät ist mit Temperaturregelung und einem automatischen Datenverarbeitungssystem konzipiert, um seine Verwendung für Nicht-Experten zu erleichtern.

[0029] Obwohl das Messkonzept dem in der Patentanmeldung US 2006/0179923 beschriebenen ähnlich ist, unterscheidet sich die vorliegende Erfindung eindeutig aufgrund der Tatsache, dass sie verwendet einen einzelnen Kanal verwendet, um die Messung durchzuführen, sie beseitigt die Notwendigkeit einer Referenzflüssigkeit, da die Viskositätsmessungen absolut sind, und sie untersucht und analysiert Fluidodynamik in einer anderen Weise. Außerdem gibt es einen wesentlichen Unterschied im Herstellungsprozess durch Verwendung eines einzelnen biokompatiblen Materials im gesamten Prozess.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0030] Zum besseren Verständnis des Gegenstands der vorliegenden Erfindung ist dieser mit schematischen Figuren dargestellt worden ist, in einer bevorzugten Ausführungsform davon, die als anschauliche Beispiele genommen werden, wobei:

[0031] Fig. 1 ein Schema eines Wafers mit Mikrokanälen zeigt;

[0032] Fig. 2 ein Blockdiagramm des Mikroviskosimeters der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0033] Fig. 3 Schemata der Dynamik eines Flüssigkeitstropfens, der in den geschlossenen Kanals eintritt, zeigt;

[0034] Fig. 4 das graphische Ergebnis einer numerischen Simulation der Dynamik der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0035] In Fig. 5 zeigt die Messung eines Referenzflüssigkeit das gleiche Verhalten wie die numerische Simulation.

[0036] In allen Figuren entsprechen gleiche Bezugszeichen gleichen Elementen der Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0037] Fig. 1 zeigt einen mikrobearbeiteten Wafer **1**, vorzugsweise aus Glas oder einem anderen biokompatiblen Material hergestellt, mit einem einzelnen Mikrokanal **2**, am Ende **2a** offen und an dem anderen Ende **2b** geschlossen, durch Mikrokanäle vorzugsweise zickzackförmig aneinandergereihte, horizontal angeordnet, ermöglicht diese Geometrie, die Größe des Sensorbasis **3** zu reduzieren.

[0038] In Fig. 2 zeigt das Blockdiagramm des Sensorsystems die Verbindung zwischen den verschiedenen Stufen oder Teilen des Mikroviskosimeters. Die Basis **3** ist einstückig mit dem thermischen Stellglied (Antrieb) der Temperaturregelung **4** oder daran angebracht, die Datenverarbeitungseinheit **5** steuert das Detektorsystem **6**, die Messung des Atmosphärendrucks **8** und den Bildschirm oder die Anzeige **7**.

[0039] In Fig. 3 wird ein Flüssigkeitstropfen am Einlass **2a** des geschlossenen Mikrokanal eingeführt, und es ist schematisch der Eintritt des Tropfens zu verschiedenen Zeitpunkten um eine endgültige Stellung zu erreichen, dargestellt. Die Position "x" des Meniskus der Flüssigkeitssäule in Abhängigkeit von der Zeit "t" wird durch die Differentialgleichung ausgedrückt:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{r^2}{\alpha \mu} \left(\frac{L_T(P_C - P_0) - L(P_C - P_0)}{(L_T - L)} \right)$$

[0040] Wobei

$$L = \frac{P_C L_T}{(P_0 + P_C)}$$

die maximale Länge ist, bis zu der die Flüssigkeit in den Mikrokanal **2** eintritt, r der mittlere Kanalradius ist, α ein Parameter ist, der eindeutig durch den Abschnitt des Mikrokanals **2** (Mikrokapillare) bestimmt wird, μ die Viskosität der Flüssigkeit ist, L_T die Gesamt-Kanallänge ist, P_c der Kapillardruck ist und P_0 der Atmosphärendruck ist.

[0041] Das Ergebnis der Differentialgleichung ist:

$$t = \frac{\alpha \mu}{r^2} \frac{(L_T - L)}{L_T P_0} \left(\frac{1}{2} x^2 - (L_T - L)x + L(L_T - L) \ln\left(1 - \frac{x}{L}\right) \right)$$

wobei beobachtet wird, dass die Endposition, die die Flüssigkeit erreicht, erzielt wird, wenn der Argument des Logarithmus null (Null) ist.

[0042] Aus dieser Gleichung ist ersichtlich, dass es nur zwei Parameter gibt, die von der Flüssigkeit und deren Zusammenwirken mit der Kapillare bestimmt werden: μ und L , und beide können aus den Messungen von x in Bezug auf die Zeit bestimmt werden. Diese Daten werden einer nicht-linearen Anpassung der kleinsten Quadrate unterworfen, wobei μ und L die einzigen freien Parameter sind.

[0043] **Fig. 4** zeigt ein graphisches Ergebnis einer numerischen Simulation eines Flüssigkeitstropfens, den in einen Kanal mit den Entwurfsabmessungen eintritt und **Fig. 5** zeigt solche Referenz-Flüssigkeitsmessungen unter Verwendung eines optischen Detektionssystems.

[0044] Es lohnt sich herauszustellen, dass die aneinandergereihte Zickzack-Form des Kanal es möglich macht, eine optische Detektion mit einem festen optischen System durchzuführen, das das Optimum aus dem von der Linse vorgegebenen Sichtfeld herausholt.

Patentansprüche

1. Kapillar-Mikroviskosimeter umfassend einen Wafer (**1**), in welchem ein Mikrokanal (**2**) ausgebildet ist, wobei der Mikrokanal an einem Ende offen und an dem verbleibenden Ende geschlossen ist und durch aneinandergereihte Mikrokanäle gebildet wird, eine Basis (**3**), und eine Sensoreinrichtung (**6**) für die Position der zu messenden Flüssigkeitssäule, wobei der Sensor darin angeordnet und ist der Lage ist, die Dynamik der Flüssigkeit, die in diese mikrobearbeitete Kanäle (**2**) eintritt, aufzuzeichnen, wobei der Detektor (**6**) mit einem Prozessor (**5**) verbunden ist, und dieser Daten-Prozessor (**5**) eine Anzeige (**7**) umfasst.

2. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 1, wobei die Mikrokanäle in Zickzackform aneinandergereiht sind.

3. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 1, wobei der Wafer (**1**) aus einem einzigen mikrobearbeitetem biokompatiblen Material hergestellt ist.

4. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 1, wobei der Durchmesser der Mikrokanals (**2**) derart ist, dass sich die Flüssigkeit in diesem durch Kapillarwirkung bewegt.

5. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 2, wobei der Mikrokanal (**2**) horizontal angeordnet.

6. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 1, wobei die Basis (**3**) einstückig mit dem thermischen Stellglied der Temperatursteuerung (**4**) ist oder daran angebracht ist.

7. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 1, wobei die Positionssensorvorrichtung (**6**) ein optischer Sensor ist.

8. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 1, wobei die Viskosität anhand der transienten Dynamik-Analyse eines Fluids, das in einen geschlossenen Kanal durch Kapillarwirkung eintritt, durch Detektieren der Position in Abhängigkeit von der Zeit, berechnet wird.

9. Kapillar-Mikroviskosimeter nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung einen Luftdrucksensor umfasst.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

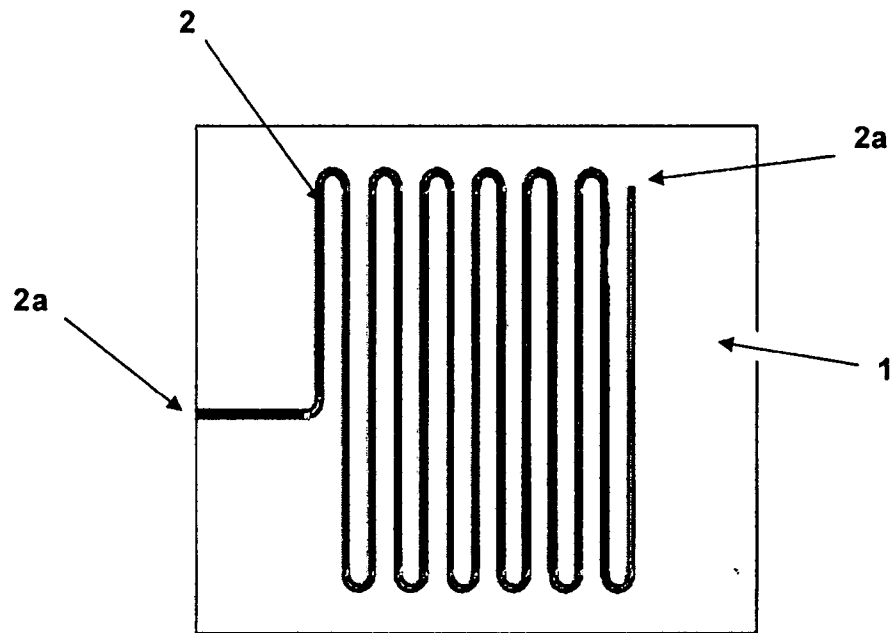


FIG. 1

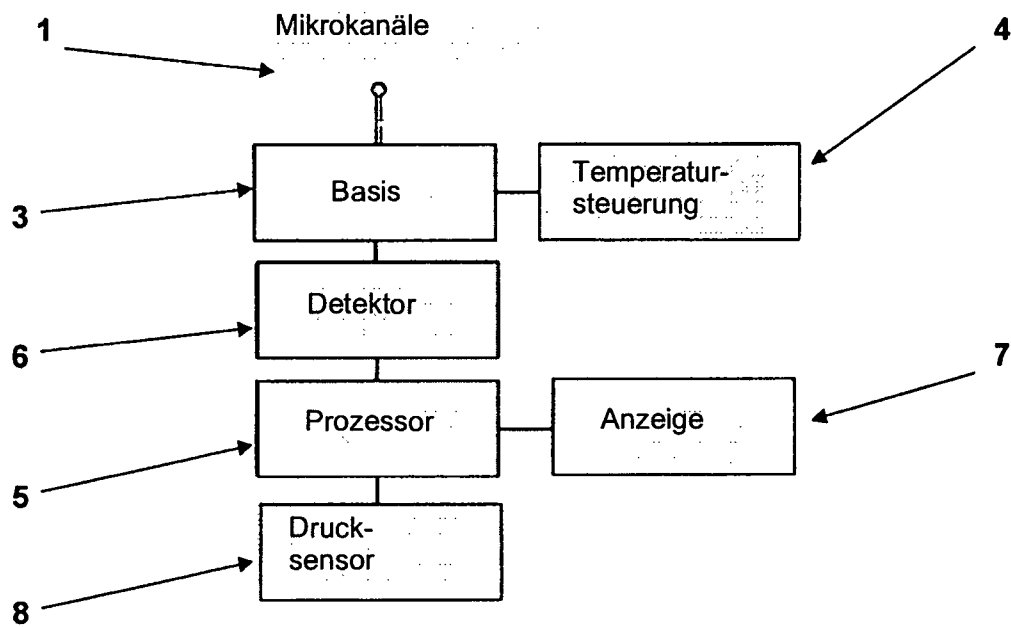


FIG. 2

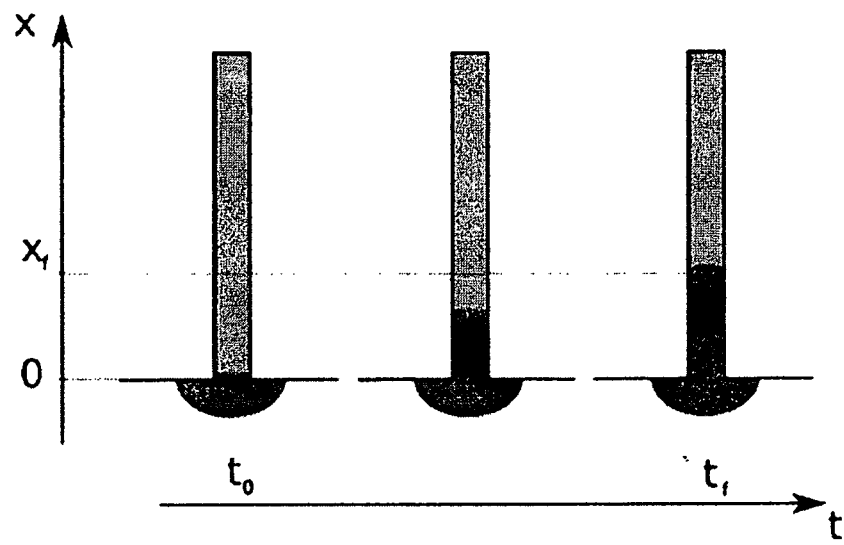


FIG. 3

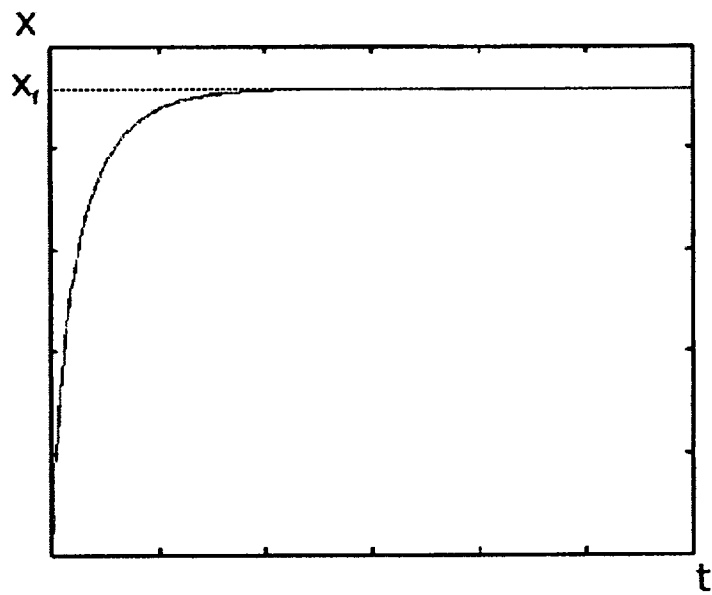


FIG. 4

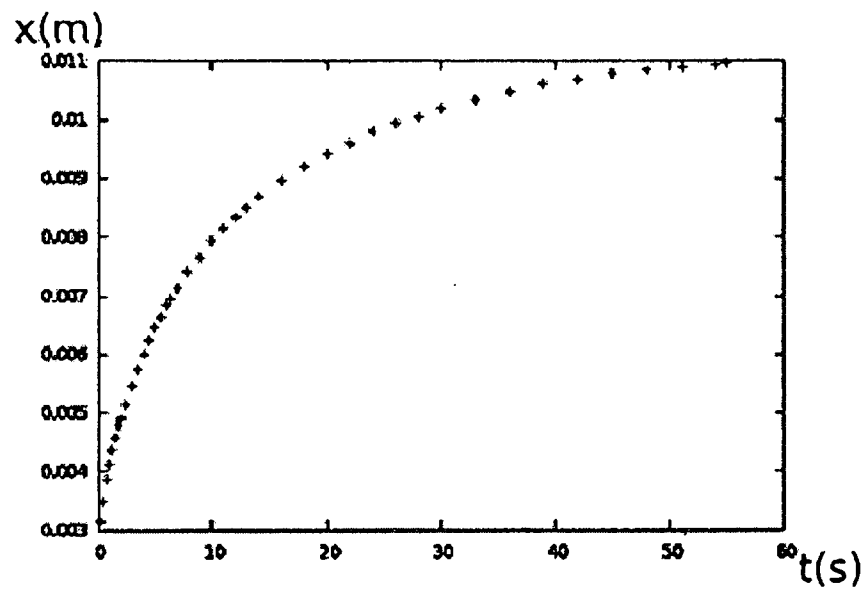


FIG. 5