



(10) **DE 10 2012 201 714 A1** 2013.08.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 201 714.3**

(22) Anmeldetag: **06.02.2012**

(43) Offenlegungstag: **08.08.2013**

(51) Int Cl.: **B81C 1/00 (2012.01)**

(71) Anmelder:

**Leibniz-Institut für Festkörper- und
Werkstoffforschung Dresden e.V., 01069,
Dresden, DE**

(72) Erfinder:

**Harazim, Stefan, 01445, Radebeul, DE; Sachnez,
Samuel, 01187, Dresden, DE; Schmidt, Oliver G.,
01219, Dresden, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Rauschenbach, 01187, Dresden,
DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

**DE 10 2005 011 471 A1
DE 10 2009 000 642 A1
DE 692 25 431 T2**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

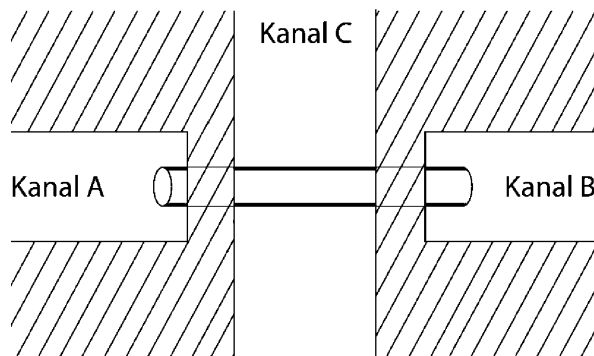
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON MIKROFLUIDSYSTEMEN**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf die Mikrosystemtechnik und betrifft ein Verfahren, wie es beispielsweise in der Mikrosystemtechnik für die Herstellung von Verbindungselementen in Mikrofluidsystemen, in der Medizintechnik oder auch in der analytischen Chemie/Biochemie zum Einsatz kommen kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens, mit welchem ein positionsgenau und stabiles Positionieren von Verbindungselementen zwischen Strukturelementen realisiert wird.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, bei dem auf einem Substrat mindestens an den Positionen von Verbindungselementen mindestens eine Polymerschicht aufgebracht und nachfolgend das Verbindungselement in die Position auf der Polymerschicht gebracht wird, danach wird mindestens eine weitere Polymerschicht mindestens teilweise über das Verbindungselement mindestens mit einer Dicke aufgebracht, die mindestens größer ist als die Höhe des Verbindungselementes, und danach wird eine Strukturierung und Aushärtung mindestens der mindestens zweiten Polymerschicht realisiert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Mikrosystemtechnik und betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Mikrofluidsystemen, wie es beispielsweise in der Mikrosystemtechnik für die Herstellung von Verbindungselementen in Mikrofluidsystemen, in der Medizintechnik oder auch in der analytischen Chemie/Biochemie zum Einsatz kommen kann.

[0002] Mikrofluidsysteme werden in der Mikrosystemtechnik zahlreich eingesetzt, um beispielsweise verschiedene Sensoren und Aktuatoren fluidisch auf einen Chip miteinander zu verbinden (Shin et. al: Lab Chip 11, 3380–3887 (2011); Schumacher et. al: Lab Chip 12, 464–473 (2012)).

[0003] Weiterhin ist ein Si/SiO_x-Mikro-Refraktometer auf einem Si-Substrat bekannt (A. Bernardi et al: Applied Physics Letters 93, 094106 (2008)). Danach wird ein Mikroröhrchen mit einem Durchmesser von 2–3 µm und einer Länge von 100 µm bis 1 mm, welches aus einer aufgerollten Si/SiO_x-Bischoicht besteht, mit einer Flüssigkeit gefüllt. Mittels Mikrophotolumineszenz-Spektroskopie wird durch Anregung mittels eines Lasers der Brechungsindex der Flüssigkeit ermittelt.

[0004] Ebenfalls bekannt sind optofluidische Ringresonatorstrukturen als Mikrostrukturen (K. Scholten et al: Applied Physics Letters 99, 141108 (2011)). Derartige Ringresonatorstrukturen werden als Sensoren für die biomedizinische Analyse benötigt. Diese Ringresonatorstrukturen bestehen aus kleinen Kapillaren, durch die die Analyseflüssigkeit fließt.

[0005] Derartige Resonatorstrukturen lassen sich aufgrund ihrer Herstellung entweder nur schlecht in „lab-on-a-chip“-Mikrosysteme integrieren oder sie weisen vergleichsweise schlechte Eigenschaften (Q-Faktoren) auf.

[0006] Ein bekanntes Verfahren in der Halbleiter- und Mikrosystemtechnik zur Herstellung von integrierten Schaltungen ist die Fotolithographie, bei der auf einer Oberfläche eine dünne ganzflächige Schicht aus Fotolack aufgebracht und durch eine lokale Änderung der chemischen Eigenschaften des Fotolacks und dessen Entfernung in den veränderten (Negativlack) oder unveränderten (Positivlack) Bereichen eine Strukturierung vorgenommen wird. Die lokale Änderung der chemischen Eigenschaften des Fotolacks wird durch Belichtung und dadurch ausgelöste fotochemische Reaktionen realisiert (Wikipedia, Stichwort Fotolithografie).

[0007] Nachteilig bei den bekannten Lösungen zur Herstellung von Mikrofluidsystemen ist im Wesentlichen das genaue Positionieren der Verbindungselemente zwischen Strukturelementen auf einem Sub-

strat, insbesondere Strukturelementen mit anderen Eigenschaften und Funktionen.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens zur Herstellung von Mikrofluidsystemen, mit welchem ein positionsgenau und stabiles Positionieren von Verbindungselementen zwischen Strukturelementen realisiert wird.

[0009] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung von Mikrofluidsystemen wird auf einem Substrat mindestens an den Positionen von Verbindungselementen mindestens eine Polymerschicht aufgebracht und nachfolgend das Verbindungselement in die Position auf der Polymerschicht gebracht, danach wird mindestens eine weitere Polymerschicht mindestens teilweise über das Verbindungselement mindestens mit einer Dicke aufgebracht, die mindestens größer ist als die Höhe des Verbindungselementes, und danach wird eine Strukturierung und Aushärtung mindestens der mindestens zweiten Polymerschicht realisiert,

[0012] Vorteilhafterweise werden als Verbindungselemente tubuläre Elemente mit kreisförmigem, quadratischem, rechteckigem, drei- oder mehrseitigem Querschnitt aufgebracht.

[0013] Ebenfalls vorteilhafterweise wird durch die mindestens erste Polymerschicht eine Plattform strukturiert, die in ihrer geometrischen Form und in ihren Abmessungen im Wesentlichen der geometrischen Form des Verbindungselementes entspricht.

[0014] Weiterhin vorteilhafterweise werden als Substrat Siliziumwafer, Glas, Keramiken und/oder Polymere eingesetzt.

[0015] Und auch vorteilhafterweise werden als Polymermaterial Fotolacke der SU-8 Reihe mit verschiedenen Viskositäten, CAR 44 eingesetzt.

[0016] Vorteilhaft ist es auch, wenn mindestens weitere Polymerschichten aufgebracht werden, deren Dicke mindestens doppelt so groß ist, wie die Höhe des Verbindungselementes.

[0017] Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn eine Strukturierung der Polymerschichten realisiert wird, die die Verbindungen des Mikrofluidsystems realisiert und die Verbindungselemente sicher und genau positioniert.

[0018] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn durch die Strukturierung der Polymerschichten eine gas- und/oder flüssigkeitsdichte Verbindung der Verbindungselemente mit dem Substrat und/oder anderen Strukturelementen realisiert wird.

[0019] Mit der erfindungsgemäßen Lösung ist es erstmals möglich, Mikrofluidsysteme auf einem Substrat herzustellen, mit dem ein positionsgenau und stabiles Positionieren von Verbindungselementen zwischen Strukturelementen realisiert wird.

[0020] Erreicht wird dies durch ein Verfahren zur Herstellung von Mikrofluidsystemen, bei dem auf einem Substrat mindestens an den Positionen von Verbindungselementen mindestens eine Polymerschicht aufgebracht und nachfolgend das Verbindungselement in die Position auf der Polymerschicht gebracht wird,

[0021] Mikrofluidsysteme bestehen aus einer Vielzahl an Strukturelementen, die jeweils so miteinander verbunden werden müssen, dass nur die jeweils gewünschten Flüssigkeiten oder Gase von und zu den jeweiligen Strukturelementen gelangen. Dazu sind Verbindungselemente erforderlich, die dies realisieren und gleichzeitig ein Vermischen oder unerwünschtes Austreten von Flüssigkeiten und/oder Gasen vermeiden sollen. Erfindungsgemäß können solche Verbindungselemente, die in der Regel tubuläre Elemente, vorteilhafterweise mit einem kreisförmigem, quadratischem, rechteckigem, drei- oder mehrrecksförmigem Querschnitt, sind, genau positioniert und stabil angeordnet werden und gleichzeitig an den gewünschten Stellen abgedichtet werden. Ebenfalls ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren einen Einbau der Verbindungselemente in das Mikrofluidsystem, ohne dass deren Querschnitt verändert oder nur unwesentlich verändert wird.

[0022] Nach dem Aufbringen der mindestens einen Polymerschicht werden das oder die Verbindungselemente positioniert. Nunmehr kann bereits die Strukturierung und Aushärtung der mindestens einen Polymerschicht erfolgen.

[0023] Danach wird mindestens eine weitere Polymerschicht mindestens teilweise über das Verbindungselement aber mindestens mit einer Dicke aufgebracht, die mindestens größer ist als die Höhe des Verbindungselementes. Vorteilhafterweise ist die Schichtdicke größer als die Höhe von Verbindungselement einschließlich der Höhe der mindestens einen Polymerschicht.

[0024] Damit wird gesichert, dass das Verbindungselement mindestens über seinen gesamten Umfang von Polymermaterial umgeben ist. Das Verbindungselement braucht aber nicht über seine gesamte Länge von Polymermaterial umgeben sein.

[0025] Dies wird durch die Strukturierung der mindestens weiteren Polymerschicht realisiert.

[0026] Nach dem Aushärten der Polymerschichten liegen positionsgenau und stabil Verbindungselemente auf dem Substrat vor, die die Strukturelemente miteinander verbinden und flüssigkeits- und/oder gasdicht durch das ausgehärtete Polymermaterial gegenüber anderen Flüssigkeiten und/oder Gasen abgedichtet sind.

[0027] Damit ist ein unabhängiges Austauschen von Gasen oder Flüssigkeiten zwischen den Strukturelementen und in und um das Substrat in und um die Verbindungselemente möglich.

[0028] Durch diese Abdichtungen kann die Sensitivität der Verbindungselemente verbessert, und ein serieller und/oder paralleler Einbau in Kombination mit anderen Struktur- und Verbindungselementen realisiert werden.

[0029] Erfindungsgemäß ist der Einsatz von Fotolithografieverfahren besonders vorteilhaft.

[0030] Damit ist die Strukturierung der Polymerschichten in hoher Flexibilität hinsichtlich Form, Abmessung und Orientierung der verbleibenden Polymerschichten möglich.

[0031] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist eine einfache Herstellung von Mikrofluidsystemen möglich, welches sehr kostengünstig und für eine Massenproduktion einsetzbar ist.

[0032] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0033] Dabei zeigt:

[0034] [Fig. 1](#) schematisch die Positionierung eines Mikroröhrchens

Beispiel

[0035] Ein Mikroröhrchen mit einer Länge von 200 μm und einem Durchmesser von 10 μm aus SiO_2 (Siliziumdioxid) soll auf einem Siliziumwafer zwischen zwei flüssigkeitsführenden Kanälen positioniert werden. Ein weiterer Kanal soll im Winkel von 90 ° zu den zwei zu verbindenden Kanälen verlaufen und mit einem Gas gefüllt werden. Dazu wird auf die Waferoberfläche ein Negativlack SU-8 10 in einer Schichtdicke von 5 μm aufgebracht. Nachfolgend wird der Lack mit einer Maske bedeckt und 30 s mit UV Licht belichtet. Nachfolgend wird das Mikroröhrchen als Verbindungselement der beiden flüssigkeitsführenden Kanäle positioniert und der Bereich zwischen den Enden des Mikroröhrchens wird mit einer weiteren Schicht aus diesem Negativlack mit einer Schichtdi-

cke von 20 µm auf die Oberfläche aufgebracht. Danach wird auch diese Schicht mit einer Maske bedeckt und 30 s mit UV Licht belichtet. Der Lack um die Öffnungen des Mikroröhrchens wird nicht belichtet, damit die Öffnungen beim Belichten nicht verschlossen werden.

[0036] Nachfolgend werden die belichteten Lackmaterialien durch einen Entwickler (mr-DEV 600) entfernt. Durch das Aushärten ist eine Strukturierung entstanden, die die beiden flüssigkeitsführenden Kanäle mit einem Mikroröhrchen flüssigkeits- und gasdicht miteinander verbindet und quer zu dieser Strömungsrichtung ein weiterer Kanal vorliegt, in dem ein Gas hindurchgeleitet wird. Das Mikroröhrchen führt geschlossen durch diesen dritten Kanal.

[0037] Durch dieses Verfahren ist das Mikroröhrchen positionsgenau und stabil positioniert und dient als Verbindungselement zwischen den beiden Kanälen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Shin et. al: Lab Chip 11, 3380–3887 (2011) [\[0002\]](#)
- Schumacher et. al: Lab Chip 12, 464–473 (2012) [\[0002\]](#)
- A. Bernardi et al: Applied Physics Letters 93, 094106 (2008) [\[0003\]](#)
- K. Scholten et al: Applied Physics Letters 99, 141108 (2011) [\[0004\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Mikrofluidsystemen, bei dem auf einem Substrat mindestens an den Positionen von Verbindungselementen mindestens eine Polymerschicht aufgebracht und nachfolgend das Verbindungselement in die Position auf der Polymerschicht gebracht wird, danach wird mindestens eine weitere Polymerschicht mindestens teilweise über das Verbindungselement mindestens mit einer Dicke aufgebracht, die mindestens größer ist als die Höhe des Verbindungselementes, und danach wird eine Strukturierung und Aushärtung mindestens der mindestens zweiten Polymerschicht realisiert,

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Verbindungselemente tubuläre Elemente mit kreisförmigem, quadratischem, rechteckigem, drei- oder mehr-eckigem Querschnitt aufgebracht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem durch die mindestens erste Polymerschicht eine Plattform strukturiert wird, die in ihrer geometrischen Form und in ihren Abmessungen im Wesentlichen der geometrischen Form des Verbindungselementes entspricht.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Substrat Siliziumwafer, Glas, Keramiken und/oder Polymere eingesetzt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Polymermaterial Fotolacke der SU-8 Reihe mit verschiedenen Viskositäten, CAR 44 eingesetzt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mindestens weitere Polymerschichten eingesetzt werden, deren Dicke mindestens doppelt so groß ist, wie die Höhe des Verbindungselementes.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem durch die Strukturierung der Polymerschichten die Verbindungen des Mikrofluidsystems realisiert und die Verbindungselemente sicher und genau positioniert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem durch die Strukturierung der Polymerschichten eine gas- und/oder flüssigkeitsdichte Verbindung der Verbindungselemente mit dem Substrat und/oder anderen Strukturelementen realisiert wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

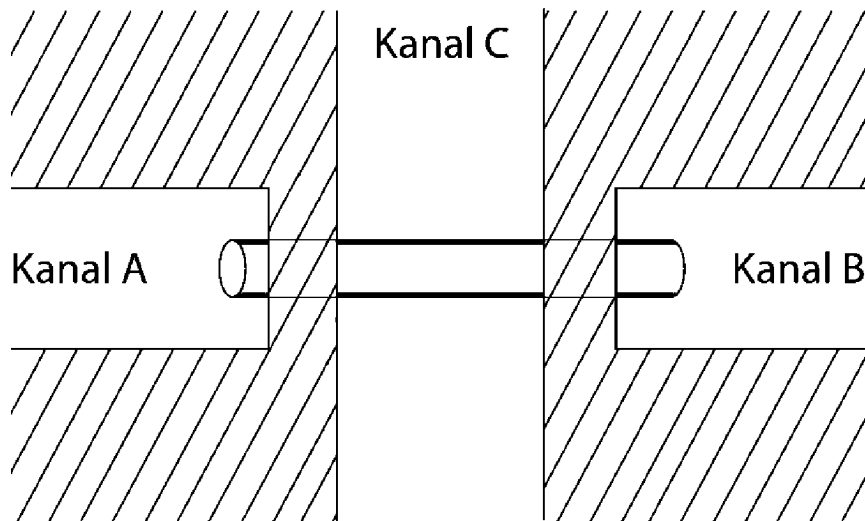


Fig. 1