

(19)



(11)

**EP 2 805 771 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**24.06.2020 Patentblatt 2020/26**

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

(21) Anmeldenummer: **14164950.9**

(22) Anmeldetag: **16.04.2014**

**(54) Fluidbereitstellungseinheit mit einer Ventilvorrichtung und Verfahren zum Betreiben einer Fluidbereitstellungseinheit**

Fluid provision unit with a valve device and method for operating a fluid provision unit with a valve device

Unité de préparation de fluide avec dispositif de soupape et procédé de fonctionnement d'une unité de préparation de fluide avec un dispositif de soupape

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **24.05.2013 DE 102013209645**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.11.2014 Patentblatt 2014/48**

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH  
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Steigert, Juergen  
70176 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**US-A1- 2006 166 233 US-A1- 2007 264 629  
US-A1- 2009 317 896 US-A1- 2012 234 393**

- **Jochen Rupp: "PhD thesis - Multilayer Pressure Driven Microfluidic Platform - FLATLab", Dissertation, 5. Dezember 2011 (2011-12-05), Seiten 1-124, XP055084718, Institut für Mikrosystemtechnik, Universität Freiburg, Germany Gefunden im Internet: URL:[http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/8374/pdf/111129\\_Rp\\_Dissertation\\_act ual.pdf](http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/8374/pdf/111129_Rp_Dissertation_act ual.pdf) [gefunden am 2013-10-21]**
- **SCHOMBURG WK ETAL: "3.5MUM THIN VALVES IN TITANIUM MEMBRANES", JOURNAL OF MICROMECHANICS & MICROENGINEERING, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB, Bd. 2, 1. September 1992 (1992-09-01), Seiten 184-186, XP000856098, ISSN: 0960-1317, DOI: 10.1088/0960-1317/2/3/015**

**EP 2 805 771 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

### Stand der Technik

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Ventilvorrichtung für eine Fluidbereitstellungseinheit und auf ein Verfahren zum Betreiben einer Ventilvorrichtung für eine Fluidbereitstellungseinheit.

**[0002]** Die Durchführung biochemischer Prozesse basiert auf der Handhabung von Flüssigkeiten. Typischerweise wird diese Handhabung manuell mit Hilfsmitteln wie Pipetten, Reaktionsgefäßen, aktiven Sondenoberflächen oder Laborgeräten durchgeführt. Durch Pipettierroboter oder Spezialgeräte sind diese Prozesse zum Teil bereits automatisiert. Sogenannte Lab-on-Chip- oder LoC-Systeme (Westentaschenlabor oder Chiplabor) sind mikrofluidische Systeme, die die gesamte Funktionalität eines makroskopischen Labors auf einem nur plastikkartengroßen Kunststoffsubstrat unterbringen. Lab-on-Chip-Systeme bestehen typischerweise aus zwei Hauptkomponenten. Ein Testträger oder eine Einwegkartusche beinhaltet Strukturen und Mechanismen für die Umsetzung der fluidischen Grundoperationen (z. B. Mischer). Diese Strukturen und Mechanismen bestehen beispielsweise aus passiven Komponenten wie Kanälen, Reaktionskammern und vorgelagerten Reagenzien oder auch aus aktiven Komponenten wie Ventilen und Pumpen. Eine zweite Hauptkomponente besteht beispielsweise aus Aktuations-, Detektions- und Steuereinheiten. Ein solches System ermöglicht es, biochemische Prozesse voll automatisiert durchzuführen.

**[0003]** Ein herkömmlicher Ansatz für die Realisierung von Lab-on-Chip-Systemen sind beispielsweise pneumatische Plattformen. Eine aktive Steuerung von Fluiden auf Lab-on-Chip-Kartuschen verlangt Ventile, die in einem fluidischen Netzwerk integriert sind. Mittels Anlegens eines Überdrucks in einer pneumatischen Struktur kann eine Membran ausgelenkt werden. Die Membran drückt dadurch einen fluidischen Kanal ab, wobei ein Fluidfluss zum Erliegen kommt. Diese Ventilform wird auch als "normally open"-Ventil bezeichnet. Allerdings werden auch "normally closed"-Ventile benötigt, d. h. Ventile, die im inaktivierten Zustand den fluidischen Kanal verschließen und diesen erst im aktuierten Zustand freigeben. Hierbei werden typischerweise Sollbruchstellen oder reversible Verstopfungen wie beispielsweise Materialien mit stark thermisch abhängigen Volumen oder Phasenübergänge zwischen "fest" und "flüssig" eingesetzt.

**[0004]** Mittels herkömmlicher Membranventile kann beispielsweise eine Richtung einer Flüssigkeit während des Betriebs eines LoC-Systems gesteuert werden. Allerdings weisen die in herkömmlichen Membranventilen verwendeten elastomeren Membranmaterialien eine hohe Gas- und Flüssigkeitspermeabilität auf, sodass eine direkte Vorlagerung von Flüssigkeiten wie beispielsweise Puffern (z. B. Waschpuffer, Hybridisierungspuffer, Lysepuffer), Ethanollösungen, PCR-Mastermix mit DNA-Lösungen, Enzym Lösungen, Proteinlösungen und Nuk-

leotidlösungen über einen Zeitraum von mehr als einem halben Jahr nicht möglich ist.

**[0005]** Bei flüssigen Medien tritt zudem eine Leckrate auf, womit ein längerfristiges Zurückhalten von Flüssigkeiten (beispielsweise länger als ein Tag) nicht möglich ist. Ferner eignet sich dieses herkömmliche Ventilprinzip nicht zur Realisierung von "normally closed"-Ventilen.

**[0006]** Bei sonstigen Konzepten für "normally closed"-Ventile wird typischerweise ein längeres, geblocktes Kanalstück verwendet. Zwischen zwei kommunizierenden Kammern besteht somit ein hohes Totvolumen, insbesondere beispielsweise bei Ventilen zur langzeitstabilen Lagerung von Reagenzien in einer Lagerkammer mit einer angebondenen Reaktionskammer, in die die Reagenzien überführt werden sollen.

**[0007]** Die Schrift "Multilayer Pressure Driven Microfluidic Platform -  $\mu$ FLATLab" (Jochen Rupp, Dissertation, 5. Dezember 2011, Seiten 1-124, XP055084718, Institut für Mikrosystemtechnik, Universität Freiburg, Deutschland, gefunden im Internet am 2013-10-21 unter: [http://www.freidok.unifreiburg.de/volltexte/8374/pdf/111129\\_Rp\\_Dissertation\\_act\\_ual.pdf](http://www.freidok.unifreiburg.de/volltexte/8374/pdf/111129_Rp_Dissertation_act_ual.pdf)) zeigt eine mikrofluidische Vorrichtung mit einer Steuerlage, einer Hydrauliklage und einer zwischen der Steuerlage und der Hydrauliklage angeordneten TPE-Membran.

**[0008]** In Schomburg, W. K., et al.: "3.5  $\mu$ m Thin Valves in Titanium Membranes", Journal of Micromechanics & Microengineering, Institute of Physics Publishing, Bristol, Großbritannien, Bd. 2, 1. September 1992, Seiten 184-186, XP000856098, ISSN: 0960-1317, DOI: 10.1088/0960-1317/2/3/015, wird ein Mikroventil beschrieben, das eine an einem Rahmen aufgehängte Titanmembran mit einer zentralen Öffnung und eine an der Titanmembran gegenüber der zentralen Öffnung angeordnete Polyimidmembran aufweist.

### Offenbarung der Erfindung

**[0009]** Vor diesem Hintergrund werden mit der vorliegenden Erfindung eine verbesserte Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Ventilvorrichtung vorgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

**[0010]** Es wird vorliegend eine Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit vorgestellt, wobei die Ventilvorrichtung die folgenden Merkmale umfasst:

einen Fluidbehälter;

eine Verschlusseinheit mit einer Verschlussmembran und einer Dichtstelle zwischen der Verschlussmembran und dem Fluidbehälter, wobei die Dichtstelle den Fluidbehälter fluiddicht verschließt; und

ein Mittel zum Ausüben eines Fluiddrucks auf zu-

mindest eine Seite der Verschlussmembran, wobei die Verschlussmembran und/oder die Dichtstelle ausgebildet ist, um durch den Fluiddruck zumindest teilweise beschädigt zu werden.

**[0011]** Unter einer Ventilvorrichtung kann eine Vorrichtung verstanden werden, durch die ein Fluid, beispielsweise eine Flüssigkeit oder ein Gas, fluiddicht in einem Fluidbehälter verschlossen oder aus einem solchen Fluidbehälter abgeleitet werden kann. Unter einer Fluidbereitstellungseinheit kann beispielsweise ein mikrofluidisches System, insbesondere ein Lab-on-Chip-System, verstanden werden. Mittels einer solchen Ventilvorrichtung können Fluide, insbesondere vorgelagerte Reagenzien, mit hoher Zuverlässigkeit voneinander getrennt werden.

**[0012]** Unter einer Verschlussmembran kann beispielsweise eine Folie verstanden werden. Eine solche Folie kann eine geringe Gas- und Flüssigkeitspermeabilität bzw. -diffusion aufweisen, insbesondere beispielsweise eine Ethandurchlässigkeit von weniger als 500 ml/(m<sup>2</sup> · d · bar), eine Wasserdampfdurchlässigkeit von weniger als 20 g/(m<sup>2</sup> · d), eine Sauerstoffdurchlässigkeit von weniger als 500 ml/(m<sup>2</sup> · d · bar) bei d = 100 µm. Ferner kann eine solche Folie kompatibel zu verwendeten Fluiden sein, insbesondere biologischen Flüssigkeiten. Geeignete Materialien sind beispielsweise Polymere, Metallfolien (insbesondere Aluminiumfolien) oder Mehrschicht- bzw. Verbundfolien, durch die die gewünschten Eigenschaften miteinander kombiniert werden können. Mittels einer solchen Folie können Fluide besonders lang in einem Fluidbehälter fluiddicht verschlossen werden.

**[0013]** Ferner kann eine solche Folie mechanische Eigenschaften aufweisen, die bewirken, dass die Folie ab einem Schwellwert von beispielsweise 100 mbar reißt oder bricht. Dazu kann die Folie mit einer Sollbruchstelle versehen sein. Eine solche Sollbruchstelle kann beispielsweise durch eine während des Herstellungsprozesses hergeführte Schwächung in Form von Dicken-schwankungen oder durch eine Nachbehandlung wie Laserablation, (Thermo-)Pressen oder Stanzen realisiert werden. Somit kann das Zerstören einer solchen Folie mittels eines definierten Drucks erfolgen.

**[0014]** Unter einer Dichtstelle kann beispielsweise eine Fügung oder Fügestelle verstanden werden, durch die die Verschlussmembran fluiddicht mit dem Fluidbehälter verbunden ist. Eine solche Fügung oder Fügestelle kann beispielsweise ein Kleber sein oder ein Klebmaterial umfassen. Ferner kann eine solche Fügung oder Fügestelle als Haftvermittler, beispielsweise aus Polymermaterial, auf die Verschlussmembran aufgetragen sein. Vorteilhafterweise kann die Herstellung einer solchen Fügung oder Fügestelle beispielsweise mittels Laserschweißverfahren, Ultraschallbonden oder weiterer thermischer Verfahren erfolgen.

**[0015]** Ferner kann die Fügung oder Fügestelle reversibel ausgelegt sein, sodass die Fügung beispielsweise

bei einem auf die Verschlussmembran ausgeübten Druck bricht und nachfolgend wieder verschließbar ist. Eine solche reversible Fügung kann beispielsweise durch Peelnähte, wie sie insbesondere in Stickpacks verwendet werden, realisiert werden, aber auch durch Fügungen, die bei thermischer Belastung (beispielsweise bei Temperaturen zwischen 45 und 150 Grad) instabil werden, oder durch Fügungen insbesondere aus Folien, die eine Dicke von bis zu 150 µm aufweisen und die ab einem Druck von 100 mbar brechen. Nach einem Aufreißen der Fügestelle oder Fügung kann ein Austreten zumindest eines Teils des Fluids in dem Fluidbehälter verhindert werden, wenn die Fügestelle wieder fluiddicht verschlossen wird. Mittels einer solchen reversiblen Fügung kann sichergestellt werden, dass die Folie bei einem auf die Verschlusseinheit ausgeübten Druck der geringer als ein Öffnungsdruck zum Öffnen der Fügestelle oder Fügung intakt bleibt oder wieder fluiddicht verschlossen wird.

**[0016]** Alternativ kann die Fügung oder Fügestelle irreversibel ausgeführt sein, sodass die Fügung oder Fügestelle beispielsweise einem auf die Verschlussmembran ausgeübten Druck geöffnet wird und nicht wieder verschließbar ist. Mittels einer solchen sehr einfach und kostengünstig hergestellten irreversiblen Fügung oder Fügestelle kann sichergestellt werden, dass bei einem auf die Verschlusseinheit ausgeübten Druck die Folie zerstört wird und ein sich im Fluidbehälter befindliches Fluid aus dem Fluidbehälter austreten kann.

**[0017]** Unter einem Mittel zum Ausüben eines Fluid-drucks kann eine Aufnahmeeinheit oder -fläche für Druck verstanden werden, die den Fluiddruck beispielsweise mittels einer Flüssigkeit auf die Verschlussmembran aufbringt. Ein solches Mittel kann ausgebildet sein, um die Verschlussmembran oder die Dichtstelle zu zerstören. Durch ein solches Mittel kann das Fluid, insbesondere innerhalb eines mikrofluidischen Systems, mit hoher Zuverlässigkeit geschaltet oder freigesetzt werden.

**[0018]** Der hier vorgestellte Ansatz basiert auf der Erkenntnis, dass herkömmliche Membranventile, insbesondere im Kontext mikrofluidischer Systeme, keine ausreichende Dichtheit gewährleisten, um Fluide wie beispielsweise Reagenzien langzeitstabil, insbesondere über Zeiträume von mehr als einem halben Jahr, aufzubewahren bzw. vorzulagern. Darüber hinaus sind herkömmliche Vorrichtungen zum Schalten von Fluiden, bei denen im inaktivierten Zustand ein Fluidbehälter durch ein Ventil verschlossen ist (auch "normally closed"-Ventil genannt), so konzipiert, dass ein Freigeben des Fluidbehälters insbesondere mittels einer Sollbruchstelle, mittels thermischer Verformung oder mittels Phasenübergängen zwischen "fest" und "flüssig" erfolgt.

**[0019]** Der vorliegende Ansatz schafft eine (beispielsweise "normally closed") - Ventilvorrichtung, die zum einen eine langzeitstabile Lagerung von Fluiden und zum anderen ein gesteuertes Schalten eines Fluids mittels eines Fluid-drucks ermöglicht. Dabei wird eine fluiddichte Verschlussmembran beispielsweise mittels einer Fügung

gung so an einem Fluidbehälter angeordnet, dass das Fluid über einen längeren Zeitraum hinweg, insbesondere länger als ein halbes Jahr, fluiddicht in dem Fluidbehälter verschlossen ist. Die Ventilvorrichtung umfasst zudem ein Mittel, um die Verschlussmembran oder die Fügung mit einem derartigen Druck zu beaufschlagen, dass die Verschlussmembran oder die Fügung bricht und somit das Fluid freigibt.

**[0020]** Gemäß der Erfindung ist die Ventilvorrichtung in einem Gehäuse zum Aufnehmen der Ventilvorrichtung angeordnet, wobei das Gehäuse einen mehrlagigen Aufbau aus einer ersten Substratschicht, einer zweiten Substratschicht und einer deformierbaren Membran aufweist. Die deformierbare Membran ist zwischen der ersten und der zweiten Substratschicht rangeordnet, wobei die deformierbare Membran zumindest teilweise das Mittel zum Ausüben des Fluiddrucks bildet. Die Verschlussmembran ist als Metallfolie, insbesondere Aluminiumfolie, oder Mehrschicht- oder als Verbundfolie ausgestaltet.

**[0021]** Unter einem Gehäuse kann beispielsweise eine mehrlagig aufgebaute Lab-on-Chip-Kartusche verstanden werden. Eine solche Kartusche kann beispielsweise aus zwei thermoplastischen Substraten als erster und zweiter Substratschicht bestehen, die insbesondere durch Laserschweißen einer dazwischenliegenden elastomeren Membran als deformierbarer Membran zusammengefügt werden. Ein solches Gehäuse kann besonders kostengünstig hergestellt werden.

**[0022]** Ferner können ein Teilvolumen des Fluidbehälters und ein weiterer Fluidbehälter als Ausnehmung in der zweiten Substratschicht ausgebildet sein, wobei die Verschlusseinheit den Fluidbehälter und den weiteren Fluidbehälter fluiddicht voneinander trennen kann. Somit kann ein Fluid vorteilhafterweise über einen besonders langen Zeitraum in dem Fluidbehälter gelagert werden, ohne dass das Fluid in den weiteren Fluidbehälter übertritt.

**[0023]** Ein Teil des Fluidbehälters kann als Verbindungskanal in der ersten Substratschicht angeordnet sein. Mittels eines solchen Verbindungskanals kann ein Fluid bei Bedarf, insbesondere zum Durchführen biochemischer Prozesse, vom Fluidbehälter in den weiteren Fluidbehälter befördert werden. Ein solcher Verbindungskanal kann vorteilhafterweise mit einem geringen Querschnitt, beispielsweise kleiner als 500  $\mu\text{m}$ , ausgeführt sein, sodass ein Totvolumen des Verbindungskanals möglichst gering ist. Ferner kann ein solcher Verbindungskanal mit einer Gasblase als "Anlaufstrecke" versehen sein, um den Fluiddruck besser zu übertragen.

**[0024]** Des Weiteren kann die deformierbare Membran in einem Bereich einer Öffnung des weiteren Fluidbehälters eine Aussparung zum Aufnehmen der Verschlussmembran aufweisen, wobei der Verbindungskanal in die Aussparung münden kann und wobei die Verschlussmembran den Verbindungskanal fluiddicht verschließen kann. Eine solche Aussparung bietet den Vorteil, dass die Verschlussmembran möglichst raumsparend in dem Gehäuse der Ventilvorrichtung angeordnet werden kann.

**[0025]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des vorliegenden Ansatzes kann die Aussparung als Klemmpassung ausgeführt sein. Die Klemmpassung kann ausgebildet sein, um die Verschlussmembran zwischen der deformierbaren Membran und der ersten und/oder der zweiten Substratschicht einzuklemmen. Mittels einer solchen Klemmpassung, durch die die Verschlussmembran mechanisch gestützt wird, kann auf eine zusätzliche Fügung zwischen der Verschlussmembran und der ersten und/oder zweiten Substratschicht verzichtet werden.

**[0026]** Zudem kann ein Randbereich der Verschlussmembran auf zwei sich gegenüberliegenden Vorsprüngen der deformierbaren Membran aufliegen. Durch ein Anordnen zweier solcher Vorsprünge kann ein durch die Klemmpassung erzielbarer Abstützeffekt weiter verbessert werden.

**[0027]** Die Verschlussmembran kann zwischen dem Verbindungskanal und einem weiteren Verbindungskanal angeordnet sein, wobei der weitere Verbindungskanal in der zweiten Substratschicht ausgebildet und mit dem weiteren Fluidbehälter verbunden sein kann. Die Verschlussmembran kann hierbei im Wesentlichen die gleiche Dicke wie die deformierbare Membran aufweisen. Dadurch, dass der Fluidbehälter, in dem sich das Fluid befindet, und der weitere Fluidbehälter nur durch die Verschlussmembran, insbesondere beispielsweise einer dünnen Folie, getrennt sind, kann der Verbindungskanal auf ein Minimum reduziert werden. Somit können der Verbindungskanal und der weitere Verbindungskanal mit einem Totvolumen von weniger als 500  $\mu\text{L}$ , insbesondere von weniger als 10  $\mu\text{L}$ , ausgeführt werden, wobei ein Querschnitt des Verbindungskanals und des weiteren Verbindungskanals weniger als 500  $\mu\text{m}$  beträgt.

**[0028]** In der Ventilvorrichtung kann eine Auslenkkammer als zwischen dem Fluidbehälter und dem weiteren Fluidbehälter angeordnete Ausnehmung der ersten Substratschicht ausgebildet sein. Eine Auslenkkammeröffnung der Auslenkkammer kann der zweiten Substratschicht zugewandt sein, wobei die deformierbare Membran in einem Bereich der Auslenkkammeröffnung einen Ausweichbereich aufweist, der ausgebildet ist, um durch den Fluiddruck in Richtung der Auslenkkammer deformiert zu werden. Unter einer Auslenkkammer kann im Allgemeinen eine dem Fluidbehälter und dem weiteren Fluidbehälter ähnliche Ausnehmung verstanden werden, in deren Richtung die deformierbare Membran ausgelenkt werden kann, insbesondere wenn ein Fluiddruck auf die deformierbare Membran wirkt. Eine solche Auslenkkammer kann vorteilhafterweise die Funktion eines zwischen dem Fluidbehälter und dem weiteren Fluidbehälter angeordneten Ventils erfüllen. Dazu kann der Ausweichbereich beispielsweise auf einen Dichtsitz gedrückt werden. Darüber hinaus kann durch eine solche Auslenkkammer auf einen zusätzlichen Verbindungskanal verzichtet werden.

**[0029]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des vorliegenden Ansatzes kann der Ausweichbereich rever-

sibel mit der zweiten Substratschicht verbunden oder verbindbar sein. Eine solche (beispielsweise als reversibel ausgebildete) Fügung kann beispielsweise durch eine Peelnah oder einen thermisch oder mechanisch instabilen Bond umgesetzt werden, sodass die reversible Fügung brechen kann, insbesondere wenn der Fluiddruck auf die Fügung ausgeübt wird und der Fluiddruck dabei einen bestimmten Schwellwert überschreitet.

**[0030]** Die Verschlussmembran kann als integraler Bestandteil der deformierbaren Membran ausgebildet sein. Unter einer solchen Verschlussfolie kann beispielsweise eine Verbundfolie verstanden werden, in der ein elastomeres Material der deformierbaren Membran mit einem fluiddichten Material der Verschlussmembran kombiniert wird. Dadurch, dass eine solche Verbundfolie gleichzeitig als Diffusionsbarriere eingesetzt werden kann, kann auf eine zusätzliche Verschlussmembran verzichtet werden.

**[0031]** Ferner kann die deformierbare Membran eine Öffnung aufweisen, in der die Verschlussmembran angeordnet sein kann, wobei die Öffnung ausgebildet sein kann, um zusammen mit der ersten und/oder zweiten Substratschicht als Fluiddruckveränderungskammer zu wirken. Unter einer Fluiddruckveränderungskammer kann eine mit dem Fluidbehälter verbundene Öffnung der deformierbaren Membran verstanden werden, durch die der Fluiddruck derart auf eine einer Fügeseite der Verschlussmembran entgegengesetzte Seite der Verschlussmembran gelenkt werden kann, dass die Verschlussmembran in einer unmittelbaren Nähe des Fluidbehälters angeordnet werden kann, kann das Totvolumen zwischen dem Fluidbehälter und dem weiteren Fluidbehälter besonders gering gehalten werden.

**[0032]** Die deformierbare Membran kann in einem Bereich einer Öffnung des Fluidbehälters einen Auslenkbereich aufweisen, der ausgebildet ist, um durch einen Aktuationsdruck in Richtung des Fluidbehälters deformiert zu werden, um den Fluiddruck bereitzustellen. Unter einem Auslenkbereich kann ein Bereich der deformierbaren Membran verstanden werden, der nicht fest mit einer Substratschicht verbunden ist und somit in Richtung des Fluidbehälters ausgelenkt werden kann. Unter einem Aktuationsdruck kann insbesondere ein pneumatischer Druck verstanden werden, der auf das in dem Fluidbehälter enthaltene Fluid mittels der deformierbaren Membran übertragen werden kann. Durch einen solchen Auslenkbereich wird ein zuverlässiges Schalten des Fluids mit nur wenigen kostengünstigen Bauteilen ermöglicht.

**[0033]** Weiterhin kann ein Pneumatikanschluss vorgesehen sein, um den Aktuationsdruck pneumatisch auf den Auslenkbereich zu leiten. Unter einem Pneumatikanschluss kann eine Vorrichtung zum Erzeugen eines pneumatischen Drucks verstanden werden, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, um den pneumatischen Druck in die Ventilvorrichtung zu leiten. Mittels eines solchen Pneumatikanschlusses kann der zum Erzeugen des Fluiddrucks erforderliche Aktuationsdruck dauerhaft

bereitgestellt werden. Ferner kann ein solcher Pneumatikanschluss, insbesondere wenn er als Kanal ausgebildet ist, mit einer Gasblase als "Anlaufstrecke" versehen sein, um den Aktuationsdruck besser auf den Auslenkbereich zu übertragen. Schließlich kann ein solcher Pneumatikanschluss beispielsweise auch dazu dienen, das Fluid weiterzutransportieren, insbesondere wenn der Pneumatikanschluss an dem weiteren Fluidbehälter angeschlossen ist.

**[0034]** Schließlich schafft der hier vorgestellte Ansatz ein Verfahren zum Betreiben einer Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit, wobei das Verfahren einen Schritt des Bereitstellens eines Fluidbehälters, einer Verschlusseinheit mit einer Verschlussmembran und einer Dichtstelle sowie eines Mittels zum Ausüben eines Fluiddrucks auf zumindest eine Seite der Verschlussmembran umfasst. Dabei ist die Verschlusseinheit zwischen der Verschlussmembran und dem Fluidbehälter angeordnet, wodurch der Fluidbehälter fluiddicht verschlossen ist. Weiterhin ist die Verschlussmembran und/oder die Dichtstelle ausgebildet, um durch den Fluiddruck zumindest teilweise beschädigt zu werden, Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Beaufschlagens der Verschlussmembran mit dem Fluiddruck.

**[0035]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsdarstellung einer Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Querschnittsdarstellung einer Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine Querschnittsdarstellung einer Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine Querschnittsdarstellung einer Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine Querschnittsdarstellung einer Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 6 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben einer Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**[0036]** In der nachfolgenden Beschreibung günstiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

**[0037]** Fig. 1 zeigt eine Ventilvorrichtung in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Ventilvorrichtung ist in einem rechteckigen Gehäuse 102 angeordnet. Das Gehäuse 102 umfasst einen Deckel 104, eine erste Substratschicht 106, auch Layer 1 genannt, eine zweite Substratschicht 108, auch Layer 3 genannt, sowie eine zwischen der ersten Substratschicht 106 und der zweiten Substratschicht 108 angeordnete deformierbare Membran 110, auch Layer 2 genannt. Der Deckel 104 ist an einer der zweiten Substratschicht 108 abgewandten Seite der ersten Substratschicht 106 angeordnet. Die zweite Substratschicht 108 bildet eine dem Deckel 104 gegenüberliegende Unterseite des Gehäuses 102.

**[0038]** Die erste Substratschicht 106 weist einen rechtwinkligen, U-förmigen Verbindungskanal 112 auf, der einen ersten und einen zweiten senkrecht zur ersten Substratschicht 106 verlaufenden Kanalabschnitt sowie einen horizontal zur ersten Substratschicht 106 verlaufenden Kanalabschnitt umfasst. Der horizontale Kanalabschnitt verläuft unterhalb des Deckels 104, wobei eine der ersten Substratschicht 106 zugewandte Seite des Deckels 104 eine Wandfläche des horizontalen Kanalabschnitts bildet.

**[0039]** Die zweite Substratschicht 108 umfasst einen Fluidbehälter 114, auch Kammer 1 genannt, und einen weiteren Fluidbehälter 116, auch Kammer 2 genannt, die als rechteckige Ausnehmungen der zweiten Substratschicht 108 ausgebildet sind.

**[0040]** Der Fluidbehälter 114 und der Verbindungskanal 112 sind mit einem Fluid, beispielsweise einer Flüssigkeit, gefüllt. Der Verbindungskanal 112 ist zwischen dem Fluidbehälter 114 und dem weiteren Fluidbehälter 106 angeordnet.

**[0041]** Die deformierbare Membran 110 weist in einem dem Verbindungskanal 112 zugewandten Randbereich des Fluidbehälters 114 eine Kanalöffnung auf. Ein Durchmesser der Kanalöffnung entspricht dem Durchmesser des Verbindungskanals 112. Die Kanalöffnung ist mit dem ersten senkrechten Kanalabschnitt verbunden.

**[0042]** Die deformierbare Membran 110 weist in einem Bereich einer der ersten Substratschicht 106 zugewandten Öffnung des weiteren Fluidbehälters 116 eine Aussparung 118 zum Aufnehmen einer Verschlusseinheit 119 auf. Die Aussparung 118 ist in dem dem Verbindungskanal 112 zugewandten Randbereich des weiteren Fluidbehälters 116 angeordnet. Ferner mündet der zweite senkrechte Kanalabschnitt des Verbindungskanals 112 in die Aussparung 118. Die Verschlusseinheit 119 besteht aus einer Folie als Verschlussmembran 120 und einer der ersten Substratschicht 106 zugewandten Seite der Verschlussmembran 120, auch Dichtstelle 121

oder Fügefläche der Folie genannt, wobei die Verschlussmembran 120 derart mittels einer Fügung mit der ersten Substratschicht 106 verbunden ist, dass ein Ende des zweiten senkrechten Kanalabschnitts fluiddicht gegen den weiteren Fluidbehälter 116 verschlossen ist.

**[0043]** Die Aussparung 118 ist versetzt zu dem weiteren Fluidbehälter 116 angeordnet, sodass der dem Verbindungskanal 112 zugewandte Randbereich des weiteren Fluidbehälters 116 einen der Verschlussmembran 120 gegenüberliegenden Vorsprung bildet. Eine Breite der Verschlussmembran 120 ist etwas kleiner (beispielsweise um 5 oder 10 Prozent) als eine Breite der Aussparung 118.

**[0044]** Die deformierbare Membran 110 bildet in einem Bereich einer der ersten Substratschicht 106 zugewandten Öffnung des Fluidbehälters 114 einen Auslenkbereich 122 als Mittel 123 zum Ausüben eines Fluiddrucks auf die Verschlussmembran, wobei der Auslenkbereich 122 lose mit der ersten Substratschicht 106 gefügt ist. Somit ist der Auslenkbereich 122 durch einen Aktuationsdruck in Richtung des Fluidbehälters 114 deformierbar.

**[0045]** Des Weiteren ist der Auslenkbereich 122 mit einem Pneumatikanschluss 124 versehen, der ausgebildet ist, um den Aktuationsdruck pneumatisch auf den Auslenkbereich 122 zu leiten. Der Pneumatikanschluss 124 verläuft durch den Deckel 104 und die erste Substratschicht 106 und ist senkrecht dazu angeordnet.

**[0046]** Sofern der Aktuationsdruck mittels des Pneumatikanschlusses 124 auf den Auslenkbereich 122 ausgeübt wird, wird der Auslenkbereich 122 in Richtung des Fluidbehälters 114 ausgewölbt. Die im Fluidbehälter 114 enthaltene Flüssigkeit wird komprimiert, da die Flüssigkeit aufgrund der Verschlussmembran 120 im Fluidbehälter 114 und im Verbindungskanal 112 eingeschlossen ist. Der dadurch entstehende Fluiddruck wirkt auf die Verschlussmembran 120. Ist der Fluiddruck stark genug, bricht entweder die Verschlussmembran 120 oder die Fügung zwischen der Verschlussmembran 120 und der ersten Substratschicht 106, sodass die Flüssigkeit in den weiteren Fluidbehälter 116 strömt.

**[0047]** Im Folgenden wird der Aufbau eines in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels einer Ventilvorrichtung nochmals mit anderen Worten beschrieben.

**[0048]** Das in der Fig.1 dargestellte Ausführungsbeispiel basiert auf einem mehrlagigen Aufbau einer Lab-on-Chip-Kartusche. Die Kartusche besteht typischerweise aus zwei thermoplastischen Substraten 106 und 108 (Layer 1 und Layer 3), die durch Laserschweißen einer dazwischenliegenden elastomeren Membran 110 (Layer 2) gefügt sind. Zwei Kammern 114 und 116 sind über einen Verbindungskanal 112 miteinander verbunden. Der Verbindungskanal 112 bzw. der Übergang des Verbindungskanals zur Kammer 116 ist mittels einer Folie 120 unterbrochen. Die Folie 120 weist eine geringe Gas- und Flüssigkeitspermeabilität auf.

**[0049]** In dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Fügung irreversibel ausgelegt, sodass die Fügung

dem angelegten Aktuationsdruck standhält. Der Kanal 112 wird dadurch freigegeben, dass die Folie 120 bricht oder reißt. Die Folie 120 kann aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften ab einem Schwellendruck (beispielsweise größer als 100 mbar) reißen. Dies kann durch den Aktuationsdruck selbst geschehen, indem die Flüssigkeit die Folie 120 "durchschießt". In einem weiteren Ausführungsbeispiel (nicht dargestellt) bleibt die Folie 120 unter Druckbelastung stabil, jedoch bricht die Fügung mit dem Substratmaterial 106.

**[0050]** Durch Anlegen eines Drucks an den Pneumatikanschluss 124 baut sich in der Kammer 114 aufgrund der Inkompressibilität der Flüssigkeit bzw. nach Komprimierung des gelagerten Fluids ein Überdruck auf. Der Überdruck führt dazu, dass die Folie 120 den Kanal 112 freigibt und die Flüssigkeit durch Auslenken des Layers 2 110 von der ersten Kammer 114 in die zweite Kammer 116 verdrängt wird. Der Aktuationsdruck der Flüssigkeit wirkt hierbei auf die Fügeseite. In einem weiteren Ausführungsbeispiel (nicht dargestellt) wirkt der Aktuationsdruck tangential auf die Fügeseite, was zum Abrollen der Folie 120 führt.

**[0051]** Fig. 2 zeigt die Ventilvorrichtung für eine Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Im Unterschied zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel bildet die deformierbare Membran 110 im Bereich der Öffnung des weiteren Fluidbehälters 116 einen zusätzlichen Auslenkbereich 126 mit den gleichen Eigenschaften wie der Auslenkbereich 112. Der zusätzliche Auslenkbereich 126, der mit einem zusätzlichen Pneumatikanschluss 128 zum pneumatischen Leiten des Aktuationsdruckes auf den zusätzlichen Auslenkbereich 126 versehen ist, verläuft durch den Deckel 104 und die erste Substratschicht 106 und ist senkrecht dazu angeordnet.

**[0052]** Statt der Kanalöffnung weist die in Fig. 2 gezeigte deformierbare Membran 110 im Bereich der Öffnung des Fluidbehälters 114 eine Öffnung 130 auf, in der die Verschlussmembran 120 angeordnet ist. Die Verschlussmembran 120 verschließt den ersten senkrechten Kanalabschnitt fluiddicht. Die Öffnung 130 ist ausgebildet, um zusammen mit der ersten Substratschicht 106 und der zweiten Substratschicht 108 als Fluiddruckveränderungskammer zu wirken. Dazu ist die Öffnung 130 versetzt zum Fluidbehälter 114 angeordnet, sodass eine Breite des der Verschlussmembran 120 gegenüberliegenden Vorsprungs geringfügig größer ist (beispielsweise um 5 oder 10 Prozent) als die Breite der Verschlussmembran 120.

**[0053]** Ferner entspricht eine Höhe der Öffnung 130 einer Dicke der deformierbaren Membran 110.

**[0054]** Statt der Aussparung 118 weist die in Fig. 2 gezeigte deformierbare Membran 110 in einem dem Verbindungskanal 112 zugewandten Randbereich des weiteren Fluidbehälters 116 eine weitere Kanalöffnung auf. Ein Durchmesser der weiteren Kanalöffnung entspricht dem Durchmesser des Verbindungskanals 112. Die wei-

tere Kanalöffnung ist mit dem zweiten senkrechten Kanalabschnitt verbunden.

**[0055]** Sofern der Aktuationsdruck mittels des Pneumatikanschlusses 124 auf den Auslenkbereich 122 ausgeübt wird, wird der Auslenkbereich 122 in Richtung des Fluidbehälters 114 ausgewölbt. Mittels der Fluiddruckveränderungskammer wird der Fluiddruck auf eine der Fügefläche 121 entgegengesetzte Seite der Verschlussmembran 120 aufgebracht, sodass die Verschlussmembran 120 bricht und die Flüssigkeit über den Verbindungskanal 112 in den weiteren Fluidbehälter 116 strömt.

**[0056]** Fig. 3 zeigt die Ventilvorrichtung 100 für eine Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Im Unterschied zu Fig. 1 weist die in Fig. 3 gezeigte Aussparung 118 zwei übereinander angeordnete Hälften mit unterschiedlichen Durchmessern auf. In einer ersten, der ersten Substratschicht 106 zugewandten Hälfte ist die Verschlussmembran 120 angeordnet. Eine Breite der ersten Hälfte ist derart, dass zwischen der deformierbaren Membran 110 und der Verschlussmembran 120 eine Klemmpassung 132 besteht. Eine Breite einer zweiten, dem weiteren Fluidbehälter 116 zugewandten Hälfte, auch Abflusskanal 134 genannt, entspricht annähernd der halben Breite (beispielsweise 45 bis 55 Prozent) der Verschlussmembran 120, sodass ein Randbereich 136 der Verschlussmembran 120 auf zwei sich gegenüberliegenden Vorsprüngen 138 der deformierbaren Membran 110 aufliegt und dadurch gestützt ist.

**[0057]** Ferner weist das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel einen verengten Bereich 140 des weiteren Fluidbehälters 116 auf, wobei der verengte Bereich 140 zwischen dem Abflusskanal 134 und dem weiteren Fluidbehälter 116 ausgebildet ist. Eine Breite des verengten Bereichs 140 entspricht etwa der Hälfte (beispielsweise 45 bis 55 Prozent) einer Breite des weiteren Fluidbehälters 116. Eine Höhe des verengten Bereichs 140 entspricht im Wesentlichen dem Durchmesser des Verbindungskanals 112.

**[0058]** Somit ist die Folie 120 zusätzlich durch den Layer 2 110 gestützt, der zwischen Layer 1 106 und Layer 3 108 eingeklemmt und gequetscht ist und die Folie 120 anpresst und abdichtet. In diesem Ausführungsbeispiel kann auf eine zusätzliche Fügung zwischen Folie 120 und Substrat 106 verzichtet werden. Um die Folie 120 besser zu stützen, wird ein Abflusskanal 134 eingesetzt, sodass die Folie 120 nur im Kanal 134 keine Gegenkraft erfährt, aber beim restlichen Raumwinkel gestützt wird (der Raumwinkel der in Fig. 1 gezeigten Fügung beträgt 360 Grad).

**[0059]** Fig. 4 zeigt die Ventilvorrichtung 100 in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Im Unterschied zu Fig. 1 umfasst das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel statt des Verbindungskanals 112 eine Auslenkkammer 142, die als Ausnehmung der ersten Substratschicht 106 ausgebildet ist und zwischen dem

Fluidbehälter 114 und dem weiteren Fluidbehälter 116 angeordnet ist. Eine Auslenkkammeröffnung 144 der Auslenkkammer 142 ist der zweiten Substratschicht 108 zugewandt. Die deformierbare Membran 110 weist in einem Bereich der Auslenkkammeröffnung 144 einen Ausweichbereich 146 auf, der ausgebildet ist, um durch den Fluiddruck in Richtung der Auslenkkammer 142 deformiert zu werden.

**[0060]** Ferner weist das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel im Gegensatz zu Fig. 1 keinen Deckel 104 auf.

**[0061]** Ein der Auslenkkammer 142 gegenüberliegender Bereich der zweiten Substratschicht 108 ist als Dichtsitz 148, insbesondere als geschwächte Fügefläche der deformierbaren Membran 110, ausgeführt, auf dem der Ausweichbereich 146 aufliegt und der ausgebildet ist, um den Fluidbehälter 114 fluidisch von dem weiteren Fluidbehälter 116 zu trennen.

**[0062]** Im Unterschied zu Fig. 1 liegt die in Fig. 4 gezeigte Verschlussmembran 120 fluiddicht auf dem Fluidbehälter 114 auf. Dabei ist die Verschlussmembran 120 als integraler Bestandteil der deformierbaren Membran 110, insbesondere des Auslenkbereichs 122, ausgeführt, wobei die Breite der Verschlussmembran 120 größer ist (beispielsweise um 5 Prozent), als eine Breite des Fluidbehälters 114, sodass der Randbereich der Verschlussmembran 120 über den Fluidbehälter 114 hinausreicht und durch die erste Substratschicht 108 gestützt ist.

**[0063]** Ein Teil des Randbereichs (in Fig. 4 rechts neben dem Fluidbehälter 114 angeordnet) bildet die an den Dichtsitz 148 grenzende Dichtstelle 121, wodurch der Fluidbehälter 114 fluiddicht gegen den Dichtsitz 148 verschlossen ist.

**[0064]** Sofern der Aktuationsdruck mittels des Pneumatikanschlusses 124 auf den Auslenkbereich 122 mit der integrierten Verschlussmembran 120 ausgeübt wird, wird der Auslenkbereich 122 in Richtung des Fluidbehälters 114 ausgewölbt. Der dadurch entstehende Fluiddruck wirkt auf die Verschlussmembran 120, insbesondere auf die Dichtstelle 121. Ist der Druck stark genug, bricht zum einen die Dichtstelle 121, zum anderen wird der Ausweichbereich 146 derart in Richtung der Auslenkkammer 142 gewölbt, dass der Dichtsitz 148 freigegeben wird. Somit strömt die Flüssigkeit vom Fluidbehälter 114 in den weiteren Fluidbehälter 116.

**[0065]** Die Folie 120 wird hier nur als Diffusionsbarriere eingesetzt, die die Eigenschaften des Layers 2 110 unterstützt. Die Ventilwirkung erfolgt über den Layer 2 110, der auf den Dichtsitz 148 gedrückt wird. In einem weiteren Ausführungsbeispiel (nicht dargestellt) kann Layer 2 110 mit einem (beispielsweise reversiblen) Fügeverfahren (Peelnaht, thermisch instabiler Bond, mechanisch instabiler Bond) auf den Dichtsitz 148 gefügt werden, sodass die Fügung bricht, sobald der Aktuationsdruck einen Schwellwert überschreitet.

**[0066]** Fig. 5 zeigt die Ventilvorrichtung 100 in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem weiteren Aus-

führungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel weist einen fünfflagigen Aufbau bestehend aus dem Deckel 104, der ersten Substratschicht 106, der deformierbaren Membran 110, der zweiten Substratschicht 108 und einer Bodenplatte 152 auf. Die Bodenplatte 152 ist an der dem Deckel 104 gegenüberliegenden Unterseite des Gehäuses 102 angeordnet.

**[0067]** Ferner weist das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel einen weiteren Verbindungskanal 154 auf, der zwischen der Verschlussmembran 120 und dem weiteren Fluidbehälter 116 in der zweiten Substratschicht 108 ausgebildet ist. Ähnlich wie der Verbindungskanal 112 umfasst der weitere Verbindungskanal 154 einen weiteren senkrecht zur zweiten Substratschicht 108 verlaufenden Kanalabschnitt und einen weiteren horizontal zur zweiten Substratschicht 108 verlaufenden Kanalabschnitt. Der weitere horizontale Kanalabschnitt verläuft oberhalb der Bodenplatte 152, wobei eine der zweiten Substratschicht 108 zugewandte Seite der Bodenplatte 152 eine Wandfläche des weiteren horizontalen Kanalabschnitts bildet. Der weitere horizontale Kanalabschnitt mündet in den weiteren Fluidbehälter 116. Der weitere senkrechte Kanalabschnitt ist mit dem Verbindungskanal 112 verbunden, wobei die Verschlussmembran 120 zwischen dem Verbindungskanal 112 und dem weiteren senkrechten Kanalabschnitt angeordnet ist, sodass der Verbindungskanal 112 und der weitere Verbindungskanal 154 fluidisch voneinander getrennt sind. Der Durchmesser des Verbindungskanals 112 ist im Wesentlichen identisch mit einem Durchmesser des weiteren Verbindungskanals 154.

**[0068]** Die Verschlussmembran 120 ist mittels der Klemmpassung 132 in die deformierbare Membran 110 eingepasst. Dabei entspricht die Dicke der deformierbaren Membran 110 im Wesentlichen einer Dicke der Verschlussmembran 120, sodass die Verschlussmembran 120 zwischen der deformierbaren Membran 110, der ersten Substratschicht 106 und der zweiten Substratschicht 108 eingeklemmt ist.

**[0069]** Ferner bildet die der zweiten Substratschicht 108 zugewandte Seite der Bodenplatte 152 je eine Wandfläche des Fluidbehälters 114 und des weiteren Fluidbehälters 116.

**[0070]** Sofern der Aktuationsdruck mittels des Pneumatikanschlusses 124 auf den Auslenkbereich 122 ausgeübt wird, wird der Auslenkbereich 122 in Richtung des Fluidbehälters 114 ausgewölbt. Der dadurch entstehende Fluiddruck wirkt auf die eingeklemmte Verschlussmembran 120. Ist der Druck stark genug, reißt die Verschlussmembran 120, sodass die Flüssigkeit vom Fluidbehälter 114 in den weiteren Fluidbehälter 116 strömt.

**[0071]** Fig. 6 zeigt ein Verfahren 600 zum Herstellen der Ventilvorrichtung 100 in einer Fluidbereitstellungseinheit gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Es erfolgt ein Schritt 602 des Bereitstellens des Fluidbehälters 114 und der Verschlusseinheit 119 mit der Verschlussmembran 120 und der Dichtstelle 121 zwischen der Verschlussmembran 120 und dem Flu-

idbehälter 114, durch die der Fluidbehälter 114 fluiddicht verschlossen ist. Mit diesem Schritt 602 erfolgt zudem das Bereitstellen des Mittels 123 zum Ausüben eines Fluiddrucks auf zumindest eine Seite der Verschlussmembran 120, wobei die Verschlussmembran 120 und/oder die Dichtstelle 121 ausgebildet ist, um durch den Fluiddruck zumindest teilweise beschädigt zu werden. In einem weiteren Schritt 604 wird die Verschlussmembran 120 mit dem Fluiddruck beaufschlagt.

**[0072]** Die beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele sind nur beispielhaft gewählt. Unterschiedliche Ausführungsbeispiele können vollständig oder in Bezug auf einzelne Merkmale miteinander kombiniert werden. Auch kann ein Ausführungsbeispiel durch Merkmale eines weiteren Ausführungsbeispiels ergänzt werden.

**[0073]** Ferner können erfindungsgemäße Verfahrensschritte wiederholt sowie in einer anderen als in der beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden.

**[0074]** Umfasst ein Ausführungsbeispiel eine "und/oder"-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsbeispiel gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren Ausführungsform entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

## Patentansprüche

1. Fluidbereitstellungseinheit (100) umfassend eine Ventilvorrichtung, wobei die Ventilvorrichtung (100) die folgenden Merkmale aufweist:

einen Fluidbehälter (114);  
 eine Verschlusseinheit (119) mit einer Verschlussmembran (120) und einer Dichtstelle (121) zwischen der Verschlussmembran (120) und dem Fluidbehälter (114), wobei die Dichtstelle (121) den Fluidbehälter (114) fluiddicht verschließt; und  
 ein Mittel (123) zum Ausüben eines Fluiddrucks auf zumindest eine Seite der Verschlussmembran (120), wobei die Verschlussmembran (120) und/oder die Dichtstelle (121) ausgebildet ist, um durch den Fluiddruck zumindest teilweise beschädigt zu werden,  
 wobei die Fluidbereitstellungseinheit (100) ferner ein Gehäuse (102) zum Aufnehmen der Ventilvorrichtung umfasst, wobei das Gehäuse (102) einen mehrlagigen Aufbau aus einer ersten Substratschicht (106), einer zweiten Substratschicht (108) und einer deformierbaren Membran (110) aufweist,  
 wobei die deformierbare Membran (110) zwischen der ersten (106) und der zweiten Substratschicht (108) angeordnet ist, wobei die defor-

mierbare Membran (110) zumindest teilweise das Mittel (123) zum Ausüben des Fluiddrucks bildet

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Verschlussmembran (120) als Metallfolie, insbesondere Aluminiumfolie, oder Mehrschicht- oder als Verbundfolie ausgestaltet ist.

2. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Teilvolumen des Fluidbehälters (114) und ein weiterer Fluidbehälter (116) als Ausnehmung in der zweiten Substratschicht (108) ausgebildet sind und/oder wobei die Verschlusseinheit (119) den Fluidbehälter (114) und den weiteren Fluidbehälter (116) fluiddicht voneinander trennt.
3. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Verbindungskanal (112) als Teil des Fluidbehälters (114) in der ersten Substratschicht (106) angeordnet ist.
4. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die deformierbare Membran (110) in einem Bereich einer Öffnung des weiteren Fluidbehälters (116) eine Aussparung (118) zum Aufnehmen der Verschlussmembran (120) aufweist, wobei der Verbindungskanal (112) in die Aussparung (118) mündet, wobei die Verschlussmembran (120) den Verbindungskanal (112) fluiddicht verschließt.
5. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparung (118) als Klemmpassung (132) ausgeführt ist, die ausgebildet ist, um die Verschlussmembran (120) zwischen der deformierbaren Membran (110) und der ersten (106) und/oder der zweiten Substratschicht (108) einzuklemmen.
6. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Randbereich (136) der Verschlussmembran (120) auf zwei sich gegenüberliegenden Vorsprüngen (138) der deformierbaren Membran (110) aufliegt.
7. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlussmembran (120) zwischen dem Verbindungskanal (112) und einem weiteren Verbindungskanal (154) angeordnet ist, wobei der weitere Verbindungskanal (154) in der zweiten Substratschicht (108) ausgebildet ist und mit dem weiteren

Fluidbehälter (116) verbunden ist, insbesondere wobei die Verschlussmembran (120) im Wesentlichen die gleiche Dicke wie die deformierbare Membran (110) aufweist.

8. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Auslenkkammer (142) als zwischen dem Fluidbehälter (114) und dem weiteren Fluidbehälter (116) angeordnete Ausnehmung der ersten Substratschicht (106) ausgebildet ist, wobei eine Auslenkkammeröffnung (144) der Auslenkkammer (142) der zweiten Substratschicht (108) zugewandt ist, wobei die deformierbare Membran (110) in einem Bereich der Auslenkkammeröffnung (144) einen Ausweichbereich (146) aufweist, der ausgebildet ist, um durch den Fluiddruck in Richtung der Auslenkkammer (142) deformiert zu werden.
9. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausweichbereich (146) reversibel mit der zweiten Substratschicht (108) verbunden oder verbindbar ist.
10. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlussmembran (120) als integraler Bestandteil der deformierbaren Membran (110) ausgebildet ist.
11. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die deformierbare Membran (110) eine Öffnung (130) aufweist, in der die Verschlussmembran (120) angeordnet ist, wobei die Öffnung (130) ausgebildet ist, um zusammen mit der ersten (106) und/oder zweiten Substratschicht als Fluiddruckveränderungskammer zu wirken.
12. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die deformierbare Membran (110) in einem Bereich einer Öffnung des Fluidbehälters (114) einen Auslenkbereich (122) aufweist, der ausgebildet ist, um durch einen Aktuationsdruck in Richtung des Fluidbehälters (114) deformiert zu werden, um den Fluiddruck zu erzeugen.
13. Fluidbereitstellungseinheit (100) gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ferner ein Pneumatikananschluss (124) vorgesehen ist, um den Aktuationsdruck pneumatisch auf den Auslenkbereich (122) zu leiten.
14. Verfahren (600) zum Betreiben einer Fluidbereitstellungseinheit (100) umfassend eine Ventilvorrichtung,

wobei das Verfahren (600) die folgenden Schritte umfasst:

Bereitstellen (602) eines Fluidbehälters (114), einer Verschlusseinheit (119) mit einer Verschlussmembran (120) und einer Dichtstelle (121) zwischen der Verschlussmembran (120) und dem Fluidbehälter (114), durch die der Fluidbehälter (114) fluiddicht verschlossen ist, sowie eines Mittels (123) zum Ausüben eines Fluiddrucks auf zumindest eine Seite der Verschlussmembran (120), wobei die Verschlussmembran (120) und/oder die Dichtstelle (121) ausgebildet ist, um durch den Fluiddruck zumindest teilweise beschädigt zu werden, und Bereitstellen (602) eines Gehäuses (102) zum Aufnehmen der Ventilvorrichtung (100), wobei das Gehäuse (102) einen mehrlagigen Aufbau aus einer ersten Substratschicht (106), einer zweiten Substratschicht (108) und einer deformierbaren Membran (110) aufweist, wobei die deformierbare Membran (110) zwischen der ersten (106) und der zweiten Substratschicht (108) angeordnet ist, wobei die deformierbare Membran (110) zumindest teilweise das Mittel (123) zum Ausüben des Fluiddrucks bildet, wobei die Verschlussmembran (120) als Metallfolie, insbesondere als Aluminiumfolie, als Mehrschicht- und/oder als Verbundfolie ausgestaltet ist; und Beaufschlagen (604) der Verschlussmembran (120) mit dem Fluiddruck.

#### Claims

1. Fluid provision unit (100) comprising a valve device, wherein the valve device (100) has the following features:
  - a fluid container (114);
  - a closure unit (119) having a closure diaphragm (120) and having a sealing point (121) between the closure diaphragm (120) and the fluid container (114), wherein the sealing point (121) closes off the fluid container (114) in a fluid-tight manner; and
  - a means (123) for exerting a fluid pressure on at least one side of the closure diaphragm (120), wherein the closure diaphragm (120) and/or the sealing point (121) are/is designed to be at least partly damaged by the fluid pressure, wherein the fluid provision unit (100) also comprises a housing (102) for accommodating the valve device, wherein the housing (102) has a multilayer structure composed of a first substrate layer (106), a second substrate layer (108) and a deformable diaphragm (110), wherein the deformable diaphragm (110) is arranged be-

- tween the first substrate layer (106) and the second substrate layer (108), wherein the deformable diaphragm (110) at least partly forms the means (123) for exerting the fluid pressure, **characterized in that** the closure diaphragm (120) is in the form of a metal foil, in particular aluminium foil, or multi-layer foil or composite foil.
2. Fluid provision unit (100) according to Claim 1, **characterized in that** a part-volume of the fluid container (114) and a further fluid container (116) are formed as a recess in the second substrate layer (108), and/or wherein the closure unit (119) fluidically separates the fluid container (114) and the further fluid container (116) from one another.
  3. Fluid provision unit (100) according to Claim 2, **characterized in that** a connecting channel (112) is arranged in the first substrate layer (106) as part of the fluid container (114).
  4. Fluid provision unit (100) according to Claim 3, **characterized in that**, in a region of an opening of the further fluid container (116), the deformable diaphragm (110) has a cutout (118) for receiving the closure diaphragm (120), wherein the connecting channel (112) opens into the cutout (118), wherein the closure diaphragm (120) closes off the connecting channel (112) in a fluid-tight manner.
  5. Fluid provision unit (100) according to Claim 4, **characterized in that** the cutout (118) is formed as a clamping fit (132) which is designed to clamp the closure diaphragm (120) between the deformable diaphragm (110) and the first substrate layer (106) and/or the second substrate layer (108).
  6. Fluid provision unit (100) according to Claim 5, **characterized in that** an edge region (136) of the closure diaphragm (120) bears on two opposite projections (138) of the deformable diaphragm (110).
  7. Fluid provision unit (100) according to one of Claims 2 to 6, **characterized in that** the closure diaphragm (120) is arranged between the connecting channel (112) and a further connecting channel (154), wherein the further connecting channel (154) is formed in the second substrate layer (108) and is connected to the further fluid container (116), in particular wherein the closure diaphragm (120) has substantially the same thickness as the deformable diaphragm (110).
  8. Fluid provision unit (100) according to one of Claims 2 to 7, **characterized in that** a deflection chamber (142) is formed as a recess of the first substrate layer (106), said recess being arranged between the fluid container (114) and the further fluid container (116), wherein a deflection chamber opening (144) of the deflection chamber (142) faces the second substrate layer (108), wherein, in a region of the deflection chamber opening (144), the deformable diaphragm (110) has a yielding region (146) which is designed to be deformed in the direction of the deflection chamber (142) by the fluid pressure.
  9. Fluid provision unit (100) according to Claim 8, **characterized in that** the yielding region (146) is connected, or is able to be connected, in a reversible manner to the second substrate layer (108).
  10. Fluid provision unit (100) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the closure diaphragm (120) is formed as an integral constituent part of the deformable diaphragm (110).
  11. Fluid provision unit (100) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the deformable diaphragm (110) has an opening (130) in which the closure diaphragm (120) is arranged, wherein the opening (130) is designed to act, together with the first substrate layer (106) and/or second substrate layer, as a fluid pressure-changing chamber.
  12. Fluid provision unit (100) according to one of the preceding claims, **characterized in that**, in a region of an opening of the fluid container (114), the deformable diaphragm (110) has a deflection region (122) which is designed to be deformed in the direction of the fluid container (114) by an actuation pressure so as to generate the fluid pressure.
  13. Fluid provision unit (100) according to Claim 12, **characterized in that** a pneumatic connection (124) is also provided, in order to pneumatically direct the actuation pressure to the deflection region (122).
  14. Method (600) for operating a fluid provision unit (100) comprising a valve device, wherein the method (600) comprises the following steps:
    - providing (602) a fluid container (114), a closure unit (119) having a closure diaphragm (120) and having a sealing point (121) between the closure diaphragm (120) and the fluid container (114), by way of which the fluid container (114) is closed off in a fluid-tight manner, and a means (123) for exerting a fluid pressure on at least one side of the closure diaphragm (120), wherein the closure diaphragm (120) and/or the sealing point (121) are/is designed to be at least partly damaged by the fluid pressure, and providing (602) a housing (102) for accommodating the valve device (100), wherein the housing (102) has a multilayer structure composed of a first

substrate layer (106), a second substrate layer (108) and a deformable diaphragm (110), wherein the deformable diaphragm (110) is arranged between the first substrate layer (106) and the second substrate layer (108), wherein the deformable diaphragm (110) at least partly forms the means (123) for exerting the fluid pressure, wherein the closure diaphragm (120) is in the form of a metal foil, in particular aluminium foil, multilayer foil and/or composite foil; and applying (604) the fluid pressure to the closure diaphragm (120).

## Revendications

1. Unité de fourniture de fluide (100) comportant un dispositif de soupape, le dispositif de soupape (100) présentant les caractéristiques suivantes :

un récipient de fluide (114) ;  
 une unité de fermeture (119) dotée d'une membrane de fermeture (120) et d'une zone d'étanchéité (121) entre la membrane de fermeture (120) et le récipient de fluide (114), la zone d'étanchéité (121) fermant le récipient de fluide (114) de manière étanche aux fluides ; et  
 un moyen (123) permettant d'exercer une pression de fluide sur au moins un côté de la membrane de fermeture (120), la membrane de fermeture (120) et/ou la zone d'étanchéité (121) étant réalisées pour être endommagées au moins partiellement par la pression de fluide,  
 l'unité de fourniture de fluide (100) comportant en outre un boîtier (102) destiné à recevoir le dispositif de soupape, le boîtier (102) présentant une structure en plusieurs couches constituée d'une première couche de substrat (106), d'une deuxième couche de substrat (108) et d'une membrane déformable (110), la membrane déformable (110) étant disposée entre la première (106) et la deuxième couche de substrat (108), la membrane déformable (110) formant au moins partiellement le moyen (123) permettant d'exercer la pression de fluide,  
**caractérisée en ce que**  
 la membrane de fermeture (120) est configurée en tant que feuille métallique, en particulier en tant que feuille d'aluminium, ou en tant que feuille à plusieurs couches ou composite.

2. Unité de fourniture de fluide (100) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**un volume partiel du récipient de fluide (114) et un autre récipient de fluide (116) sont réalisés en tant que cavité dans la deuxième couche de substrat (108) et/ou l'unité de fermeture (119) séparant fluidiquement l'un de l'autre le récipient de fluide (114) et l'autre récipient

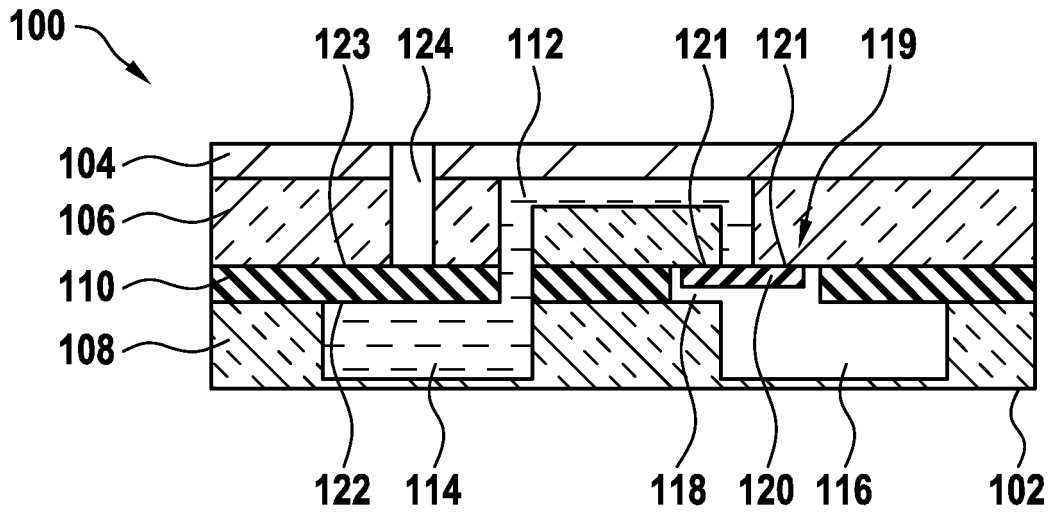
de fluide (116).

3. Unité de fourniture de fluide (100) selon la revendication 2, **caractérisée en ce qu'**un canal de liaison (112) est disposé en tant que partie du récipient de fluide (114) dans la première couche de substrat (106).
4. Unité de fourniture de fluide (100) selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** la membrane déformable (110) comprend, dans une région d'une ouverture de l'autre récipient de fluide (116), un évidement (118) destiné à recevoir la membrane de fermeture (120), le canal de liaison (112) débouchant dans l'évidement (118), la membrane de fermeture (120) fermant le canal de liaison (112) de manière étanche aux fluides.
5. Unité de fourniture de fluide (100) selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** l'évidement (118) est configuré en tant qu'ajustement serré (132) qui est réalisé pour serrer la membrane de fermeture (120) entre la membrane déformable (110) et la première (106) et/ou la deuxième couche de substrat (108).
6. Unité de fourniture de fluide (100) selon la revendication 5, **caractérisée en ce qu'**une région de bord (136) de la membrane de fermeture (120) repose sur deux saillies (138) en regard de la membrane déformable (110).
7. Unité de fourniture de fluide (100) selon l'une des revendications 2 à 6, **caractérisée en ce que** la membrane de fermeture (120) est disposée entre le canal de liaison (112) et un autre canal de liaison (154), l'autre canal de liaison (154) étant réalisé dans la deuxième couche de substrat (108) et étant relié à l'autre récipient de fluide (116), la membrane de fermeture (120) présentant en particulier sensiblement la même épaisseur que la membrane déformable (110).
8. Unité de fourniture de fluide (100) selon l'une des revendications 2 à 7, **caractérisée en ce qu'**une chambre de déviation (142) est réalisée en tant que cavité de la première couche de substrat (106) disposée entre le récipient de fluide (114) et l'autre récipient de fluide (116), une ouverture (144) de la chambre de déviation (142) étant tournée vers la deuxième couche de substrat (108), la membrane déformable (110) comprenant, dans une région de l'ouverture de chambre de déviation (144), une région d'échappement (146) qui est réalisée pour être déformée par la pression de fluide en direction de la chambre de déviation (142).
9. Unité de fourniture de fluide (100) selon la revendication

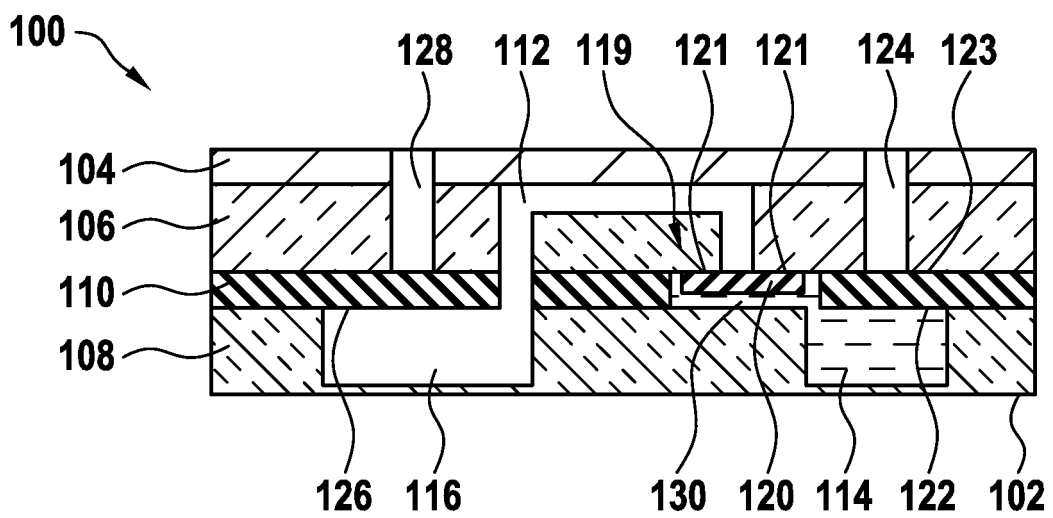
- cation 8, **caractérisée en ce que** la région d'échappement (146) est reliée ou peut être reliée de manière réversible à la deuxième couche de substrat (108).
10. Unité de fourniture de fluide (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la membrane de fermeture (120) est réalisée comme partie intégrante de la membrane déformable (110).
11. Unité de fourniture de fluide (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la membrane déformable (110) comprend une ouverture (130) dans laquelle la membrane de fermeture (120) est disposée, l'ouverture (130) étant réalisée pour, conjointement avec la première (106) et/ou la deuxième couche de substrat, agir comme chambre de modification de pression de fluide.
12. Unité de fourniture de fluide (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la membrane déformable (110) comprend, dans une région d'une ouverture du récipient de fluide (114), une région de déviation (122) qui est réalisée pour être déformée par une pression d'actionnement en direction du récipient de fluide (114), afin de produire la pression de fluide.
13. Unité de fourniture de fluide (100) selon la revendication 12, **caractérisée en ce qu'un** raccordement pneumatique (124) est en outre prévu pour guider la pression d'actionnement de manière pneumatique vers la région de déviation (122).
14. Procédé (600) permettant de faire fonctionner une unité de fourniture de fluide (100) comportant un dispositif de soupape, le procédé (600) comportant les étapes suivantes :
- fourniture (602) d'un récipient de fluide (114), d'une unité de fermeture (119) dotée d'une membrane de fermeture (120) et d'une zone d'étanchéité (121) entre la membrane de fermeture (120) et le récipient de fluide (114), zone d'étanchéité par laquelle le récipient de fluide (114) est fermé de manière étanche aux fluides, ainsi qu'un moyen (123) permettant d'exercer une pression de fluide sur au moins un côté de la membrane de fermeture (120), la membrane de fermeture (120) et/ou la zone d'étanchéité (121) étant réalisées pour être endommagées au moins partiellement par la pression de fluide, et fourniture (602) d'un boîtier (102) destiné à recevoir le dispositif de soupape (100), le boîtier (102) présentant une structure en plusieurs couches constituée d'une première couche de substrat (106), d'une deuxième couche de subs-

trat (108) et d'une membrane déformable (110), la membrane déformable (110) étant disposée entre la première (106) et la deuxième couche de substrat (108), la membrane déformable (110) formant au moins partiellement le moyen (123) permettant d'exercer la pression de fluide, la membrane de fermeture (120) étant configurée en tant que feuille métallique, en particulier en tant que feuille d'aluminium, en tant que feuille à plusieurs couches et/ou composite ; et soumettre (604) la membrane de fermeture (120) à la pression de fluide.

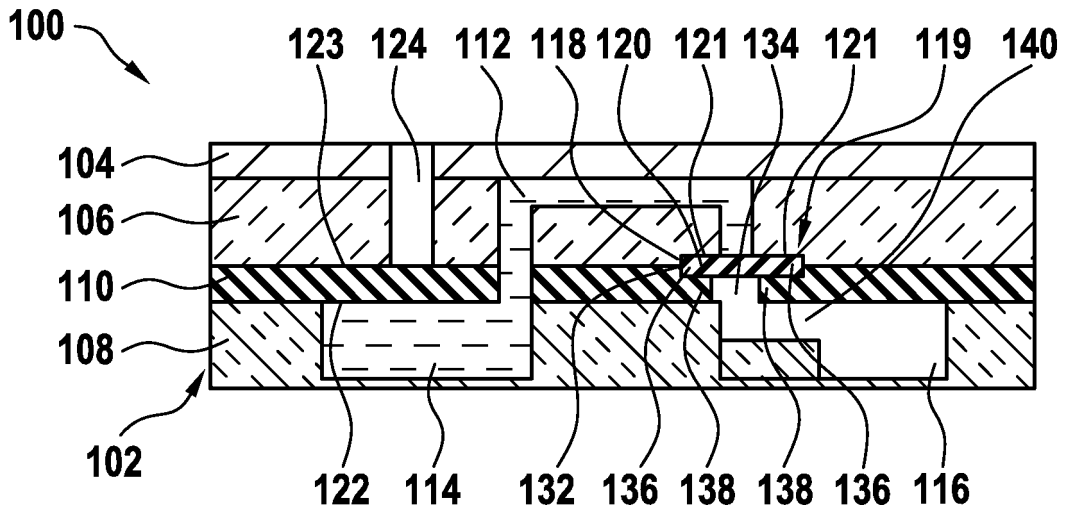
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

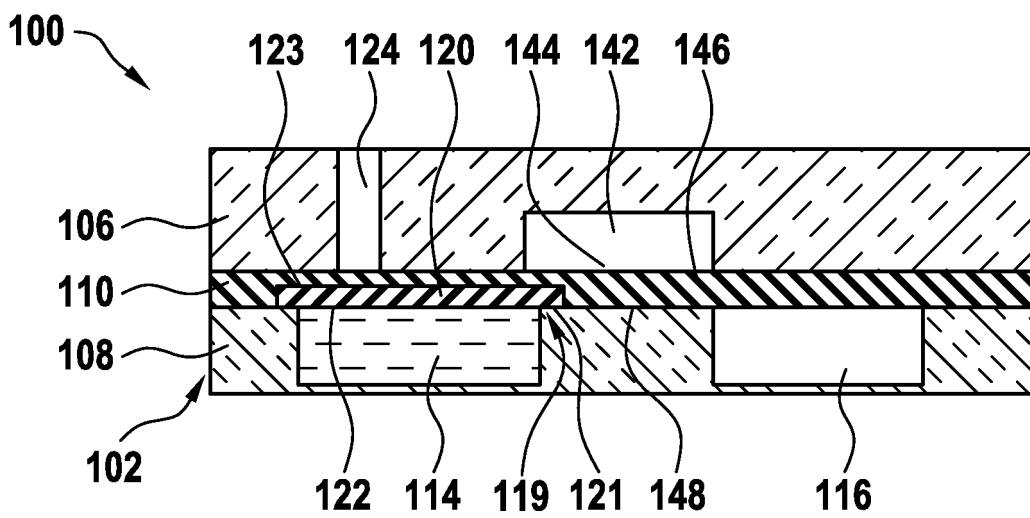


Fig. 5

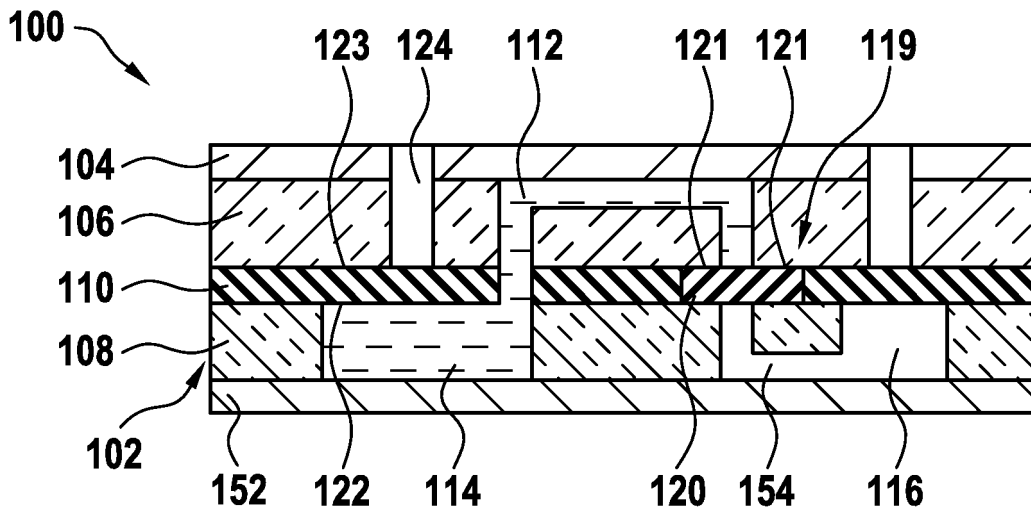
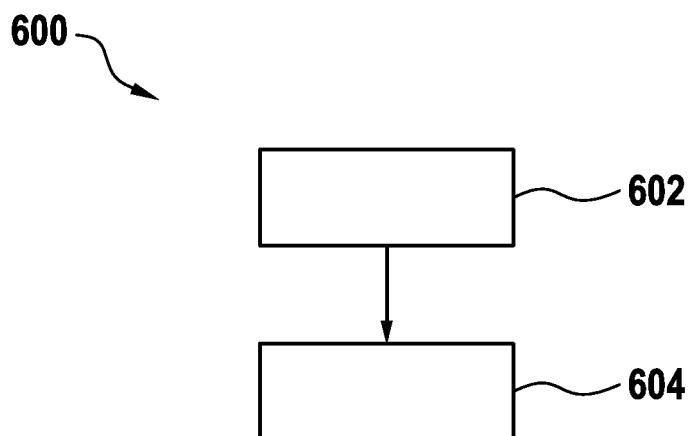


Fig. 6



**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 Nicht-Patentliteratur**

- Multilayer Pressure Driven Microfluidic Platform -  $\mu$ FLATLab. **JOCHEN RUPP**. Dissertation. Institut für Mikrosystemtechnik, Dezember 2011, 1-124 **[0007]**
- 3.5  $\mu$ m Thin Valves in Titanium Membranes. **SCHOMBURG, W. K. et al.** Journal of Micromechanics & Microengineering. Institute of Physics Publishing, 01. September 1992, vol. 2, 184-186 **[0008]**