



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 06 336 T2** 2007.06.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 471 991 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 06 336.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US03/03106**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 706 041.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/068373**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.02.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **21.08.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.11.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **21.06.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.06.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 69/10** (2006.01)
B01D 71/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
74962 **13.02.2002** **US**

(73) Patentinhaber:
Abbott Laboratories, Abbott Park, Ill., US

(74) Vertreter:
Schieber · Farago, 80538 München

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

(72) Erfinder:
**CHRISTIANSON, B., Harlow, San Jose, CA 95123,
US; CHO, T., Steve, Castroville, CA 95012, US**

(54) Bezeichnung: **MIKROFLUIDER ANTIMIKROBIELLER FILTER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren zur Herstellung von Filtern zur Reinigung von Fluiden. Im Speziellen betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Mikrofluid-Antimikrobenfilters.

Hintergrund der Erfindung

[0002] MEMS-Technologie integriert elektrische und mechanische Komponenten mit Hilfe von Mikrofabrikationstechnologie auf einem gemeinsamen Siliziumsubstrat. Durch IC(integrated circuit, integrierter Schaltkreis)-Fabrikationsverfahren, wie z. B. Fotolithographieverfahren und andere mikroelektronische Verfahren, werden die elektrischen Komponenten hergestellt. Die IC-Fabrikationsverfahren verwenden typischerweise Materialien wie z. B. Silizium, Glas und Polymere. Durch Mikro-Materialbearbeitungsverfahren, die mit den IC-Verfahren kompatibel sind, werden Bereiche des integrierten Schaltkreises selektiv weggeätzt oder diesem neue strukturelle Schichten hinzugefügt, um die mechanischen Komponenten zu bilden. Die Integration von Mikroelektronik auf Siliziumbasis mit Mikro-Materialbearbeitungstechnologie ermöglicht es, vollständige elektromechanische Systeme auf einem einzigen Chip anzufertigen. Solche Einzelchip-Systeme integrieren die Rechenfähigkeit von Mikroelektronik in die mechanischen Mess- und Steuerungsmöglichkeiten von Mikrotechnologie, um intelligente Vorrichtungen bereitzustellen.

[0003] Eine Art von MEMS ist ein Mikrofluid-System. Mikrofluid-Systeme schließen Komponenten ein wie z. B. Kanäle, Reservoirs, Mischer, Pumpen, Ventile, Kammern, Hohlräume, Reaktionskammern, Heizvorrichtungen, Fluidverbindungen, Diffusoren, Düsen und andere Mikrofluid-Komponenten. Diese Mikrofluid-Komponenten haben typischerweise eine Größe zwischen wenigen Mikrometern und wenigen hundert Mikrometern. Diese geringen Maße minimieren die physische Größe, den Energieverbrauch, die Reaktionszeit und den Abfall des Mikrofluid-Systems. Solche Mikrofluid-Systeme können tragbare Miniaturvorrichtungen bilden, die sich entweder außerhalb oder innerhalb eines menschlichen oder tierischen Körpers befinden.

[0004] Anwendungen für Mikrofluid-Systeme schließen genetische, chemische, biochemische, pharmazeutische, biomedizinische, Chromatographie-, IC-Kühlungs-, Tintenstrahldruckkopf-, medizinische, radiologische, umwelttechnische sowie jede Art von Vorrichtung ein, die zum Betrieb flüssigkeits- oder gasgefüllte Hohlräume benötigt. Solche Anwendungen können Verfahren einschließen, die Analyse,

Synthese und Reinigung betreffen. Die medizinischen Anwendungen schließen Diagnose und Patienten-Verwaltung ein, wie z. B. implantierte Arzneimittelabgabe-Systeme. Die umwelttechnischen Anwendungen schließen den Nachweis von gefährlichen Stoffen oder Bedingungen wie z. B. Luft- oder Wasserverunreinigungen, chemischen Stoffen, biologische Organismen oder Strahlung ein. Die genetischen Anwendungen schließen das Testen und/oder die Analyse von DNA ein.

[0005] Ein Antimikrobenfilter ist eine Vorrichtung, die Mikroorganismen in einem Fluidsystem ausfiltert. Antimikrobenfilter werden typischerweise zur Fluidreinigung verwendet, wie z. B. in Luft-, Wasser- und Arzneimittelabgabe-Systemen. In Arzneimittelabgabe-Systemen werden Antimikrobenfilter benutzt, um zu verhindern, dass Mikroorganismen im Körper eines Menschen oder Tiers die Fluidquelle der Arzneimittelabgabe erreichen. Manche Antimikrobenfilter werden mit Löchern hergestellt, die groß genug sind, damit Fluid in einer Richtung durch den Filter strömen kann, aber klein genug, um zu verhindern, dass die Mikroorganismen in die andere Richtung durch den Filter dringen. Antimikrobenfilter können auch eine Beschichtung, wie z. B. Silber, haben, die auf die stromabwärts gelegene Seite des Filters aufgetragen ist und manche Mikroorganismen daran hindert, am Filter zu haften, und andere Mikroorganismen, welche die Beschichtung berühren, abtötet. Manche Antimikrobenfilter haben einen langen, schmalen, gewundenen Pfad, auch als "schlangenförmiger Pfad" bezeichnet, der es Fluid ermöglicht, in eine Richtung durch den Pfad zu strömen, und gleichzeitig die Bewegung von Mikroorganismen in die andere Richtung hemmt. Antimikrobenfilter sind im Makro-Maßstab hergestellt worden. Die Herstellung von Antimikrobenfiltern im Mikro-Maßstab ist jedoch mit besonderen Herausforderungen verbunden, z. B. der präzisen Konstruktion sehr kleiner Löcher, die gleichzeitig kosteneffektiv, herstellbar und zuverlässig sein sollen.

[0006] Daher ist es wünschenswert, einen Antimikrobenfilter zu haben, der klein genug ist, um in einem Mikrofluid-System verwendet zu werden. Der Antimikrobenfilter würde mit Mikro-Materialbearbeitungsverfahren hergestellt werden, um in ein Mikrofluid-System integriert werden zu können. Das Mikro-Materialbearbeitungsverfahren muss präzise und rentabel sein. Somit würde der Antimikrobenfilter leicht herzustellen und qualitativ hochwertig sein.

[0007] DE 3631804 offenbart ein Verfahren zur Bereitstellung eines Membranmaterials auf einem Substrat, Bereitstellung einer Maske mit einer Vielzahl von Vertiefungen und zum Bilden einer Vielzahl von Löchern in AUsrichtung mit den Vertiefungen mit Hilfe von Strahlung und Ätzung oder Fotolithographie-Technik.

[0008] WO 01/85341A offenbart Verfahren zum Bilden von Filtern unter Anwendung von Maskentechniken, worin eine Vielzahl von Löchern durch reaktives Ionenätzen geformt wird.

[0009] US 5 753 014 offenbart einen Membranfilter, der eine Membran umfasst, die mit Hilfe von Silizium-Mikro-Materialbearbeitung bearbeitet werden kann, durch Auftragen einer relativ dünnen Membranschicht auf einen Träger mit Hilfe einer geeigneten Aufdampfungs- oder Rotationsbeschichtungs-Technik, wonach Perforierungen in der dünnen Membranschicht vorgenommen werden, z. B. durch Ätzen mit Hilfe von Fotolithographie oder eine Aufdrucktechnik.

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Antimikrobenfilters, ausgebildet für ein Mikrofluid-System einschließlich einer Filtermembran, geformt aus einem Material auf Siliziumbasis und mit einer Vielzahl darin geformter Löcher, gemäß Anspruch 1 offenbart.

[0011] Eine Trägerstruktur ist mit einer ersten Seite der Filtermembran verbunden und erstreckt sich davon.

[0012] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine antimikrobielle Beschichtung zwischen die Löcher in der Filtermembran aufgetragen.

[0013] Das Mikrofluid-System kann eine Fluidquelle einschließen, die ausgebildet ist, um ein Fluid zu enthalten, eine Fluidsenke, die fluidisch mit der Fluidquelle verbunden und ausgebildet ist, um das Fluid aufzunehmen, und den Antimikrobenfilter, der fluidisch mit der Fluidquelle und der Fluidsenke verbunden ist.

[0014] Das Mikrofluid-System kann weiter einen stromaufwärts gelegenen Kanal einschließen, der die Fluidquelle fluidisch mit dem Antimikrobenfilter verbindet, und einen stromabwärts gelegenen Kanal, der die Fluidsenke fluidisch mit dem Antimikrobenfilter verbindet.

[0015] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung schließt der Schritt des Bildens der Filtermembran weiter den Schritt des Diffundierens von Filtermaterial in eine vordefinierte Tiefe des Substrats ein, worin die vordefinierte Tiefe der Diffusion des Filtermaterials in das Substrat einer vordefinierten Dicke der Filtermembran entspricht.

[0016] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung schließt der Schritt des Bildens der Filtermembran weiter den Schritt des Auftragens der

Filtermembran auf das Substrat ein.

[0017] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst der Schritt des Bereitstellens der Filtermaske weiter folgende Schritte das Auftragen einer Vielzahl von Abstandhaltern auf das Filtermaterial, worin ein Teil der Vielzahl von Abstandhaltern das Filtermaterial berührt, das Auftragen von Filter-Maskenmaterial teilweise um die Abstandhalter herum und auf das Filtermaterial, worin der Teil der Vielzahl von Abstandhaltern, der die Oberfläche des Filtermaterials berührt, das Filter-Maskenmaterial daran hindert, zwischen den Teil der Vielzahl von Abstandhaltern und das Filtermaterial zu gelangen, und das Entfernen der Vielzahl von Abstandhaltern, um die Vielzahl von Löchern in der Filtermaske zu bilden, worin jeder Abstandhalter, der das Filtermaterial berührt, jedem Loch in der Filtermaske entspricht.

[0018] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst der Schritt des Entferns der Vielzahl von Abstandhaltern weiter den Schritt des Auflörens der Vielzahl von Abstandhaltern.

[0019] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst der Schritt des Formens der Vielzahl von Löchern in der Filtermembran weiter den Schritt des Ätzens der Filtermembran durch die Löcher in der Filtermaske.

[0020] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst der Schritt des Entferns mindestens eines Teils des Substrats weiter den Schritt des Entferns von Teilen des Substrats von der Filtermembran, worin die restlichen Teile des Substrats, welche die Filtermembran berühren, die Trägerstruktur für die Filtermembran bereitstellen.

[0021] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst der Schritt des Entferns mindestens eines Teils des Substrats weiter den Schritt des Entferns des gesamten Substrats von der Filtermembran.

[0022] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine antimikrobielle Beschichtung zwischen die Löcher in der Filtermembran aufgetragen.

[0023] Diese und andere Aspekte der vorliegenden Erfindung werden weiter beschrieben mit Bezug auf die folgende detaillierte Beschreibung und die beigefügten Zeichnungen, worin identische Bezugszeichen identischen Merkmalen oder Elementen zugeordnet sind, die in verschiedenen Zeichnungen dargestellt sind. Es ist zu beachten, dass die Zeichnungen möglicherweise nicht maßstabsgetreu sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] [Fig. 1](#) stellt ein Mikrofluid-System dar, das einen Antimikrobenfilter gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat.

[0025] Die [Fig. 2A–K](#) stellen, in einer Sequenz von Querschnittsansichten, ein Mikro-Materialbearbeitungsverfahren zur Herstellung des Antimikrobenfilters von [Fig. 1](#) gemäß der vorliegenden Erfindung dar.

[0026] [Fig. 3](#) zeigt ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Herstellung des Antimikrobenfilters mit Hilfe des Mikro-Materialbearbeitungsverfahrens der [Fig. 2A–Fig. 2K](#) beschreibt.

[0027] [Fig. 4](#) ist ein Grundriss der Oberseite des Antimikrobenfilters in [Fig. 1](#).

[0028] [Fig. 5](#) ist ein Aufriss von vorne des Antimikrobenfilters in [Fig. 1](#).

[0029] [Fig. 6](#) ist ein Aufriss der rechten Seite des Antimikrobenfilters in [Fig. 1](#).

[0030] [Fig. 7](#) ist ein Grundriss der Unterseite des Antimikrobenfilters in [Fig. 1](#).

[0031] [Fig. 8](#) zeigt einen Aufriss einer Halbleiter-Konstruktion für den stromaufwärts gelegenen Kanal, den Antimikrobenfilter und den stromabwärts gelegenen Kanal gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0032] [Fig. 9](#) zeigt einen Aufriss einer Halbleiter-Konstruktion für die Fluidquelle und den Antimikrobenfilter gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0033] [Fig. 10](#) zeigt einen Aufriss einer Halbleiter-Konstruktion für den Antimikrobenfilter und die Fluidsenke gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0034] [Fig. 1](#) zeigt ein Mikrofluid-System **100**, das einen Antimikrobenfilter **105** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat. Das Mikrofluid-System **100** wird mit Hilfe der oben beschriebenen MEMS-Technologie hergestellt. Das Mikrofluid-System **100** schließt allgemein Folgendes ein: eine Fluidquelle **101**, einen stromaufwärts gelegenen Kanal **103**, den Antimikrobenfilter **105**, einen stromabwärts gelegenen Kanal **107**, eine Fluidsenke **109** und das Fluid **113**. Die Fluidquelle **101** ist durch den stromaufwärts gelegenen Kanal **103** und den stromabwärts gelegenen Kanal **107** fluidisch mit der

Fluidsenke **109** verbunden. Die Richtung des Fluidstroms **111** im Mikrofluid-System **100** ist von der Fluidquelle **101** zur Fluidsenke **109**. Der Antimikrobenfilter **105** filtert Mikroorganismen im Mikrofluid-System aus. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hindert der Antimikrobenfilter **105** Mikroorganismen daran, sich vom stromabwärts gelegenen Kanal **107** oder von der Fluidsenke **109** zum stromaufwärts gelegenen Kanal **103** oder zur Fluidquelle **101** zu bewegen. Der Antimikrobenfilter **105** kann Fluid filtern, das zwischen zwei Mikrofluid-Komponenten strömt. Vorzugsweise filtert der Antimikrobenfilter **105** Fluid, das zwischen dem stromaufwärts gelegenen Kanal **103** und dem stromabwärts gelegenen Kanal **107** strömt. Alternativ kann der Antimikrobenfilter **105** Fluid filtern, das zwischen der Fluidquelle **101** und dem stromaufwärts gelegenen Kanal **103** strömt, oder zwischen dem stromabwärts gelegenen Kanal **107** und der Fluidsenke **109**, oder zwischen der Fluidquelle **101** und der Fluidsenke **109** ohne den stromaufwärts gelegenen Kanal **103** oder den stromabwärts gelegenen Kanal **107**.

[0035] Die Fluidquelle **101** enthält das Fluid **113** und steht für jede beliebige der oben beschriebenen Mikrofluid-Komponenten, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Reservoirs, Mischer und Kammern. In ähnlicher Weise empfängt die Fluidsenke **109** das Fluid **113** und steht generisch für jede der oben beschriebenen Mikrofluid-Komponenten.

[0036] Der stromaufwärts gelegene Kanal **103** und der stromabwärts gelegene Kanal **107** transportieren das Fluid **113** zwischen der Fluidquelle **101** und der Fluidsenke **109**. Der stromaufwärts gelegene Kanal **103** und der stromabwärts gelegene Kanal **107** können als zwei separate Kanäle geformt sein, die durch den Antimikrobenfilter **105** verbunden sind, oder als ein Gesamtkanal, in dem der Antimikrobenfilter **105** angebracht ist. Als Reaktion auf Druck, der auf das Fluid **113** ausgeübt wird, strömt das Fluid **113** von der Fluidquelle **101** zur Fluidsenke **109**. Der auf das Fluid **113** ausgeübte Druck kann von einer externen Quelle oder einer internen Quelle, bezogen auf das Mikrofluid-System **100**, stammen. Beispiele für die externe Druckquelle schließen (ohne Ausschließlichkeit) Schwerkraft- und Rotationsmechanismen ein. Ein Beispiel für die interne Druckquelle schließt (ohne Ausschließlichkeit) eine Pumpe ein. Vorzugsweise ist die Pumpe ebenfalls eine Komponente des Mikrofluid-Systems **100**.

[0037] Das Fluid **113** kann in jedem passenden Zustand vorliegen, der eine Fluidströmung ermöglicht, wie z. B. in flüssigem oder gasförmigem Zustand. Das Fluid **113** stellt jede Zusammensetzung von Materie dar, die für Anwendungen des Mikrofluid-Systems **100** wie oben beschrieben geeignet ist. Beispiele für Fluide **113** schließen (ohne Ausschließlichkeit) chemische, Körper-, Gefahr-, biologische und radio-

logische Fluide ein. Biologische Fluide können jede biologisch gewonnene Analysenprobe sein, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Blut, Plasma, Serum, Lymphe, Speichel, Tränen, Hirn-Rückenmark-Flüssigkeit, Urin, Schweiß, Sperma und Pflanzen- und Gemüseextrakte.

[0038] Das Mikrofluid-System **100** in [Fig. 1](#) stellt zum Zweck der Verdeutlichung ein relativ einfaches System dar. In der Praxis kann das Mikrofluid-System **100** ein sehr komplexes System sein, das viele und/oder doppelte Mikrofluid-Komponenten hat, wie z. B. mehrere Antimikrobenfilter **105**. Das Mikrofluid-System **100**, das komplexe oder parallele Funktionen ausführt, benötigt typischerweise viele Antimikrobenfilter **105**, z. B. mehr als zehn Antimikrobenfilter **105**, um die Fluide **113** zu filtern, die gleichzeitig oder zu verschiedenen Zeiten durch unterschiedliche Teile des Mikrofluid-Systems **100** strömen. Daher ist es wünschenswert, dass die Antimikrobenfilter **105** kompakt, zuverlässig, einfach herzustellen und einfach in den Rest des Mikrofluid-Systems **100** zu integrieren sind.

[0039] Die [Fig. 2A–Fig. 2K](#) stellen, in einer Sequenz von Querschnittsansichten, ein Mikro-Materialbearbeitungsverfahren zur Herstellung des Antimikrobenfilters **105** in [Fig. 1](#) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Sie zeigen, wie verschiedene Materialien hinzugefügt oder entfernt werden, um die Merkmale des Antimikrobenfilters **105** herzustellen. [Fig. 3](#) zeigt ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Herstellung des Antimikrobenfilters **105** mit Hilfe des Mikro-Materialbearbeitungsverfahrens wie in den [Fig. 2A–Fig. 2K](#) dargestellt beschreibt. Das Verfahren schließt eine Sequenz der Schritte **302** bis einschließlich **312** ein. Die in [Fig. 3](#) gezeigten Schritte **302–312** entsprechen jeweils den Querschnittsansichten in den [Fig. 2A–Fig. 2K](#). Als Nächstes werden jeder der Schritte in [Fig. 3](#) und die entsprechenden Querschnittsansichten in den [Fig. 2A–Fig. 2K](#) detailliert beschrieben.

[0040] In Schritt **302** in [Fig. 3](#), der [Fig. 2A](#) entspricht, wird ein Substrat **211** bereitgestellt. Das Substrat **211** kann aus jedem Material bestehen, das mit dem Mikro-Materialbearbeitungsverfahren kompatibel ist. Vorzugsweise besteht das Substrat **211** aus Silizium. Das Substrat **211** wird mit Verfahren hergestellt, die im Fachgebiet der Halbleiter-Herstellung gut bekannt sind. Das Substrat **211** stellt allgemein den Träger oder die Plattform bereit, auf welcher der Antimikrobenfilter **105** aufgebaut werden soll. Das Substrat **211** kann eine Dicke im Bereich von einem Mikron bis Hunderte von Mikron haben und ist vorzugsweise 3 Mikrometer dick. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt das Substrat **211** auch einen strukturellen Träger für den Antimikrobenfilter **105**, als fertige Vorrichtung, im

MEMS bereit.

[0041] In Schritt **303** in [Fig. 3](#), entsprechend [Fig. 2B](#), wird Substrat-Maskenmaterial **200** auf die erste, vorzugsweise untere, Seite des Substrats **211** aufgetragen. Das Substrat-Maskenmaterial **200** kann aus jedem Material bestehen, das mit dem Mikro-Materialbearbeitungsverfahren kompatibel ist. Vorzugsweise ist das Substrat-Maskenmaterial **200** Siliziumdioxid. Vorzugsweise werden das Substrat **202** und das Substrat-Maskenmaterial **200** zusammen als technisch hergestellte Scheibe bereitgestellt. Das Substrat-Maskenmaterial **200** kann auf das Substrat **211** mit einer Vielzahl von Verfahren aufgetragen werden, die im Fachgebiet der Halbleiter-Herstellung gut bekannt sind. Das Substrat-Maskenmaterial **200** kann eine Dicke im Bereich von Hunderten bis Tausenden von Angström haben und ist vorzugsweise 1000 Angström (0,1 nm) dick. Das Substrat-Maskenmaterial kann auf das Substrat **211** mit einer Vielzahl von Verfahren aufgetragen werden, die im Fachgebiet der Halbleiter-Herstellung gut bekannt sind. Das Substrat-Maskenmaterial **200** wird später im Mikro-Materialbearbeitungsverfahren verwendet, um eine Substratmaske **212** für das Substrat **211** zu bilden.

[0042] In Schritt **304** in [Fig. 3](#), der [Fig. 2C](#) entspricht, wird Filtermaterial **201** auf der zweiten, oberen Seite des Substrats **211** geformt. Das Filtermaterial **201** kann aus jedem Material bestehen, das mit dem Mikro-Herstellungsverfahren kompatibel ist. In der bevorzugten Ausführungsform wird das Filtermaterial **201** auf das Substrat **211** mit Aufbringungsverfahren wie elektrochemischem Auftragen, Ultraschall-Aufsprühen, Aerosol oder Aufschleudern aufgetragen, die im Fachgebiet der Halbleiterverarbeitung gut bekannt sind. Alternativ kann das Filtermaterial **201** auf der Oberfläche des Substrats **211** durch Dotieren der oberen Oberfläche des Substrats **211** mit einem Siliziumkompatiblen Material, wie z. B. Bor, geformt werden. In diesem Fall entspricht die Dicke des Filtermaterials der Eindringtiefe des Filtermaterials **201** in die Oberfläche des Substrats **211**. Wenn das Filtermaterial **201** aufgetragen wird, ist das Filtermaterial **201** vorzugsweise Polysilizium, kann aber auch Nitrid, Epitaxie u. Ä. sein. Das Filtermaterial **201** kann eine Dicke im Bereich von 0,1–100 Mikrometern haben und ist vorzugsweise 3–5 Mikrometer dick. Das Filtermaterial **201** wird später im Mikro-Materialbearbeitungsverfahren verwendet, um eine Filtermembran **213** für den Antimikrobenfilter **105**, als fertige Vorrichtung, im MEMS zu bilden.

[0043] In Schritt **305** in [Fig. 3](#), der [Fig. 2D](#) entspricht, werden Öffnungen **220** im Substrat-Maskenmaterial **200** geformt, um die Substratmaske **212** zu formen. Die Öffnungen **220** können auch als Vertiefungen, Bohrungen, Hohlräume u. Ä. bezeichnet werden. Die Öffnungen **220** werden im Substrat-Masken-

material **200** mit einer Vielzahl von Verfahren geformt, wie z. B. Fotolack mit einem Ätzverfahren, die im Fachgebiet der Halbleiterverarbeitung gut bekannt sind. Die Öffnungen **220** erstrecken sich durch das Substrat-Maskenmaterial **200** bis zur unteren Oberfläche des Substrats **211**, so dass Abschnitte der unteren Oberfläche des Substrats freigelegt werden. Die in der Substratmaske **212** geformten Öffnungen **220** bestimmen Bereiche auf der Unterseite des Substrats **211**, die später entfernt werden, um die Filterhalter zu bilden. Die Öffnungen **220** können nach jedem Schritt in dem Verfahren in [Fig. 3](#) oder nach jeder Sequenz in den [Fig. 2B–Fig. 2K](#) geformt werden, der/die geeignet oder wünschenswert ist, da die Bildung der Öffnungen nicht von einem anderen Schritt abhängt. Die Öffnungen **220** müssen jedoch im Substrat-Maskenmaterial geformt werden, bevor die Öffnungen **224** im Substrat **211** geformt werden können, um die Filterhalter zu bilden (s. [Fig. 2I](#)).

[0044] In Schritt **306** in [Fig. 3](#), der [Fig. 2E](#) entspricht, werden Abstandhalter **214** auf der oberen Oberfläche des Filtermaterials angebracht. Die Abstandhalter **214** können aus jedem Material bestehen, das mit dem Mikro-Herstellungsverfahren kompatibel ist. Vorzugsweise bestehen die Abstandhalter aus Polystyrol, aber sie können auch aus Siliziumdioxid, Polymerisch, Carboxylat (COOH)-polystyrol u. Ä. hergestellt werden. Die Abstandhalter **214** können jede beliebige Form und Größe haben. Vorzugsweise sind die Abstandhalter **214** Kugeln mit einem Durchmesser im Submikronbereich. Alternativ können die Abstandhalter **214** Würfel oder Ovale sein und unregelmäßige oder willkürlich ausgewählte Formen haben. Die Abstandhalter **214** können massiv oder hohl sein. Die auf dem Filtermaterial angebrachten Abstandhalter **214** haben vorzugsweise alle dieselben oder nahezu ähnliche Formen und Größen, sie können aber auch unterschiedliche Formen und Größen haben. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Abstandhalter **214** Kugeln mit der Teilenummer P0002100N von Bangs Lab, 9025 Technology Drive, Fishers, IN 46038-2886. In der bevorzugten Ausführungsform werden die Abstandhalter **214** auf das Substrat **211** mit Aufbringungsverfahren wie z. B. elektrochemischem Auftragen, Ultraschall-Aufsprühen, Aerosol oder Aufschleudern aufgebracht, die im Fachgebiet der Halbleiterverarbeitung gut bekannt sind. Die Abstandhalter **214** werden vorzugsweise als eine einzige Schicht von Abstandhaltern **214** aufgetragen, die Seite an Seite angeordnet sind, sie können aber auch in Form mehrerer Schichten aufgetragen werden, falls gewünscht und angemessen. Die Abstandhalter **214** können willkürlich oder in einem vordefinierten Muster aufgebracht werden, wie gewünscht und angemessen. Vorzugsweise werden die Abstandhalter während des Aufbringungsverfahrens in einer Flüssigkeit mitgetragen, wobei nur die Abstandhalter **214** zurückbleiben, wenn die Flüssigkeit trocknet. Die Ab-

standhalter **214** haften natürlicherweise an der Oberfläche des Filtermaterials **201**, das aus Polysilizium besteht, können jedoch mit Hilfe des oben beschriebenen Elektrophorese-Aufbringungsverfahrens, das auch die Dichte der Abstandhalter **214** erhöht, vom Filtermaterial angezogen werden. Die Abstandhalter **214** können jeden Durchmesser oder jede Dicke im Bereich von 0,05–0,5 Mikrometern haben und sind vorzugsweise 0,2 Mikrometer dick. Wie am besten in [Fig. 2H](#) zu sehen ist, werden die Abstandhalter **214** später im Mikro-Materialbearbeitungsverfahren zum Formen von Löchern **222** in einer Filtermaske **215** für den Antimikrobenfilter **105** verwendet. Im Allgemeinen entspricht der Durchmesser der Abstandhalter **214** dem Durchmesser der Löcher **222** in der Filtermaske **215**, die wiederum den Löchern **218** in der Filtermembran **213** des Antimikrobenfilters **105** entsprechen. Daher sollte der Größe der Abstandhalter **214** besondere Beachtung geschenkt werden, da die Größe jedes Abstandhalters **214** indirekt mit der Größe der Mikroorganismen zusammenhängt, die herausgefiltert werden müssen.

[0045] In Schritt **307** in [Fig. 3](#), entsprechend [Fig. 2F](#), wird Filter-Maskenmaterial um die Abstandhalter **214** auf das Filtermaterial aufgetragen. Vorzugsweise bedeckt das Filter-Maskenmaterial die Abstandhalter **214** nicht vollständig. Weiterhin kommt das Filter-Maskenmaterial nicht zwischen die Abstandhalter **214** und das Filtermaterial **201**, wo die Abstandhalter **214** das Filtermaterial berühren. In der Praxis erstreckt sich das Filter-Maskenmaterial über ungefähr die Hälfte des Wegs unterhalb der Kugeln aufgrund der gekrümmten Form der Kugeln gegen die relativ flache Oberfläche des Substrats und aufgrund des verwendeten Aufbringungsverfahrens. Diese relativ ungenaue Aufbringung des Filter-Maskenmaterial ist akzeptabel, weil es das Endziel ist, Löcher **218** in der Filtermembran **213** zu haben, die dem Durchmesser der Abstandhalter **214** entsprechen, wie unten im Zusammenhang mit den restlichen Schritten beschrieben ist. Die Filtermaske **215** kann aus jedem Material bestehen, das mit dem Mikro-Herstellungsverfahren kompatibel ist. In der bevorzugten Ausführungsform wird das Filter-Maskenmaterial auf das Filtermaterial **201** mit Aufbringungsverfahren wie z. B. elektrochemischem Auftragen, Ultraschall-Aufsprühen, Aerosol oder Aufschleudern aufgetragen, die im Fachgebiet der Halbleiterverarbeitung gut bekannt sind. Vorzugsweise besteht die Filtermaske **215** aus Material, das das Hindurchdringen von Ionen nicht gestattet. Somit kann die Filtermaske **215** aus den meisten feuerfesten Metallen bestehen, wie z. B. Titan, Chrom, Wolfram, Platin, Nickel u. Ä. Das Filter-Maskenmaterial kann eine Dicke im Bereich von 0,05–0,3 Mikrometern haben und ist vorzugsweise 0,05 Mikrometer dick. Das Filter-Maskenmaterial wird später im Mikro-Materialbearbeitungsverfahren verwendet, um eine Filtermaske **215** für den Antimikrobenfilter **105** zu bilden.

[0046] Im Schritt 308 in [Fig. 3](#), der [Fig. 2G](#) entspricht, werden die Abstandhalter 214 entfernt, um Löcher 222 im Filter-Maskenmaterial zu bilden, um die Filtermaske 215, auch Filterschablone genannt, bereitzustellen. Die Abstandhalter 214 können mit jedem Verfahren entfernt werden, das mit dem Mikro-Herstellungsverfahren kompatibel ist. Vorzugsweise werden die Abstandhalter 214 entfernt durch Auflösen der Abstandhalter 214 mit Lösungen, z. B. einer sauren Lösung, einer basischen Lösung oder einer oxidierenden Lösung. Zum Beispiel lösen sowohl Wasserstoffperoxid als auch Schwefelsäure Abstandhalter 214 auf, die aus einem Polymermaterial bestehen. Auch kann z. B. Aceton Abstandhalter 214 auflösen, die aus organischen Verbindungen bestehen. Alternativ können die Abstandhalter 214 entfernt werden durch Zersetzen der Abstandhalter 214 mit Verfahren einschließlich, aber nicht beschränkt auf Ultraschall, Ethylendiamin-Brenzcatechin-Wasser (ethylenediamine-pyrocatechol-water, EDP) u. Ä. In der Praxis haben die Löcher 222 im Filter-Maskenmaterial, da sich das Filter-Maskenmaterial ungefähr über die Hälfte des Wegs unter die Abstandhalter 214 erstreckt, wie in Schritt 307 beschrieben, einen Durchmesser von ungefähr dem halben Durchmesser der Abstandhalter 214. Es ist interessant anzumerken, dass in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Verfahren die Löcher 222 in der Filtermaske 215 formt, indem ein Element (d. h. die Abstandhalter 214), die aus einem Material bestehen, aus dem Filter-Maskenmaterial entfernt wird, das aus einem anderen Material besteht. Dieses bevorzugte Verfahren des Formens der Löcher in der Filtermaske 215 steht im Gegensatz zu teureren, zeitaufwendigeren und weniger präzisen Verfahren des Formens von Löchern in einer Filtermaske, z. B. durch einen Elektronenstrahl, tief ultraviolettes Licht, Röntgen oder Fotolithographie.

[0047] In Schritt 309 in [Fig. 3](#), der [Fig. 2H](#) entspricht, werden mit Hilfe der Filtermaske 215 Löcher 218 im Filtermaterial geformt, um die Filtermembran 213 zu bilden. Die Löcher 218 erstrecken sich durch die Dicke des Filtermaterials. Die Löcher 218 können mit jedem Verfahren geformt werden, das mit Halbleiter-Herstellung kompatibel ist. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein direktional gesteuertes Ätzverfahren angewandt, um die Löcher 218 zu formen. Vorzugsweise wird ein reaktives Ionenätzverfahren (reactive ion etching, RIE) angewandt, aber andere Verfahren, wie z. B. Ionenstrahlfräsen, können ebenfalls angewandt werden. Während des RIE-Vorgangs bombardieren Ionen die Filtermaske 215. Aufgrund des Materials der Filtermaske 215, wie oben in Schritt 307 beschrieben, prallen die Ionen von der Filtermaske 215 ab. Die Löcher 222, die in der Filtermaske 215 geformt wurden, wie in Schritt 308 beschrieben, ermöglichen es jedoch den Ionen, durch die Löcher 222 zu dringen, um das Filtermaterial auf der gegenüberliegen-

den Seite der Filtermaske zu erreichen. Die Ionen reagieren mit dem Filtermaterial, um es selektiv zu entfernen, wie im Fachgebiet der Halbleiter-Herstellung gut bekannt ist, um die Löcher 218 im Filtermaterial zu erzeugen. Die Geschwindigkeit der Bildung der Löcher 218 und die Tiefe der Löcher 218 sind abhängig von Faktoren wie der Intensität und der Dauer des Ionenbeschusses ebenso wie vom Filtermaterial. Die in der Filtermembran 213 geformten Löcher 218 sind tendenziell etwas größer, um etwa die halbe Größe der Abstandhalter 214, als die Löcher 222 in der Filtermaske 215 aufgrund eines Durchschlag- oder Randeffects der Ionen, die durch die Löcher 222 in der Filtermaske 215 dringen. Da die in der Filtermaske 215 geformten Löcher 222 einen Durchmesser haben, der ungefähr den halben Durchmesser der Abstandhalter 214 beträgt, haben die Löcher 218 im Filtermaterial eine Größe, die ungefähr gleich der Größe der Abstandhalter 214 ist. Die Löcher 218 im Filtermaterial haben eine geeignete Größe, um unerwünschte Mikroorganismen effektiv auszufiltern.

[0048] In Schritt 310 in [Fig. 3](#), der [Fig. 2I](#) entspricht, werden Löcher 224 im Substrat 211 geformt, um die Filterhalter zu bilden. Die Verwendung von Filterhaltern ist fakultativ und hängt ab von der strukturellen und materiellen Stabilität der Filtermembran 213 ebenso wie von der Konstruktion und dem Material des MEMS, in das die Filtermembran 213 integriert ist. Die Löcher 224 können mit jedem Verfahren geformt werden, das mit Halbleiter-Herstellung kompatibel ist, wie im Fachgebiet gut bekannt ist. Die Löcher 224 erstrecken sich durch die Dicke des Substrats 211 und entsprechen den Öffnungen 220, die im Substrat-Maskenmaterial 200 geformt sind, wie in Schritt 305 beschrieben. Die Löcher 224 im Substrat 211 legen die Löcher 218 in der Filtermembran 213 frei. Indem das Substratmaterial selektiv entfernt wird, um die Löcher 224 zu bilden, bildet das restliche Substratmaterial die Filterhalter. Die Anzahl und Position der Filterhalter kann je nach Wunsch und Notwendigkeit variieren.

[0049] In Schritt 311 in [Fig. 3](#), der [Fig. 2J](#) entspricht, werden das Filter-Maskenmaterial und das Substrat-Maskenmaterial mit Verfahren entfernt, die im Fachgebiet der Halbleiter-Herstellung gut bekannt sind.

[0050] In Schritt 312 in [Fig. 3](#), der [Fig. 2K](#) entspricht, wird eine Beschichtung 216 auf die Seite der Filtermembran 213 aufgetragen, die nicht an die Filterhalter angrenzt. Die Beschichtung 216, auch als Film bezeichnet, kann mit jedem Verfahren aufgetragen werden, das mit Halbleiter-Herstellung kompatibel ist, wie z. B. elektrochemischem Auftragen, Ultraschall-Aufsprühen, Aerosol oder Aufschleudern, die im Fachgebiet der Halbleiterverarbeitung gut bekannt sind. Vorzugsweise besteht die Beschichtung 216 aus einem Material, das es Mikroorganismen nicht

gestattet, daran zu haften, und/oder das Mikroorganismen abtötet, die die Beschichtung **216** berühren. Vorzugsweise besteht die Beschichtung **216** aus Silber. Die Beschichtung **216** kann eine Dicke im Bereich von 0,05 bis zu mehreren Mikron haben und ist vorzugsweise 0,1 Mikrometer dick. Vorzugsweise wird die Beschichtung **216** auf die stromabwärts gelegene Seite der Filtermembran **213** aufgetragen. Wenn Fluid durch die Filtermembran **213** strömt, hindert der Druck des Fluids typischerweise die Mikroorganismen daran, sich gegen den Fluiddruck stromaufwärts zu bewegen, um die Fluidquelle zu erreichen. Wenn der Druck des Fluidstroms jedoch nachlässt, versuchen die Mikroorganismen möglicherweise durch Migration oder Diffusion, sich stromaufwärts durch die Filtermembran **213** zu bewegen. In diesem Fall verhindert oder hemmt die Beschichtung **216** eine solche Bewegung. Je nach der Anwendung der Filtermembran **213** ist die Beschichtung fakultativ.

[0051] Mit den oben beschriebenen Schritten wird vorteilhafterweise ein Antimikrobenfilter **105** produziert, der klein genug ist, um im Mikrofluid-System **100** verwendet zu werden. Der Antimikrobenfilter **105** wird mit Hilfe von Mikro-Materialbearbeitungsverfahren konstruiert, um in das Mikrofluid-System **100** integriert werden zu können. Der Antimikrobenfilter **105** hat genau definierte Lochgrößen, die kosteneffektiv und einfach zu produzieren sind. Der Filter **105** filtert unerwünschte Mikroorganismen zuverlässig aus. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Antimikrobenfilter **105** in intravenösen oder implantierten Miniatur- oder Mikro-Arzneimittelabgabe-Systemen verwendet.

[0052] Die [Fig. 4-Fig. 7](#) zeigen die Ansichten des Antimikrobenfilters **105** von oben, von vorne, von rechts bzw. von unten. Die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen die Beschichtung **216**, die auf die Filtermembran **213** aufgetragen ist, welche auf dem Substrat **211** geformt ist. Die [Fig. 4](#) und [Fig. 7](#) zeigen die im Antimikrobenfilter **105** geformten Löcher. [Fig. 7](#) zeigt das Substrat **211**, geformt als Filterhalter, welche eine Wand entlang des Umfangs des Filters **105** und sechs Stützen innerhalb des Umfangs des Filters **105** umfassen. [Fig. 4](#) zeigt die Filterhalter mit gestrichelten Linien, da sie in dieser Ansicht verborgen sind.

[0053] Die Größe und Form des Antimikrobenfilters **105**, wie in [Fig. 4](#) und [Fig. 7](#) dargestellt, kann nach Wunsch und nach Eignung für eine bestimmte Anwendung variieren. Die Form des Antimikrobenfilters **105**, wie in den [Fig. 4](#) und [Fig. 7](#) dargestellt, kann quadratisch, rechteckig, rund oder oval sein, eine Form mit einer beliebigen Anzahl von Seiten sowie jede unregelmäßige Form haben. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegt die Größe des Antimikrobenfilters **105**, wie in den [Fig. 4](#) und [Fig. 7](#) dargestellt, in der Größenordnung von mehreren zehn Mikronen bis zu mehreren Milli-

metern und beträgt vorzugsweise 1 mm × 1 mm. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegt die Dicke des Antimikrobenfilters **105**, wie in den Aufzügen [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt, im Bereich von 0,1 und 50 Mikrometern und beträgt vorzugsweise 3 Mikrometer.

[0054] Als Nächstes werden die [Fig. 8](#), [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) zusammen beschrieben. [Fig. 8](#) stellt einen Aufziss einer Halbleiter-Konstruktion für den stromaufwärts gelegenen Kanal **103**, den Antimikrobenfilter **105** und den stromabwärts gelegenen Kanal **107** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. [Fig. 9](#) zeigt einen Aufziss einer Halbleiter-Konstruktion für die Fluidquelle **101** und den Antimikrobenfilter **105** gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. [Fig. 10](#) stellt einen Aufziss einer Halbleiter-Konstruktion für den Antimikrobenfilter **105** und die Fluidsenke **109** gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0055] Allgemein werden in den [Fig. 8](#), [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) der stromaufwärts gelegene Kanal **103**, der stromabwärts gelegene Kanal **107**, der Antimikrobenfilter **105**, die Fluidquelle **101** und die Fluidsenke **109** mit Mikro-Materialbearbeitungsverfahren und Materialien geformt, die mit einer Halbleiter-Konstruktion kompatibel sind. Vorzugsweise ist die Halbleiter-Konstruktion eben, um zu ermöglichen, dass der stromaufwärts gelegene Kanal **103**, der stromabwärts gelegene Kanal **107**, der Antimikrobenfilter **105**, die Fluidquelle **101** und die Fluidsenke **109** unter Verwendung bekannter Montageverfahren und Materialien in einer gestapelten Anordnung zusammengebaut werden können. Jede beliebigen einzelnen Elemente können ineinander integriert sein, falls gewünscht und für eine bestimmte Anwendung geeignet. Die Beschichtung **216** auf dem Antimikrobenfilter **105** ist so angeordnet, dass sie sich auf der stromabwärts gelegenen Seite des Antimikrobenfilters **105** befindet, um zu verhindern, dass sich Mikroorganismen stromaufwärts durch den Filter **105** bewegen.

[0056] In [Fig. 8](#) stellen der stromaufwärts gelegene Kanal **103** und der stromabwärts gelegene Kanal **107** einen Fluidkanal dar, vorzugsweise geformt aus Halbleitermaterial mit Hilfe von Mikro-Materialbearbeitungstechniken. Vorzugsweise strömt das Fluid in die rechte Seite des stromaufwärts gelegenen Kanals **103**, aber es kann alternativ in die linke Seite des stromaufwärts gelegenen Kanals **103** (wie durch gestrichelte Linien dargestellt) oder sowohl in die rechte als auch in die linke Seite des stromaufwärts gelegenen Kanals **103** strömen. Ebenso kann das Fluid aus der linken Seite des stromabwärts gelegenen Kanals **107** strömen, aber es kann alternativ aus der rechten Seite des stromabwärts gelegenen Kanals **107** (wie durch gestrichelte Linien dargestellt) oder sowohl aus der linken als auch aus der rechten Seite des strom-

abwärts gelegenen Kanals **107** strömen. Der Antimikrobenfilter **105** ist zwischen dem stromaufwärts gelegenen Kanal **103** und dem stromabwärts gelegenen Kanal **107** angeordnet. Das Substrat **211**, das den Filterhalter bildet, steht im Kontakt mit dem stromaufwärts gelegenen Kanal **103**. Die Beschichtung **216** auf der Filtermembran **213** steht im Kontakt mit dem stromabwärts gelegenen Kanal **107**.

[0057] In [Fig. 9](#) steht die Fluidquelle **101** in direktem Kontakt mit dem Antimikrobenfilter **105**, ohne dass der stromaufwärts gelegene Kanal **103** zwischen der Fluidquelle **101** und dem Antimikrobenfilter **105** angebracht ist. In diesem Fall steht das Substrat **211**, das den Filterhalter bildet, in Kontakt mit der Fluidquelle **101**.

[0058] In [Fig. 10](#) steht die Fluidsenke **109** in direktem Kontakt mit dem Antimikrobenfilter **105**, ohne dass der stromabwärts gelegene Kanal **107** zwischen der Fluidsenke **109** und dem Antimikrobenfilter **105** angebracht ist. In diesem Fall steht die Beschichtung **216** in Kontakt mit der Fluidsenke **109**.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Herstellung eines Antimikroben-Filters (**105**) für ein Mikrofluid-System (**100**), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Bereitstellen eines Substrats (**211**); Bilden eines Filtermaterials (**201**) auf dem Substrat; und Bilden einer Vielzahl von Löchern (**218**) im Filtermaterial durch eine Maskierungstechnik; **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maskierungstechnik die folgenden Schritte umfasst: Bereitstellen einer Vielzahl von Abstandshaltern (**214**) am Filtermaterial; Bereitstellen eines Maskenmaterials (**215**) um die Abstandshalter herum; Entfernen der Abstandshalter, wodurch eine Vielzahl von Löchern (**222**) im Maskenmaterial erzeugt wird, worin jeder Abstandshalter, der das Filtermaterial berührt, einem einzelnen Loch im Maskenmaterial entspricht; und Verarbeiten der Löcher (**218**) im Filtermaterial (**201**) in den Bereichen der Löcher (**222**) im Maskenmaterial; und Entfernen mindestens eines Teils des Substrats, um mindestens einige der Löcher im Filtermaterial freizulegen.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Schritt des Bildens des Filtermaterials (**201**) das Diffundieren von Filtermaterial in eine vorbestimmte Tiefe des Substrats (**211**) umfasst, worin die vorbestimmte Tiefe der Diffusion des Filtermaterials in das Substrat (**211**) einer vorbestimmten Dicke des Filtermaterials (**201**) entspricht.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Schritt des Formens des Filtermaterials (**201**) das Auftragen des Filtermaterials auf das Substrat (**211**) umfasst.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Schritt des Entferns der Abstandshalter (**214**) das Auflösen der Abstandshalter umfasst.

5. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Schritt des Verarbeitens der Löcher (**218**) im Filtermaterial (**201**) in den Bereichen der Löcher (**222**) im Maskenmaterial das Ätzen des Filtermaterials (**201**) in den Bereichen der Löcher (**222**) im Maskenmaterial umfasst.

6. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, das weiter den Schritt des Auftragens einer antimikrobiellen Beschichtung auf das Filtermaterial (**201**) zwischen die Löcher (**218**) auf den Filtermaterial umfasst.

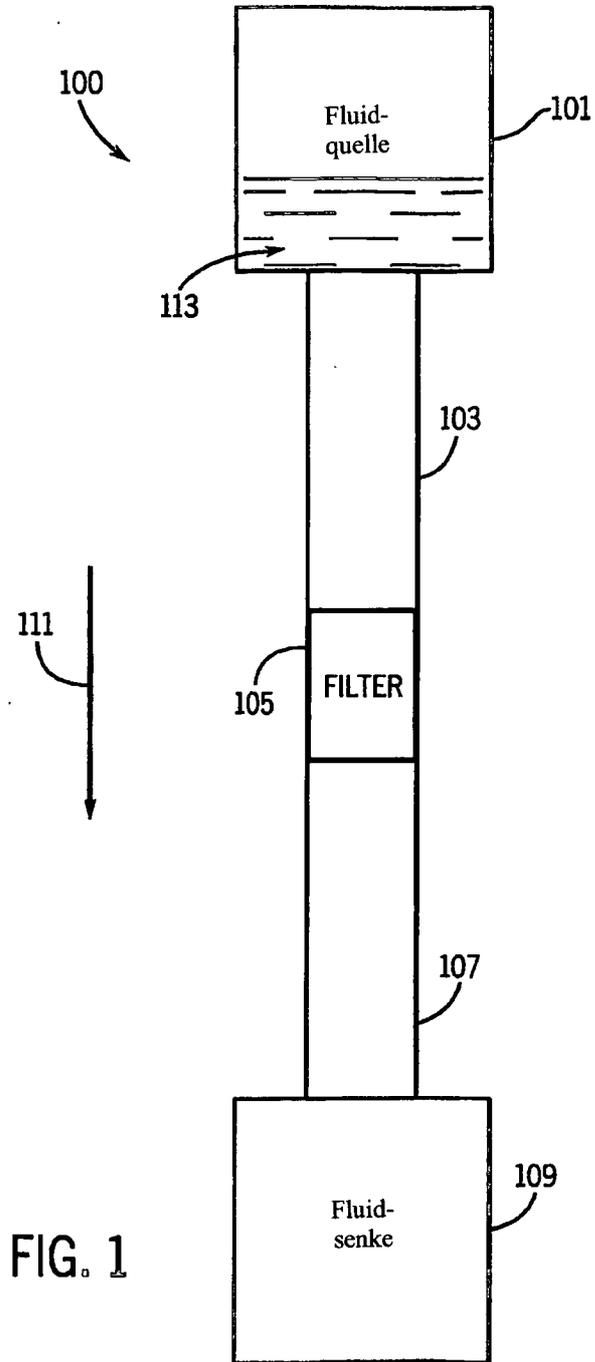
7. Das Verfahren gemäß Anspruch 6, worin die antimikrobielle Beschichtung Silber enthält.

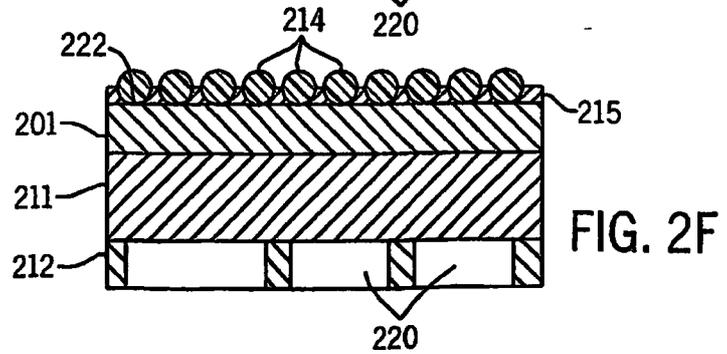
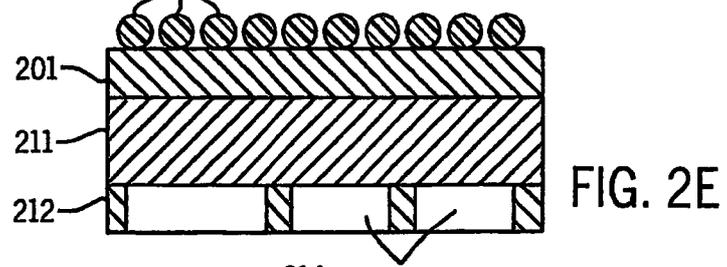
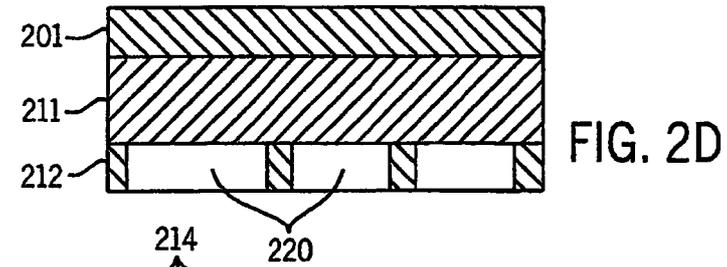
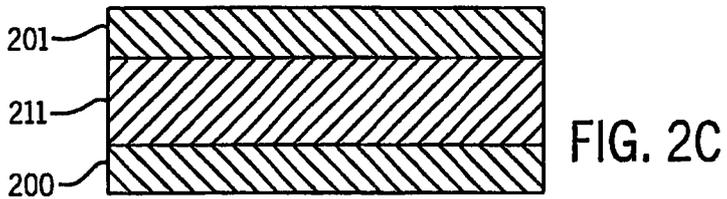
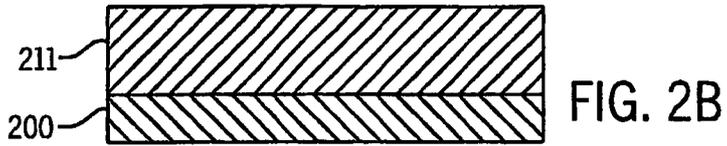
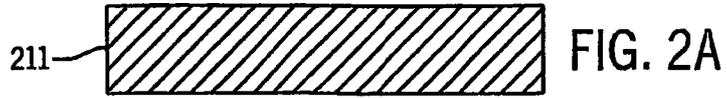
8. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Verarbeitungsschritt reaktives Ionenätzen einschließt.

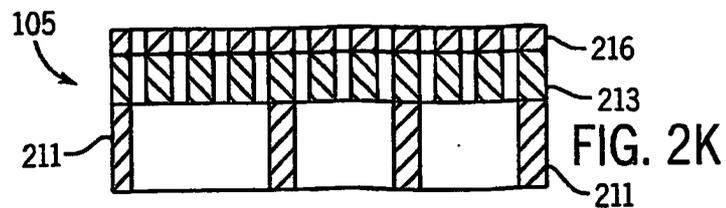
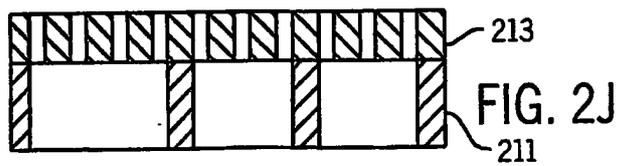
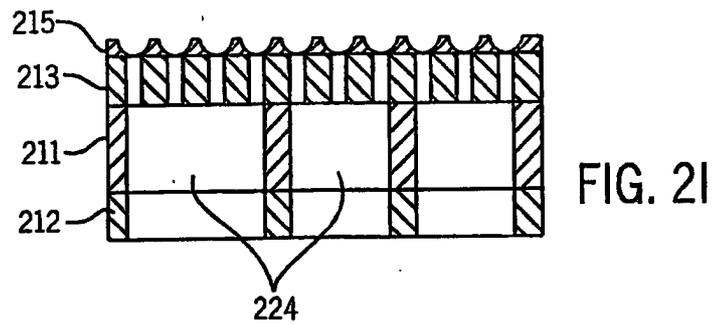
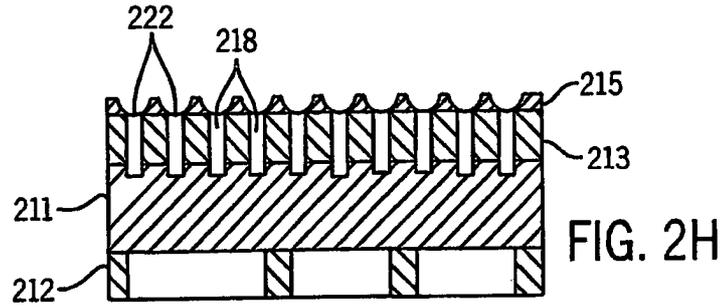
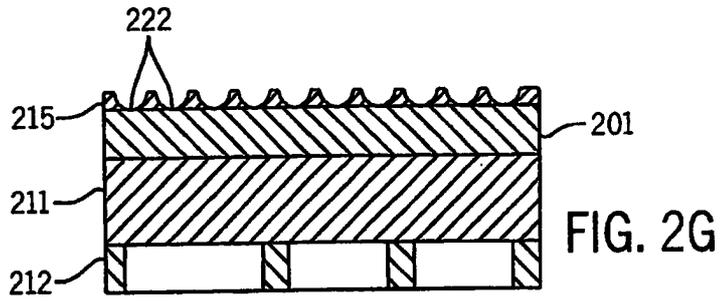
9. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, worin die Abstandshalter gleichmäßig auf dem Filtermaterial verteilt sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen







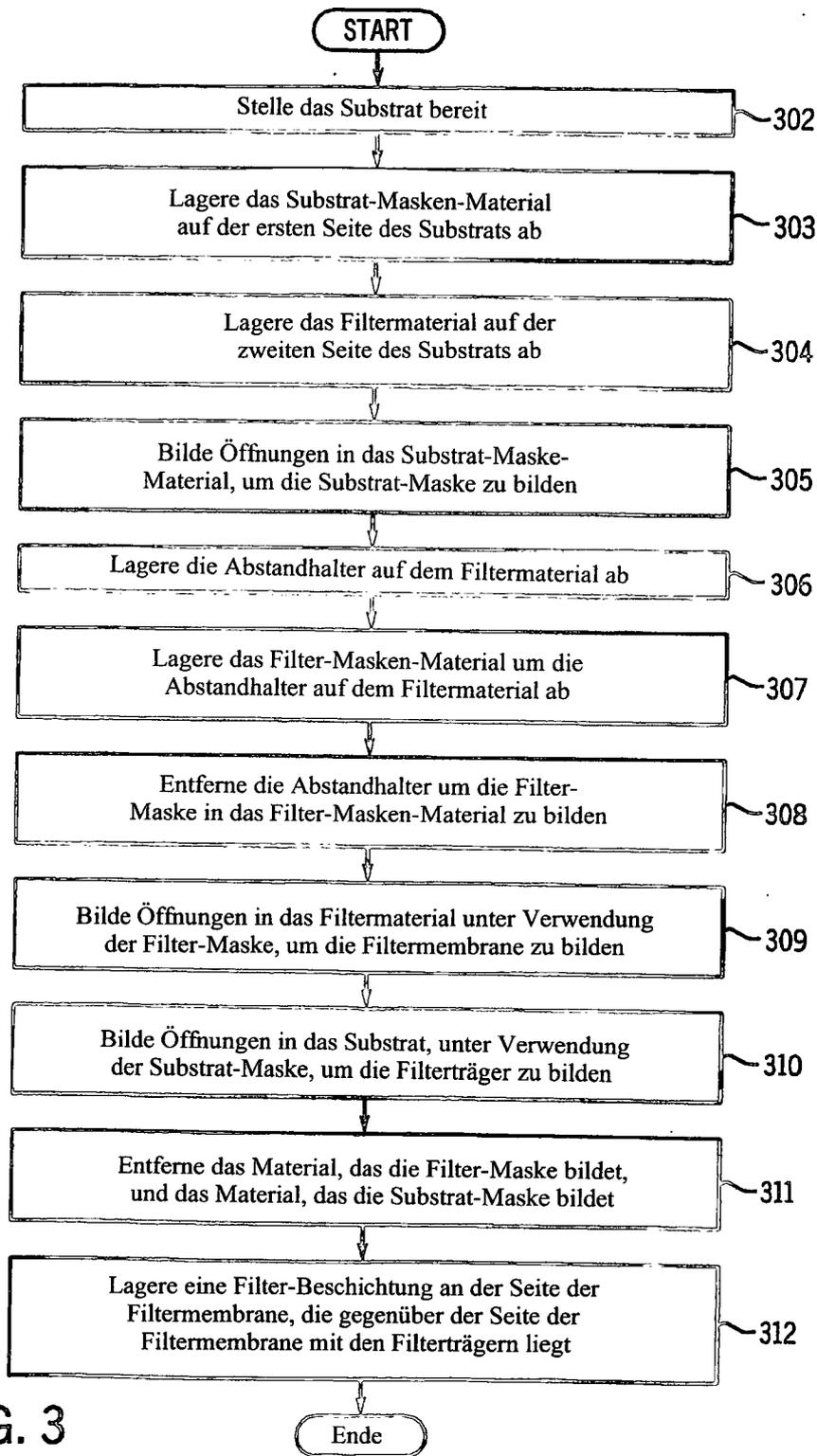
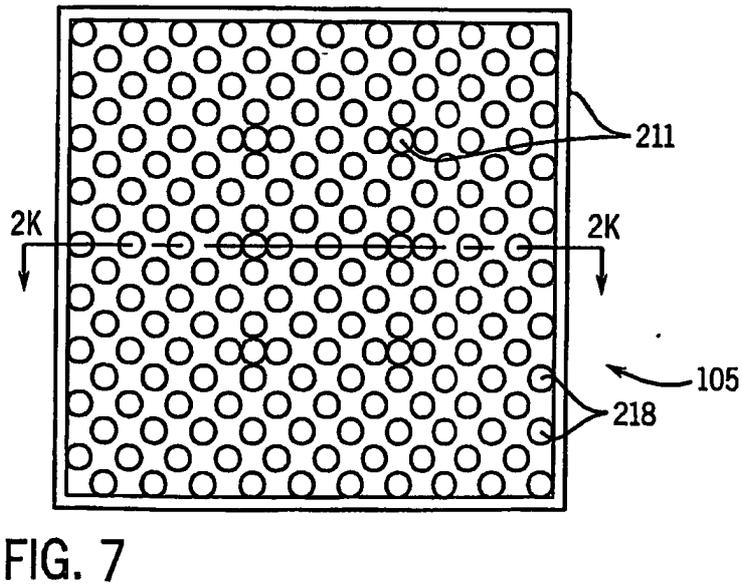
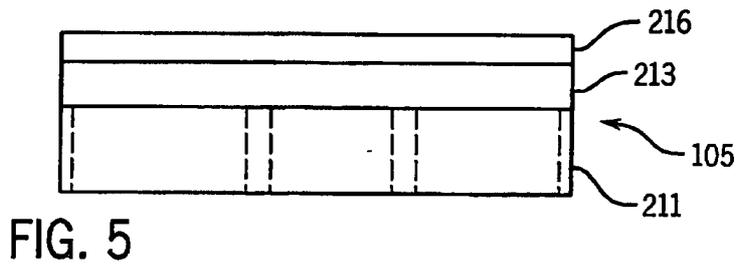
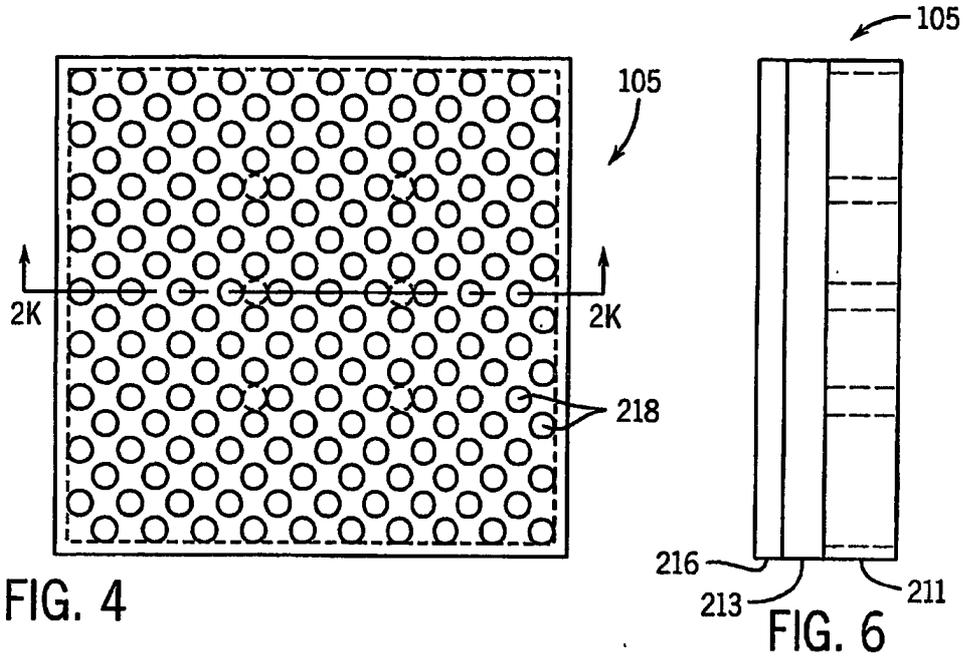


FIG. 3



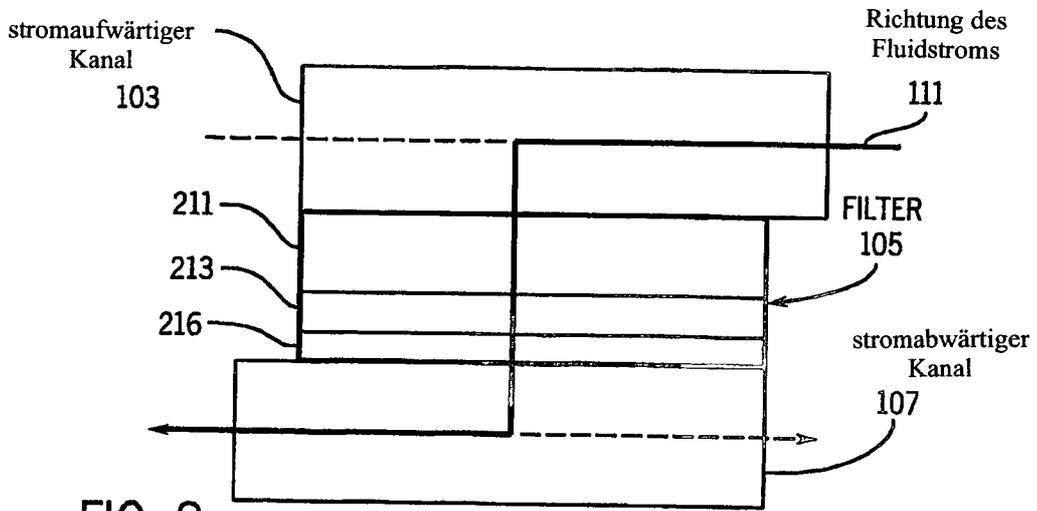


FIG. 8

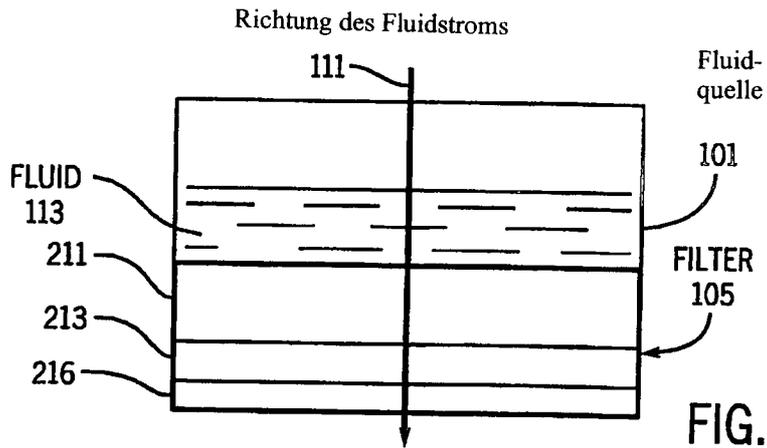


FIG. 9

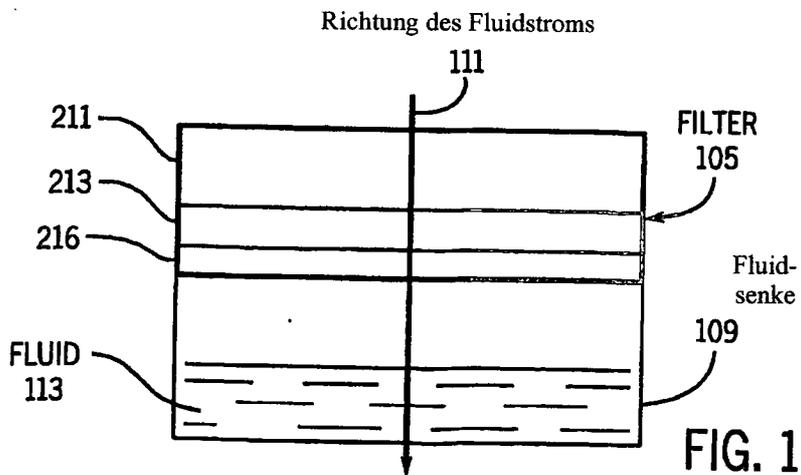


FIG. 10