



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 336 T2** 2004.08.19

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 829 360 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 336.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 306 996.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.09.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.03.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.08.2004**

(51) Int Cl.7: **B41J 2/16**

(30) Unionspriorität:
712761 12.09.1996 US

(73) Patentinhaber:
Xerox Corp., Rochester, N.Y., US

(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
**Hawkins, William G., Webster, US; Burke, Cathie
J., Rochester, US; Calistri-Yeh, Mildred, Webster,
US; Atkinson, Diane, Webster, US**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen eines Tintenstrahldruckkopfes**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren und spezielle Werkstoffe zur Herstellung mikromechanischer Vorrichtungen, insbesondere von Tintenstrahl-Druckköpfen, und einen gemäß diesem Verfahren hergestellten Tintenstrahl-Druckkopf.

[0002] Konkret betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Vorrichtung, die in sich einen Hohlraum bildet, mit den in der Präambel von Anspruch 1 angeführten Schritten. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Tintenstrahl-Druckkopfes, der eine Mehrzahl von Kanälen bildet, mit den in der Präambel von Anspruch 8 angeführten Schritten.

[0003] Beim thermischen Tintenstrahldrucken werden Tintentröpfchen wahlweise aus einer Mehrzahl von Tropfen-Ausstoßeinrichtungen in einem Druckkopf ausgestoßen. Die Ausstoßeinrichtungen werden gemäß digitalen Befehlen betätigt und erzeugen ein gewünschtes Bild auf einem Druckbogen, der sich am Druckkopf entlang bewegt. Wie bei einer Schreibmaschine kann sich der Druckkopf in Bezug auf den Bogen hin- und herbewegen, oder aber die lineare Anordnung hat eine solche Größe, dass sie sich über die gesamte Breite eines Bogens erstreckt und so das Bild in einem einzigen Durchlauf auf den Bogen überträgt.

[0004] Im typischen Fall umfassen die Ausstoßeinrichtungen Kapillarkanäle oder andere Tintendurchlässe, die mit einem oder mehreren gemeinsamen Tintenverteiltern verbunden sind. Die Tinte wird in jedem Kanal so lange zurückgehalten, bis die Tinte im Kanal als Reaktion auf ein entsprechendes digitales Signal mit Hilfe eines Heizelements (im Wesentlichen ein Widerstand), der auf der Oberfläche innerhalb des Kanals angeordnet ist, schnell erhitzt und verdampft wird. Diese rasche Verdampfung der Tinte am Kanal erzeugt eine Blase, die dazu führt, dass eine bestimmte Menge Tinte durch eine zu dem Kanal gehörende Öffnung auf das Druckblatt ausgestoßen wird. Ein Patent, das den allgemeinen Aufbau eines typischen Tintenstrahl-Druckkopfes darstellt, ist das USA-Patent Nr. 4,774,530.

[0005] Im Überblick betrachtet ist ein thermischer Tintenstrahl-Druckkopf mit einer auf dem Fachgebiet bekannten und typischen Konstruktion ein Hybrid aus einem Halbleiter und einer mikromechanischen Vorrichtung. Die Heizelemente sind normalerweise Polysiliziumflächen, die bis auf einen spezifischen elektrischen Widerstand dotiert worden sind; und die dazugehörigen digitalen Schaltkreise zur Aktivierung der einzelnen Heizelemente zu verschiedenen Zeitpunkten sind auf dem Gebiet der Halbleitertechnologie hinlänglich bekannt. Gleichzeitig sind Strukturen wie die Kapillarkanäle zum Zurückhalten flüssiger Tinte und zum Ausstoßen der Tinte aus dem Druckkopf mechanische Strukturen, die eine direkte physische Schnittstelle zu den Halbleitern, z. B. zum Heizelement oder zum Heizchip, haben. Aus verschiedenen

Gründen ist es wünschenswert, die mechanischen Strukturen wie die Kanalplatte aus chemisch geätztem Silicium herzustellen, das konform zu der Halbleiterstruktur der Heizplatte ist.

[0006] Bei der Verwendung standardmäßiger Silicium-Ätztechnologien zur Erzeugung mikromechanischer Strukturen treten jedoch beträchtliche Konstruktionsbeschränkungen auf. Im typischen Fall werden Rillen in der Kanalplatte, die zum Ausbilden von Kapillarkanälen für das Durchfließen von Tinte verwendet werden, auf einfachste Weise durch Ätzen einer V-förmigen Rille hergestellt, indem ein chemisches Ätzmittel, wie beispielsweise KOH, auf Silicium aufgetragen wird. Aufgrund der relativen Ätzgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Richtungen eines Siliciumkristalls (das „Seitenverhältnis“) entstehen geätzte Hohlräume, die spezifische Oberflächenwinkel bilden, so dass unterschiedliche V-Rillen erzeugt werden. Wenn eine Kanalplatte, die geätzte V-Rillen bildet, an einen Halbleiter-Heizchip angelegt wird, entstehen Kapillarkanäle mit dreieckigem Querschnitt. Derartige dreieckige Querschnitte bieten gewisse Vorteile, sie sind aber auch dafür bekannt, Probleme bei der Ausrichtung von aus ihnen emittierten Tintentröpfchen mit sich zu bringen, das heißt, die Tintentröpfchen werden nicht immer gerade aus dem Kanal heraus emittiert, sondern mitunter in einem nicht vorhersehbaren Winkel. Es ist wahrscheinlich, dass sich die Leistungsparameter des Chips verbessern ließen, wenn beispielsweise ein Querschnitt gebildet werden könnte, der einem Quadrat näher kommt. Allerdings würde das Seitenverhältnis beim Ätzen von Silicium in typischen Ätzprozessen die Erzeugung von quadratischen Rillen in einer Kanalplatte ausschließen.

[0007] Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung von V-Rillen zur Herstellung von Kapillarkanälen besteht darin, dass es schwierig wäre, durch Ätzen von V-Rillen einen Kanal zu erzeugen, dessen Querschnitt sich über die Länge des Kanals hinweg ändern würde. So wäre es beispielsweise schwierig, einen Kanal durch V-Rillen-Ätzen zu erzeugen, der über seine Länge hinweg größer oder kleiner wird. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Ätzverfahren für V-Rillen zwar entscheidende praktische Vorteile bietet, dass aber auch erhebliche Konstruktionsbeschränkungen damit verbunden sind.

[0008] Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren, zusammen mit dazugehörigen Gruppen von Werkstoffen, mit denen das Verfahren vorzugsweise umgesetzt wird, durch welches Strukturen, wie sie für einen Tintenstrahl-Druckkopf geeignet sind, flexibler als mit traditionellen V-Rillen-Ätzverfahren hergestellt werden können.

[0009] US-A-5 524 784 beschreibt ein positives lichtempfindliches Material zur Herstellung einer bemusterten Schicht. Die Zwischenräume in dem entwickelten Muster werden mit einem Material gefüllt, das die Wände für den Tintendurchlass bildet. Der Rest des lichtempfindlichen Materials wird entfernt, um

Tintendurchlässe mit quadratischem Querschnitt zu erzeugen.

[0010] Ebenso bezieht sich US-A-4 412 224 auf ein Verfahren zur Ausbildung eines Tintenstrahlkopfes unter Verwendung eines Fotoresistmaterials, wodurch Tintendurchlässe mit quadratischem Querschnitt entstehen. Das Substrat wird elektrisch mit Ni oder Cu plattiert, so dass die Metallwände des Kanals gebildet werden. Wenn die Glattheit der Plattierfläche und die Gleichförmigkeit der Plattierdicke zu berücksichtigen sind, wird die Oberfläche vor dem Entfernen des Fotoresistmusters geschliffen.

[0011] US-A-4,497,684 legt ein Verfahren unter Verwendung von Opferschichten offen, mit dem Metallschichten musterförmig auf einem Substrat abgeschieden werden.

[0012] US-A-4,650,545 legt ein Verfahren zur Herstellung von Metalleitern offen, die an Polyimid-schichten haften.

[0013] US-A-5,236,572 legt ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Teilen offen, die eine präzise Mikrofertigung erfordern, wie zum Beispiel Tintenstrahl-Druckköpfe.

[0014] US-A-5,296,092 legt ein Planarisierungsverfahren zur Verwendung bei einem Halbleitersubstrat offen.

[0015] US-A-5,322,594 legt ein Verfahren zur Herstellung eines aus einem Stück bestehenden Tintenstrahl-Druckstabes mit voller Breite auf einer Glas- bzw. Keramikplatte offen.

[0016] US-A-5,378,583 legt ein Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen mit einem vorgefertigten Fotoresistbogen offen.

[0017] US-A-5,401,983 legt verschiedene Verfahren zum monolithischen Integrieren eines beliebigen Dünnschichtmaterials oder einer beliebigen Vorrichtung, einschließlich von Halbleitern, offen.

[0018] US-A-5,454,904 legt ein Mikrobearbeitungsverfahren offen, wobei Polyimid als mikrobearbeitbares Material verwendet wird.

[0019] US-A-5,465,009 legt Verfahren offen, die das Abheben, Ausrichten und Bonden von Materialien und Vorrichtungen ermöglichen. Auf einer Opferschicht auf einem Wachstumssubstrat wird eine Schicht für die Vorrichtung abgeschieden. Auf die Schicht für die Vorrichtung wird eine Trägerschicht aufgetragen. Anschließend werden die Opferschicht und/oder das Wachstumssubstrat weggeätzt, um die Kombination aus Vorrichtungsschicht und Trägerschicht von dem Wachstumssubstrat zu lösen.

[0020] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines Verfahrens zur Herstellung einer mikromechanischen Vorrichtung, die in sich einen Hohlraum bildet, wie zum Beispiel ein Tintenstrahl-Druckkopf, wodurch sich Hohlräume oder Kanäle mit präziser Form erreichen lassen und im Wesentlichen rechte Winkel zwischen den Wänden des Kanals und der Oberfläche des Siliciumsubstrats gebildet werden können.

[0021] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein

Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Vorrichtung, die in sich einen Hohlraum bildet, welches die in Anspruch 1 angeführten Schritte umfasst. Weiterhin umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Tintenstrahl-Druckkopfes, der eine Mehrzahl von Kanälen in sich bildet, welches die in Anspruch 8 angeführten Schritte umfasst.

[0022] Erfindungsgemäß wird ein Substrat geschaffen, welches eine Hauptfläche bildet. Auf der Hauptfläche wird eine Opferschicht aus einem entfernbaren Material abgeschieden, die als Negativform des gewünschten Hohlraums konfiguriert ist. Über der Hauptschicht und der Opferschicht wird eine Permanentschicht aus Permanentmaterial abgeschieden. Zum Freilegen der Opferschicht wird die Permanentschicht geschliffen, und anschließend wird die Opferschicht entfernt.

[0023] Die **Fig. 1–5** stellen eine Sequenz von Aufrissansichten von Kapillarkanälen für einen Tintenstrahl-Druckkopf dar, der auf einem Siliciumsubstrat ausgebildet wird;

[0024] **Fig. 6** ist ein Aufriss eines thermischen Tintenstrahl-Druckkopfes in einem fortgeschrittenen Herstellungsstadium nach dem erfindungsgemäßen Verfahren;

[0025] **Fig. 7** ist eine Schnittdarstellung durch die Linie 7-7 in **Fig. 6**, die verschiedene Kanalformen darstellt, die mit den erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildet werden können;

[0026] **Fig. 8** ist eine Perspektivansicht, die zeigt, wie das erfindungsgemäße Verfahren dazu genutzt werden kann, Vertiefungen um die Heizelemente in einer Ausstoßeinrichtung eines thermischen Tintenstrahl-Druckkopfes herum zu bilden; und

[0027] **Fig. 9** ist eine Tabelle, die bekannte Materialgruppen darstellt, die zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens bei der Herstellung eines thermischen Tintenstrahl-Druckkopfes zur Anwendung kommen.

[0028] Die **Fig. 1–5** zeigen einen Aufriss eines Abschnitts eines Halbleitersubstrats mit darauf befindlichen Strukturen, die beispielsweise bei der Herstellung eines Teils eines thermischen Tintenstrahl-Druckkopfes verwendet werden. Die nachfolgenden Figuren zeigen verschiedene Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens. In diesen Figuren kennzeichnen identische Bezugsziffern dasselbe Element in unterschiedlichen Prozessstufen.

[0029] In **Fig. 1** ist ein Halbleitersubstrat **10** abgebildet, auf dessen einer Hauptfläche sich eine Reihe von Opferabschnitten **12** befindet, die zusammen als eine Opferschicht angesehen werden können. Wie aus **Fig. 1** hervorgeht, sollen die einzelnen Opferabschnitte **12** eine Gruppe von Kapillarkanälen für den Durchlass von flüssiger Tinte durch selbige zum Beispiel in einem thermischen Tintenstrahl-Druckkopf darstellen. Wie nachstehend beschrieben, repräsentieren die Opferabschnitte **12** Leerräume (wie beispielsweise Kapillarkanäle) in dem fertigen Druckkopf; die Abschnitte **12** können als eine Negativform

betrachtet werden. Bei dem fertigen Druckkopf sollen diese Kapillarkanäle auf der Hauptfläche des Chips **10** derart angeordnet sein, dass die Hauptfläche des Chips **10** als eine Wand jedes Kapillarkanals dient. In **Fig. 1** sind vier separate und parallele Kanäle mit offenen Enden dargestellt.

[0030] Nachfolgend wird näher auf die unterschiedlichen Materialien eingegangen, die zum Erzeugen einer Opferschicht **12** verwendet werden können, jedoch kann die Opferschicht **12** je nach dem speziell ausgewählten Material mit Hilfe einer beliebigen Anzahl bekannter Verfahren, wie beispielsweise Laserätzen, chemisches Ätzen oder Fotoresist-Ätzen, in einem gewünschten Muster auf der Hauptfläche des Chips **10** abgeschieden werden.

[0031] In **Fig. 2** ist das Aufbringen einer Permanentenschicht **14** über den Abschnitten **12** der Opferschicht dargestellt. Aus der Permanentenschicht **14** entstehen schließlich die Leerräume, die in **Fig. 2** von den Opferschichten **12** eingenommen werden. Man stellt fest, dass bei der abgebildeten Ausführungsform das Muster der Opferschicht **12** mit parallelen Kanälen dazu führt, dass von der Permanentenschicht **14** eine wellige Oberfläche erzeugt wird. Die Permanentenschicht **14** kann mit einer beliebigen Anzahl verfügbarer Verfahren abgeschieden werden, zum Beispiel durch Schleuderguss, Sprühbeschichtung, Siebdruck, CVD- oder Plasmaabscheidung. Nachstehend wird näher darauf eingegangen, welche Materialien für die Permanentenschicht **14** am besten geeignet sind.

[0032] In **Fig. 3** ist die Permanentenschicht **14**, die fest ausgehärtet worden ist, mechanisch so geschliffen worden, dass eine einzige flache Oberfläche entstand, auf der verschiedene Bereiche durch Abschnitte der Permanentenschicht **14** oder freigelegte Abschnitte der Opferschicht **12** ausgebildet wurden. Je nach den speziellen Werkstoffen, die für die Schichten **12** und **14** ausgewählt wurden, kann dieser Schleifschritt durch ein beliebiges bekanntes Verfahren, beispielsweise durch das mechanische Schleifen oder Laserablation, erfolgen.

[0033] In **Fig. 4** ist die Opferschicht, in den vorangehenden Figuren durch die Abschnitte **12** dargestellt, abgetragen worden. Nach einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform erfolgt dieses Entfernen der Opferschicht **12** durch chemisches Ätzen, wengleich auch andere Verfahren möglich sind. Man kann sehen, dass jetzt präzise geformte Kanäle vorhanden sind, wo sich zuvor die Opferschichten **12** befanden. Diese Kanäle können wiederum für den Durchtritt und das Zurückhalten flüssiger Tinte, zum Beispiel bei einem thermischen Tintenstrahl-Druckkopf, verwendet werden. Weiterhin kann festgestellt werden, dass zwischen den Wänden der Permanentenschicht **14** und dem von der Hauptfläche des Chips **10** innerhalb jedes Kanals gebildeten „Boden“ im Wesentlichen rechte Winkel entstehen können. Dies steht im Gegensatz zu vorherigen typischen Konstruktionen von Tintenstrahl-Druckköpfen, die mit

dem V-Rillen-Ätzverfahren hergestellt wurden, bei dem sich nur Kanäle mit dreieckigem Querschnitt ausbilden lassen.

[0034] **Fig. 5** zeigt einen möglichen Nachfolgeschritt bei dem erfindungsgemäßen Prozess, in dem weitere Strukturen auf den verbleibenden Teilen der Permanentenschicht **14** ausgebildet werden können. Wie in der Abbildung kann eine zweite Opferschicht **16** auf verschiedene Art und Weise über der Permanentenschicht **14** angeordnet werden, beispielsweise indem die Opferschicht **16** vollständig über einem Teil der Permanentenschicht **14** angeordnet wird, oder ansonsten wie rechts in **Fig. 5** dargestellt, indem ein Teil der Opferschicht **16** über der Permanentenschicht **14** oder über der verbleibenden freiliegenden Hauptfläche des Chips **10** platziert wird. Die Schritte aus den **Fig. 1–4** können also über den vorhandenen Permanentenschichten **14** wiederholt werden, um recht komplizierte dreidimensionale Strukturen zu erzeugen. Als Alternative dazu können aber auch mehrere Permanentenschichten mit demselben Grundriss übereinander „gestapelt“ werden, wodurch „Gräben“ mit einem hohen Seitenverhältnis zwischen Höhe und Breite entstehen. Die einzige signifikante Beschränkung im Hinblick auf die Erzeugung von Strukturen in höheren Schichten besteht darin, dass es einen Zugang zu „begrabenen“ Opferschichten geben sollte, so dass auf untere Opferschichten die Chemikalien für eine Entfernung aufgetragen werden können oder die gelöste Substanz der Opferschichten ausgeleitet werden kann.

[0035] **Fig. 6** ist ein Aufriss eines im Wesentlichen fertigen Tintenstrahl-Druckkopfes mit beispielsweise der Struktur aus **Fig. 4**. Man kann erkennen, dass das Halbleitersubstrat **10** darin eine Reihe von Heizelementen **24** aufweist (wie sie beispielsweise mit einer bei der Halbleiterfertigung bekannten Einrichtung entstehen), auf denen die von der Permanentenschicht **14** gebildeten Kanäle ausgerichtet sind. Wie auf dem Fachgebiet des thermischen Tintenstrahl-drucks bekannt, führt das Anlegen einer Spannung an das Heizelement, wie zum Beispiel **24**, zu einer Kristallisationskernbildung der flüssigen Tinte, die in dem Kanal gehalten wird, wodurch wiederum die flüssige Tinte aus dem Kanal auf einen Druckbogen ausgestoßen wird. (Allgemein könnte das Halbelement **24** durch eine andere Art von Struktur ersetzt werden, um Energie an die flüssige Tinte anzulegen und den Ausstoß von Tinte aus dem Kanal zu bewirken, wie dies bei einer piezoelektrischen Struktur der Fall ist, in den nachstehenden Patentansprüchen wird eine Heiz- oder andere Struktur allgemein als „Erregungsoberfläche“ bezeichnet.) Über der „obersten“ Fläche, die von der Permanentenschicht **14** gebildet wird, befindet sich eine einfache planare Schicht **20**, welche die von dem Halbleitersubstrat **10** und den Wänden der Permanentenschicht **14** gebildeten vervollständigt, so dass eingeschlossene Kapillarkanäle (allerdings mit offenem Ende) entstehen. Im typischen Fall braucht die planare Schicht **20** keine spezielle und

komplizierte Struktur aufzuweisen und kann aus einem kostengünstigen Keramik-, Harz- oder Metallmaterial hergestellt werden.

[0036] **Fig. 7** ist ein Aufriss, der zeigt, wie das erfindungsgemäße Verfahren mit Hilfe der Permanentenschicht **14** dazu verwendet werden kann, Kanalformen zu schaffen, die über ihre Länge hinweg einen so unterschiedlichen Querschnitt haben, wie er bei Kanälen unmöglich ist, die in direkt geätzten Rillen erzeugt werden. Die Kanäle entstehen durch Anordnen von Opferschichten **12** auf dem Substrat, die die gleiche Form haben wie die gewünschten Kanäle in dem fertigen Druckkopf. **Fig. 7** zeigt lediglich drei mögliche Beispiele derartiger Kanäle mit unregelmäßigen Formen: Natürlich würden in einem tatsächlichen Druckkopf alle Kanäle den gleichen allgemeinen Aufbau haben. Wie abgebildet, erleichtern jedoch verschiedene mögliche Formen der von der Permanentenschicht **14** gebildeten Kanäle die Schaffung von Formen, die zum Beispiel in Bezug auf die Position des Heizelements **24** in dem Halbleiterchip **10** optimiert werden können.

[0037] **Fig. 8** ist eine Perspektivansicht einer erfindungsgemäß hergestellten Ausstoßeinrichtung, die einen wichtigen Druckkopfaufbau darstellt, der sich mühelos mit dem erfindungsgemäßen Verfahren realisieren lässt. Bei einem Druckkopf, in dem ein Heizelement **24**, wie jenes aus **Fig. 7**, innerhalb eines Heizchips **10** gebildet wird, kann eine Permanentenschicht **14** nicht nur zum Begrenzen eines Ausstoßkanals verwendet werden, sondern weiterhin zum Ausbilden einer Vertiefung, als **25** angegeben, die um den Rand der Oberfläche von Heizelement **24** herum beabstandet oder dicht an diesem angeordnet ist. Diese Vertiefung **25** ist auf dem Fachgebiet als eine Struktur bekannt, die die Leistung einer thermischen Tintenstrahl-Ausstoßeinrichtung verbessern kann, indem eine spezielle Zone für die Kristallisationskernbildung der Tinte geschaffen wird. Bei Druckköpfen nach dem Stand der Technik werden solche Vertiefungen wie **25** in eigenen separaten Schichten ausgebildet, zum Beispiel aus Polyimid, die in einem separaten Herstellungsschritt zu dem Druckkopfchip hinzugefügt werden müssen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Struktur, welche eine Vertiefung **25** um jedes Heizelement **24** herum bildet, jedoch von der Permanentenschicht **14** als Ganzes mit dem Rest der Seiten der Ausstoßeinrichtung gebildet werden. Das heißt, durch die vorliegende Erfindung kann die die Vertiefung **25** bildende Struktur im Wesentlichen aus derselben Materialschicht entstehen, welche die Wände der Ausstoßeinrichtung selbst darstellt. Die Ausbildung dieser Vertiefung **25** in der Permanentenschicht **14** kann durch mehrfache Wiederholung des Verfahrens zur Herstellung der Opferschicht wie in **Fig. 5** erfolgen.

[0038] Wenngleich bei der abgebildeten Ausführungsform das Verfahren mit der Negativform für die Erzeugung der Kapillarkanäle in einem thermischen Tintenstrahl-Druckkopf genutzt wird, so kann das

Verfahren ebenso zum Ausbilden anderer Arten von Hohlräumen in einem Druckkopf zum Einsatz kommen, beispielsweise für die Tintenzuführverteiler, durch die Tinte zu den Kanälen im Druckkopf gelangt. Allgemein lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren auf jeden beliebigen Leerraum mit spezieller Form in einer mikromechanischen Vorrichtung anwenden ebenso wie auf die Erzeugung von Leerräumen mit kritischen Abmessungen (d. h. entlang einer Abmessung, die parallel zur Hauptfläche des Substrats verläuft) zwischen etwa 3 Mikrometer und etwa 1 Zentimeter.

[0039] Nachdem die Grundschriffe des erfindungsgemäßen Verfahrens demonstriert worden sind, wird die Aufmerksamkeit jetzt auf spezielle Materialkombinationen gelenkt, die für die Opferschicht **12** und die Permanentenschicht **14** zur Anwendung kommen können. Die konkrete Auswahl einer Kombination derartiger Werkstoffe hängt nicht nur von den Kosten und der leichten Handhabung zum Erhalt einer speziellen Form der Permanentenschicht **14** ab, sondern muss natürlich auch die speziellen Anforderungen an einen gesamten Druckkopf berücksichtigen, nämlich die Zusammensetzung flüssiger Tinten, die wahrscheinlich im Druckkopf verwendet werden. Aufgrund verschiedener gleichzeitig auftretender Bedenken bzw. Probleme, zum Beispiel das Austrocknen von Tinte und Verstopfung, usw., ist es recht häufig so, dass beim Tintenstrahldrucken verwendete flüssige Tinten saure oder basische Eigenschaften haben, Eigenschaften, die bekanntlich zu einer Beeinträchtigung von üblicherweise in Druckköpfen verwendeten Materialien führen. Darüber hinaus sind andere Tinten nukleophil, wodurch die Auswahl von Materialien für einen Druckkopf weiter eingeschränkt wird.

[0040] **Fig. 9** ist eine Tabelle, die allgemein verschiedene bevorzugte Kombinationen von Opferschichtmaterial, Permanentenschichtmaterial, Opferschicht-Musterausbildungsverfahren und Lösungschemikalien umfasst, die den Erfindern zum Zeitpunkt der Patentanmeldung bekannte erfindungsgemäße Praktiken repräsentieren. Kurz gesagt, die notwendigen Attribute eines Opfermaterials bestehen darin, dass es sich als Muster ausbilden lässt (entweder indem es selbst lichtempfindlich ist oder indem es durch Auftragen eines Fotoresists ein Muster bildet) und dass es sich entfernen lässt (beispielsweise durch Nass- oder chemisches Plasmaätzen, Ionenbeschuss oder Ablation). Notwendige Attribute des Permanentmaterials im Zusammenhang mit dem Tintenstrahldrucken sind, dass das Material gegenüber den allgemeinen Korrosionseigenschaften von Tinte beständig ist (z. B. sauer/basisch, nukleophil oder ansonsten reaktiv), dass es eine Temperaturbeständigkeit aufweist und relativ starr ist, so dass gegebenenfalls bei bestimmten Fertigungsprozessen die erzeugten Strukturen gewürfelt werden können (d. h. wenn eine große Anzahl von Druckkopfchips auf einem einzigen Wafer hergestellt werden), muss sich der Wafer in einzelne Chips würfeln lassen). Wenn-

gleich sich verschiedene Kombinationen unterschiedlicher Werkstoffe und Verfahren als praktikabel erwiesen haben, so hängt dennoch die Wahl der speziellen Kombination, die den „besten Modus“ darstellt, von äußeren Faktoren ab, wie beispielsweise von der Wahl der im Druckkopf verwendeten Tinte, sowie von den Kosten. Insgesamt sind die vielseitigsten Werkstoffe für Permanentsschichten beim Tintenstrahl drucken Polyarylenether oder Polyimid.

[0041] Bei einer Ausführungsform der Erfindung gemäß den Ansprüchen lassen sich verschiedene Arten von Polyimid jeweils für die Opfer- und die Permanentsschichten einsetzen. Wenn zwei Arten Polyimid verwendet werden, sollte das für die Opferschicht verwendete Polyimid ein teilweise ausgehärtetes Polyimid sein, während das Polyimid für die Permanentsschicht ein vollständig ausgehärtetes Polyimid sein sollte. Als Alternative dazu sollte das für die Opferschicht verwendete Polyimid ein basenempfindliches Polyimid sein, während das Polyimid für die Permanentsschicht ein weniger basenempfindliches Polyimid ist.

[0042] Die Tabelle aus **Fig. 9** listet bestimmte proprietäre Substanzen auf, wie jene, die unter dem Warenzeichen RISTON® und VACREL® bekannt sind, beide erhältlich von E. I. du Pont de Nemours & Company. In den nachstehenden Patentansprüchen werden diese proprietären Werkstoffe als „Trockenfilm-Lötmasken“ bezeichnet.

[0043] Bei der Herstellung von Tintenstrahl-Druckköpfen lässt sich eine einzelne Schicht Permanentmaterial **14** ohne weiteres bis zu einer Dicke von 60 Mikrometern herstellen. Eine derartige Schicht weist noch immer das gewünschte rechtwinklige Verhältnis zwischen den Wänden der Permanentsschicht, zum Beispiel **14**, und der Oberfläche des Siliciumsubstrats **10** auf. Durch mehrfache Wiederholung des genannten Verfahrens, wie beispielsweise in **Fig. 5** abgebildet, könnte die Dicke einer derartigen Permanentsschicht **14** mit mehreren solchen Lagen mühelos die Größenordnung von 10 Millimeter und mehr erreichen. Die Dicke von Strukturen, die von einer oder mehreren Permanentsschichten **14** gebildet werden, wird nur durch die mechanische Stabilität derartiger Wände grundlegend eingeschränkt, d. h. eine von der Permanentsschicht **14** gebildete Wand braucht nur so dick zu sein, dass sie sich selbst in einer bestimmten Situation halten kann.

[0044] Weitere Informationen über die Herstellung von Polyarylenethern und dergleichen ist zum Beispiel offen gelegt in: P. M. Hergenrother J. Macromol. Sci. Rev. Macromol. Chem., C19 (1), 1–34 (1980); P. M. Hergenrother, B. J. Jensen, und S. J. Havens, Polymer, 29, 358 (1988); B. J. Jensen und P. M. Hergenrother, "High Performance Polymers," Band 1, Nr. 1), Seite 31 (1989), "Effect of Molecular Weight on Poly(arylene ether ketone) Properties"; V. Percec und B. C. Auman, Makromol. Chem. 185, 2319 (1984); "High Molecular Weight Polymers by Nickel Coupling of Aryl Polychlorides," I. Colon, G. T. Kwiatkowski, J.

of Polymer Science, Part A, Polymer Chemistry, 28, 367 (1990); M. Ueda und T. Ito, Polymer J., 23 (4), 297 (1991)., "Ethyne-Terminated Polyarylates: Synthesis and Characterization," S. J. Havens und P. M. Hergenrother, J. of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition, 22, 3011 (1984); "Ethyne-Terminated Polysulfones: Synthesis and Characterization," P. M. Hergenrother, J. of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition, 20, 3131 (1982); K. E. Dukes, M. D. Forbes, A. S. Jeevarajan, A. M. Belu, J. M. DeDimone, R. W. Linton, und V. V. Sheares, Macromolecules, 29, 3081 (1996); G. Hougham, G. Tesoro, und J. Shaw, Polym. Mater. Sci. Eng., 61, 369 (1989); V. Percec und B. C. Auman, Makromol. Chem, 185, 617 (1984); "Synthesis and characterization of New Fluorescent Poly(arylene ethers)," S. Matsuo, N. Yakoh, S. Chino, M. Mitani, und S. Tagami, Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, 32 1071 (1994); "Synthesis of a Novel Naphthalene-Based Poly(arylene ether ketone) with High Solubility and Thermal Stability," Mami Ohno, Toshikazu Takata, und Takeshi Endo, Macromolecules, 27, 3447 (1994); "Synthesis and Characterization of New Aromatic Poly(ether ketones)," F. W. Mercer, M. T. McKenzie, G. Merlino, und M. M. Fone, J. of Applied Polymer Science, 56, 1397 (1995); H. C. Zhang, T. L. Chen, Y. G. Yuan, Chinesisches Patent CN 85108751 (1991); "Static and laser light scattering study of novel thermoplastics. 1. Phenolphthalein poly(aryl ether ketone)," C. Wu, S. Bo, M. Siddiq, G. Yang und T. Chen, Macromolecules, 29, 2989 (1996); "Synthesis of t-Butyl-Substituted Poly(ether ketone) by Nickel-Catalyzed Coupling Polymerization of Aromatic Dichloride", M. Ueda, Y. Seino, Y. Haneda, M. Yoneda, und J.-I. Sugiyama, Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, 32, 675 (1994); "Reaction Mechanisms: Comb-Like Polymers and Graft Copolymers from Macromers 2. Synthesis, Characterization and Homopolymerization of a Styrene Macromer of Poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene Oxide)," V. Percec, P. L. Rinaldi, und B. C. Auman, Polymer Bulletin, 10, 397 (1983); Handbook of Polymer Synthesis Part A, Hans R. Kricheldorf, Hrsg., Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong (1992); und "Introduction of Carboxyl Groups into Crosslinked Polystyrene," C. R. Harrison, P. Hodge, J. Kemp, und G. M. Perry, Die Makromolekulare Chemie, 176, 267 (1975).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Vorrichtung, die in sich einen Hohlraum bildet, welches die folgenden Schritte umfasst:
Erzeugen eines Substrats (**10**), das eine Hauptfläche bildet;
Abscheiden einer Opferschicht (**12**) aus einem ersten Material, gestaltet als Negativform des Hohlraums, auf der Hauptfläche;
Abscheiden einer Permanentsschicht (**14**) aus einem

zweiten Material über der Opferschicht und Entfernen der Opferschicht (12),
dadurch gekennzeichnet, dass es weiterhin den Schritt des Schleifens der Permanentschicht (14) umfasst, um die Opferschicht (12) vor deren Entfernung freizulegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Substrat (10) eine Heizfläche bildet.

3. Verfahren nach entweder Anspruch 1 oder 2, wobei der Schritt des Abscheidens einer Opferschicht (12) auf der Hauptfläche den Schritt des Abscheidens der Opferschicht (12) umfasst, durch den Ränder der Opferschicht (12) im Wesentlichen rechte Winkel mit der Hauptfläche des Substrats (10) bilden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, welches die weiteren Schritte des Abscheidens einer zweiten Opferschicht (16) auf der Permanentschicht (14) und des Abscheidens einer zweiten Permanentschicht über der zweiten Opferschicht (16) umfasst.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein als Negativform in der Opferschicht (12) ausgebildeter Hohlraum eine Abmessung parallel zur Hauptfläche hat, die nicht unter etwa 3 Mikrometer und nicht über etwa einem Zentimeter liegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das erste Material aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus einer Trockenfilm-Lötmaske, einem Plasmanitrid, einem Plasmaoxid, Spin-on-Glass, einem Polyimid, RISTON und VACREL besteht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das zweite Material aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus einem Probimer, einem Benzocyclobuten, Siliciumdioxid, Si_3N_4 , einem Polyphenylen, einem Polyarylen-Ether und einem Phenolphthalein enthaltendem Arylen-Ether besteht.

8. Verfahren zur Herstellung eines Tintenstrahl-Druckkopfes, der eine Mehrzahl von Kanälen bildet, welches die folgenden Schritte umfasst:
 Erzeugen eines Substrats (10), das eine Hauptfläche bildet;
 Abscheiden einer Opferschicht (12) aus einem ersten Material, gestaltet als Negativform der Mehrzahl von Kanälen, auf der Hauptfläche;
 Abscheiden einer Permanentschicht (14) aus einem zweiten Material auf der Opferschicht und Entfernen der Opferschicht (12),
dadurch gekennzeichnet, dass es weiterhin den Schritt des Schleifens der Permanentschicht (14) aus einem zweiten Material umfasst, um die Opferschicht (12) vor deren Entfernung freizulegen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Substrat (10) eine Mehrzahl von Erregungsoberflächen in

dessen Hauptfläche bildet, jede Erregungsoberfläche einem Kanal im Druckkopf entspricht und wobei der Schritt des Abscheidens einer Opferschicht (12) auf der Hauptfläche den Schritt des Abscheidens der Opferschicht (12) über der Erregungsoberfläche umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Schritt des Abscheidens der Opferschicht (12) das Abscheiden der Opferschicht (12) innerhalb einer äußeren Begrenzung (24) der Erregungsoberfläche einschließt, wodurch die Permanentschicht (14) eine Vertiefung (25) um die äußere Begrenzung (24) der Erregungsoberfläche herum bilden kann.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

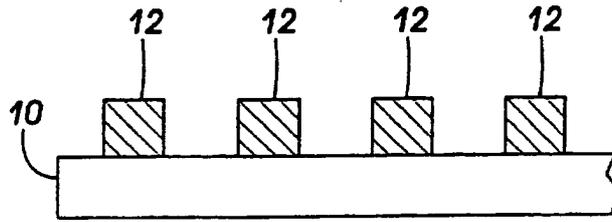


FIG. 1

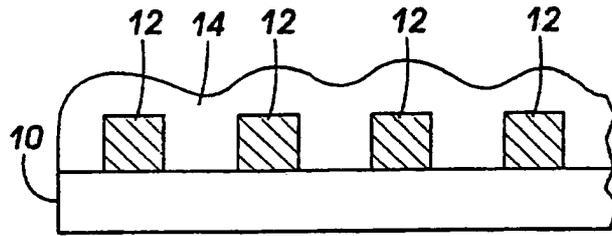


FIG. 2

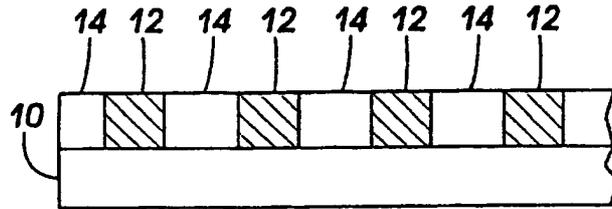


FIG. 3

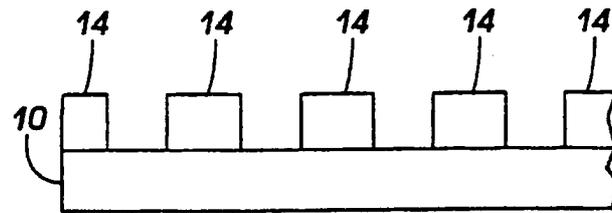


FIG. 4

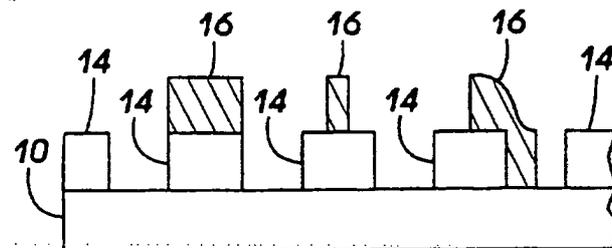


FIG. 5

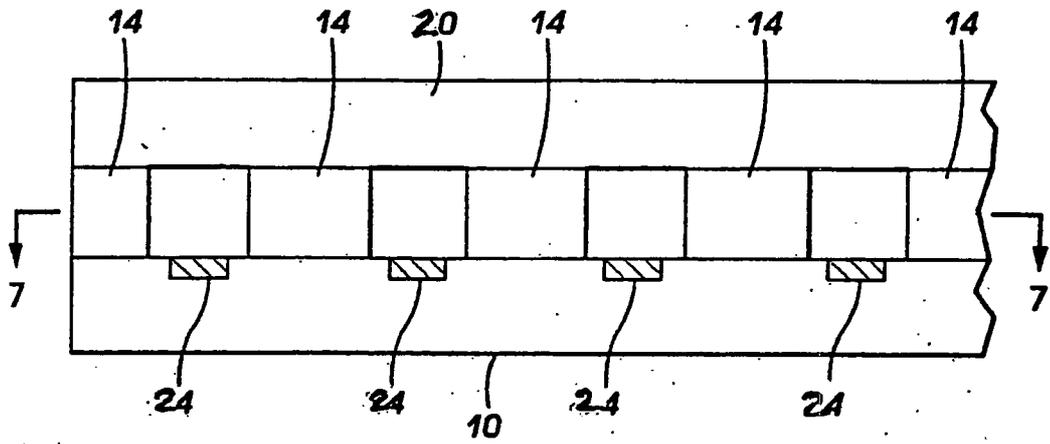


FIG. 6

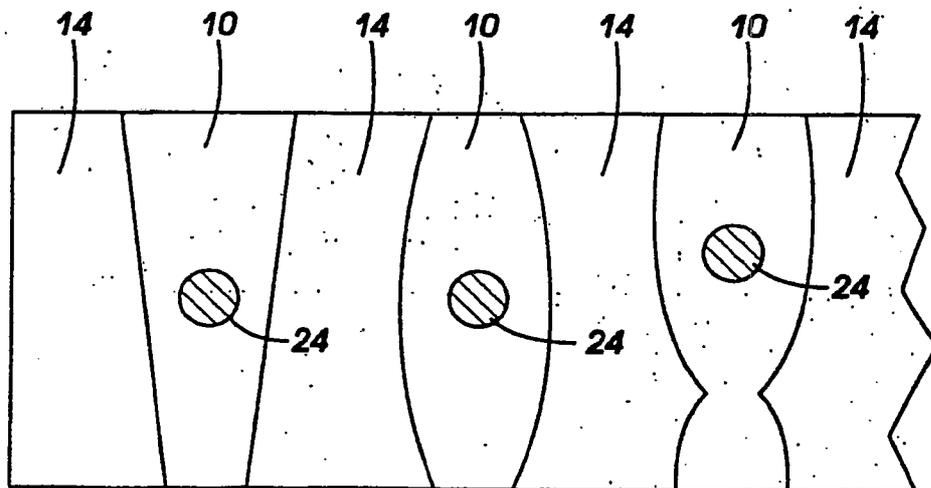


FIG. 7

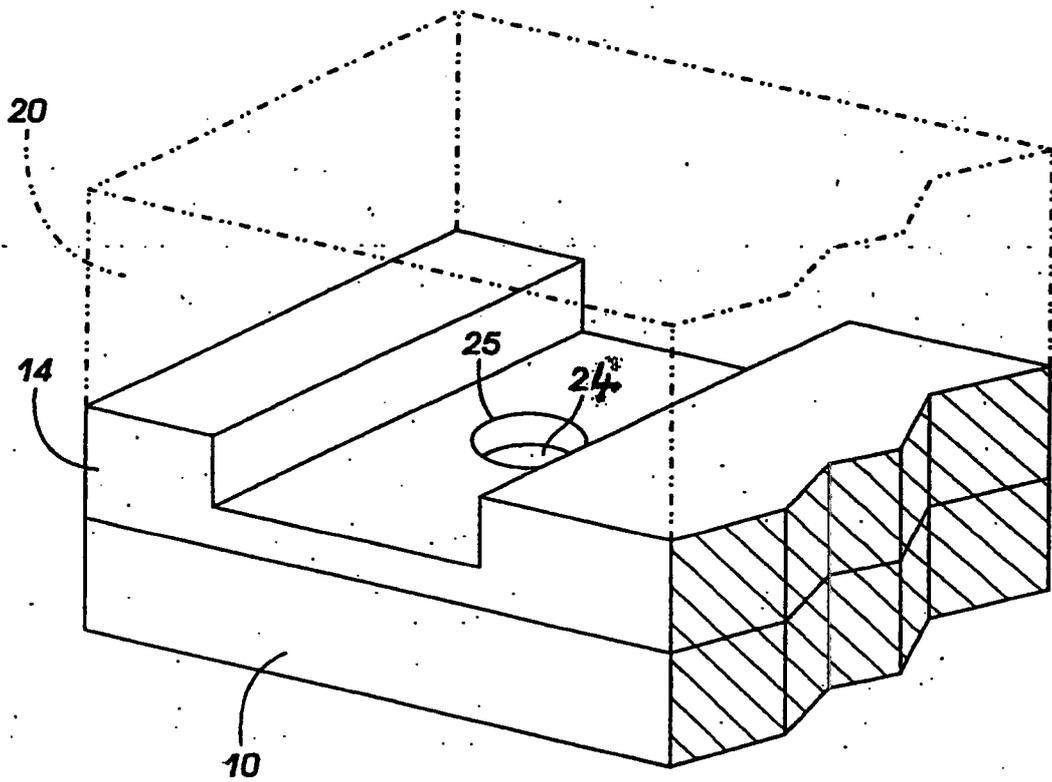


FIG. 8

FIG. 9

OPFERSCHICHT (OS)	OPFERSCHICHT- MUSTERBILDUNGS- VERFAHREN	PERMANENT- SCHICHT	LÖSUNGS- CHEMIKALIE
PMDA-ODA POLYIMID	LICHTMASKE	POLYIMID	KOH, BASEN ODER NUKLEOPHILE AGENZIEEN
RISTON®, VACREL®	LICHTMASKE	POLYIMID	METHYLEN- CHLORID
PLASMANITRID ODER -OXID, SPIN-ON-GLASS	NASS- ODER PLASMAÄTZEN	POLYIMID	HF, H ₃ PO ₄
RISTON®, VACREL®, POLYIMID	LICHTMASKE	POLYPHENYLENE, PHENOLPHTHALEIN ENTHALTENDE ARYLENETHER, PROBIMER, BEN- ZOCYCLOBUTENE	METHYLEN- CHLORID, KOH, NMP
FOTORESIST	PLASMAÄTZEN ODER LICHTMASKE	OBIGE MATERIALIEN	RESISTABSTREIFER, BASEN
FOTORESIST ODER POLYIMID	LICHTMASKE	SiO ₂ , Si ₃ N ₄	PLASMAASCHE, AB- STREIFER
POLYIMID ODER EINES DER OBIGEN MATERIALIEN	WIE FÜR OS BENÖTIGT	POLYARYLEN- ETHER	WIE FÜR OS BENÖTIGT
PSG	FOTORESIST MIT NASS- ODER TROCKENÄTZEN	POLYIMID	HF