



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 483 662 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

- (45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **14.12.94** (51) Int. Cl.⁵: **C25D 1/08**
(21) Anmeldenummer: **91118109.7**
(22) Anmeldetag: **24.10.91**

(54) **Verfahren zur Herstellung freitragender Mikrostrukturen.**

- | | |
|--|--|
| <p>(30) Priorität: 29.10.90 DE 4034365
(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.05.92 Patentblatt 92/19
(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
14.12.94 Patentblatt 94/50
(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE
(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 007 447
DE-B- 1 160 258
DE-B- 1 303 000
FR-A- 2 304 693</p> | <p>(73) Patentinhaber: KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE GMBH
Postfach 36 40
D-76050 Karlsruhe (DE)

(72) Erfinder: Schomburg, Werner Karl, Dr.
Im Speitel 37
W-7500 Karlsruhe 41 (DE)
Erfinder: Ruprecht, Robert
Jahnstrasse 22
W-7519 Walzbachtal (DE)
Erfinder: Stern, Gerhard
Grötzinger Strasse 30
W-7507 Pfinztal 1 (DE)</p> |
|--|--|

EP 0 483 662 B1

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 eingeleitet, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung freitragender Mikrostrukturen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der EP O 104 685 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Maske für die Mustererzeugung in der Röntgenstrahlolithographie bekannt. Dabei wird die Maske (= Mikrostruktur) auf drei Trägerschichten aufgebaut. Das Ergebnis des Verfahrens ist dann die Mikrostruktur auf einer Trägerschicht.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß die Mikrostruktur mit der Folie verbunden bleibt, die bei der Verwendung der Mikrostruktur stören kann. So werden z. B. für die Herstellung von Filtern Mikrostrukturen benötigt, die nicht mit einer Folie verschlossen sind.

In den Kleinenbacher Berichten Nr. 29 (1986) auf den Seiten 501 bis 505 herausgegeben vom Fernmeldetechnischen Zentralamt, Postfach 5000, 6100 Darmstadt, wird von H.-P. Gemünd ein Verfahren beschrieben mit dessen Hilfe Mikrostrukturen auf einer Galvanikstartsicht hergestellt werden, die mit einer Glasplatte verbunden ist. Die Mikrostrukturen werden dann mechanisch von der Glasplatte getrennt.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß die vorgesehene Form empfindlicher Mikrostrukturen bei der mechanischen Trennung von der Glasplatte leicht in ungewünschter Art und Weise verändert werden kann.

Die Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art so zu modifizieren, daß Mikrostrukturen innerhalb weniger Minuten von dem Substrat getrennt werden können, auf dem sie hergestellt worden sind, ohne daß es zu Beeinträchtigungen der Strukturen kommt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung wieder.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren 1 bis 7 und dreier Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Dabei zeigen die Figuren 1 bis 7 die einzelnen Verfahrensschritte.

Auf einer ca. 0,5 mm dicken Siliziumscheibe als Substrat 1 mit einem Durchmesser von ca. 100 mm wurde eine Trennschicht 2 aus Kohlenstoff 20 nm dick aufgedampft. Bei dieser Kohlenstoffbeschichtung wurde der Rand der Siliziumscheibe 1 frei belassen (Figur 1). Trennschicht 2 und Rand der Siliziumscheibe wurden durch Magnetronspatter mit einer 3 µm dicken Opferschicht 3 aus Titan beschichtet.

Die Dicke der Trennschicht 2 sollte vorteilhaft zwischen 10 und 30 nm liegen. Es ist auch möglich, Kohlenstoff mehr als ca. 50 nm bis

150 nm dick durch Magnetronspatter aufzustäuben statt ihn aufzudampfen. Die Dicke der Titanschicht 3 liegt vorteilhaft zwischen 2 und 10 µm.

Auf dieser Opferschicht 3 wurden mit den bekannten Methoden des LIGA-Verfahrens (E. W. Becker et al, Microcircuit Engineering 4 (1986) Seiten 35 bis 56) durch Röntgentiefenlithographie und galvanische Abscheidung von Kupfer aus einem Fluoroborat-Elektrolyten Mikrostrukturen 4 mit 40 µm Dicke hergestellt, die so mit Schlitzaperturen perforiert sind, daß sich später ein Infrarotfilter ergab (Figur 2). Die Dicke der Strukturen 4 kann in einem Bereich von ca. 1 bis 400 µm liegen.

Diese Strukturen 4 wurden mit einem Saphir gefüllten 2-Komponenten-Kleber mit festen, ca. 2,5 mm dicken, ringförmigen Rahmen als Haltestruktur 5 aus Elektrolytkupfer mit einem Innendurchmesser von 15 mm und einem Außendurchmesser von 20 mm verbunden (Figur 3).

Der mit Saphir gefüllte Klebstoff eignet sich auch noch für Anwendungen, bei denen die Verbindung von Mikrostruktur 4 und Rahmen 5 kryogenen Temperaturen bis 3 K standhalten muß. Bei Anwendungen, bei denen nicht so extreme Temperaturen auf die Klebeverbindung wirken, sind Kleber auf Epoxydbasis ebenfalls geeignet.

Die Verwendung eines Klebers für die Verbindung von Mikrostruktur 4 und Haltestruktur 5 hat den Vorteil, daß die Mikrostruktur 4 nicht so hohen Temperaturen ausgesetzt werden muß wie bei anderen Verbindungsverfahren wie z. B. Diffusionslöten oder -schweißen oder anodisches Bonden. Bei der Verbindung von einer Mikrostruktur 4 mit einer Haltestruktur 5, die aus einem anderen Material besteht als die Mikrostruktur 4, kann durch die Verwendung eines Klebers die Ausbildung thermischer Spannungen zwischen Mikrostruktur 4 und Haltestruktur 5 weitgehend vermieden werden.

Um den Rahmen 5 herum wurde auf die Opferschicht 3 ein Klebeband aufgeklebt. Beim anschließenden Entfernen des Klebebandes blieb die Opferschicht 3 an ihm hängen und wurde so von der Siliziumscheibe entfernt (Figur 4). Die Mikrostruktur 4 mit Rahmen 5 wurde dann zusammen mit der Opferschicht 3 von der Siliziumscheibe gelöst, indem der Rahmen von ihr abgehoben wurde (Figur 5).

Der Kohlenstoff der Trennschicht 2 verblieb größtenteils auf der Opferschicht und wurde in einem Sauerstoffplasma verbrannt (Figur 6). Die Mikrostruktur 4 wurde mit dem Rahmen 5 in eine flußsäurehaltige Lösung getaucht, in der sich die Opferschicht 3 innerhalb weniger Sekunden auflöste (Figur 7).

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß freitragende Mikrostrukturen hergestellt werden können und daß diese Mikrostrukturen bei der Ablösung

vom Substrat durch die Opferschicht und den festen Rahmen stabilisiert werden, so daß sich ungewünschte, durch die Ablösung vom Substrat bedingte Veränderungen der Form der Mikrostrukturen vermeiden lassen. Das mechanische Ablösen von Mikrostrukturen und Opferschicht vom Substrat wird dadurch erleichtert, daß an der relativ dicken Haltestruktur Werkzeuge angesetzt werden können. Durch das Herstellungsverfahren bedingte, in der Mikrostruktur etwa vorhandene Zugspannungen werden nach der Ablösung vom Substrat und Entfernung der Opferschicht vom festen Rahmen aufgenommen, so daß sich hieraus keine Formveränderungen der Mikrostruktur ergeben. Die nach der Ablösung vom Substrat zugängliche große Oberfläche der Opferschicht und ihre geringe Dicke ermöglichen die schnelle Entfernung der Opferschicht innerhalb weniger Sekunden.

In einem weiteren Anwendungsbeispiel wird die Herstellung eines mechanischen Partikelfilters für Flüssigkeiten beschrieben: Auf eine Glasscheibe 1 wurde eine ca. 0,5 µm dicke Kupferschicht 3 durch Magnetronputtern aufgestäubt. Auf dieser Kupferschicht wurde mit den bekannten Methoden des LIGA-Verfahrens eine ca. 200 µm hohe wabenförmige Netzstruktur 4 mit ca. 100 µm großen Öffnungen und 7 µm breiten Stegen aus Nickel hergestellt.

Auf diese Netzstruktur 4 wurde mit einem Epoxydkleber eine 1 mm dicke gitterförmige Haltestruktur 5 aus Edelstahl geklebt, die mit einem geschlossenen ca. 20 • 60 mm großen Rahmen umgeben war und deren Stegabstand ca. 15 mm bei einer Stegbreite von 2 mm betrug. Mit der Haltestruktur 5 wurden die Mikrostruktur 4 und die Kupferschicht 3 von der Glasplatte 1 abgehoben und die Kupferschicht 3 in einer Ätzlösung aus Kupfer(II)-chlorid und Ammoniak bei Raumtemperatur selektiv gegen die Mikrostruktur aus Nickel aufgelöst.

Dieses Herstellungsverfahren weist neben den beim ersten Anwendungsbeispiel genannten Vorteilen den Vorteil auf, daß keine Trennschicht benötigt wird, da sich die Kupferschicht auch ohne Trennschicht von der Glasplatte löst. Durch die Verwendung einer gitterförmigen Haltestruktur, wird eine sehr stabile freitragende Mikrostruktur hergestellt, die bei ihrem Einsatz als Partikelfilter einem größeren Strömungsdruck standhalten kann. Auf den Rahmen um die Gitterstruktur herum kann unter Umständen auch verzichtet werden. Allerdings wird die Ablösung von der Glasplatte dann erschwert und es besteht die Möglichkeit, daß die Mikrostruktur bei der Ablösung beschädigt wird.

Im dritten Anwendungsbeispiel wird die Herstellung eines Hochpaßfilters im fernen Infrarotbereich beschrieben: auf einer 0,5 mm dicken Siliziumscheibe 1 mit einem Durchmesser von 100

mm wurde eine 2 µm dicke Titanschicht 2 durch Magnetronputtern aufgestäubt. Auf dieser Titanschicht 2 wurde eine 2 µm dicke Nickelschicht 3 aufgalvanisiert. Die aufgalvanisierte Nickelschicht 3 haftet nur bedingt auf der Titanschicht, so daß die Titanschicht 2 in diesem Fall als Trennschicht wirkt.

Mit den bekannten Methoden des LIGA-Verfahrens wurde eine ca. 120 µm dicke zusammenhängende Mikrostruktur 4 aus Gold hergestellt, die mit kreisrunden Löchern in einem hexagonalen Gitter dichtmöglichst perforiert war. Der Durchmesser der Löcher betrug dabei 50 µm. Der geringste Abstand der Ränder von jeweils zwei Löchern betrug ca. 5 µm.

Auf diese Goldstruktur wurde ein 2,5 mm dicker Titanrahmen 5 mit einem Innendurchmesser von ca. 15 mm und einem Außendurchmesser von ca. 20 mm mit einem Saphir gefüllten 2-Komponenten-Kleber geklebt. Mit dem Rahmen 5 wurden die Mikrostruktur und die Nickelschicht von der Titan trennschicht abgehoben. In einer 30%igen Salpetersäurelösung wurde die Nickelschicht 3 aufgelöst, so daß ein freitragendes Hochpaßfilter für den fernen Infrarotbereich entstand.

Dieses Herstellungsverfahren hat neben den beim ersten Ausführungsbeispiel genannten Vorteilen den Vorteil, daß die Trennschicht vollständig auf der Siliziumscheibe verbleibt und vor der Auflösung der Nickelschicht nicht von dieser entfernt werden muß.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|----------------------|
| 35 | 1 Substrat |
| | 2 Trennschicht |
| | 3 Opferschicht |
| | 4 Mikrostruktur |
| | 5 Haltestruktur |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung freitragender Mikrostrukturen, bei dem auf ein Substrat mindestens eine Schicht aufgebracht wird, auf welche dann die Mikrostruktur aufgebaut wird, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) direkt auf der Mikrostruktur (4) eine Haltestruktur (5) aufgebracht wird, dann
 - b) die Schicht (Opferschicht (3)) mit der Mikrostruktur (4) und der Haltestruktur (5) vom Substrat (1) abgehoben wird, worauf
 - c) die Opferschicht (3) von der mit der Haltestruktur (5) verbundenen Mikrostruktur (4) entfernt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Substrat (1) und Opfer-

schicht (3) eine weitere Schicht als Trennschicht (2) liegt, welche Schritt b) von Anspruch 1 erleichtert und welche bei Schritt c) von Anspruch 1 ebenfalls entfernt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Opferschicht (3) aus Titan besteht.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennschicht (2) aus Kohlenstoff besteht.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Haltestruktur (5) auf die Mikrostruktur (4) geklebt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) aus Silizium besteht.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostruktur (4) aus einem galvanisch abscheidbaren Metall besteht.

Claims

1. Method of producing self-supporting microstructures, wherein at least one layer is applied to a substrate, then the microstructure is deposited on said layer, characterised in that
 - a) a supporting structure (5) is directly applied to the microstructure (4), then
 - b) the layer (sacrificial layer (3)) is raised from the substrate (1) with the microstructure (4) and the supporting structure (5), whereupon
 - c) the sacrificial layer (3) is removed from the microstructure (4), which is connected to the supporting structure (5).
2. Method according to claim 1, characterised in that an additional layer lies between substrate (1) and sacrificial layer (3) as interface (2), which facilitates step b) of claim 1 and is also removed in step c) of claim 1.
3. Method according to claim 1 or 2, characterised in that the sacrificial layer (3) is formed from titanium.
4. Method according to claim 1 or one of the subsequent claims, characterised in that the interface (2) is formed from carbon.

5. Method according to claim 1 or one of the subsequent claims, characterised in that the supporting structure (5) is adhered to the microstructure (4).

- 5
6. Method according to claim 1 or one of the subsequent claims, characterised in that the substrate (1) is formed from silicon.
- 10 7. Method according to claim 1 or one of the subsequent claims, characterised in that the microstructure (4) is formed from a metal which can be electrodeposited.

Revendications

1. Procédé de fabrication de microstructures autoportantes, procédé dans lequel est rapportée sur un substrat au moins une couche sur laquelle est ensuite constituée la microstructure, procédé caractérisé en ce que:
 - a) une structure de maintien (5) est rapportée directement sur la microstructure (4),
 - b) la couche (couche active (3)) avec la microstructure (4) et la structure de maintien (5) est ensuite enlevée du substrat (1)
 - c) après quoi la couche active (3) est enlevée de la microstructure (4) reliée à la structure de maintien (5).
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'entre le substrat (1) et la couche active (3) est placée une autre couche jouant un rôle de couche de séparation (2), qui facilite l'étape b) de la revendication 1 et qui est également enlevée à l'étape c) de la revendication 1.
- 30 3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que la couche active (3) est en titane.
- 35 4. Procédé selon la revendication 1 ou l'une des suivantes, caractérisé en ce que la couche de séparation (2) est en carbone.
- 40 5. Procédé selon la revendication 1 ou l'une des suivantes, caractérisé en ce que la structure de maintien (5) est collée sur la microstructure (4).
- 45 6. Procédé selon la revendication 1 ou l'une des suivantes, caractérisé en ce que le substrat (1) est en silicium.
- 50 7. Procédé selon la revendication 1 ou l'une des suivantes, caractérisé en ce que la microstructure (4) est en un métal susceptible d'être

déposé galvaniquement.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

Fig. 1



Fig. 2

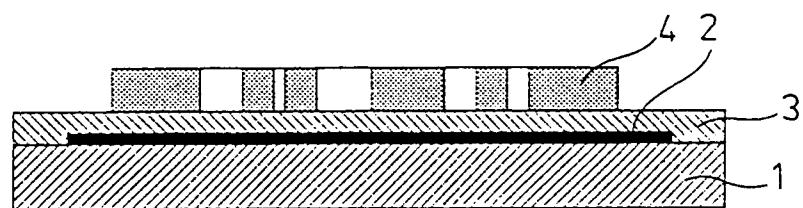


Fig. 3

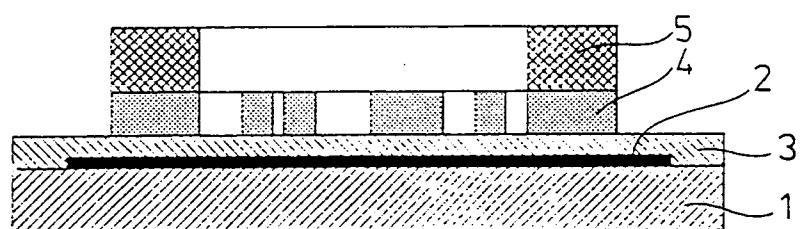


Fig. 4

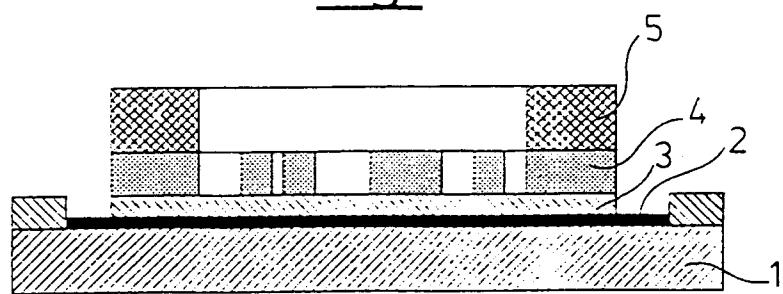


Fig. 5

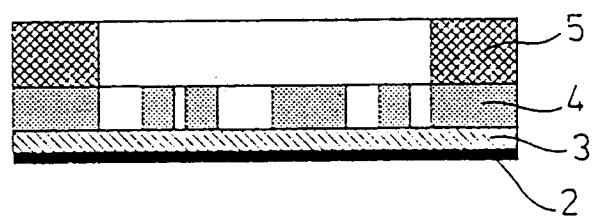


Fig. 6

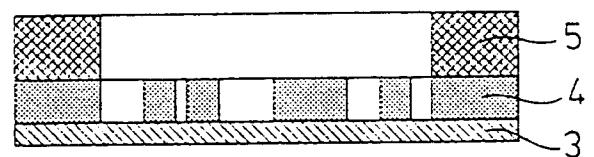


Fig. 7

