

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
2. Dezember 2004 (02.12.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/104704 A2

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G03F 7/11, 7/42

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/005428

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Mai 2004 (19.05.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 23 350.4 23. Mai 2003 (23.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INSTITUT FÜR MIKROTECHNIK MAINZ GMBH [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 18-20, 55129 Mainz (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SINGLETON, Laurence [IE/DE]; Feldbergplatz 1, 55118 Mainz (DE).

SCHEURER, Jörg [DE/DE]; Wiesenweg 27A, 53121 Bonn (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: INSTITUT FÜR MIKROTECHNIK MAINZ GMBH; Abteilung Controlling/Patentwesen, Carl-Zeiss-Strasse 18-20, 55129 Mainz (DE).

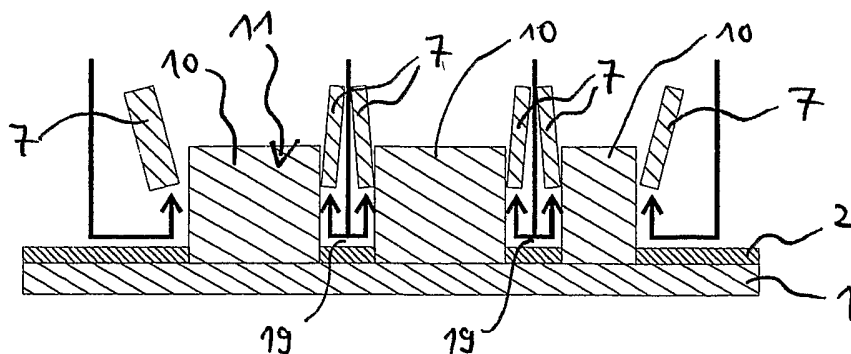
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LITHOGRAPHIC METHOD FOR PRODUCING MICROCOMPONENTS

(54) Bezeichnung: LITHOGRAPHISCHES VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON MIKROBAUTEILEN



(57) Abstract: The invention relates to a lithographic method for producing microcomponents having a submillimeter structure, whereby the resist material can be dissolved in a simple manner. According to the invention, a structurable adhesive layer is applied to a metallic starting layer, a layer consisting of photostructurable epoxy resin is applied to the adhesive layer, and the epoxy resin is structured by means of selective illumination and dissolution of the unexposed regions in order to create supporting structures and free spaces between the supporting structures. Only the free spaces provided for the microcomponent and located between the epoxy resin supporting structures are then filled with metal according to a galvanic method, and the epoxy resin is removed, the remaining free spaces being filled with etching agents.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein lithographisches Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen mit Bauteilstrukturen im Sub-Millimeterbereich beschrieben, bei dem das Herauslösen des Resistmaterials auf einfache Weise möglich ist. Das Verfahren sieht vor, dass auf eine metallische Startschicht eine strukturierbare Haftschicht und auf die Haftschicht eine Schicht aus photostrukturierbarem Epoxyharz aufgebracht wird, das Epoxyharz mittels selektiver Belichtung und Herauslösen der unbelichteten Bereiche zur Ausbildung von Stützstrukturen und Freiräumen zwischen den Stützstrukturen strukturiert wird, anschliessend nur die für das Mikrobauteil vorgesehenen Freiräume zwischen den Epoxyharzstützstrukturen mittels eines galvanischen Verfahrens mit Metall aufgefüllt werden und schliesslich das Epoxyharz entfernt wird, wobei Ätzmittel in die verbleibenden Freiräume eingefüllt wird.



WO 2004/104704 A2



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## **Lithographisches Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen**

Die Erfindung betrifft ein lithographisches Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen mit Bauteilstrukturen im Sub-Millimeterbereich.

Derartige lithographische Verfahren werden zur Herstellung unterschiedlichster insbesondere metallischer Mikrobauteile verwendet. Je nach Einsatzzweck müssen die Mikrobauteile eine hohe Strukturdichte bei gleichzeitig relativ großer Strukturhöhe aufweisen.

Bei lithographischen Verfahren werden unterschiedliche Polymere als Resistmaterialien zur Herstellung von Strukturen für die metallische Abscheidung verwendet, wobei unter Resistmaterialien solche verstanden werden, die mittels Belichtung strukturierbar sind.

PMMA als Resistmaterial ist zwar am weitesten verbreitet, hat aber den Nachteil, dass zur Herstellung von Mikrostrukturen mit Aspektverhältnissen  $>10$  für die Belichtung Synchrotronstrahlung eingesetzt werden muss, was einerseits sehr zeitaufwendig und andererseits mit hohen Kosten verbunden ist.

Es wurde daher versucht, auf photostrukturierbare Resistmaterialien überzugehen, die beispielsweise mittels UV-Licht strukturierbar sind. Diese Materialien haben jedoch in der Regel den Nachteil, dass keine großen Aspektverhältnisse erzielt werden können.

Ein Resistmaterial, das sowohl große Aspektverhältnisse von beispielsweise 15 und darüber ermöglicht, als auch mittels UV-Licht

strukturiert werden kann, ist Epoxyharz, insbesondere ein Epoxyderivat eines Bis-Phenol-A-Novolacs, das bisher bereits in der Halbleitertechnik verwendet wurde. Dieses Resistmaterial wird als SU-8-Resistmaterial (Handelsname der Shell Chemical) verwendet, das beispielsweise in J. Micromechanics, Microengineering 7(1997) S. 121-124 beschrieben wird. Große Aspektverhältnisse können dadurch hergestellt werden, dass aufgrund der Vernetzung bei der Belichtung eine Veränderung des Brechungsindex dieses Materials erzeugt wird, so dass aus dem Resistmaterial Strukturen mit Wellenleitereigenschaften hergestellt werden können. Man erhält dadurch bei der Belichtung mittels Masken letztendlich senkrechte Wände, die beim Herausätzen der unbelichteten Bereiche erhalten bleiben.

SU-8-Material hat jedoch den Nachteil, dass die Entfernung von vernetzten SU-8-Resiststrukturen zwischen galvanisch abgeschiedenen Metallstrukturen derzeit ein sehr aufwendiger Prozess ist. Da das Resistmaterial ein Epoxyresist ist, ist es im vernetzten Zustand sehr stabil gegen organische oder anorganische Ätzmittel. Die üblichen Ätzmittel NMP (bitte erläutern), Methylenchlorid, KOH, Salpetersäure und  $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{SO}_4$  haben eine begrenzte Wirkung auf die vernetzten Resiststrukturen. Für die anorganischen Ätzmittel sind die metallischen Mikrostrukturen längst weggeätzt, bevor irgendeine Wirkung auf die SU-8-Resiststrukturen erkennbar ist. Dem gegenüber ätzen die organischen Stoffe die Resiststruktur nicht, sondern sie quellen das vernetzte Resistmaterial lediglich auf, wodurch sie nur eingeschränkt zur Resistentfernung dienen können. Diese organischen Ätzmittel taugen daher nur für sehr niedrige Höhen, d.h. sehr geringe Aspektverhältnisse.

Es ist bekannt, dass SU-8-Strukturen auch durch Plasmaätzen, Verbrennung, heiße Salzbäder oder Zerquellen mit organischen Lösungsmitteln entfernt werden kann. Das Zerquellen funktioniert nur

für sehr niedrige Aspektverhältnisse und sehr niedrige Resistdicken <50  $\mu\text{m}$ .

Das SU-8-Material lässt sich nur dann leicht ablösen, wenn es unmittelbar auf der Waferoberfläche aufgebracht ist. Für Resiststrukturen, die nicht zwischen galvanisch abgeschiedenen Metallstrukturen liegen, ist daher ihre Entfernung von der Oberfläche durch ein organisches Ätzmittel relativ einfach. Wenn der Wafer aber metallisiert ist, kann das organische Ätzmittel die Waferoberfläche unter den Resiststrukturen nicht erreichen, weil die Galvanikstruktur die Strukturen schützen und den Zugang der Ätzmittel zur Oberfläche erschweren.

Das Plasmaätzen kann ebenfalls nur für niedrige Resisthöhen verwendet werden, wobei das Plasma auch das Metall angreift.

Die Verbrennung läuft erst ab 600°C ab, wodurch die Metallstrukturen beschädigt werden.

Anorganische Ätzmittel ( $\text{HNO}_3$ ) beschädigen die Metallschichten.

Die bisher bekannten Verfahren zum Entfernen von SU-8-Material sind in Paul M. Dentinger „Removal of SU-8 Photoresist for Thick Film Applications, Microelectronic Engineering, 61-62, 2002, S. 993, beschrieben.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein lithographisches Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen bereitzustellen, bei dem das Herauslösen des Resistmaterials auf einfache Weise möglich ist.

Diese Aufgabe wird mit einem lithographischen Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen mit Bauteilstrukturen im Sub-

Millimeterbereich gelöst, bei dem auf eine metallische Startschicht eine strukturierbare Haftschrift und auf die Haftschrift eine Schicht aus photostrukturierbarem Epoxyharz aufgebracht wird, das Epoxyharz mittels selektiver Belichtung und Herauslösen der unbelichteten Bereiche zur Ausbildung von Stützstrukturen und Freiräumen zwischen den Stützstrukturen strukturiert wird, anschließend nur die für das Mikrobauteil vorgesehenen Freiräume zwischen den Epoxyharzstrukturen mittels eines galvanischen Verfahrens mit Metall aufgefüllt werden und schließlich das Epoxyharz entfernt wird, wobei Ätzmittel in die verbleibenden Freiräume eingebracht wird.

Bei der Ausbildung der Stützstrukturen werden nicht nur Freiräume gebildet, die anschließend mit Metall aufgefüllt werden und somit für das spätere Mikrobauteil vorgesehen sind, sondern es werden auch zusätzliche Freiräume geschaffen, die nicht mit Metall aufgefüllt werden und während des galvanischen Verfahrens frei bleiben. Es werden dadurch Ätzkammern gebildet, in die Ätzmittel eingebracht wird, wodurch die Stützstruktur leichter herausgelöst werden kann.

Es werden daher zwei Gruppen von Freiräumen geschaffen, wobei die erste Gruppe von Freiräumen mit Metall zur Ausbildung des Mikrobauteils gefüllt werden und die zweite Gruppe von Freiräumen die Ätzkammern bilden. Mit dieser Art der Strukturierung wird eine Rahmenstruktur mit Stützwänden geschaffen, die die erste Gruppe von Freiräumen umgibt. Die Startschichten der Freiräume der ersten Gruppe stehen in der Regel miteinander in Verbindung.

Da die Haftschrift nach ihrem Aufbringen die metallische Startschicht für den Galvanikprozeß vollständig abdeckt, ist eine Strukturierung notwendig, wobei die Freilegung der Startschicht dort vorgenommen werden muss, wo nach der Strukturierung des Epoxyharzes die erste Gruppe der Freiräume gebildet wird.

Für die Strukturierung der Haftschrift gibt es vorzugsweise zwei Varianten.

Gemäß der ersten Variante wird die Haftschrift vor dem Aufbringen des Epoxyharzes strukturiert.

Bei Verwendung einer photostrukturierbaren Haftschrift kann die Struktur unter Einsatz einer Maske selektiv belichtet werden, wobei die unbelichteten Bereiche anschließend entfernt werden.

Gemäß der zweiten Variante wird die Haftschrift nach dem Aufbringen des Epoxyharzes und dem Entfernen der unbelichteten Bereiche des Epoxyharzes strukturiert. Nach dem Entfernen der unbelichteten Bereiche liegen sowohl die Freiräume der ersten als auch der zweiten Gruppe frei. Im nächsten Schritt wird daher die Haftschrift lediglich dort, wo die erste Gruppe der Freiräume vorgesehen ist, entfernt, wobei vorzugsweise diese Entfernung mittels Plasmaätzen oder Laserbearbeitung durchgeführt wird.

Vorzugsweise wird für die Haftschrift ein Polyimid verwendet.

Als Polyimide bzw. photostrukturierbare Polyimide kommen solche in Frage, die in TRIP. Vol. 3, Nr. 8, August 1995, S. 262 – 271, „The Synthesis of Soluble Polyimides“ von Samuel J. Huang und Andrea E. Hoyt sowie in SPIE Vol. 1925, S. 507 – 515 „Base-Catalyzed Photosensitive Polyimide“ von Dennis R. McKean et al. beschrieben werden. Mischungen dieser Polyimide sind ebenfalls als Haftschrift geeignet. Insbesondere können Polyimide mit den Marken Durimide 7020 und Probimide 7020 von der Firma Arch Semiconductors Chemicals verwendet werden.

Vorzugsweise wird als Epoxyharz SU8® verwendet. SU8-Material hat den Vorteil, dass besonders große Aspektverhältnisse realisiert werden. Der Nachteil des SU8-Materials besteht allerdings darin, dass es nur schwer herausgelöst werden kann.

Das Verfahren ist daher besonders für die Verwendung von SU8-Material geeignet, weil die Wandstärke der Stützstrukturen an die Eigenschaften des Materials der Stützstruktur angepasst werden kann und Ätzkammern während des Strukturierungsprozesses angelegt werden. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Bauhöhen der Mikrobauteile und der dafür notwendigen Stabilität der Stützstrukturen kann die Wandstärke so gewählt werden, dass sie sich später leicht entfernen lässt. Es können somit Mikrobauteile mit Strukturen hergestellt werden, die mit den herkömmlichen Verfahren nicht gefertigt werden können.

Vorzugsweise wird die Wandstärke der Wände der Stützstrukturen so gewählt, dass das Aspektverhältnis der Wände  $\leq 20$  beträgt. Besonders bevorzugt ist ein Aspektverhältnis  $\leq 10$ , und zwar dann, wenn eine besonders große Stabilität erforderlich ist.

Damit das Herauslösen des Epoxyharzes überall gleich schnell erfolgt, wird die Wandstärke aller Wände vorzugsweise gleich stark gewählt. Es gibt somit keine Bereiche, wo der Ätzvorgang länger dauert als in anderen Bereichen, so dass die Fertigung von Mikrobauteilen hinsichtlich ihres zeitlichen Ablaufs und Zeitbedarfs exakt kalkuliert werden kann.

Vorzugsweise werden mit dem Verfahren folgende Mikrobauteile hergestellt: metallische Mikrobauteile, Spulen, magnetische Mikrostrukturen, Bauteile für RF-Signalerzeugung.

Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

- Fig. 1a-f      Verfahrensschritte zur Herstellung eines Mikrobauteils gemäß einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 2 a-e      Verfahrensschritte zur Herstellung eines Mikrobauteils gemäß einer zweiten Ausführungsform,
- Fig. 3            eine Draufsicht auf das Zwischenprodukt nach Schritt e) in Fig. 1, und
- Fig. 4            eine Draufsicht auf das fertige Mikrobauteil.

In der Fig.1 wird anhand der Verfahrensschritte a-f die Herstellung eines Mikrobauteils 11 (Fig. 4) schematisch erläutert.

Im Verfahrensschritt a wird die auf einem Substrat 1, das aus einer metallischen Startschicht besteht, die darauf aufgebrachte Haftschrift 2, vorzugsweise aus einem Polyimid, mittels einer Maske 20 und entsprechender Belichtung strukturiert.

Im Schritt b sind die unbelichteten Bereiche zur Freilegung des Substrates 1 entfernt worden. Die Strukturierung der Haftschrift 2 wurde so gewählt, dass das Substrat 1 jeweils in den Bereichen freigelegt wird, wo nach der Strukturierung der anschließend aufzubringenden Resistschicht 3 die erste Gruppe von Freiräumen 8 ausgebildet wird.

Im Schritt c wird die Resistschicht 3 aus einem Epoxyharzmaterial, vorzugsweise aus SU-8-Material, aufgebracht und mittels einer weiteren Maske 21 und entsprechender Belichtung strukturiert. Die belichteten Bereiche befinden sich auf der Haftschrift 2, während die unbelichteten Bereiche sich sowohl auf der Haftschrift 2 als auch im Bereich des freigelegten Substrates 1 befinden.

Im nachfolgenden Verfahrensschritt d werden die unbelichteten Bereiche 5 der Resistschicht 3 entfernt, wodurch die Stützstruktur 6 gebildet wird. Die Stützstruktur 6 besteht aus den belichteten und ausgehärteten Bereichen des Resistmaterials, wodurch eine Rahmenstruktur 6 mit Stützwänden 7 gebildet wird. Zwischen den Stützwänden 7 werden Freiräume geschaffen, die in zwei Gruppen zu unterteilen sind. Diejenigen Freiräume, die sich auf den freigelegten Substratbereichen befinden, werden als erste Gruppe von Freiräumen 8 bezeichnet und sind diejenigen Freiräume, die im nachfolgenden Verfahrensschritt e mit Metall zur Ausbildung des Mikrobauteils 11 gefüllt werden. Die zweite Gruppe von Freiräumen 9 befindet sich auf der Haftschrift 2 und dient schließlich als Ätzkammern 19.

Der Verfahrensschritt e zeigt, dass in die Freiräume 8 der ersten Gruppe die Metallschicht 10 mittels eines galvanischen Verfahrens eingebracht wird. Hierbei werden die Freiräume 9 der zweiten Gruppe auf geeignete Weise (nicht dargestellt) abgedeckt bzw. wird aufgrund der nicht freiliegenden Substratschicht, die als Startschicht dient, in den Freiräumen 9 ohnehin kein Metall abgeschieden. Diese so gebildeten Ätzkammern 19 werden im nachfolgenden Verfahrensschritt f mit dem Ätzmittel gefüllt, so dass sich die Stützwände 7 auf einfache Weise herauslösen lassen.

Die einzelnen Verfahrensschritte sind unter Angabe der verwendeten Materialien in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Wafer dehydrieren	
Polyimid Schicht aufschleudern	Probidide 7020 Verdünnt mit n-Methyl-Pyrrolidon (3:1) Auftrag: 5 ml  Spinncoaten Resistdicke $\approx 300$ nm
Trocknung der Polyimidschicht	1.) $90^{\circ}\text{C}$ / 4 min 2.) $110^{\circ}\text{C}$ / 4 min
Justierte Belichtung	Maske 20 Anlage: MA 56, Softkontakt, Negativlack $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ (405m)
Thermische Behandlung (post exposure bake)	$110^{\circ}\text{C}$ 2 mins
Polyimidschicht entwickeln:	Entwickler für Polyimid 45 s waschen mit Entwickler Waschen mit Waschlösung Isopropanol 60s
Imidisierung, Vernetzung	$380^{\circ}\text{C}$ , 1 Stunde langsam Abkühlen unter $\text{N}_2$ -Durchfluß
SU-8 Resist aufschleudern	Resisthöhe ca. $160 \mu\text{m}$ SU-8 50
SU-8 Trocknung	$95^{\circ}\text{C}$ , 6 h
SU-8 Resist belichten	Maske 21 Dosis $1200 \text{ mJ} / \text{cm}^2$
SU-8 thermische Behandlung (post exposure bake)	Heizplatte 1) $50^{\circ}\text{C}$ , 2 min. 2) $95^{\circ}\text{C}$ , 12 mins 3) langsam abkühlen
SU-8 entwickeln	Propylenglykolmonoätheracetat Bad 1 : 20 min. Bad 2 : 20 min.
Galvanik	
SU-8 Entlackung	Su8-Entferner, Entlacker n-Methyl- Pyrrolidon Temperatur $80^{\circ}\text{C}$ Ultraschall

In diesem Beispiel wurden Aspektverhältnisse von 2 erzielt.

In der Fig. 2 ist eine Alternative des zuvor beschriebenen Herstellungsverfahrens schematisch dargestellt.

Im Verfahrensschritt a ist das Substrat 1 mit einer Haftschrift 2 versehen, die vor dem Aufbringen der Resistschicht 3 noch nicht strukturiert worden ist. In diesem Beispiel wird zunächst die Strukturierung der Resistschicht 3 mittels der Maske 21 durchgeführt, so dass belichtete Bereiche 4 und unbelichtete Bereiche 5 entstehen.

Im nachfolgenden Verfahrensschritt b werden die unbelichteten Bereiche 5 der Resistschicht 3 entfernt, so dass Freiräume 8 und 9 geschaffen werden.

Da die Strukturierung der Haftschrift in den Freiräumen 8 der ersten Gruppe noch nicht erfolgt ist, wird dies im Verfahrensschritt c mittels eines Plasmas 24 durchgeführt. Damit die Bereiche der Freiräume 9 der zweiten Gruppe nicht mit dem Plasma beaufschlagt werden, ist eine entsprechende Maske 23 vorgesehen, mit der diese Freiräume 9 abgedeckt werden.

Alternativ ist es auch möglich die Haftschrift mittels Laserbearbeitung zu strukturieren. In diesem Fall kann auf die Maske 23 verzichtet werden.

Im nachfolgenden Verfahrensschritt d werden die Freiräume 8 der ersten Gruppe mit der Metallschicht 10 mittels eines galvanischen Verfahrens aufgefüllt. Die Freiräume 9 werden wegen fehlender Startschicht nicht mit Metall ausgefüllt.

Im Verfahrensschritt e wird in die durch die Freiräume 9 gebildeten Ätzkammern 19 Ätzmittel eingebracht und auf diese Weise die Stützwände 7 entfernt.

In den Fig. 1 und 2 ist die Wirkung des Ätzmittels durch die Pfeile angedeutet.

Das Ätzmittel wird in beiden Verfahrensvarianten auch an die Außenwände 7 herangebracht, wie dies ebenfalls durch die jeweiligen Pfeile dargestellt ist. Insofern wird das Ätzmittel nicht nur in die Ätzkammern 19 eingefüllt.

In der Fig. 3 ist die Draufsicht auf das Zwischenprodukt gemäß des Verfahrensschrittes e dargestellt. Die Darstellung 1e ist ein Schnitt durch das Zwischenprodukt der Fig. 3 längs der Linie I-I.

Es ist in der Fig. 3 zu sehen, dass die Stützwände 7 eine das spätere Mikrobauteil 11 umgebende Rahmenstruktur 6 bilden, wobei die Wandstärke der Wände 7 überall gleich ist. Dieses Mikrobauteil 11 weist vier Ausnehmungen 12 und eine zentrale Öffnung 19 auf (s. Fig. 4), so dass in dem hier gezeigten Beispiel vier von außen zugängliche Ätzkammern 19 und eine zentrale Ätzkammer 19 ausgebildet wird. Bei den herkömmlichen Verfahren wären die Freiräume 9 vollständig mit Resistmaterial ausgefüllt, so dass für das Ätzmittel lediglich von außen Angriffsflächen vorhanden wären, um das Resistmaterial herauszulösen. Dies würde in den relativ dicken Bereichen der Ausnehmungen 12 und der Öffnung 13 zu erheblichen Problemen führen bzw. es würde eine relativ lange Zeit dauern, bis das Resistmaterial aus diesen Bereichen herausgelöst ist. Aufgrund des Vorsehens der Ätzkammern 19 ist die Wandstärke überall gleich oder nahezu gleich, so dass der Ablöseprozeß in allen Bereichen der Rahmenstruktur gleich schnell erfolgt.

In der Fig. 4 ist die Draufsicht des fertigen Mikrobauteils 11 zu sehen.

**Bezugszeichen**

- 1 Substrat
- 2 Haftschrift
- 3 Resistschicht
- 4 belichteter Resistbereich
- 5 unbelichteter Resistbereich
- 6 Stützstruktur
- 7 Wand
- 8 erster Freiraum
- 9 zweiter Freiraum
- 10 Metallschicht
- 11 Mikrobaueteil
- 12 Ausnehmung
- 13 Öffnung
- 19 Ätzkammer
- 20 Maske
- 21 Maske
- 22 Maske
- 23 Maske
- 24 Plasma

## Patentansprüche

1. Lithographisches Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen mit Bauteilstrukturen im Sub-Millimeterbereich, bei dem  
  
auf eine metallische Startschicht eine strukturierbare Haftschrift und auf die Haftschrift eine Schicht aus photostrukturierbarem Epoxyharz aufgebracht wird,  
  
das Epoxyharz mittels selektiver Belichtung und Herauslösen der unbelichteten Bereiche zur Ausbildung von Stützstrukturen und Freiräumen zwischen den Stützstrukturen strukturiert wird,  
  
anschließend nur die für das Mikrobauteil vorgesehenen Freiräume zwischen den Epoxyharzstützstrukturen mittels eines galvanischen Verfahrens mit Metall aufgefüllt werden, und  
  
schließlich das Epoxyharz entfernt wird, wobei Ätzmittel in die verbleibenden Freiräume eingebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Haftschrift vor dem Aufbringen des Epoxyharzes strukturiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Haftschrift nach dem Aufbringen des Epoxyharzes und Entfernen der unbelichteten Bereiche des Epoxyharzes strukturiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Haftschrift mittels Plasmaätzen strukturiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Haftschrift ein Polyimid verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Epoxyharz SU8®-Material verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandstärke der Wände der Stützstrukturen so gewählt wird, dass das Aspektverhältnis der Wände  $\leq 20$  beträgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandstärke der Wände der Stützstrukturen so gewählt wird, dass das Aspektverhältnis  $\leq 10$  beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandstärke aller Wände gleich stark gewählt wird.

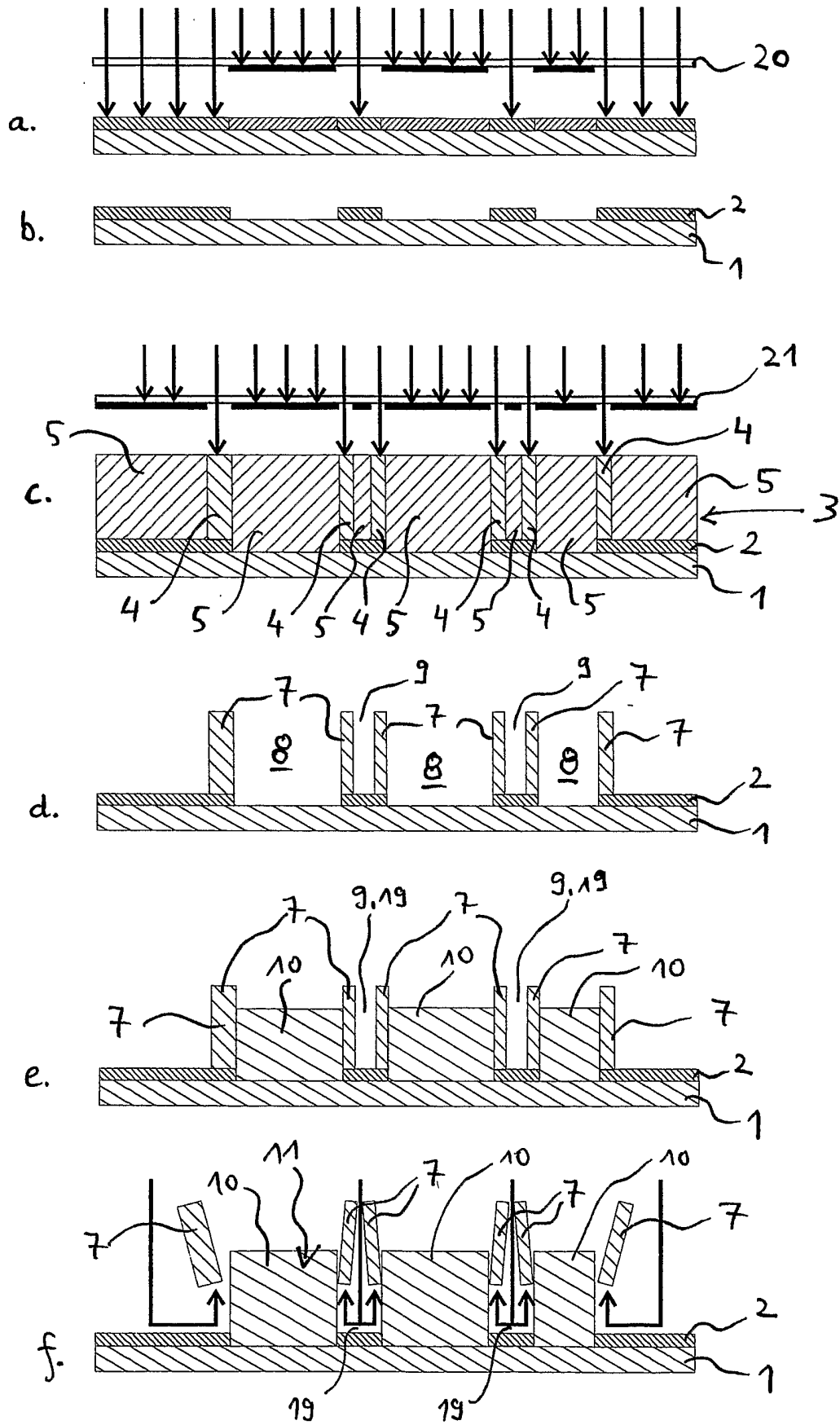


Fig. 1

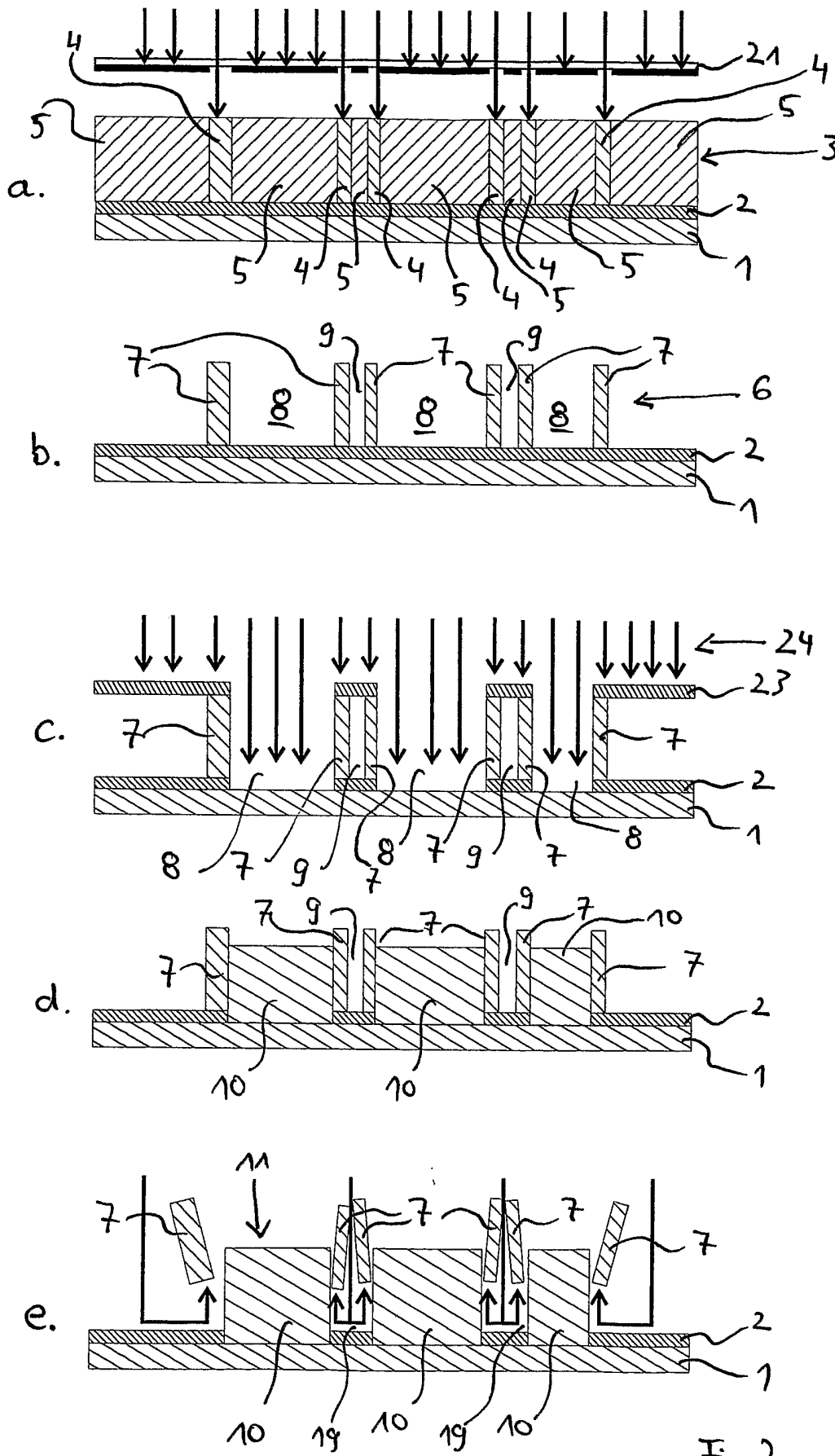


Fig. 2

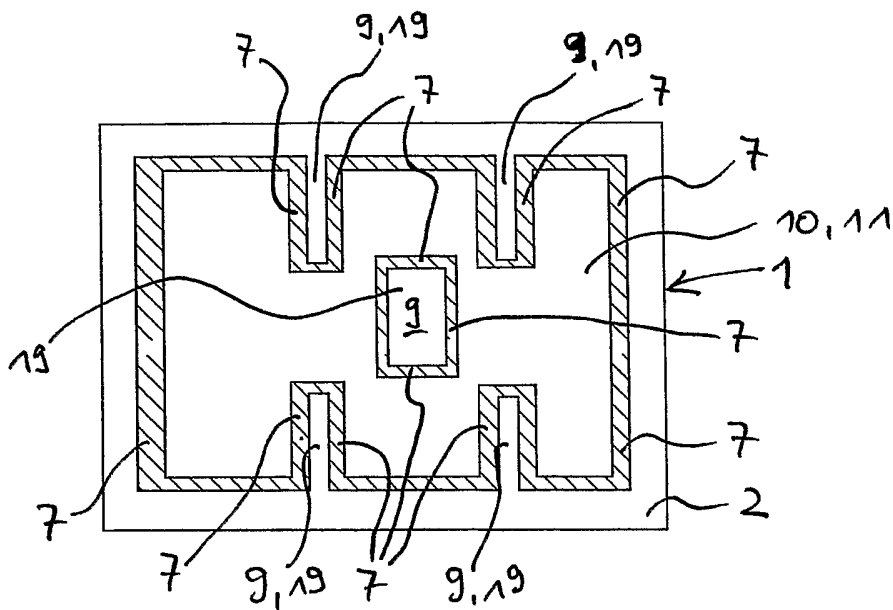


Fig. 3

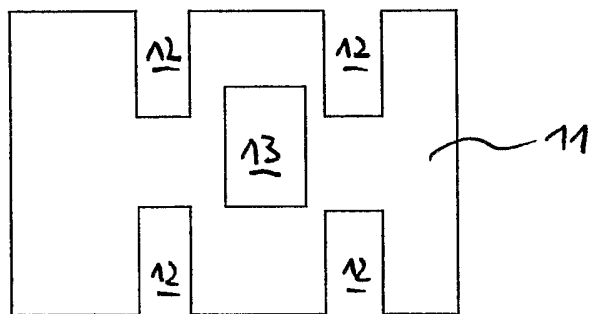


Fig. 4