



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 873 789 A2

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**(43) Veröffentlichungstag:  
28.10.1998 Patentblatt 1998/44(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B01L 3/00, B65D 81/32**

(21) Anmeldenummer: 98107137.6

(22) Anmeldetag: 20.04.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: 21.04.1997 DE 19716683

(71) Anmelder:  
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER  
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.  
80636 München (DE)**

(72) Erfinder:  

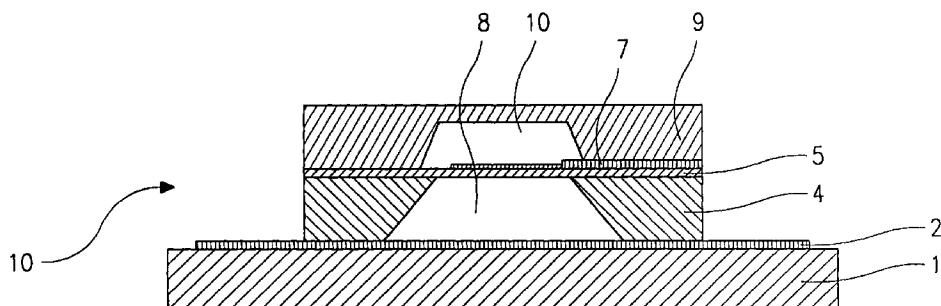
- Roth, Mathias, Dipl.-Phys.  
D-69190 Walldorf (DE)
- Endres, Hanns-Erik, Dr.-Ing.  
80689 München (DE)

(74) Vertreter:  
**Schoppe, Fritz, Dipl.-Ing.  
Schoppe & Zimmermann  
Patentanwälte  
Postfach 71 08 67  
81458 München (DE)**

**(54) Vorrichtung zur gekapselten Aufnahme eines Materials**

(57) Bei einer Vorrichtung (10) zur getrennten, gekapselten Aufnahme einer Mehrzahl gleicher oder unterschiedlicher Stoffe in einer Mehrzahl von abgeschlossenen Hohlräumen (8, 10) in einer mikromechanisch gefertigten Struktur sind zumindest zwei der Hohlräume (8, 10) durch eine in Mikrosystemtechnik

oder Dünnfilmtechnologie implementierte Membran (5) getrennt. Die Vorrichtung (10) weist eine elektrisch betätigbare Heizeinrichtung (7) zum Zerstören der Membran (5), um die zumindest zwei Hohlräume (8, 10) zu verbinden, auf.

**FIG.**

EP 0 873 789 A2

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur gekapselten Aufnahme eines Materials die Verwendung einer solchen Vorrichtung.

Auf vielen Gebieten werden empfindliche Materialien, z. B. chemische Indikatormaterialien, Katalysatoren, Medikamente, eingesetzt. Empfindlich heißt, die Lebensdauer, d. h. die Verwendbarkeit für einen bestimmten Zweck, wird bei Kontakt mit einem bestimmten Stoff oder Stoffgemisch reduziert. Aufgrund dieser begrenzten Lebensdauer ist es erwünscht, diese Materialien erst kurz vor ihrem Einsatz in dem schädlichen Meßmedium freizugeben und sie bis zu diesem Zeitpunkt unter Schutzgas oder Schutzflüssigkeit oder Vakuum zu verwahren. Das schädliche Meßmedium kann mit der zu messenden Substanz identisch sein.

Übliche Methoden sind hierzu das Kapseln der Substanz in einem Glaskolben, Kunststoff-Folien oder ähnlichen Verpackungen. Der Nachteil dieser Methoden ist vielfältig: Die Kapselungsmethoden sind nur begrenzt miniaturisierbar und/oder der Verschluß ist nicht oder nur aufwändig automatisch zu öffnen. Solche empfindlichen Stoffe werden auch in einem Gefäß eingeslossen, welches über ein Ventil und/oder Schlauchsystem mit der Außenwelt verbunden ist. Diese Vorrichtung ist automatisch zu öffnen, doch kann hier die Geschwindigkeit der mechanischen Öffnung für manche Anwendungen nicht ausreichend sein. Ein Reagieren auf schnelle Vorgänge ist somit nicht möglich. Weiterhin begrenzt die notwendige Mechanik die minimal erreichbare Baugröße und die Kostenreduzierung.

Die direkte Beschichtung der zu schützenden Substanz mit z.B. elektrisch abdampfbaren Materialien ist nur sehr begrenzt einsetzbar, da diese Methode in vielen Fällen zu einer irreversiblen Kontamination des beschichteten Materials führt.

Die DE 3919042 A1 offenbart ein System zur Analyse von festen Substanzen auf Quecksilber. Bei diesem bekannten System wird eine zu analysierende feste Substanz in ein Gefäß eingebracht, das nachfolgend durch eine Membran verschlossen wird, wobei, wenn über der Membran ein Deckel auf den Rand des Gefäßes gesetzt ist, die Membran durch das Erhitzen der festen Substanz und einen dadurch bedingten Überdruck in dem Gefäß zerstört wird. Die bei dem in der DE 3919042 A1 offenbarten System verwendete Vorrichtung ist jedoch für eine Großserienfertigung nicht geeignet.

Die DE 3520416 C2 beschreibt eine Vorrichtung zum steuerbaren Öffnen einer Trennwand, wobei die Trennwand aus einer in einen Spannring eingesetzten Membran mit anliegenden Heizdrähten besteht, welche ein Öffnen der Membran bei Versorgung mit elektrischer Energie bewirken. Auch diese Vorrichtung ist nicht für eine Massenproduktion beispielsweise mittels mikromechanischer Verfahren geeignet.

Die DE 3818614 A1 und DE3915920 A1 offenbaren mikromechanische Strukturen mit einer Mehrzahl von Vertiefungen zur Aufnahme von kleinen Materialmengen, insbesondere auf dem Gebiet der Biotechnologie. Die Vertiefungen werden dabei mittels eines Deckels, der vorzugsweise mit den Vertiefungen korrespondierende Erhebungen aufweist, verschlossen.

Für den Nachweis von Stoffen in Gasen oder Flüssigkeiten existiert z.B. eine Vielzahl von Transducerbauformen. Viele funktionieren nach dem Prinzip der Widerstands- oder Kapazitätsmessung des Indikatormaterials. Bezüglich derartiger Transducerbauformen wird verwiesen auf H.-E. Endres, S. rost, H. Sandmaier "A PHYSICAL SYSTEM FOR CHEMICAL SENSORS", Proc. Microsystem Technologies, Berlin, 29.10.-01.11.91, 70-75. Eine Änderung dieser Größe(n) wird mit einem Ereignis in dem zu untersuchenden Medium korreliert. Die für die z. B. Widerstandsmessung notwendigen Strukturen, z.B. Interdigitalstrukturen, werden oft in einer Dünnschichttechnik auf ein Substrat, z.B. Silizium, Quarz, aufgebracht. Der Träger dieser Sensoren kann auch selbst wieder eine Membranstruktur sein.

Aus der Mikrosystemtechnik ist seit Jahren die Herstellung von dünnen Membranstrukturen, z.B. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> auf Si-Trägermaterial und andere Kombinationen, bekannt. Im allgemeinen werden diese Membranstrukturen aufgrund ihrer sehr niedrigen thermischen Wärmekapazität und/oder Wärmeleitfähigkeit eingesetzt. Sie dienen als Trägermaterial für temperaturempfindliche Widerstände, z.B. bei der Realisierung thermischen Durchflußmessers und/oder zur thermischen Isolierung eines Heizelements von seiner Umgebung.

Ausgehend von dem genannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine miniaturisierbare Vorrichtung zu schaffen, die die Ereignis- oder zeitlich gesteuerte, automatische Vermengung zweier Stoffe ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine miniaturisierbare Vorrichtung zur automatischen Freisetzung eines gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes in die Umgebung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Anspruchs 7 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zur getrennten, gekapselten Aufnahme einer Mehrzahl gleicher oder unterschiedlicher Stoffe in einer Mehrzahl von abgeschlossenen Hohlräumen in einer mikromechanisch gefertigten Struktur, wobei zumindest zwei der Hohlräume durch eine in Mikrosystemtechnik oder Dünnschichttechnologie implementierte Membran getrennt sind, wobei die Vorrichtung eine elektrisch betätigbare Heizeinrichtung zum Zerstören der Membran, um die zumindest zwei Hohlräume zu verbinden, aufweist.

Die mikromechanisch gefertigte Struktur kann vorzugsweise durch eine Mehrzahl von Halbleiterwafern gebildet sein, die derart verbunden sind, daß zumindest

zwei Ausnehmungen in den Halbleiterwafern durch die in Mikrosystemtechnik oder Dünnpfilmtechnologie implementierte Membran getrennt sind. Ferner kann eine solche mikromechanisch gefertigte Struktur eine Mehrzahl von Membranen aufweisen, wobei jede Membran jeweils zumindest zwei Hohlräume in der mikromechanisch gefertigten Struktur trennt. Mittels einer geeigneten Treibereinrichtung zum Treiben der elektrisch betätigbarer Heizeinrichtungen kann die Mehrzahl der Membranen dann im wesentlichen gleichzeitig oder zeitversetzt zerstört werden.

Die vorliegende Erfindung liefert ferner die Verwendung einer Vorrichtung zur gekapselten Aufnahme eines gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes, wobei die Vorrichtung einen eine Ausnehmung zur Aufnahme des gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes aufweisenden in Mikrosystemtechnik gebildeten Grundkörper, eine den Grundkörper überspannende, in Mikrosystemtechnik oder Dünnpfilmtechnologie implementierte Membran zur Kapselung des Material in der Ausnehmung des Grundkörpers und eine elektrisch betätigbare Heizeinrichtung zum Zerstören der Membran, um den gasförmigen, flüssigen oder festen Stoff freizulegen, aufweist, zur Freisetzung der gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes in die Umgebung.

Die gemäß der vorliegenden Erfindung verwendete Membran kann vorzugsweise mit einer Schutzschicht versehen sein, die die Häusung von aggressiven Medien ermöglicht. Besteht die Membran beispielsweise aus Siliziumnitrid, kann als widerstandsfähige Schutzschicht beispielsweise Siliziumcarbid verwendet werden.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Verwendung beispielsweise gegenüber einer Pumpe besteht in dem mechanisch und elektronisch wesentlich einfacheren Aufbau des erfindungsgemäßen Systems. Bis zu einer bestimmten Anzahl von Freisetzungen pro System ist dieses Verfahren somit kostengünstiger als zum Beispiel der Einsatz einer Pumpe. Ein weiterer Vorteil ist die durch den einfachen Aufbau bedingte höhere Funktionszuverlässigkeit des Systems. Die Freisetzung des Stoffes geschieht ohne Benutzung von Klappen, Ventilen und Kanälen. Somit ist beispielsweise, im Gegensatz zu einer Pumpe, kein Verstopfen von Kanälen möglich, da solche zur gewünschten Funktion gemäß der vorliegenden Erfindung nicht benötigt werden.

Die vorliegende Erfindung bedient sich der Tatsache, daß in dünnen Membranen, welche in Dünnpfilmtechnologie oder Mikrosystemtechnik implementiert sind, häufig höhere Spannungskräfte auftreten, welche in anderen Bereichen der Technik als Problem derartiger Membranstrukturen gelten. Diese Spannungskräfte, die in der Membran vorliegen, bewirken bei Anwendung von thermischen Kräften auf die Membran ein explosionsartiges Zerplatzen derselben. Dabei verdampft die Membran nicht, sondern zerspringt in einzelne Stücke. Die gemäß der vorliegenden Erfindung verwendete Heizeinrichtung ist vorzugsweise als ein auf der Mem-

bran integrierter Heizer ausgeführt, bei dem ein kurzer Heizimpuls eine thermische Verspannung der Membran bewirkt, durch die diese Membran zum Platzen gebracht wird.

Die gemäß der vorliegenden Erfindung verwendeten Strukturen bieten eine einfache, kontaminationssichere und schnelle Art und Weise, um einen gasförmigen, flüssigen oder festen Stoff in die Umgebung freizusetzen, oder um eine Mehrzahl von in unterschiedlichen Hohlräumen befindliche Stoffen zu vermengen, wobei die Struktur in einfacher Weise einer Großserientechnik zugänglich ist. Das ordnungsgemäße Zerstören der Membran kann jeweils durch eine geeignete Elektrodengeometrie signalisiert werden. Die vorliegende Erfindung bedient sich somit einer Struktur, die mit gängigen großserientechnischen Methoden implementierbar ist. Hierbei ist die Membran-Grundkörper-Struktur vorteilhafterweise in Mikrosystemtechnik ausgeführt. Für die Zwecke der Erfindung kann die Membran jedoch auch in Dünnpfilmtechnik ausgeführt sein.

Die einzige Figur der vorliegenden Anmeldung zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur getrennten, gekapselten Aufnahme einer Mehrzahl gleicher oder unterschiedlicher Stoffe.

Die Vorrichtung weist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel, das in seiner Gesamtheit mit den Bezugzeichen 10 bezeichnet ist, einen Träger 1 auf, der beispielsweise aus Quarz besteht. Auf den Träger 1 ist optional eine Schicht 2 aufgebracht, die beispielsweise zur Unterstützung einer Verbindung des Trägers 1 mit einem Halbleiterwafer, der bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel aus Silizium besteht, dienen kann, in dem eine Ausnehmung 8 durch übliche, photolithographische und ätztechnische Methoden eingearbeitet ist. Über der Ausnehmung 8 ist eine Membran 5 gebildet. Für einen Fachmann auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik bedarf es keiner Erläuterung, daß Methoden zur Herstellung einer Halbleiterstruktur überspannenden Membran in der Mikrosystemtechnik üblich sind und daß hierbei üblicherweise die Membran 5 zunächst auf die Halbleiterstruktur 4 aufgebracht wird, bevor die Ausnehmung 8 durch photolithographische und ätztechnische Maßnahmen in der Halbleiterstruktur 4 gebildet wird.

Auf der Membran 5 ist eine Heizerstruktur 7, die über Anschlußleitungen mit Anschlußflächen oder Bondpads in Verbindung steht, angeordnet.

Auf der der Trägerstruktur 4 gegenüberliegenden Oberfläche der Membran 5 ist ein weiterer Wafer 9, der bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel aus Silizium besteht, angebracht.

Der Wafer 9 weist eine Ausnehmung 10 auf und ist derart über der Membran 5 mit dem Wafer 4 verbunden, daß sich die Hohlräume 8 und 10 gegenüberliegen, wobei dieselben durch die Membran 5 getrennt sind.

Wird nun während der Herstellung der Vorrichtung

in den Hohlraum 8 beispielsweise ein Stoff A eingebracht, während in den Hohlraum 10 ein Stoff B eingebracht wird, kann durch eine Betätigung der elektrischen Heizeinrichtung 7 automatisch eine Vermischung der beiden Stoffe und somit beispielsweise eine bestimmte Reaktion erreicht werden.

Für Fachleute ist offensichtlich, daß das in der Figur dargestellte Ausführungsbeispiel rein veranschaulichend ist. Beispielsweise könnte die in dem Wafer 9 angeordnete Ausnehmung 10 denselben vollständig durchdringen, wobei dieselbe auf der Oberseite durch eine weitere Membran abgeschlossen ist, an die wiederum eine Ausnehmung eines weiteren Wafers angrenzt. Somit kann beispielsweise eine Struktur erstellt werden, die mehr als zwei jeweils durch eine Membran voneinander getrennte Hohlräume aufweist.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht somit die Abtrennung einer bestimmten Anzahl von Stoffen in zwei oder mehreren durch die "Membrantechnik" getrennten Kammern oder Ausnehmungen. Ein derartiger Aufbau kann erreicht werden, indem die Kapselung entweder schon in der Fertigung mehrere Kammern und Membrane enthält, oder in dem alternativ die Elemente auf Wafer- oder Einzelteil-Level beispielsweise durch Waferbonding oder Kleben entsprechend kombiniert werden. Abhängig vom Aufbau und der gewünschten Reaktion kann nun eine bestimmte Anzahl von Kammern quasi-gleichzeitig (im Millisekundenbereich) oder auch zeitlich beliebig versetzt geöffnet werden, indem die einzelnen Heizereinrichtungen entsprechend angesteuert werden. Durch eine Mehrkammertechnik kann somit die Anzahl von innerhalb eines Membransystems möglichen, beispielsweise chemischen, Reaktionen, beispielsweise Nachweisreaktionen, stark erhöht sein.

Gemäß einem weiteren Aspekt schafft die vorliegende Erfindung eine weiterentwickelte Verwendung einer Vorrichtung zur gekapselten Aufnahme eines Materials, die einem eine Ausnehmung zur Aufnahme des Materials aufweisenden in Mikrosystemtechnik gebildeten Grundkörper, eine den Grundkörper überspannende, in Mikrosystemtechnik oder Dünffilmtechnologie implementierte Membran zur Kapselung des Materials in der Ausnehmung des Grundkörpers und eine elektrisch betätigbare Heizeinrichtung zum Zerstören der Membran aufweist, um das Material, daß ein gasförmiger, flüssiger oder fester Stoff sein kann, in die Umgebung freizusetzen.

Bei der nachfolgend beschriebenen Verwendung dieser Vorrichtung wird nun der von der Membran und dem Träger gebildete Hohlraum als ein "kleines Gefäß" betrachtet, das beispielsweise eine bestimmte Flüssigkeits- oder Gas-Menge enthalten kann. Durch ein Zerstören der Membran wird dieser in dem "kleinen Gefäß" enthaltene Stoff dann in die Umgebung, die durch die Umwelt oder einen weiteren Teil des Systems, beispielsweise Reaktionskammern oder Stoffreservoirs gebildet ist, freigesetzt. Vorteilhaft dabei ist der einfache

Aufbau des Systems und die damit verbundene höhere Funktionszuverlässigkeit.

Abhängig von der Verwendung kann die Membran mit einer widerstandsfähigen Schutzschicht versehen werden. Besteht die Membran aus Siliziumnitrid, kann in geeigneter Form eine Siliziumcarbidschicht als Schutzschicht verwendet werden. Dadurch ist die Membran auch in aggressiven Medien, beispielsweise starken Säuren, einsetzbar. Bei entsprechender Materialwahl und -Dicke beeinträchtigt diese Schutzschicht die Funktion des Systems, d. h. das Zerstören der Membran, nicht. Im Gegensatz dazu sind mechanisch bewegte Teile, wie sie Pumpen enthalten, im allgemeinen schwieriger mit Schutzschichten zu überziehen.

Die Freisetzung eines einzelnen Stoffes kann für sich genommen einen Zweck haben, der beispielsweise in der Freisetzung von Duftstoffen in die Raumluft oder in der Freisetzung von Zusatzstoffen in Flüssigkeiten usw. liegt. Ferner kann durch die Freisetzung auch eine Reaktion mit Stoffen der Umgebung und dadurch ein gewünschter Effekt mit der Umgebung ausgelöst werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zur getrennten, gekapselten Aufnahme einer Mehrzahl gleicher oder unterschiedlicher Stoffe in einer Mehrzahl von abgeschlossenen Hohlräumen (8, 10) in einer mikromechanisch gefertigten Struktur, wobei zumindest zwei der Hohlräume (8, 10) durch eine in Mikrosystemtechnik oder Dünffilmtechnologie implementierte Membran (5) getrennt sind, wobei die Vorrichtung (10) eine elektrisch betätigbare Heizeinrichtung (7) zum Zerstören der Membran (5), um die zumindest zwei Hohlräume (8, 10) zu verbinden, aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die mikromechanisch gefertigte Struktur durch zumindest zwei Halbleiterwafer (4, 9) gebildet ist, die derart verbunden sind, daß zumindest zwei Ausnehmungen (8, 10) in den Halbleiterwafern (4, 9) durch die in Mikrosystemtechnik oder Dünffilmtechnologie implementierte Membran (5) getrennt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, die eine Mehrzahl von in Mikrosystemtechnik oder Dünffilmtechnologie implementierten Membranen aufweist, die jeweils zumindest zwei Hohlräume in der mikromechanisch gefertigten Struktur trennen, wobei die Vorrichtung für jede Membran eine elektrisch betätigbare Heizeinrichtung zum Zerstören derselben aufweist, und wobei die Vorrichtung eine Treiberseinrichtung aufweist, durch die die elektrisch betätigbaren Heizeinrichtungen treibbar sind, um die Mehrzahl der Membranen im wesentlichen gleichzeitig oder zeitversetzt zu zerstören.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Membran oder zumindest eine der Mehrzahl von Membranen mit einer Schutzschicht versehen ist.

5

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Membran oder die Mehrzahl von Membranen aus Siliziumnitrid besteht.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, bei der die Schutzschicht aus Siliziumcarbid besteht.

7. Verwendung einer Vorrichtung zur gekapselten Aufnahme eines gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes, die folgende Merkmale aufweist:

15

einen eine Ausnehmung zur Aufnahme des gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffs aufweisenden in Mikrosystemtechnik gebildeten Grundkörper,

20

eine den Grundkörper überspannende, in Mikrosystemtechnik oder Dünnfilmtechnologie implementierte Membran zur Kapselung des gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes in der Ausnehmung des Grundkörpers; und

25

eine elektrisch betätigbare Heizeinrichtung zum Zerstören der Membran, um den gasförmigen, flüssigen oder festen Stoff freizulegen,

30

zur Freisetzung des gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes in die Umgebung.

8. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Membran der Vorrichtung mit einer Schutzschicht versehen ist.

35

9. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 8 zur Freisetzung von aggressiven Medien an die Umgebung.

40

45

50

55

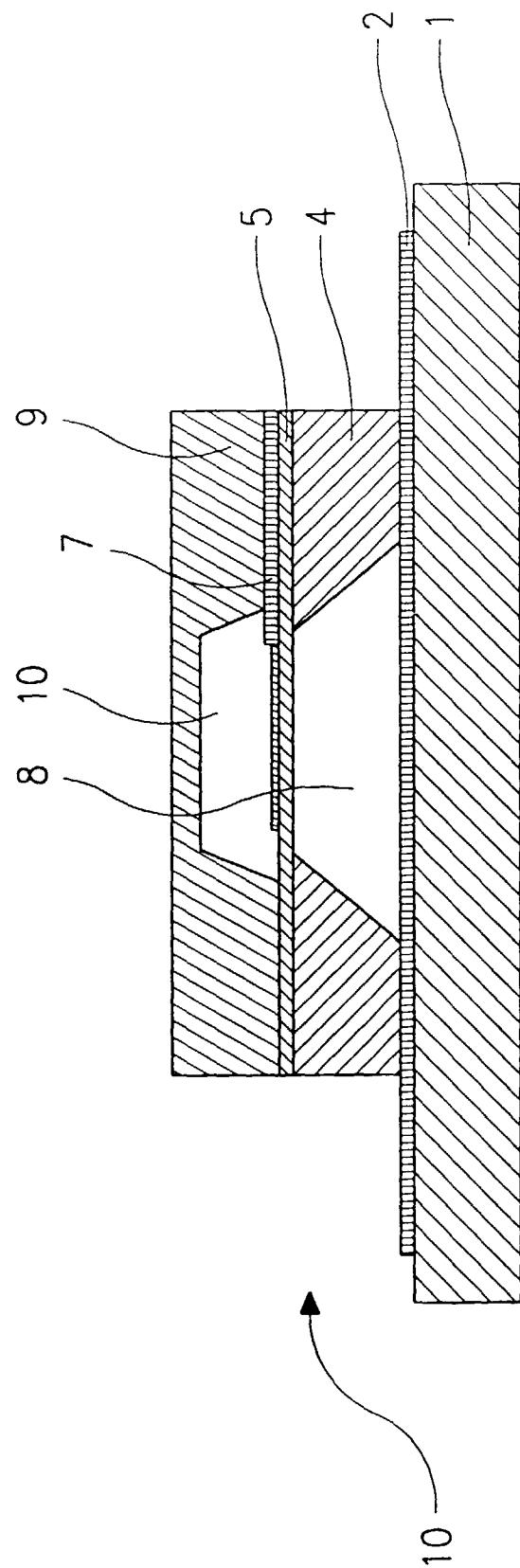


FIG.