



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 004 795 A1** 2006.08.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 004 795.5**

(22) Anmeldetag: **02.02.2005**

(43) Offenlegungstag: **17.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B81C 1/00** (2006.01)
H01L 21/306 (2006.01)

(71) Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(72) Erfinder:
Franosch, Martin, 81739 München, DE; Meckes, Andreas, Dr., 81735 München, DE; Oppermann, Klaus-Günter, 83607 Holzkirchen, DE

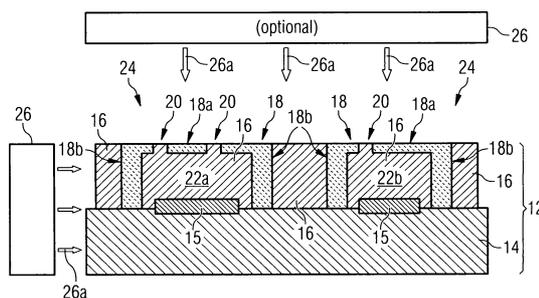
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 698 11 511 T2
DE 691 24 647 T2
US 62 24 713 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Konzept zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur**

(57) Zusammenfassung: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials (16) in einer Materialstruktur (12) wird zunächst die Materialstruktur (12) bereitgestellt, wobei die Materialstruktur (12) einen durch eine Öffnung (20) zugänglichen Behandlungsbereich (22) mit dem Opfermaterial aufweist. Daraufhin wird das Opfermaterial (16) mit einem nass-chemischen Behandlungsmittel durch die Öffnung (20) zur Entfernung des Opfermaterials in Kontakt gebracht, wobei während des In-Kontakt-Bringens des Opfermaterials (16) mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel eine mechanische Schwingung in dem nass-chemischen Behandlungsmittel oder in dem nass-chemischen Behandlungsmittel und der Materialstruktur (12) erzeugt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Konzept zur effektiven und exakten Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur mittels eines nass-chemischen Behandlungsmittels, und insbesondere auf ein effektives In-Kontakt-Bringen eines nass-chemischen Behandlungsmittels mit einem Opfermaterial durch eine relativ kleine Zugangsöffnung zu einer zu erzeugenden Hohlraumstruktur, um das Opfermaterial mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel in Lösung zu bringen und damit zu entfernen, um die gewünschte Hohlraumstruktur zu erzeugen.

Stand der Technik

[0002] Häufig werden elektronische Bauelemente, die einen Freiraum bezüglich der in einem Substrat implementierten Schaltungsstruktur benötigen, in einem Halbleitersubstrat mit einem daran angrenzenden Hohlraum gebildet. Bei diesen elektronischen Bauelementen kann es sich beispielsweise um BAW-Filter (BAW = Bulk Acoustic Wave = Volumenwelle), SAW-Filter (SAW = Surface Acoustic Wave = Oberflächenwelle), Sensoren oder Aktoren handeln. Ebenso können mikroelektromechanische Systeme (MEMS), Beschleunigungssensoren oder Drehratensensoren, deren Funktionalität ebenfalls einen Freiraum bezüglich der Schaltungsstruktur erfordert, mit entsprechenden Hohlräumen implementiert werden.

[0003] Zur Herstellung von Hohlräumen in einem elektronischen Bauelement bzw. angrenzend an dasselbe werden häufig spezielle Ätz- und Entwicklungsverfahren eingesetzt, die im nachfolgenden allgemein als nass-chemische Behandlungsverfahren bezeichnet werden. So können Hohlräume nass-chemisch durch eine sogenannte Tauchentwicklung bzw. Tauchätzung erzeugt werden, wobei eine Materialstruktur, in der ein Hohlraum erzeugt werden soll, in ein nass-chemisches Behandlungsmittel (Lösungsmittel oder ein Ätzmittel) eingetaucht wird.

[0004] Eine weitere Möglichkeit, um Hohlräume für ein elektronisches Bauelement zu erzeugen, ist die sogenannte Puddle-Entwicklung, bei der ein nass-chemisches Behandlungsmittel auf eine Resistoberfläche aufgesprüht wird, bis das nasschemische Behandlungsmittel die Resistmaterialoberfläche vollständig bedeckt. In Abhängigkeit davon, welche Bereiche des Resistmaterials belichtet oder nicht belichtet worden sind, kann nun das nass-chemische Behandlungsmittel selektiv das Resistmaterial (Opfermaterial) entfernen.

[0005] Eine weitere, bekannte Vorgehensweise, Hohlräume in einer Materialstruktur zu erzeugen, besteht darin, die zu behandelnde Materialstruktur mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel zu besprü-

hen, um eine Freientwicklung oder ein Freiätzen eines Hohlraums innerhalb der Materialstruktur zu erreichen.

[0006] Anhand der **Fig. 2a–b** wird nun beispielhaft eine im Stand der Technik bekannte Vorgehensweise zur Erzeugung einer Hohlraumstruktur dargestellt.

[0007] In **Fig. 2a** ist in einer Schnittansicht eine Materialstruktur **50** dargestellt, die als Ausgangspunkt zur Erzeugung einer Hohlraumstruktur mittels einer nass-chemischen Behandlung dienen kann. Diese Materialstruktur **50** weist ein Substrat **52** auf, auf dem beispielsweise eine elektromechanische Struktur **53** vorgesehen ist. Auf dem Substrat **52** sind ein Opfermaterial **54** und eine Abdeckungsanordnung **56** mit seitlichen Wandbereichen **56b** und einem oberen Wandbereich **56a** angeordnet, wobei in dem oberen Wandbereich **56a** der Abdeckungsanordnung **56** mehrere Öffnungen **58** gebildet sind. Die Abdeckungsanordnung **56** definiert nun mit den Seitenwandbereichen **56b**, dem oberen Wandbereich **56a** und zusammen mit dem Substrat **52** zwei durch die Öffnungen **58** zugängliche Behandlungsbereiche **60a**, **60b**, die herstellungsbedingt mit dem zu entfernenden Opfermaterial **54** gefüllt sind.

[0008] Die in **Fig. 2a** dargestellte Materialstruktur **50** kann beispielsweise erhalten werden, indem auf das Substrat **52** eine Schicht aus einem Negativ-Resistmaterial (Negativ-Lack) aufgebracht wird, das daraufhin mittels unterschiedlicher Masken und unterschiedlichen Belichtungswellenlängen selektiv (z.B. auch Wellenlängen-selektiv) belichtet wird, um die Materialstruktur **50** mit dem Opfermaterial **54** und der Abdeckungsstruktur **56** zu erhalten.

[0009] Dabei stellt das Opfermaterial **54** beispielsweise ein unbelichtetes Negativ-Resistmaterial dar, wobei die Abdeckungsanordnung **56** mit den Seitenwandbereichen **56b** und dem oberen Wandbereich **56a** beispielsweise belichtete Bereiche des Negativ-Resistmaterials darstellt.

[0010] Die in **Fig. 2a** dargestellte Anordnung kann aber auch entsprechend mittels eines Positiv-Resistmaterials (Positiv-Lack) erhalten werden kann, wobei dann die belichteten Bereiche das Opfermaterial **54** und die unbelichteten Bereiche die Abdeckungsanordnung **56** mit den Seitenwandbereichen **56b** und dem oberen Wandbereich **56a** bilden können.

[0011] Als Resistmaterial kann beispielsweise ein SU-8-Resistmaterial verwendet werden. Bezüglich der in **Fig. 2a** dargestellten Materialstruktur sollte ferner deutlich werden, dass auch mehrere auf dem Substratmaterial **52** aufgebrachte Resistmaterialschichten mit aufeinander folgenden Belichtungsvorgängen verwendet werden können, um die in **Fig. 2a** dargestellte Materialstruktur **50** mit den Opfermateri-

albereichen **54** und der Abdeckungsanordnung **56** zu erhalten.

[0012] Gemäß üblichen nass-chemischen Behandlungsvorgängen wird nun die bereitgestellte Materialstruktur **50** und insbesondere das Opfermaterial **54** mit einem nass-chemischen Behandlungsmittel **62**, wie z.B. einem Lösungsmittel oder einem wässrigen Entwickler (z.B. PGMEA, mit PGMEA = propylene glykol methyl ether acetate) in Kontakt gebracht, um das Opfermaterial **54** mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel **62** in Lösung zu bringen, d.h. das Opfermaterial **54** zu entfernen.

[0013] Bezüglich der in **Fig. 2a** dargestellten Materialstruktur **50** sollte beachtet werden, dass das zu entfernende Opfermaterial **54** in den Behandlungsbereichen **60a**, **60b** für das nasschemische Behandlungsmittel **62** nur durch die in dem oberen Wandbereich **56a** angeordneten Öffnungen **58** der Abdeckungsanordnung **56** zugänglich ist, um das Opfermaterial **54** in Lösung zu bringen und die Behandlungsbereichen **60a**, **60b** als Hohlräume freizulegen. Dabei hängt die nass-chemische Behandlungsrate (Ätz- bzw. Entwicklungsrate) zur Freilegung der zu erzeugenden Hohlraumstrukturen maßgeblich von der Querschnittsfläche der Zugangsöffnungen **58** zu den Behandlungsbereichen **60a**, **60b** innerhalb der Materialstruktur **50** ab. Dies bedeutet, dass kleinere Zugangsöffnungen **58** eine geringere nass-chemische Behandlungsrate nach sich ziehen, wodurch sich die Zeitdauer der nass-chemischen Behandlung zur Freilegung der gewünschten Hohlraumstrukturen erhöht.

[0014] **Fig. 2b** zeigt nun anhand einer perspektivischen Schnittdarstellung ein Beispiel einer durch herkömmliche nass-chemische Behandlungsvorgänge erzeugten Hohlraumstruktur, bei der aufgrund einer inhomogenen nass-chemischen Behandlungsrate das Opfermaterial **54** in den Hohlräumen **60a**, **60b** nur unvollständig durch die Öffnungen **58** entfernt wurde. Wie aus **Fig. 2b** ersichtlich ist, können bei nass-chemischen Behandlungsvorgängen gemäß dem Stand der Technik die gewünschten Hohlräume im Wesentlichen nicht rückstandsfrei durch kleine Zugangsöffnungen **58** erzeugt werden, da diese bekannten Vorgehensweisen nur eine sehr langsame und im Wesentlichen inhomogene nasschemische Behandlungsrate des zu entfernenden Opfermaterials **54** zulassen.

[0015] Bei relativ kleinen Zugangsöffnungen zu einem zu erzeugenden Hohlraum in einer Materialstruktur kann bei herkömmlichen nass-chemischen Behandlungsvorgängen bezüglich der Gesamtmenge der eingesetzten nass-chemischen Behandlungsmittel nur ein sehr geringer Anteil der Gesamtmenge des Behandlungsmittels mit dem zu entfernenden Opfermaterial innerhalb der Behandlungsbereiche

(Hohlräume) in Kontakt gebracht werden, so dass häufig kein ausreichender Austausch des Ätzmittels innerhalb des zu erzeugenden Hohlraums vorhanden ist, wodurch das zu entfernende Opfermaterial nur relativ langsam und ungleichmäßig entfernt werden kann.

[0016] Aufgrund der sehr langen Behandlungsdauer eines Hohlraums bei kleinen Zugangsöffnungen **58** ergibt sich bei den bekannten nass-chemischen Behandlungsverfahren ein relativ hoher Medienverbrauch, da für das Freilegen von Hohlräumen durch eine kleine Durchgangsöffnung große Mengen des nass-chemischen Behandlungsmittels **62** eingesetzt werden müssen, um eine ausreichende Menge an nass-chemischen Behandlungsmitteln mit dem Opfermaterial innerhalb der Behandlungsbereiche **60a**, **60b** in Kontakt zu bringen.

[0017] Außerdem können aufgrund der im allgemeinen relativ kleinen Zugangsöffnungen zu dem zu erzeugenden Hohlraum häufig nur relativ ungenaue und grobe Strukturen bzw. Abmessungen des resultierenden Hohlraums erhalten werden, da sich das durch die relativ kleinen Zugangsöffnungen eindringende nasschemische Behandlungsmittel in der Materialstruktur nicht homogen verteilen kann, so dass häufig oft Reste des eigentlich zu entfernenden Opfermaterials in dem Hohlraum verbleiben.

[0018] Da über die kleinen Zugangsöffnungen in der Materialstruktur zu dem zu erzeugenden Hohlraum im Wesentlichen keine homogenen Ätzraten erhalten werden können, können gemäß dem Stand der Technik neben unzureichender Ätzung mit in den Hohlräumen verbleibenden Opfermaterialresten darüber hinaus aber gleichzeitig auch aufgrund der erforderlichen langen Behandlungsdauer an anderen Stellen an der Materialstruktur **50** häufig auch unerwünschte Überätzungen auftreten, bei denen Bereiche der Materialstruktur **50** durch die nass-chemischen Behandlungsmittel **62** angegriffen und unerwünschterweise entfernt werden.

[0019] Somit haben sich die im Stand der Technik bekannten nasschemischen Behandlungsvorgänge zur Freilegung von Hohlräumen in einer Materialstruktur häufig als unbrauchbar erwiesen, um komplexe und komplizierte Hohlraumstrukturen durch kleine Zugangsöffnungen exakt freizulegen.

Aufgabenstellung

[0020] Ausgehend von dem oben dargestellten Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein verbessertes Konzept zur nass-chemischen Behandlung einer Materialstruktur zu schaffen, bei dem eine nass-chemische Entfernung eines Opfermaterials in der Materialstruktur, und insbesondere die Erzeugung eines Hohlraums

für ein elektronisches Bauelement, sowohl effizienter als auch exakter durchgeführt werden kann.

[0021] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13 gelöst.

[0022] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei dem erfindungsgemäßen Konzept zur Nass-Chemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur während des In-Kontakt-Bringens des Opfermaterials, beispielsweise durch eine relativ kleine Zugangsöffnung in der Materialstruktur, mit dem Nass-Chemischen Behandlungsmittel eine mechanische bzw. akustische Schwingungs- bzw. Vibrationsanregung oder Einkopplung mittels Schall, wie z.B. eine Ultraschall- oder Megaschallanregung, in dem Nass-Chemischen Behandlungsmittel oder in dem Nass-Chemischen Behandlungsmittel und der Materialstruktur erzeugt wird. Dabei führt die akustische Anregung in dem Nass-Chemischen Behandlungsmittel oder in dem Nass-Chemischen Behandlungsmittel und der Materialstruktur dazu, dass bezüglich einer bestimmten Zeitdauer eine größere Anzahl von Partikeln des Nass-Chemischen Behandlungsmittels mit dem zu entfernenden Opfermaterial in der Materialstruktur in Kontakt und somit das zu entfernende Opfermaterial effizienter und schneller durch das Nass-Chemische Behandlungsmittel in Lösung gebracht werden kann.

[0023] Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise erhöht sich somit die Nass-Chemische Behandlungsrate, d.h. die Ätz- bzw. Entwicklungsrate, des zu entfernenden Opfermaterials, was insbesondere dazu führt, dass die Zeitdauer, die erforderlich ist, um das Opfermaterial in der Materialstruktur zu entfernen und den gewünschten Hohlraum zu bilden, deutlich gegenüber im Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen sinkt. Darüber hinaus ist durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise insbesondere auch eine erheblich homogenere Nass-Chemische Behandlungsrate des Opfermaterials erreichbar. Die gemäß der vorliegenden Erfindung erhaltene, effizientere Nass-Chemische Behandlungsrate und deren verbesserte Homogenität bewirkt ferner, dass die freigeätzten Hohlräume erheblich exaktere Strukturen aufweisen, bei denen im Wesentlichen keine Opfermaterialreste zurückbleiben und gleichzeitig eine unerwünschte Überätzung der behandelten Materialstrukturen verhindert werden kann.

[0024] Damit kann mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise die Freilegung sehr komplexer und komplizierter Strukturen ermöglicht werden, insbesondere wenn diese nur durch relative kleine Zugangsöffnungen zugänglich sind. Gleichzeitig kann die Exaktheit der erhaltenen Strukturen (insbesondere Hohlraumstrukturen) mit einem gleichzeitig sehr geringen Medienverbrauch für Nass-Chemische Be-

handlungsmittel, wie Ätzmittel und Entwickler, erhalten werden.

Ausführungsbeispiel

[0025] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0026] [Fig. 1a](#)–[b](#) eine schematische Schnittansicht eines Mehrschichtenaufbaus, an dem das erfindungsgemäße Konzept zur Erzeugung eines Hohlraums gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt wird, und eine perspektivische Schnittdarstellung einer gemäß dem erfindungsgemäßen Konzept tatsächlich erhaltenen Hohlraumstruktur; und

[0027] [Fig. 2a](#)–[b](#) eine schematische Schnittansicht eines Mehrschichtenaufbaus, an dem eine bekannte Vorgehensweise zur Erzeugung eines Hohlraums gemäß dem Stand der Technik dargestellt wird, und eine perspektivische Schnittdarstellung einer gemäß dem Stand der Technik tatsächlich erhaltenen Hohlraumstruktur.

[0028] Im Folgenden wird nun Bezug nehmend auf die [Fig. 1a](#)–[b](#) beispielhaft eine erfindungsgemäße Vorgehensweise zur Nasschemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur erläutert.

[0029] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Nass-Chemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur wird zunächst eine Materialstruktur **12** bereitgestellt, wobei diese Materialstruktur **12** ein Substrat **14** aufweist, auf dem beispielsweise ein elektrische, elektronische, mechanische und/oder elektromechanische Struktur **15** vorgesehen ist. Auf dem Substrat **14** ist ferner ein Opfermaterial **16** und eine Abdeckungsanordnung **18** mit seitlichen Wandbereichen **18b** und einem oberen Wandbereich **18a** angeordnet, wobei in dem oberen Randbereich **18a** der Abdeckungsanordnung **18** eine oder mehrere Öffnungen **20** gebildet sind. Die Abdeckungsanordnung **18** definiert nun mit den Seitenwandbereichen **18b**, dem oberen Wandbereich **18a** und zusammen mit dem Substrat **14** eine oder mehrere durch die Öffnungen **20** zugängliche Behandlungsbereiche **22a**, **22b**, die (beispielsweise herstellungsbedingt) zumindest teilweise mit dem zu entfernenden Opfermaterial **16** gefüllt sind. Wie in [Fig. 1a](#) dargestellt ist, kann auch in der Öffnung **20** durch den oberen Wandbereich **18a** (beispielsweise herstellungsbedingt) das Opfermaterial **16** vorhanden sein.

[0030] Bezüglich der vorliegenden Erfindung sollte beachtet werden, dass ein oder mehrere Behandlungsbereiche **22a**, **22b** mit jeweils nur einer einzelnen oder auch mehreren Öffnungen **20** vorgesehen sein können.

[0031] Die in [Fig. 1a](#) in einer Schnittansicht dargestellte Materialstruktur **12** kann beispielsweise entsprechend der eingangs dargestellten Vorgehensweise mit Negativ- oder Positiv-Resistmaterialien (Lacken) erhalten werden, die mittels unterschiedlicher Masken und unterschiedlichen Belichtungswellenlängen selektiv (z.B. auch Wellenlängen-selektiv) belichtet werden.

[0032] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird nun die bereitgestellte Materialstruktur **12** und insbesondere das Opfermaterial **16** mit einem nass-chemischen Behandlungsmittel **24**, wie z.B. einem Lösungsmittel oder einem wässrigen Entwickler (wie z.B. PGMEA; PGMEA = propylene glykol methyl ether acetate) in Kontakt gebracht, um das Opfermaterial **16** mit dem nasschemischen Behandlungsmittel **24** in Lösung zu bringen und somit das Opfermaterial **16** zu entfernen. Durch die in dem oberen Wandbereich **18a** angeordnete Öffnung bzw. Öffnungen **20** der Abdeckungsanordnung **18** wird nun ferner mittels des nasschemischen Behandlungsmittels **24** das zu entfernende Opfermaterial **16** in den Behandlungsbereichen **22a**, **22b** in Lösung gebracht, um im Wesentlichen die durch die Öffnungen **20** zugänglichen Behandlungsbereiche **22a**, **22b** als Hohlräume freizulegen.

[0033] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Materialstruktur **12** beispielsweise mittels einer sogenannten Tauchbehandlung (Tauchentwicklung bzw. Tauchätzung), mittels einer sogenannten Puddle-Behandlung (Puddle-Entwicklung bzw. Puddle-Ätzung) oder mittels einer Sprühbehandlung (Sprühentwicklung bzw. Sprühätzung) mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel in Kontakt gebracht werden, um das zu entfernende Opfermaterial **16** mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel in Lösung zu bringen. Es sollte aber bezüglich der vorliegenden Erfindung beachtet werden, dass im Wesentlichen alle bekannten nasschemischen Behandlungsvorgänge (Entwicklungs- bzw. Ätzvorgänge) zum Durchführen des erfindungsgemäßen Konzepts zur nasschemischen Entfernung des Opfermaterials **16** in der Materialstruktur **12** eingesetzt werden können, wobei dazu im Wesentlichen auch alle dazu geeigneten und bekannten nass-chemischen Behandlungsmittel, d.h. Lösungsmittel, wässrigen Entwickler oder nass-chemischen Ätzmittel, eingesetzt werden können.

[0034] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist nun der bereitgestellten Materialstruktur **12** eine Anordnung **26** zur Erzeugung mechanischer bzw. akustischer Schwingungen zugeordnet, wobei diese Anordnung erfindungsgemäß eine akustische Quelle **26** oder optional eine Mehrzahl von akustischen Quellen **26** aufweisen kann.

[0035] Die akustische Quelle **26** ist nun so bezüglich der zu behandelnden Materialstruktur **12** angeordnet,

dass die mechanische bzw. akustische Schwingung **26a** möglichst effizient in die Materialstruktur **12** eingekoppelt werden kann. Wie nun in [Fig. 1a](#) dargestellt ist, kann beispielsweise bei einer Tauchbehandlung der Materialstruktur **12** die akustische Quelle **26** seitlich bezüglich der zu behandelnden Materialstruktur **12** (des Wafers mit der Materialstruktur **12**) angeordnet sein, wobei bei einer Puddle-Behandlung oder einer Sprühbehandlung der Materialstruktur **12** die akustische Quelle **26** beispielsweise parallel zu der Materialstruktur **12** (zu einem Wafer) angeordnet sein kann. Bezüglich der vorliegenden Erfindung sollte deutlich werden, dass die räumliche Zuordnung zwischen der zu behandelnden Materialstruktur **12** und der akustischen Quelle **26** (bzw. Quellen **26**) lediglich dahin gehend auszulegen ist, dass die mechanische bzw. akustische Schwingung **26a** möglichst wirksam in das auf die Materialstruktur **12** einwirkende nass-chemische Behandlungsmittel **24** eingekoppelt wird.

[0036] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird nun mittels der akustischen Quelle(n) **26**, die beispielsweise als eine Ultraschall- oder eine Megasonall-Quelle ausgeführt ist, während des In-Kontakt-Bringens des Opfermaterials mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel eine mechanische bzw. akustische Schwingung **26a** in dem nass-chemischen Behandlungsmittel **24** oder in dem nass-chemischen Behandlungsmittel und der Materialstruktur **12** erzeugt.

[0037] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird somit eine stärkere Relativbewegung zwischen der Materialstruktur **12** mit dem zu entfernenden Opfermaterial **16** und den Partikeln des nasschemischen Behandlungsmittels **24** durch das Einkoppeln der mechanischen bzw. akustischen Schwingung in dem nass-chemischen Behandlungsmittel oder in dem nass-chemischen Behandlungsmittel und der Materialstruktur **12** erreicht. Dadurch kann erfindungsgemäß das Material bzw. die Materialien der Opferschicht **16** äußerst effizient mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel **24** in Lösung gebracht werden. Die akustische Quelle **24** kann dabei beispielsweise eine mechanische bzw. akustische Schwingung (bzw. Schwingungen) in einem Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 10 MHz und vorzugsweise in einem Frequenzbereich von 20 kHz und 5 MHz bereitstellen.

[0038] Da gegenwärtig vor allem akustische Quellen für einen Einsatz im Ultraschallbereich, der beispielsweise in einem Frequenzbereich von 20 kHz bis 50 kHz und vorzugsweise in einem Frequenzbereich um 40 kHz liegt, und für einen Einsatz im Megasonallbereich (megasonic), der beispielsweise in einem Frequenzbereich von etwa 500 kHz bis 5 MHz und vorzugsweise in einem Frequenzbereich um 920 kHz liegt, handelsüblich erhältlich sind, können sol-

che akustische Quellen (z.B. Ultraschallwandler oder Megaschallwandler) bevorzugt, d.h. ohne einen größeren Aufwand, bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur nass-chemischen Entfernung des Opfermaterials in der Materialstruktur **12** eingesetzt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass akustische Quellen mit im Wesentlichen beliebigen Schwingungsfrequenzen in dem oben angegebenen Frequenzbereich erfindungsgemäß eingesetzt werden können, um die vorteilhaften Wirkungen bei der Freilegung von Hohlräumen zu erhalten.

[0039] Bezüglich der vorliegenden Erfindung sollte ferner beachtet werden, dass bei nass-chemischen Behandlungsvorgängen (z.B. Tauchentwicklungen bzw. Tauchätzungen) beispielsweise eine Einkopplung der mechanischen Schwingung in das nass-chemische Behandlungsmittel oder in das nass-chemische Behandlungsmittel und die Materialstruktur **12** während des In-Kontakt-Bringens des Opfermaterials **16** mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel vorgenommen werden kann, wobei vorzugsweise in die Flüssigkeit, d.h. das nass-chemische Behandlungsmittel, eingekoppelt wird. Auch bei einer Sprüh- oder Puddle-Entwicklung wird normalerweise in den Flüssigkeitsfilm über dem Wafer bzw. über der zu behandelnden Materialstruktur **12** eingekoppelt. Optional kann auch in den Hohlraumdeckel der Materialstruktur eine Schwingung eingekoppelt werden. Dadurch werden höhere Teilchengeschwindigkeiten und Druckschwankungen, z.B. in Form von Stosswellen, in der Flüssigkeit erzeugt, die bis zu Explosionen an der Grenzfläche zum Festkörper (Kavitation) führen können.

[0040] [Fig. 1b](#) zeigt nun eine perspektivische Schnittansicht der Materialstruktur **12**, nachdem das erfindungsgemäße Verfahren zur nass-chemischen Behandlung des Opfermaterials **16** in der Materialstruktur **12** durchgeführt wurde. Wie aus [Fig. 1b](#) deutlich ersichtlich ist, kann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren insbesondere das Opfermaterial **16** durch die Öffnungen **20** vollständig und damit rückstandsfrei aus den Behandlungsbereichen **22a**, **22b** entfernt werden, um den gewünschten Hohlraum **22** innerhalb der Abdeckungsanordnung **18** zu erhalten.

[0041] Bezüglich der Darstellungen in den [Fig. 1a](#)–[b](#) sollte beachtet werden, dass lediglich ein einzelner oder auch mehrere Behandlungsbereiche **22a**, **22b** mit jeweils nur einer einzelnen oder auch mehreren Öffnungen **20** vorgesehen sein können, wobei die einzelne Öffnung bzw. die mehreren Öffnungen **20** nachfolgend zu der nass-chemischen Entfernung des Opfermaterials **16** in der Materialstruktur **12** optional verschlossen werden können, um einen abgeschlossenen Hohlraum innerhalb der Abdeckungsanordnung **18** zu bilden. Das Verschließen des Hohlraums **22** kann beispielsweise durch

Aufbringen eines weiteren Resistmaterials bzw. einer weiteren Resistschicht (z.B. Negativ-Resistmaterial), einer Belichtung und anschließenden Entwicklung durchgeführt werden.

[0042] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung sollte beachtet werden, dass unter dem Begriff „Hohlraum“ bzw. „Hohlraumstruktur“ somit im Wesentlichen ein freigelegter, aber größtenteils umschlossener Bereich zu verstehen ist, der beispielsweise durch Verschließen der einen Zugangsöffnung oder der mehreren Zugangsöffnungen räumlich abgeschlossen werden kann.

[0043] Wie aus den obigen Ausführungen deutlich wird, kann das erfindungsgemäße Konzept zur nass-chemischen Entfernung des Opfermaterials **16** in der Materialstruktur **12** beispielsweise sehr vorteilhaft zur Erzeugung sogenannter WLP-Anordnungen (WLP = wafer level package) eingesetzt werden, bei denen auf einem Halbleiterwafer eine große Anzahl von Abdeckungsanordnungen **18** vorgesehen sind. Diese Abdeckungsanordnungen können durch Bereitstellen eines Hohlraums bei WLP-Anordnungen insbesondere eine Schutzfunktion für die innerhalb bzw. an dem Substrat **14**, z.B. einem Halbleiterwafer, angeordnete elektrische, elektronische, mechanische oder elektromechanische Struktur **15** vorsehen.

[0044] Im Vorhergehenden wurde das erfindungsgemäße Konzept zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur im Wesentlichen bezüglich des Entwickelns eines Opfermaterials **16** dargestellt, das in Form eines belichteten oder unbelichteten Photoresistmaterials vorliegt. Das erfindungsgemäße Konzept kann aber gleichermaßen auf nasschemische Ätzvorgänge über kleine Zugangsöffnungen mit dem Ziel des Herstellens eines Hohlraums angewendet werden.

[0045] Es sollte jedoch bezüglich des erfindungsgemäßen Konzepts deutlich werden, dass dieses Konzept im wesentlichen auf alle unter den Begriff nass-chemische Behandlungsvorgänge fallenden Vorgehensweisen zur Entfernung von (beliebigen) Opfermaterialien mittels nass-chemischer Behandlungsmittel vorteilhaft angewendet werden kann, insbesondere auch bei der Halbleiterherstellung auf Waferenebene, wie z.B. bei Beckenentwicklungen als auch Einscheibenentwicklungen.

[0046] So ist das erfindungsgemäße Konzept zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur insbesondere auch bei einer Freilätzung von Hohlräumen bei der Herstellung eines WLP-Gehäuses mit einem SU-8-Resistmaterial und einer Kupferopferschicht (vgl. deutsche Patentanmeldung DE 10316776.5 der gleichen Anmelderin wie die vorliegende Erfindung) einsetzbar. Dort wird der durch einen perforierten Deckel bzw. eine perfo-

rierten Abdeckungsanordnung aus einem SU-8-Resistmaterial die darunter liegende Opferschicht aus Kupfer mit einem wässrigen Ätzmedium herausgeätzt, wobei durch das erfindungsgemäße Erzeugen einer mechanischen Schwingung in der Materialstruktur oder dem nass-chemischen Behandlungsmittel während des In-Kontakt-Bringens des Opfermaterials mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel die Freilegungsätzung des Hohlraum beträchtlich beschleunigt werden kann.

[0047] Wie nun insbesondere aus der perspektivischen Schnittdarstellung von [Fig. 1b](#) ersichtlich ist, kann im Gegensatz zum bisherigen Stand der Technik (vgl. [Fig. 2b](#)) mittels der erfindungsgemäßen Vorgehensweise zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur die gewünschten Hohlräume äußerst exakt und effizient erhalten werden, da das Material der zu entfernenden Opferschicht in einer erheblich kürzeren Zeitdauer, äußerst homogen und rückstandsfrei aus dem Behandlungsbereich entfernt werden kann.

[0048] Bezüglich der Gegenüberstellung der resultierenden Hohlräume **60a**, **60b** von [Fig. 2b](#), die durch bekannten Herstellungsverfahren erhalten wurden, und den erfindungsgemäß erhaltenen Hohlraumstrukturen **22a**, **22b** von [Fig. 1b](#), die gemäß dem erfindungsgemäßen Konzept zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials in einer Materialstruktur erhalten wurden, sollte beachtet werden, dass beide in den [Fig. 1b](#) und [Fig. 2b](#) dargestellten Materialstrukturen den gleichen nasschemischen Prozessen und für die gleiche Zeitdauer dem nasschemischen Behandlungsmittel ausgesetzt wurden.

[0049] Die vorliegende Erfindung schafft somit eine verbesserte Vorgehensweise zum beschleunigten, nass-chemischen Entfernen von Opferschichten jeglicher Art, wie z.B. Polymermaterialien, Oxidmaterialien, Nitridmaterialien, Metalle, Halbleiter, Metalllegierungen usw., insbesondere auch durch relativ kleine Zugangsöffnungen zu einem durch diese kleinen Zugangsöffnungen zugänglichen Behandlungsbereich, mit dem Ziel, möglichst exakt einen freigelegten Hohlraum zu erzeugen.

[0050] Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass gemäß der vorliegenden Erfindung nun zusätzlich zu der nass-chemischen Behandlung einer Materialstruktur eine akustische Anregung in dem nass-chemischen Behandlungsmittel und/oder an diese nasschemisch zu behandelnde Materialstruktur und auf das die Materialstruktur enthaltende Substrat (z.B. einen Halbleiterwafer) induziert wird.

[0051] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann es sich beispielsweise um Ultraschall (ultrasonic) oder auch um Megaschall (megasonic) handeln, wobei die

akustische Anregung, in die Materialstruktur und/oder in das nass-chemische Behandlungsmittel selbst eingekoppelt werden kann. Dies führt nun erfindungsgemäß dazu, dass das Material bzw. die Materialien der Opferschicht erheblich schneller als im Stand der Technik mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel in Lösung gebracht werden können. Dadurch kann gemäß der vorliegenden Erfindung die zu entfernende Opferschicht äußerst exakt und effizient aus den Behandlungsbereichen (z.B. Hohlräumen) entfernt werden.

Bezugszeichenliste

12	Materialstruktur
14	Substrat
15	Schaltungsstruktur
16	Opfermaterial
18	Abdeckungsanordnung
18a	Seitenwandbereich
18b	Oberer Wandbereich
20	Öffnung
22a,b	Behandlungsbereiche
24	nass-chemisches Behandlungsmittel
26	Mechanische Schwingungsquelle

Patentansprüche

1. Verfahren zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials (**16**) in einer Materialstruktur (**12**), mit folgenden Schritten:

Bereitstellen der Materialstruktur (**12**), wobei die Materialstruktur (**12**) einen durch eine Öffnung (**20**) zugänglichen Behandlungsbereich (**22a**, **22b**) mit dem Opfermaterial (**16**) aufweist;

In-Kontakt-Bringen des Opfermaterials (**16**) mit einem nasschemischen Behandlungsmittel (**24**) durch die Öffnung (**20**) zur Entfernung des Opfermaterials (**16**); und

Erzeugen einer mechanischen Schwingung in dem nass-chemischen Behandlungsmittel (**24**) oder in dem nass-chemischen Behandlungsmittel (**24**) und der Materialstruktur (**12**) während des In-Kontakt-Bringens des Opfermaterials (**16**) mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel (**24**).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Erzeugens der mechanischen Schwingung in der Materialstruktur (**12**) einen Schritt eines Einkoppelns der mechanischen Schwingung in die Materialstruktur (**12**) aufweist.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt des Erzeugens der mechanischen Schwingung in dem nasschemischen Behandlungsmittel (**24**) einen Schritt eines Einkoppelns der mechanischen Schwingung in das nass-chemische Behandlungsmittel (**24**) aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, bei dem durch den Schritt des In-Kontakt-Bringens das Opfermaterials (16) mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel (24) in Lösung gebracht wird aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Materialstruktur (12) einen Substratbereich (14), eine Abdeckungsanordnung (18) mit Seitenwandbereichen (18a) und einen oberen Wandbereich (18b) aufweist, wobei der Behandlungsbereich (22) durch die Abdeckungsanordnung (18) und das Substrat (14) umgeben ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die mechanische Schwingung eine Frequenz in einem Bereich zwischen 10 kHz und 10 MHz und vorzugsweise in einem Bereich zwischen 15 kHz und 5 MHz aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die mechanische Schwingung vorzugsweise eine Frequenz in einem Bereich zwischen 20 kHz und 50 kHz oder in einem Bereich zwischen 800 kHz und 1,2 MHz aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Opfermaterial (16) ein Material aus der folgenden Gruppe aufweist, wobei die Gruppe ein Halbleitermaterial, ein Kunststoffmaterial, ein Polymermaterial, ein Metall, eine Metalllegierung, ein Resistmaterial, vorzugsweise ein SU-8-Resistmaterial, ein Oxidmaterial, ein Nitridmaterial und/oder Kombinationen derselben aufweist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Materialstruktur (12) an einem Halbleiterwafer (14) angeordnet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 10, wobei eine Mehrzahl von Materialstrukturen (12) an dem Halbleiterwafer (14) angeordnet sind.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des In-Kontakt-Bringens des Opfermaterials (16) mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel einen der folgenden Unterschritte aufweist:

Verteilen des nass-chemischen Behandlungsmittels (24) auf der Materialstruktur (12); oder
Aufsprühen des nass-chemischen Behandlungsmittels (24) auf die Materialstruktur (12); oder
Eintauchen der Materialstruktur (12) in das nass-chemische Behandlungsmittel (24).

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das nass-chemische Behandlungsmittel (24) ein Lösungsmittel, einen wässrigen Entwickler oder ein nass-chemisches Ätzmittel aufweist.

13. Vorrichtung zur nass-chemischen Entfernung eines Opfermaterials (16) in einer Materialstruktur (12), wobei die Materialstruktur (12) einen durch eine Öffnung (20) zugänglichen Behandlungsbereich (22) mit dem Opfermaterial (15) aufweist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung zum In-Kontakt-Bringen, die ausgebildet ist, um das nass-chemische Behandlungsmittel (24) durch die Öffnung (20) mit dem Opfermaterial (16) in Kontakt zu bringen, um das Opfermaterial (16) zu entfernen; und
einer Einkopplungseinrichtung (26), die ausgebildet ist, um eine mechanische Schwingung in das nass-chemische Behandlungsmittel oder in das nass-chemische Behandlungsmittel (24) und in die Materialstruktur (12) einzukoppeln, während das Opfermaterial (16) mit dem nass-chemischen Behandlungsmittel in Kontakt ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1A

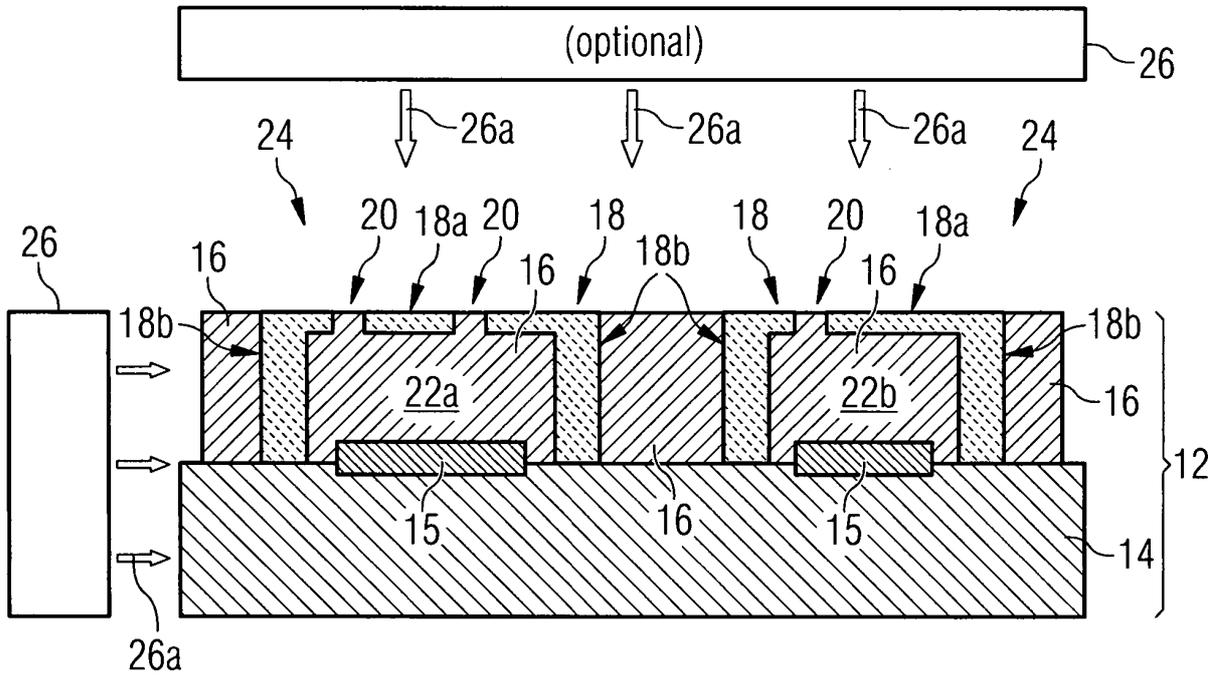


FIG 1B

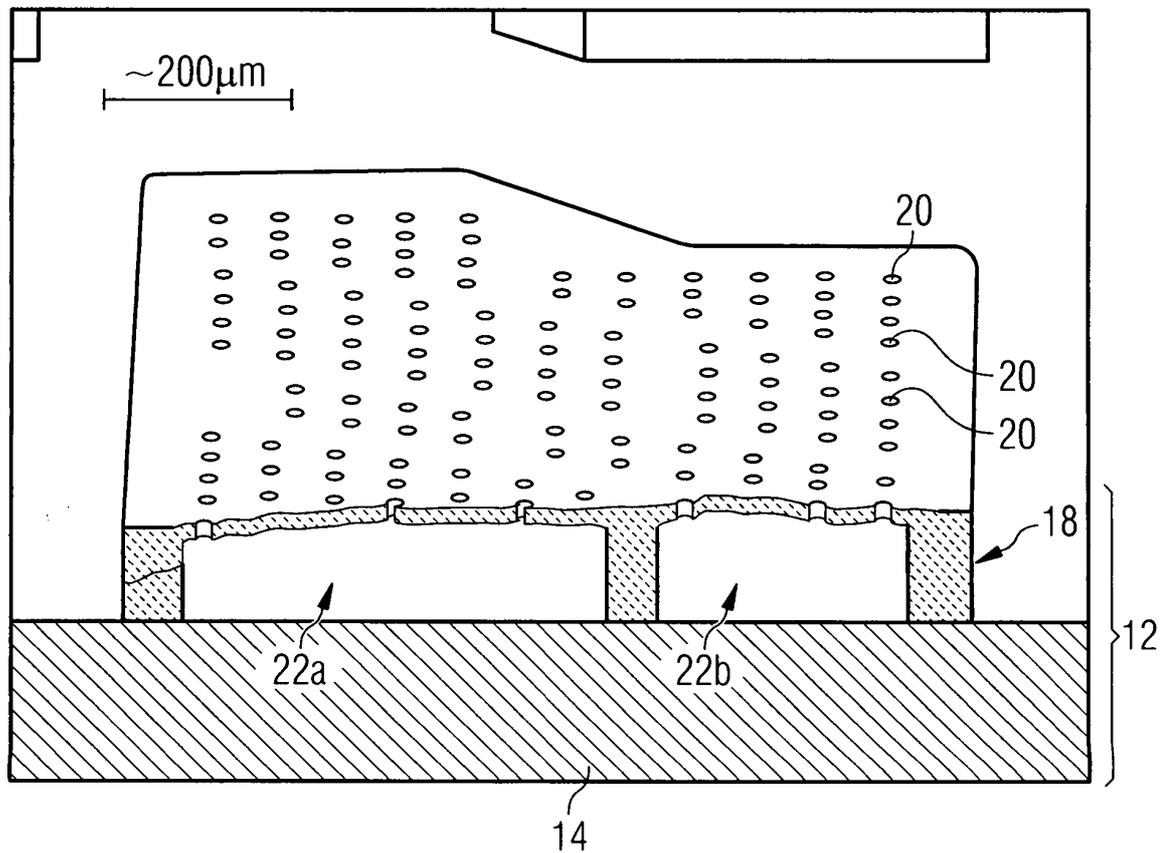


FIG 2A (Stand der Technik)

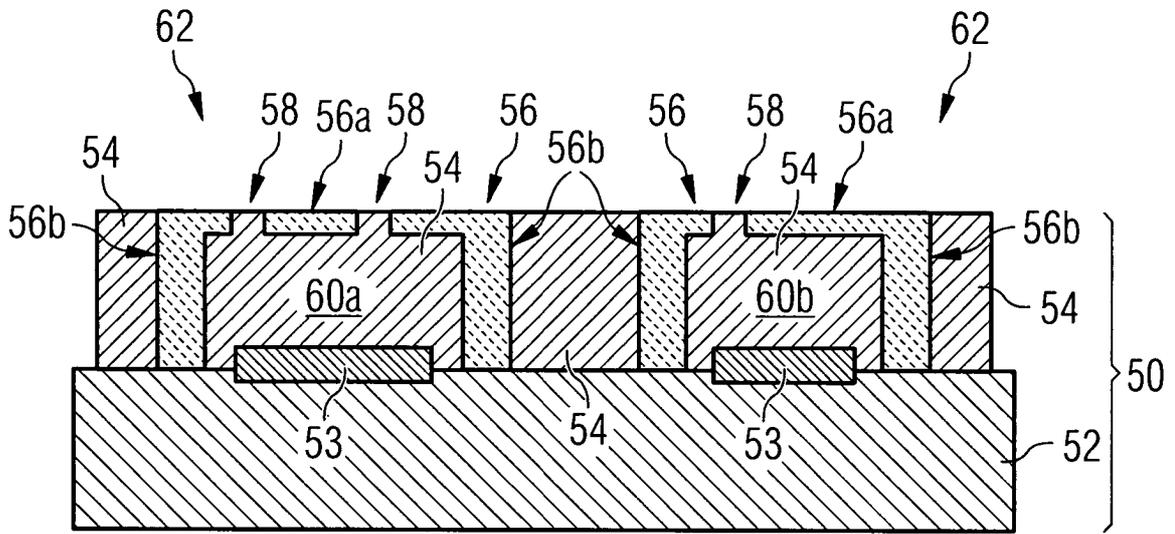


FIG 2B (Stand der Technik)

