



(10) **DE 10 2010 000 888 A1** 2011.07.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 000 888.5**

(22) Anmeldetag: **14.01.2010**

(43) Offenlegungstag: **21.07.2011**

(51) Int Cl.: **H01L 21/76 (2006.01)**

H01L 21/762 (2006.01)

H01L 21/764 (2006.01)

B81C 1/00 (2006.01)

B81B 1/00 (2006.01)

H01L 21/308 (2006.01)

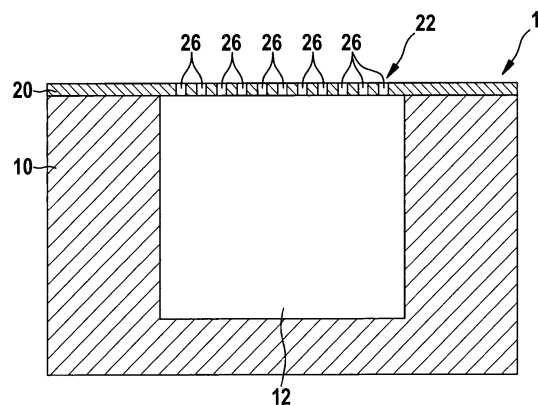
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Reinmuth, Jochen, 72766, Reutlingen, DE; Will,
Barbara, 71083, Herrenberg, DE; Weber, Heribert,
72622, Nürtingen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Ausbilden von Gräben in einem Halbleiterbauelement**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen wenigstens einer Aussparung in einem Halbleiterbauelement, insbesondere einem mikromechanischen oder elektrischen Halbleiterbauelement, mit den Schritten: Aufbringen wenigstens einer Maske auf dem Halbleiterbauelement; Ausbilden wenigstens eines Gitters mit wenigstens einer oder mehreren Gitteröffnungen in der Maske über der auszubildenden Aussparung, wobei die Gitteröffnung oder Gitteröffnungen in Abhängigkeit von der Ättrate und/oder der Dimensionierung der auszubildenden Aussparung ausgebildet sind; Ausbilden der Aussparung unterhalb des Gitters.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausbilden von wenigstens einem oder mehreren Strukturen, beispielsweise Isolationsgräben um entsprechende Durchkontakte, oder Trenngräben usw., in einem Halbleiterbauelement und ein Halbleiterbauelement mit wenigstens einem solchen Graben.

[0002] Elektrische Kontaktierungen durch einen Wafer oder durch einen Teilbereich eines Wafers gibt es in unterschiedlichsten Ausführungen. Diese Durchkontakte erlangen zunehmend an Bedeutung. Sollen mehrere Bauteile vertikal übereinander angeordnet werden, können durch in dem Bauteil integrierte elektrische Durchkontakte sehr günstige, kleinpackende Anordnungen gefunden werden.

[0003] Aus der DE 10 2007 059 337 A1 ist ein mikromechanisches Bauelement bekannt, welches mehrere Durchkontakte aufweist, um das mikromechanische Bauelement beispielsweise mit einem anderen mikromechanischen Bauelement zusammen zu schalten.

[0004] Wie anhand der [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) und [Fig. 1c](#) im Folgenden noch näher beschrieben wird treten bei dem Ätzen von Gräben in einem Substrat unerwünschte Effekte auf. So können aufgrund des ARDE-Effekts Gräben mit unterschiedlichen Breiten ohne eine entsprechende Stopp-Schicht in einem Substrat nicht auf die gleiche Tiefe geätzt werden. Des Weiteren kann es zu Ätzratenunterschieden kommen, bei welchem an einem Rand des Substrats beispielsweise die Ätzgeschwindigkeit beschleunigt ist. Diesen Effekt beschreibt man als den sog. Waferand-Effekt.

[0005] Gemäß der Erfindung wird nun ein Verfahren bereitgestellt, zum Herstellen wenigstens einer Aussparung in einem Halbleiterbauelement, insbesondere einem mikromechanischen oder elektrischen Halbleiterbauelement, mit den Schritten:

- Aufbringen wenigstens einer Maske auf dem Halbleiterbauelement,
- Ausbilden wenigstens eines Gitters mit wenigstens einer oder mehreren Gitteröffnungen in der Maske über der auszubildenden Aussparung, wobei die Gitteröffnung oder Gitteröffnungen in Abhängigkeit von der Ätzrate und/oder Dimensionierung der auszubildenden Aussparung ausgebildet sind;
- Ausbilden der Aussparung unterhalb des Gitters.

[0006] Das Verfahren hat dabei den Vorteil, dass beispielsweise Aussparungen mit verschiedenen Dimensionierungen gleichzeitig in das Substrat geätzt werden können, wobei die Auswirkung des sog. ARDE-Effekts und des Waferrand-Effekts kompensiert werden kann. Insbesondere können mittels des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens beispielsweise Aussparungen mit unterschiedlichen Breiten aber der gleichen Tiefe geätzt werden, ohne dass hierfür eine zusätzliche Stopp-Schicht notwendig ist.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

[0008] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

[0009] [Fig. 1a](#) eine Schnittansicht durch ein Substrat, auf welchem eine Maske vorgesehen ist, in welche verschieden große Öffnungen für verschieden große zu ätzende Strukturen strukturiert sind;

[0010] [Fig. 1b](#) eine Schnittansicht des Substrats gemäß [Fig. 1a](#), in welches verschieden große bzw. verschieden breite Gräben geätzt wurden;

[0011] [Fig. 1c](#) eine Schnittansicht durch ein weiteres Substrat, in welches gleich große bzw. gleich breite Gräben an verschiedenen Stellen des Substrats geätzt wurden;

[0012] [Fig. 2a](#) eine Schnittansicht durch ein Substrat mit Gräben, welche gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt sind;

[0013] [Fig. 2b](#) eine Draufsicht auf das Substrat und dessen Maske gemäß [Fig. 2a](#);

[0014] [Fig. 3](#) eine Schnittansicht durch ein Substrat, welches mit einer Maske versehen ist gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren;

[0015] [Fig. 4](#) die Schnittansicht des Substrats gemäß [Fig. 3](#), wobei die Maske strukturiert ist bzw. mit einem Gitter versehen ist;

[0016] [Fig. 5](#) eine Schnittansicht durch ein Substrat, bei welchem das Substrat direkt unterhalb des Gitters gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren geätzt ist; und

[0017] [Fig. 6](#) eine Schnittansicht durch ein weiteres Substrat, bei welchem das Substrat mit einem vorbestimmten Abstand unterhalb des Gitters gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren geätzt ist.

[0018] In allen Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente und Vorrichtungen – sofern nichts anderes angegeben ist – mit denselben Bezugszeichen versehen worden. Des Weiteren ist die Darstellung des Wafers bzw. Halbleiterbauteils in den nach-

folgenden Figuren rein schematisch, nicht maßstäblich und stark vereinfacht gezeigt.

[0019] In [Fig. 1a](#) ist beispielhaft eine Schnittansicht durch ein Substrat **10** dargestellt. Auf dem Substrat **10** ist dabei eine Maske **20**, hier eine Ätzmaske, vorgesehen. In der Ätzmaske **20** sind dabei verschieden große Öffnungen **14** für verschieden große zu ätzende Gräben ausgebildet.

[0020] [Fig. 1b](#) zeigt nun eine Schnittansicht des Substrats **10** gemäß [Fig. 1a](#), in welches Gräben **12** mit unterschiedlich großen Öffnungen **14** geätzt wurden bzw. in welches verschieden breite Gräben **12** geätzt wurden. Dabei tritt der im Nachfolgenden detaillierter beschriebene sog. ARDE-Effekt auf. Des Weiteren ist in [Fig. 1c](#) ein Beispiel für ein Substrat **10** in einer Schnittansicht gezeigt, in welches gleich breite Gräben **12** einmal am Rand und einmal in der Mitte des Substrats **10** geätzt wurden.

[0021] Bei einem plasmaunterstützten Ätzverfahren, wie z. B. dem Trenchen, hängt die Ätzrate von dem Aspektverhältnis der zu ätzenden Struktur ab. Enge Löcher bzw. Gräben **12** werden hierbei langsamer geätzt als weite Löcher bzw. Gräben **12**. Dieser Effekt wird in der Literatur als sog. ARDE Effekt (Aspect Ratio Dependent Etching-Effect) bezeichnet. Dieser Effekt wird hauptsächlich durch unterschiedliche Diffusionsgeschwindigkeiten der beim Ätzprozess verwendeten Gase in die zu ätzende Struktur verursacht. Der ARDE-Effekt bewirkt, dass auf einem Strukturkörper, z. B. einem Si-Wafer, Strukturen mit unterschiedlichen Größen verschieden tief geätzt werden, wie in [Fig. 1b](#) beispielhaft gezeigt ist. Bei dem in [Fig. 1b](#) gezeigten Beispiel werden die größeren bzw. breiteren Gräben **12** tiefer geätzt als die kleineren bzw. schmälere Gräben **12**.

[0022] Der ARDE-Effekt war bisher im Stand der Technik hierbei nur schwer zu beeinflussen. So werden, beispielsweise beim Trenchprozess, Prozesse bei tiefen Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes durchgeführt, um die Passivierung bei großen Strukturen so zu verstärken, dass in diesen Strukturen die effektive Ätzrate damit verringert wird. Dazu sind spezielle Anlagen nötig, die für diese tiefen Temperaturen geeignet sind. Mit diesem Verfahren können jedoch die Ätzgeschwindigkeiten für verschiedene zu ätzende Strukturen auf dem Wafer nicht unabhängig voneinander beeinflusst werden.

[0023] Bei dem Substrat in [Fig. 1c](#) sind verschiedene, gleich breite Gräben **12** in das Substrat **10** geätzt, einmal randnah **16** und einmal im inneren **18** bzw. in der Mitte des Substrats **10**. Dabei können lokale, beispielsweise vom Layout abhängige, Ätzratenunterschiede auftreten, die z. B. durch lokal unterschiedlichen Ätzgasverbrauch verursacht werden. So kann es häufig bei randnahen Öffnungen **14** zu

einer beschleunigten Ätzgeschwindigkeit kommen im Gegensatz zu Öffnungen **14**, welche mehr im Inneren **18** oder der Mitte des Substrats **10** liegen. Das bezeichnet man als sog. Waferrand-Effekt. In dem in [Fig. 1c](#) gezeigten Beispiel resultiert dies darin, dass am Waferrand bzw. randnah **16** die Gräben **12** z. B. tiefer geätzt werden, bei gleicher Grabenbreite, wie die Gräben **12** im Inneren **18** oder in der Mitte des Substrats **10**.

[0024] In [Fig. 2a](#) ist nun beispielhaft eine Schnittansicht eines Substrats **10** dargestellt, in welches Gräben **12** mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens geätzt wurden.

[0025] Des Weiteren ist in [Fig. 2b](#) eine Draufsicht auf das Substrat **10** gemäß [Fig. 2a](#) gezeigt.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, die Ätzraten für jede beliebige Strukturgröße, hier z. B. Grabengröße, auf einem Substrat **10** individuell zu verringern und es somit beispielsweise zu ermöglichen über einem Substrat **10** gleiche Ätztiefen zu erhalten, ohne dass dazu eine Stopp-Schicht vorhanden sein muss und trotz unterschiedlicher Aspektverhältnisse der zu ätzenden Struktur oder systematischer Ätzratenstreuungen. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren können die Ätzraten für beliebige Stellen auf einem Substrat **10** beliebig zueinander eingestellt werden.

[0027] Hierzu wird bei der Erstellung einer Ätzmaske **20** bei Strukturen, bei denen die Ätzrate individuell verlangsamt werden soll, ein Gitter **22** bzw. feines Lochgitter in der Maske **20** erzeugt, statt einer einzigen großen Öffnung **24**, wie in [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) gezeigt ist. Über die Größe der Löcher **26** der Lochgitter-Maske **22** kann individuell lokal die Ätzrate gegenüber einer Maske **20** mit einer einzigen großen Öffnung **24** gedrosselt werden. Die Lochgitter-Maske **22** kann dabei mit Löchern **26** bzw. Öffnungen in allen erdenklichen Formen versehen sein, so können die Löcher bzw. Öffnungen **26** des Gitters **22** bzw. der Maske **20** beispielsweise in Form von eckigen, runden und/oder ovalen Löchern ausgebildet sein und beispielsweise Langlöcher, wabenförmige Löcher, gerundete oder runde Löcher usw. bilden. Der Ätzprozess wird dabei so geführt, dass sich die vielen kleinen Strukturen, die sich durch die Lochgitter-Maske **22** ergeben, durch eine geeignete große Unterätzweite der Lochgitter-Maske **22** zu einer einzigen großen Struktur verbinden. Durch die Lochgitter-Maske **22** wird der Diffusionsprozess verlangsamt. So können die Ätztiefen von unterschiedlichen Strukturen, beispielsweise unterschiedlich breiten und/oder unterschiedlich positionierten Gräben **12**, aufeinander abgestimmt werden, wie in [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) gezeigt ist. Dort kann beispielsweise mittels der Lochgitter-Maske **22** ein breiter Graben **12**, **28** mit derselben Tiefe ausgebildet werden, wie ein entsprechend

schmaler Graben **12**, **30**. Bei der Verwendung einer Standardmaske **32**, welche nur eine große Öffnung **24** über dem jeweiligen Graben aufweist, wird der breite Graben **12** dagegen sehr viel tiefer geätzt als der schmale Graben **12**, wie aus [Fig. 1a](#) entnommen werden kann. Ebenso wird bei der Verwendung einer Standardmaske und ohne das Vorsehen einer Stopp-Schicht ein Graben am Rand tiefer geätzt als ein gleich breiter Graben in der Mitte des Substrats, wie in [Fig. 1b](#) gezeigt ist.

[0028] Wie aus [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) entnommen werden kann, hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, dass die Ätztiefen auf einem Substrat **10** mit einer einzigen Maske **20** gleichzeitig individuell für jede zu ätzende Struktur, z. B. Graben **12**, eingestellt werden können. Typischerweise können bisher breite und schmale Strukturen nur dann gleich tief geätzt werden, wenn die Ätzung auf einer tiefer liegenden Stopp-Schicht endet. Mit anderen Worten, bei der Verwendung einer Standardmaske **32** müsste in dem Beispiel in [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) eine Stopp-Schicht bei dem breiten Graben **28** vorgesehen werden, um diesen nicht tiefer zu ätzen als den entsprechenden schmalen Graben **30**. Ohne eine solche Stopp-Schicht weist der breite Graben **28** in [Fig. 2a](#) eine größere Tiefe als der schmale Graben **30** auf. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es ermöglicht, dass auch ohne eine Stopp-Schicht die Ätztiefen für verschiedene Strukturgrößen gleich oder zumindest annähernd gleich sind.

[0029] Außerdem ist es durch das erfindungsgemäße Verfahren aber auch möglich, beispielsweise schmale Strukturen tiefer zuätzen als breite Strukturen (nicht dargestellt), indem die breiten Strukturen entsprechend stark durch das gegenüber liegende Gitter in der Ätzrate reduziert werden. Die Stärke des Effekts, die Ätzrate für eine bestimmte Struktur zu verlangsamen, kann über die Ausführung des Gitters frei bestimmt werden. Die sich daraus ergebenden Prozess- und Designfreiheiten für Produkte ohne Ätzstopp-Schicht sind vielfältig. So können dreidimensionale Strukturen z. B. im Bulk-Material herausgeätzt werden, wobei die Strukturarbeiten für das Produkt optimiert werden können, und das unabhängig von den sonst vorhandenen Limitierungen aufgrund der Ätzratenunterschiede.

[0030] Es ist auch möglich die Ätzratenunterschiede auf einem Substrat auszugleichen. Typischerweise gibt es Ätzratenverteilungen über den Substraten, die vom Prozess, dem Layout und/oder den Ätzkammerbedingungen selbst abhängen können. Diese Verteilungen sind für Produkte, die keine Stopp-Schicht haben, aber empfindlich auf Schwankungen der Ätztiefe sind, ein großes Problem. Typischerweise sind die Ätzraten in Substratrandnähe gegenüber den Ätzraten in der Substratmitte erhöht, wie zuvor anhand von [Fig. 1b](#) gezeigt wurde.

[0031] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann für die Strukturen, hier z. B. Gräben **12** in Substratrandnähe, durch die Anwendung eines geeigneten Lochgitters **22** als Lochgitter-Maske **20** über der zu ätzenden Struktur **12**, die Ätzrate derart verlangsamt werden, dass die layout- und kammerabhängige Ätztiefenverteilung vollständig oder nahezu kompensiert wird. Dazu erhalten beispielsweise die randnahen Öffnungen **34**, die in der Ätzgeschwindigkeit verzögert werden sollen, ein engmaschigeres Lochgitter **22** als die vergleichbaren Strukturen, hier Gräben **12**, in der Substratmitte **18**, die ein weiteres Lochgitter **22** oder auch nur eine einzige Öffnung **36** über der gesamten zu ätzenden Struktur als Maske **20** erhalten, wie in [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) gezeigt ist. Analog können lokale z. B. vom Layout abhängige Ätzratenunterschiede, die z. B. durch lokal unterschiedlichen Ätzgasverbrauch verursacht werden, ausgeglichen werden. Dadurch können beispielsweise Membranen ohne Stopp-Schicht mit einer sehr hohen Fertigungstoleranz auf einem Substrat hergestellt werden, wie es ohne das erfindungsgemäße Verfahren nicht möglich wäre.

[0032] Das Lochraster der jeweiligen Lochgitter-Maske **22** kann über die zu ätzenden Gesamtstrukturen auch unterschiedlich dicht sein, um so die Ätztiefenverteilung über die zu ätzende Gesamtstruktur selbst positiv zu beeinflussen. Beispielsweise kann ein Lochgitter **22** Löcher **26** mit einer gleichen oder unterschiedlichen Dimensionierung, beispielsweise hinsichtlich der Form und/oder Größe aufweisen, wobei die Löcher **26** zumindest teilweise oder vollständig gleichmäßig oder ungleichmäßig in dem Lochgitter **22** verteilt sind. Das Lochgitter **22** kann bezüglich der Form, der Verteilung und/oder Dimensionierung der Löcher **26** beliebig variiert werden, je nach Funktion und Einsatzzweck.

[0033] So können sehr unterschiedliche Topographien des Ätzgrundes erzeugt werden, die vorteilhaft für das Produkt sind. Es können so beispielsweise sich durch den normalen Ätzprozess sich ergebende Krümmungen des Ätzgrundes ausgeglichen werden, wodurch z. B. Membrandickentoleranzen über der gesamten Membran verbessert werden können. Es können des Weiteren z. B. auch Ätzgründe in Form beispielsweise einer Rampe oder dergleichen erzeugt werden, die vorteilhaft für ein Produkt sein können.

[0034] Die beiden Lochgitter **22**, wie sie in [Fig. 2b](#) für die zwei Gräben **12**, **28**, **30** dargestellt sind, sind rein schematisch gezeigt. Die beiden Lochgitter **22**, wie in [Fig. 2b](#), können in unterschiedlichster Form gestaltet sein bzw. in ihrer Form und/oder Dimensionierung beliebig variiert werden. Des Weiteren kann für jede zu ätzende Struktur ein eigenes Lochgitter bereitgestellt werden, wobei die Lochgitter dabei unterschiedlich oder gleich geformte Löcher, Lochgrößen, Loch-

verteilungen usw. aufweisen können, je nach Funktion und Einsatzzweck.

[0035] So kann das jeweilige Gitter **22** in dem Beispiel in **Fig. 2a** und **Fig. 2b**, beispielsweise aus einzelnen, benachbarten Stegen **38** und/oder Querstegen **40** bestehen, wobei die Stege **38** wahlweise über die zusätzlichen Querstege **40** dabei miteinander verbunden werden können, wie in **Fig. 2b** dargestellt ist. Dabei können die Gitteröffnungen **26**, die durch die Stege **38** und Querstege **40** gebildet werden, zu einander versetzt und in Reihen angeordnet sein bzw. sich gegenseitig überlappen, wie in **Fig. 2b** gezeigt ist. Alternativ können die Gitteröffnung **26** auch aneinander gereiht und nicht zueinander versetzt angeordnet werden (nicht dargestellt). Des Weiteren können die Gitteröffnungen **26** beliebig, beispielsweise jeweils mehreckig, z. B. rechteckig oder viereckig, rund und/oder oval ausgebildet sein, wie zuvor beschrieben. Grundsätzlich können die jeweiligen Gitteröffnungen **26** eine beliebige Form aufweisen und jeweils die gleiche Größe und/oder Form oder eine unterschiedliche Größe und/oder Form aufweisen, je nach Funktion und Einsatzzweck des Gitters **22**. Auch die Stege **38** und/oder Querstege **40** können beliebig dimensioniert werden bezüglich beispielsweise ihrer Länge, Breite und/oder Höhe bzw. Dicke. Das Gitter **22** mit seinen Stegen **38** bzw. Querstegen **40** kann hierbei z. B. auch mäanderförmig ausgebildet werden.

[0036] Das Gitter **22** bzw. Stege **38** und/oder Querstege **40** des Gitters **22** sollen jedoch in irgendeiner Weise mit dem Rand des jeweiligen Grabens **12** verbunden sein, so dass das Gitter **22** nach dem Ausbilden des jeweiligen Grabens **12** nicht sozusagen in der „Luft“ hängt. Dies würde sonst dazu führen, dass das Gitter **22** beim Ausbilden des Grabens **12** in diesen hineinfällt. Beispielsweise sind die Stege **38** in dem Beispiel in **Fig. 2b** über Querstege **40** miteinander verbunden und außerdem mit der übrigen Maske **20**. Die Erfindung ist jedoch nicht auf dieses spezielle Beispiel beschränkt.

[0037] In **Fig. 3** ist nun stark vereinfacht und rein beispielhaft ein erster Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Dabei wird ein Substrat **10**, beispielsweise ein Wafer wie z. B. ein Si-Wafer, bereitgestellt. Auf dem Substrat **10** wird hierbei eine Maske **20** z. B. eine Lackmaske oder ein sog. Hardmask bzw. feste Maske aufgebracht. Die Maske **20** weist dabei beispielsweise wenigstens eine dielektrische Schicht auf. Neben einer Lackmaske können aber auch beliebige andere Masken, z. B. Metallmasken usw., verwendet werden, die für den gewünschten Ätzprozess geeignet sind.

[0038] Weiter ist in **Fig. 4** das Substrat **10** mit der Maske **20**, hier z. B. Ätzmaske **20**, gemäß **Fig. 3** gezeigt, wobei die Maske **20** in **Fig. 4** strukturiert ist und

beispielsweise mit einem Gitter **22** versehen ist. Das Gitter **22** mit seinen Gitteröffnungen **26** kann dabei vorzugsweise derart ausgebildet werden, die Ätzrate bzw. die Ätzgeschwindigkeit geeignet einzustellen und/oder die Dimensionierung des zu ätzenden Grabens. Dabei kann das Gitter **22** derart ausgebildet sein, um einen Graben **12** wie er beispielhaft in nachfolgender **Fig. 5** gezeigt ist, mit einer vorbestimmten Breite und/oder Tiefe zu ätzen, oder um eine Kavertne **42**, wie sie beispielhaft in nachfolgender **Fig. 6** gezeigt ist, mit einer vorbestimmten Breite/Tiefe und/oder Abstand von dem Gitter aus dem Substrat **10** zu ätzen.

[0039] Die Maske **20** zeichnet sich dadurch aus, dass sie dort, wo beispielsweise größere Strukturen, z. B. Gräben **12**, mit einer vorbestimmten Tiefe geätzt werden sollen, die Maske **20** mit einem engmaschigen Gitter **22** oder einem Gitter **22** mit vielen kleinen Gitteröffnungen **26** ausgebildet sein kann, um z. B. die Ätzgeschwindigkeit zu drosseln und damit beispielsweise die Ätztiefe des Grabens **12** auf ein gewünschtes Maß zu verkürzen bzw. die Ätztiefe zu steuern. Werden dagegen beispielsweise kleinere Strukturen mit einer vorbestimmten Ätztiefe geätzt, so kann die Maske **20** beispielsweise ein grobmaschigeres Gitter **22** oder ein Gitter **22** mit größeren Gitteröffnungen **26** aufweisen oder alternativ sogar ein Gitter **20** mit z. B. nur einer größeren Gitteröffnung, je nach Größe des zu ätzenden Grabens und der gewünschten Tiefe des Grabens bzw. Ätztiefe, wie beispielhaft zuvor auch anhand von **Fig. 2a** und **Fig. 2b** gezeigt ist. In **Fig. 4** ist die Maske **20** beispielsweise so strukturiert, dass sie ein Lochgitter **22** aufweist, mit gleich großen Löchern bzw. Gitteröffnungen **26**, die gleichmäßig verteilt bzw. angeordnet sind. Die Größe und Verteilung der Gitteröffnungen **26** ist dabei z. B. abhängig von der gewünschten Ätzgeschwindigkeit bzw. Ätzrate und/oder Ätztiefe eingestellt. Grundsätzlich kann die Maske **20** ein Lochgitter **22** mit gleich großen und/oder verschiedenen großen Gitteröffnungen **26** aufweisen, wobei die Gitteröffnungen **26** gleichmäßig und/oder ungleichmäßig verteilt angeordnet sind, je nach Funktion und Einsatzzweck.

[0040] Vorzugsweise steht die Maske **20** unter Zugstress um ein Durchbiegen des Gitters **22** zu vermeiden. Grundsätzlich kann die Maske **20** aber auch beispielsweise unter Druckstress stehen oder vorzugsweise im Wesentlichen stressfrei sein. Die durch Unterätzung freigestellte Maske **20** soll vorzugsweise lediglich ausreichend stabil bleiben und während des Ätzprozesses selbst keinen Schaden, z. B. durch Reißen von Stegverbindungen oder Ähnlichem, nehmen. Das Lochgitter **22** muss mit der Maske **20**, die das Substrat **10** an anderen Stellen des Substrats **10** vor einem Ätzprozess schützt, derart verbunden sein, dass sie während des gesamten Ätzprozesses über der sich insgesamt durch die Verbindung der

Teilöffnungen sich ergebenden Gesamtöffnung der zu ätzenden Struktur als "Schattenmaske" erhalten bleibt. Mit anderen Worten, das Gitter **22** darf nach dem Ätzen eines Lochs oder Grabens nicht über dem Loch bzw. Graben sozusagen „frei“ schweben, da es sonst in dieses bzw. in diesen hineinfallen würde, sondern muss mit der Maske **20** ausreichend verbunden sein, so dass das Lochgitter **22** nach dem Ätzen eines Lochs über dem Loch hängen bleibt. Eine gewisse Durchbiegung der Lochgitter-Maske **22** ist dabei durchaus erlaubt, sofern die Ätzung der einzelnen Löcher nicht zu stark unterschiedlich behindert wird.

[0041] Die genaue Ausgestaltung des Lochrasters definiert dabei das Maß der Drosselung der Ätzrate und der benötigten Unterätzweite des Prozesses, die notwendig ist, um z. B. die Stege und/oder Querstege der Lochgitter-Maske **22** während des Ätzprozesses ganz oder teilweise zu unterätzen. Zu Berücksichtigen sind bei der Wahl des Gitters **22** z. B. die Lochgrößen sowie die Stegbreiten, die es zu unterätzen gilt. Das Gitter **22** kann individuell für jede gewünschte zu ätzende Struktur auf dem Substrat **10** anders gestaltet werden, um so die Ätzraten für jede Struktur auf dem Substrat **10** bei gleichzeitiger Ätzung aller Strukturen eines Substrats **10** auf das gewünschte Maß anzupassen. Das Gitter **22** kann derart gestaltet werden, dass z. B. Spannungen in der später frei stehenden Lochgitter-Maske **22** optimal abgeleitet werden können. Es können z. B. gerade oder auch gekrümmte oder mäanderartige Stege bzw. Querstege verwendet werden. Das Lochgitter **22** kann aber auch dahingehend optimiert werden, dass die Lochgitter-Masken-Öffnungen **26** nach dem Ätzprozess möglichst einfach durch weitere Prozessschritt wieder verschlossen werden kann.

[0042] In [Fig. 5](#) ist ein Beispiel eines Wafers **1** gezeigt, bei welchem eine Ätzung unmittelbar unterhalb der Ätzmaske **20** gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt ist.

[0043] Die verwendete Maske **20** mit dem Lochgitter **22**, hier z. B. einem relativ dichten Lochgitter **22** mit vielen Öffnungen **26** pro Gitterfläche, wird im Weiteren für einen Ätzprozess verwendet. Dies kann beispielsweise ein isotroper Ätzprozess und/oder ein anisotroper Ätzprozess sein. Besonders vorteilhaft wirkt sich das Verfahren bei anisotropen Ätzprozessen aus, wie z. B. dem Trenchprozess. Dabei werden die Prozessparameter für die Ätzschritte und Passivierungsschritte derartig geeignet gewählt, dass es unmittelbar unter der Lochgitter-Maske **22**, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, zu einer teilweisen oder vollständigen Unterätzung unterhalb der feinen Stege und/oder Querstege der Lochgitter-Maske **22** kommt.

[0044] Die Unterätzung der feinen Stege und/oder Querstege kann auch in einem dem Trench nachfolgenden Prozessschritt erfolgen. Dabei wird zu-

nächst die beim Trenchen entstandene Passivierungsschicht geeignet entfernt. Anschließend werden mit einem möglichst isotropen Ätzverfahren, die unterhalb der feinen Stege und/oder Querstege der Maske **22** befindlichen Siliziumwände entfernt. Der Ätzprozess wird solange fortgeführt, bis die gewünschte Zieltiefe erreicht wird. Bei dem isotropen Ätzverfahren kann dabei ein Gas wie beispielsweise SF_6 , ClF_3 , und/oder XeF_2 verwendet werden oder ein anderes geeignetes Gas.

[0045] In [Fig. 6](#) ist ein Beispiel eines Wafers **1** gezeigt, bei welchem eine Ätzung erst mit einem gewissen Abstand unterhalb der Maske **20** gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt ist.

[0046] Die verwendete Maske **20** mit dem Lochgitter **22** und dessen Öffnungen **26** wird im Weiteren für einen Ätzprozess verwendet. Dies kann ebenfalls beispielsweise ein isotroper Ätzprozess und/oder ein anisotroper Ätzprozess sein. Besonders vorteilhaft wirkt sich das Verfahren bei anisotropen Ätzprozessen aus, wie z. B. dem Trenchprozess. Hierzu werden die Prozessparameter für die Ätzschritte und Passivierungsschritte derartig geeignet gewählt, dass es erst mit einem gewissen Abstand unterhalb der Lochgitter-Maske **22**, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, zu einer teilweisen oder vollständigen Unterätzung unterhalb der Stege und/oder Querstege der Maske **20** kommt, wobei in [Fig. 6](#) eine Kaverne **42** gebildet wird. Die Unterätzung der Stege und/oder Querstege kann auch, wie zuvor beschrieben, in einem dem Trench nachfolgenden Prozessschritt erfolgen. Hierbei wird zunächst die beim Trenchen entstandene Passivierungsschicht geeignet entfernt. Dann werden mit einem möglichst isotropen Ätzverfahren, die sich unterhalb der feinen Stege und/oder Querstege der Maske befindenden Siliziumwände entfernt. Der Ätzprozess wird solange fortgeführt, bis die gewünschte Zieltiefe erreicht wird.

[0047] Die Maske **20**, wie sie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt wird, kann entweder nach dem Ätzprozess entfernt werden, oder aber für die weitere Prozessierung, z. B. für einen Verschluss der geätzten Struktur, verwendet werden. Der Verschluss des Gitters **22** der Maske **20** kann teilweise oder vollständig mit einem oder mehreren Schichten, beispielsweise wenigstens einer dielektrischen Schicht, Metallschicht und/oder Polymerschichten erfolgen. Die Metallschicht kann dabei aus einem Metall oder einer Metalllegierung bestehen. Je nach Kombination der einzelnen Schichten kann die Stabilität des Verschlusses des Gitters **22** erhöht werden, wenn beispielsweise ein besonders breiter Graben ausgebildet wurde. Besonders günstig sind hierbei Schichten oder Schichtstapel die unter Zugstress stehen. Grundsätzlich können aber auch eine oder mehrere Schichten verwendet werden, die unter Druckstress stehen oder eine oder mehrere dieser

unter Druckstress stehenden Schichten mit wenigstens einer oder mehreren Schichten kombiniert werden, die unter Zugstress stehen. Dabei wird vorzugsweise wenigstens eine unter Druckstress stehende Schicht, mit wenigstens einer unter Zugstress stehenden Schicht so kombiniert, dass der Druckstress der unter Druckstress stehenden Schicht zumindest reduziert oder im Wesentlichen ausgeglichen wird. Als eine unter Druckstress stehende Schicht kann beispielsweise eine Schicht aus Metall oder einer Metalllegierung eingesetzt werden, während als eine unter Zugstress stehende Schicht, z. B. eine entsprechende dielektrische Schicht, eine SiN-Schicht oder eine TEOS-Schicht verwendet werden kann. Eine unter Druckstress stehende Schicht kann vorzugsweise einen Druckstress von beispielsweise gleich oder kleiner 400 MPa aufweisen. Prinzipiell kann der Prozess des Anlegens des jeweiligen Grabens durch ein jeweiliges Gitter und das Aufdicken des Gitters mit einer Schichtabscheidung bzw. Füllschichtabscheidung bis diese den Graben verschließt an jeder gewünschten Stelle in einen Prozessfluss eingebunden werden. Dies gilt für alle Ausführungsformen der Erfindung.

[0048] Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Herstellung beispielsweise dünner Membranen von Sensoren, wie z. B. Drucksensoren, eingesetzt werden. Dort können die Toleranzen für die Sensormembran geeignet eingengt werden, wodurch neue Druckbereiche für Messungen erschließbar sind. Ebenso kann das Verfahren zur Herstellung beispielsweise von Kappenwafern genutzt werden, die ebenfalls eine sehr eng spezifizierte Dicke einer Membran benötigen, um z. B. die Dichtheit von Bondverbindungen zu überprüfen. Ferner können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auf verbesserte Weise beispielsweise einkristalline Federn für z. B. Beschleunigungssensoren hergestellt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt allgemein eine neue Designfreiheit zur Gestaltung von dreidimensionalen Strukturen ohne Stoppschicht.

[0049] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar. Die vorgenannten Ausführungsformen sind miteinander kombinierbar, insbesondere einzelne Merkmal davon. Die Erfindung kann insbesondere bei Sensoreinrichtungen wie z. B. Beschleunigungssensoren und Drehratensensoren eingesetzt werden. Ebenso kann das Verfahren als Isolationsverfahren beispielsweise bei zukünftigen CMOS- oder BCD-Prozessen verwendet werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007059337 A1 [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen wenigstens einer Aussparung (12) in einem Halbleiterbauelement (1, 10), insbesondere einem mikromechanischen oder elektrischen Halbleiterbauelement, mit den Schritten:

Aufbringen wenigstens einer Maske (20) auf dem Halbleiterbauelement (1, 10),

Ausbilden wenigstens eines Gitters (22) mit wenigstens einer oder mehreren Gitteröffnungen (26) in der Maske (20) über der auszubildenden Aussparung (12), wobei die Gitteröffnung oder Gitteröffnungen (26) in Abhängigkeit von der Ätzrate und/oder Dimensionierung der auszubildenden Aussparung (12) ausgebildet sind;

Ausbilden der Aussparung (12) unterhalb des Gitters (22).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitteröffnungen (26) in Bezug auf ihre Anzahl, Form, Dimensionierung und/oder Verteilung in Abhängigkeit von der auszubildenden Aussparung (12) in der Maske (20) ausgebildet sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Maske (20) in Form wenigstens einer oder mehrere Schichten auf das Halbleiterbauelement (1, 10) aufgebracht wird, wobei die Maske (20) insbesondere wenigstens eine dielektrische Schicht, eine Metallschicht und/oder eine Polymerschicht aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Maske (20) eine harte oder feste Maske, insbesondere eine Metallmaske oder eine dielektrische Maske, ist, wobei die Gitteröffnungen (26) in dem Gitter (22) der Maske (20) mittels eines isotropen Ätzprozesses und/oder eines anisotropen Ätzprozesses, insbesondere einem Trenchprozess, ausgebildet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung (12) durch Ätzen durch das Gitter (22) hergestellt wird, wobei als Ätzprozess ein isotroper Ätzprozess und/oder ein anisotroper Ätzprozess, insbesondere ein Trenchprozess, durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass für eine breitere Aussparung (12) und/oder eine randnahe Aussparung (12) ein Gitter (22) mit kleineren Gitteröffnungen (26) und für eine schmalere Aussparung (12) und/oder eine Aussparung (12) im Innenbereich des Halbleiterbauelements (1, 10) ein Gitter (22) mit größeren Gitteröffnungen (26) über der auszubildenden Aussparung (12) in der Maske (20) ausgebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitteröffnungen (26)

des Gitters (22) so ausgebildet sind, insbesondere die Größe und/oder Verteilung bzw. Raster der Gitteröffnungen (26), so dass eine vorbestimmte Ätzrate, Unterätztiefe und/oder Unterätzweite der auszubildenden Aussparung (12) einstellbar ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (22) mit seinen Gitteröffnungen (26) derart ausgebildet ist, dass die sich bei dem Ätzprozess durch die Gitteröffnungen (26) ergebenden Strukturen, durch eine geeignete gewählte Unterätzweite des Gitters (22) zu einer einzigen großen Struktur (12) verbinden, welche die vorbestimmte Aussparung (12) bildet.

9. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (22) insbesondere Stege (38) und/oder Querstege (40) aufweist zum Ausbilden der Gitteröffnungen (26), wobei die Stege (38) und Querstege (40) insbesondere miteinander und/oder wenigstens der Maske (20) verbunden sind, wobei insbesondere zumindest ein Teil oder alle Gitteröffnungen (26) des Gitters (22) zueinander versetzt angeordnet und/oder nebeneinander angeordnet ausgebildet werden.

10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (22) mit einer Mäanderform oder mäanderförmig ausgebildet wird.

11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitteröffnungen (26) durch ein Abscheiden wenigstens einer dielektrischen Schicht, Polymerschicht und/oder Metallschicht verschließbar sind.

12. Bauelement (1, 10) mit wenigstens einem oder mehreren Aussparungen (12) welche gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet sind.

13. Bauelement nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Aussparung (12) als ein Graben um einen Kontakt, insbesondere einen Durchkontakt, ausgebildet ist.

14. Bauelement nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement ein Halbleiterbauelement (1, 10), insbesondere ein MEMS-(Microelectronic Electromechanical System) Bauelement, ein ASIC-(Application Specific Integrated Circuit) Bauelement oder eine SOI-(Silicon On Isolation) Bauelement ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

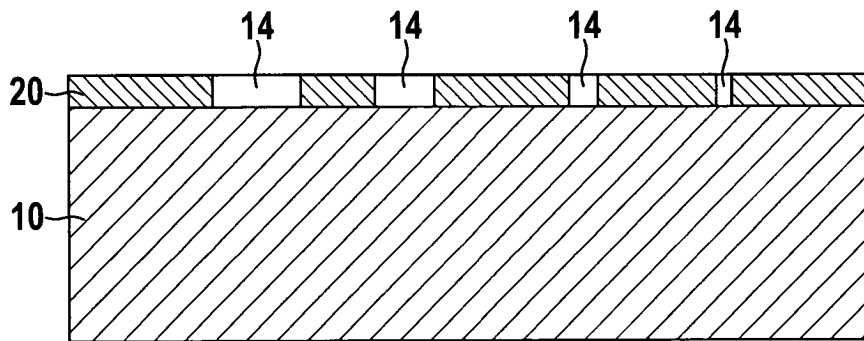


Fig. 1a

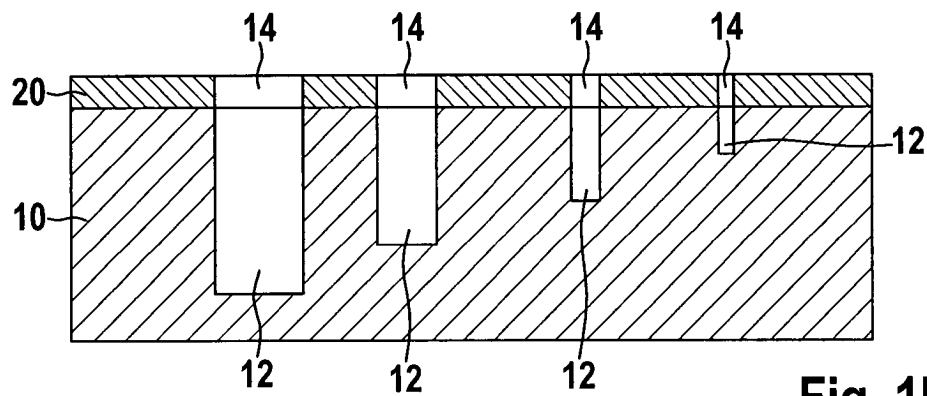


Fig. 1b

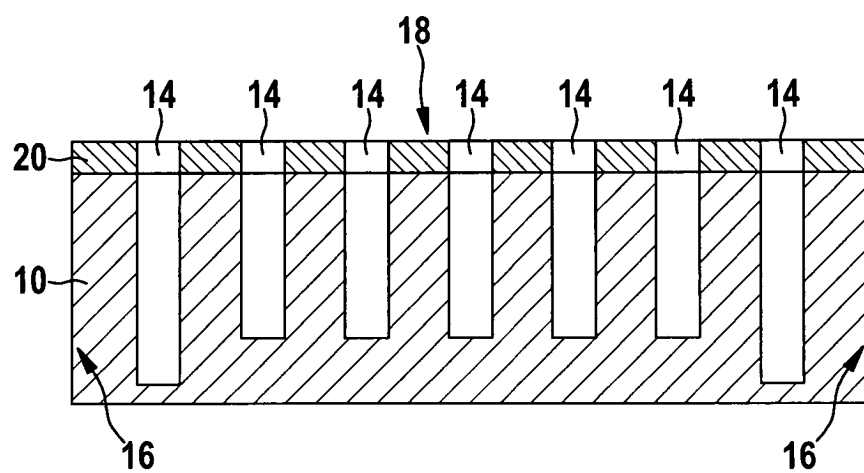


Fig. 1c

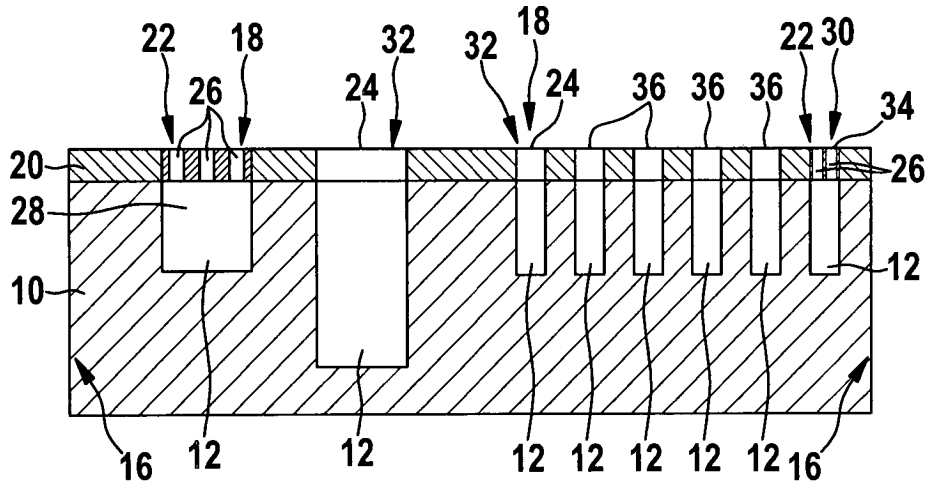


Fig. 2a

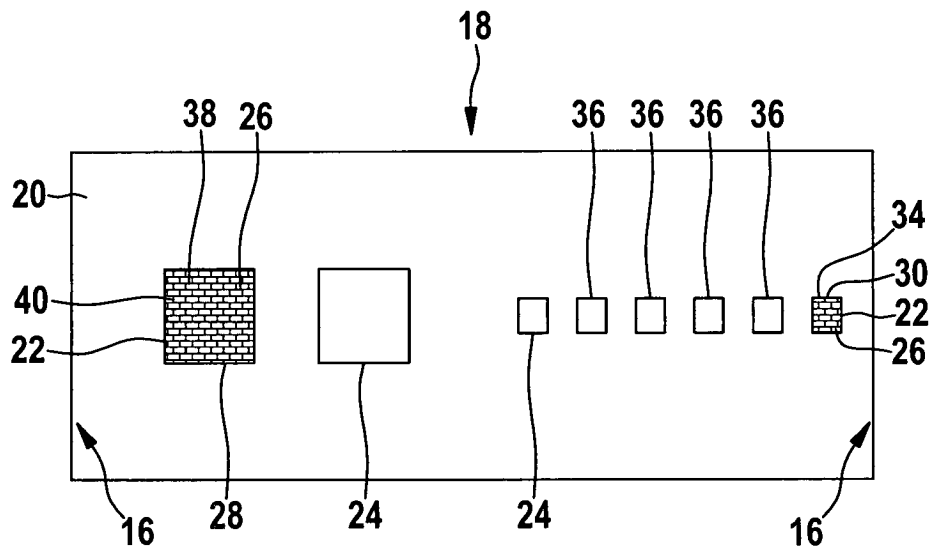


Fig. 2b

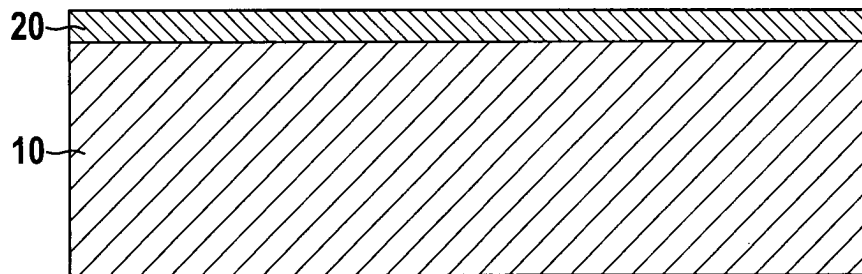


Fig. 3

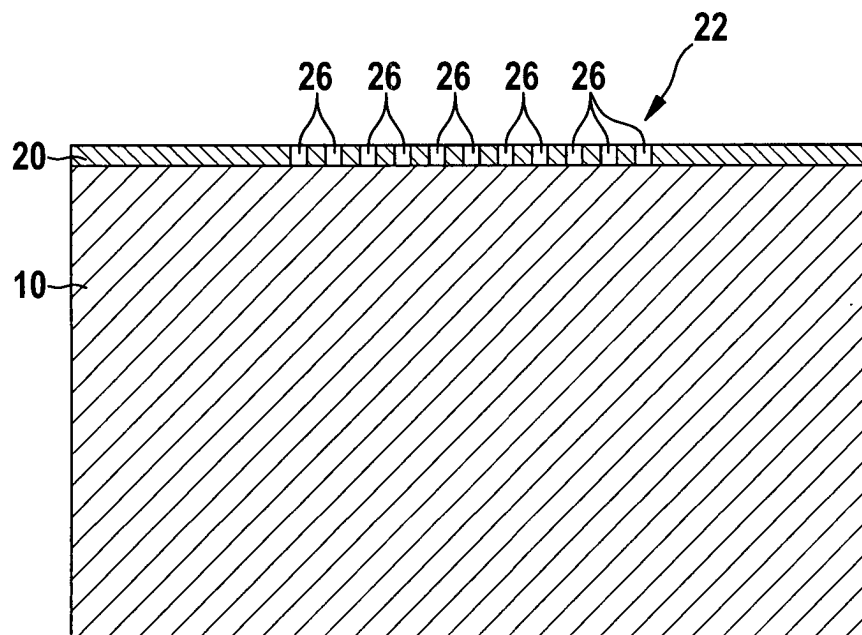


Fig. 4

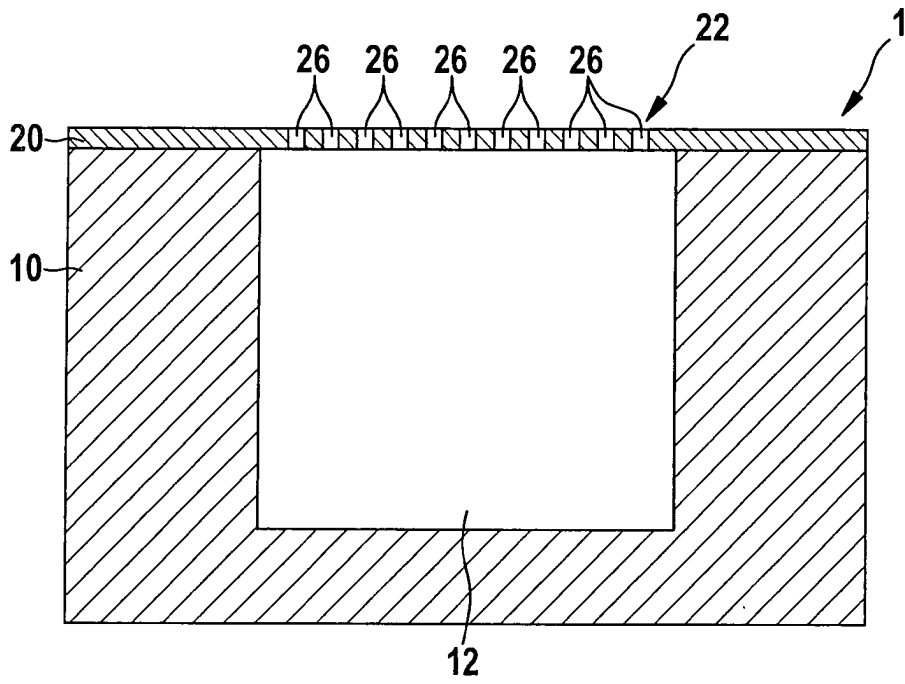


Fig. 5

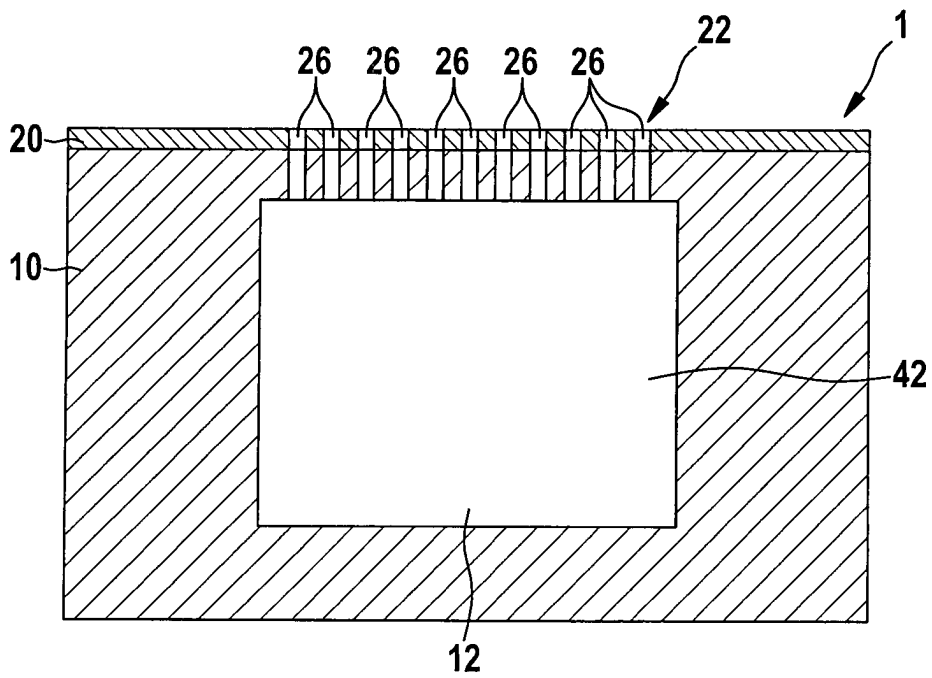


Fig. 6