



(10) **DE 10 2011 002 546 B4** 2017.10.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 002 546.4**
(22) Anmeldetag: **12.01.2011**
(43) Offenlegungstag: **08.09.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.10.2017**

(51) Int Cl.: **H01L 21/304** (2006.01)
H01L 27/146 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
FR1051485 **02.03.2010** **FR**

(72) Erfinder:
Vaufredaz, Alexandre, La Murette, FR; Molinari, Sebastien, Sassenage, FR

(73) Patentinhaber:
Soitec, Bernin, FR

(56) Ermittelter Stand der Technik:

(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

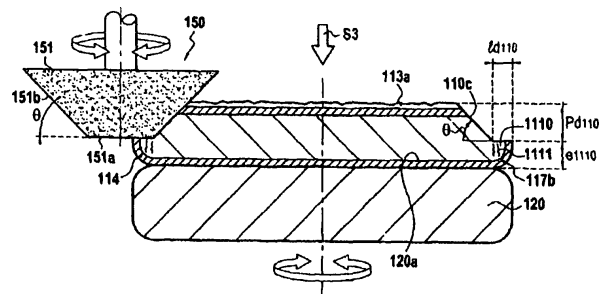
US	2002 / 0 077 039	A1
US	2007 / 0 072 393	A1
US	5 937 312	A
US	5 942 445	A
EP	0 854 500	A1
EP	0 964 436	A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer mehrschichtigen Struktur mit Trimmen nach dem Schleifen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen einer mehrschichtigen Struktur (130), das umfasst:

Bonden eines ersten Wafers (110) auf einen zweiten Wafer (120a), wobei wenigstens der erste Wafer eine abgefaste Kante (117a, 117b) hat; und

Verdünnen des ersten Wafers (110), um eine übertragene Schicht (115) auszubilden, wobei das Verdünnen einen Schritt des Schleifens und einen Schritt des chemischen Ätzens umfasst, wobei das Verfahren nach dem Schritt des Schleifens und vor dem Schritt des chemischen Ätzens einen Schritt des Trimmens der Kante des ersten Wafers (110) umfasst, der unter Verwendung einer Schleifscheibe (150) ausgeführt wird, deren Bearbeitungsfläche (151) Kornteilchen mit einer durchschnittlichen Größe von 18 μm oder mehr umfasst, wobei der Schritt des Trimmens bis zu einer festgelegten Tiefe (Pd_{110}) in dem ersten Wafer (110) ausgeführt wird, um eine Dicke (e_{1110}) des ersten Wafers (110) von 35 μm oder weniger in dem Trimmen unterzogenen Bereich zu belassen, so dass der Abschnitt der übertragenen Schicht, der nach dem teilweisen Trimmen verbleibt, mechanisch geschwächt wird.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Herstellung mehrschichtiger Halbleiterstrukturen bzw. -substrate (auch als mehrschichtige Halbleiter-Wafer bezeichnet), die hergestellt werden, indem wenigstens eine Schicht auf einen Träger übertragen wird.

Stand der Technik

[0002] Die Herstellung mehrschichtiger Strukturen umfasst im Allgemeinen Waferdirektbonden eines ersten Wafers, beispielsweise eines Silizium- oder eines SOI (silicon-on-insulator)-Wafers, auf einen zweiten Wafer bzw. Träger, der beispielsweise aus Silizium oder Saphir besteht, ein Ausheilen zum Stärken der Bindung sowie ein Verdünnen des ersten Wafers, um eine auf den zweiten Wafer übertragene Schicht auszubilden. Ein solches Verfahren wird in der EP 0 854 500 A1 beschrieben.

[0003] Die Erfindung betrifft speziell mehrschichtige Strukturen, die aufgrund der Einschränkungen hinsichtlich der Temperatur bei der Ausheilung zum Stärken der Bindung eine Grenzfläche mit relativ schwacher Bindung haben. Nach dem Waferdirektbonden wird die Struktur normalerweise ausgeheilt, um die Bindung zwischen den zwei Wafern zu stärken, d. h. die Oberflächenenergie der Bindung zwischen ihnen zu erhöhen. Je höher die Temperatur bei der Ausheilung zum Stärken der Bindung ist, umso stärker ist die entstehende Bindung bzw. Adhäsionsenergie.

[0004] Es gibt einige Fälle mehrschichtiger Strukturen, bei denen die Bindungsausheiltemperatur auf relativ niedrige Werte beschränkt werden muss.

[0005] Ein erster Fall betrifft die Herstellung sog. "heterogener" mehrschichtiger Strukturen, die in sofern heterogen sind, als die zwei zusammensetzenden Wafer unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten haben, die sich beispielsweise um wenigstens 10% oder 20% bei Raumtemperatur (20°C) unterscheiden. Derartige Heterostrukturen sind insbesondere aus SOS (silicon-on sapphire (Al_2O_3)) bestehende Strukturen, die speziell in der Mikroelektronik oder Optoelektronik eingesetzt werden. Bei steigender Temperatur, beispielsweise ab 200°C und darüber, bewirken die Änderungen des Verhaltens eines der zwei Wafer relativ zu dem anderen Spannungen und/oder Verzerrung in der Heterostruktur, die zu Aufspaltung oder Lösung der Wafer oder Schichten, falls vorhanden, und/oder plastischen Verformungen und/oder Rissen und/oder Bruch eines/einer der Substrate bzw. Schichten, wenn vorhanden, führen. Da-

her wird die Temperatur der Ausheilung zum Stärken der Bindung bei derartigen Strukturen beschränkt.

[0006] Ein zweiter Fall betrifft mehrschichtige Strukturen, bei denen der erste Wafer des Weiteren ganz oder teilweise eine Komponente oder eine Vielzahl von Mikrokomponenten umfasst, wie dies bei 3D-Integrations-Technologie der Fall ist, bei der eine oder mehrere Schichten von Mikrokomponenten auf einen abschließenden Träger übertragen werden müssen, jedoch auch bei der Schaltkreisübertragung (circuit transfer), so beispielsweise bei der Herstellung von Displays mit Hintergrundbeleuchtung. In diesem Fall muss die Temperatur der Ausheilung zum Stärken der Bindung beschränkt werden, um die Mikrokomponenten nicht zu schädigen.

[0007] Die Kanten der Wafer, die insbesondere zum Ausbilden der übertragenen Schichten und der Träger eingesetzt werden, sind im Allgemeinen abgefast oder haben abgerundete Kanten, wobei dies dazu dient, die Handhabung zu vereinfachen und das Ablättern an Kanten zu verhindern, das auftreten könnte, wenn diese Kanten scharf wären, wobei dieses Ablättern eine Ursache für Teilchenverunreinigung der Oberflächen der Wafer ist. Die Fasen können eine abgerundete und/oder abgeschrägte Form haben.

[0008] Das Vorhandensein dieser Fasen verhindert jedoch einen guten Kontakt zwischen den Wafern an ihrem Rand, wobei diese schwache Haftung noch ausgeprägter ist, wenn die Bindung an der Grenzfläche aufgrund der Beschränkung der Temperatur der Ausheilung zum Stärken der Bindung gering ist, wie dies oben beschrieben ist. Daher gibt es einen Randbereich, an dem der erste Wafer bzw. die übertragene Schicht nur schwache oder gar keine Bindung aufweist. Dieser Randbereich des ersten Wafers bzw. der übertragenen Schicht muss entfernt werden, da es möglich ist, dass er unkontrolliert abbricht und die Struktur mit unerwünschten Bruchstücken oder Teilchen verunreinigt.

[0009] Daher wird, wie aus der US 5 937 312 A bekannt, wenn der Wafer auf den Träger gebondet ist und nachdem der Wafer verdünnt worden ist, die übertragene Schicht beschnitten bzw. Trimmen unterzogen, um den Randbereich zu entfernen, über den die Fasen verlaufen. Das Trimmen wird normalerweise durch mechanische Bearbeitung, insbesondere durch Abtragen, der freiliegenden Fläche der übertragenen Schicht bis auf den tragenden zweiten Wafer ausgeführt.

[0010] Ein tiefes mechanisches Trimmen führt jedoch zu Ablöseproblemen sowohl an der Bond-Grenzfläche zwischen der übertragenen Schicht und dem Träger als auch in der übertragenen Schicht selbst. Das heißt, an der Bond-Grenzfläche entsprechen die Ablöseprobleme Schichtenspaltung der

übertragenen Schicht in bestimmten Bereichen in der Nähe des Randes der Schicht, die als "Makro-Ablösung" bezeichnet werden kann. Die Bindungsenergie ist aufgrund des Vorhandensein der Fasen in der Nähe des Randes der Schicht schwächer. Daher kann dieses Trimmen an dieser Stelle zu einem teilweisen Lösen der Bindung der Schicht an ihren Bond-Grenzflächen mit dem tragenden Substrat führen.

[0011] Daher besteht das Problem darin, ein Verfahren zu entwickeln, das es zulässt, den ersten Wafer bzw. die übertragene Schicht in einer mehrschichtigen Struktur ohne die erwähnten Nachteile Trimmen zu unterziehen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die erwähnten Nachteile zu verringern, indem ein Verfahren zum Herstellen einer mehrschichtigen Struktur geschaffen wird, das umfasst:

Bonden eines ersten Wafers auf einen zweiten Wafer, wobei wenigstens der erste Wafer eine abgefaste Kante hat; und

Verdünnen des ersten Wafers, um eine übertragene Schicht auszubilden, wobei das Verdünnen einen Schritt des Schleifens und einen Schritt des chemischen Ätzens umfasst,

wobei in dem Verfahren nach dem Schritt des Schleifens und vor dem Schritt des chemischen Ätzens ein Schritt des Trimmens der Kante des ersten Wafers unter Verwendung einer Schleifscheibe durchgeführt wird, deren Bearbeitungsfläche Kornteilchen mit einer Durchschnittsgröße von 18 µm oder mehr (bzw. 800 mesh oder weniger) umfasst, und der Schritt des Trimmens bis zu einer festgelegten Tiefe in dem ersten Wafer ausgeführt wird, um eine Dicke des ersten Wafers von 35 µm oder weniger in dem Trimmen unterzogenen Bereich zu belassen.

[0013] So werden, indem vor dem Schritt des chemischen Ätzens ein teilweises mechanisches Trimmen (d. h. es erstreckt sich nicht bis zu der Bond-Grenzfläche des ersten Wafers) unter den oben definierten Bedingungen ausgeführt wird, die erwähnten Ablösungsprobleme vermieden, während gleichzeitig der verbleibende, Trimmen zu unterziehende Abschnitt ausreichend geschwächt wird, so dass er dann bei dem Schritt des chemischen Ätzens leicht entfernt werden kann.

[0014] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird der Schritt des Beschneidens über eine Breite ausgeführt, die wenigstens der Breite gleich ist, über die sich die abgefaste Kante erstreckt.

[0015] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann, wenn der erste Wafer ein Silizium-Wafer oder eine SOI-Struktur ist, die Flanke der ersten Schicht insbesondere auf einen Winkel von ungefähr 45° zur

Ebene des Wafers bearbeitet werden, so dass verhindert wird, dass die Flanke während des anschließenden Schrittes des chemischen Ätzens geätzt wird.

[0016] Gemäß einer speziellen Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren vor dem Schritt des Bondens wenigstens einen Schritt des Herstellens einer Schicht von Komponenten an einer Seite des ersten Wafers, wobei die Seite des ersten Wafers, die die Schicht von Komponenten umfasst, auf den zweiten Wafer gebondet wird. Des Weiteren kann ein Schritt des Herstellens einer zweiten Schicht von Mikrokomponenten an der Seite des ersten Wafers ausgeführt werden, die der Seite gegenüberliegt, die die erste Schicht von Komponenten umfasst.

[0017] Der Einsatz des Trimmverfahrens der Erfindung ermöglicht es, dreidimensionale Strukturen durch bereinanderschichten von zwei oder mehr Wafers herzustellen, wobei gleichzeitig die Gefahren der Schichtenspaltung sowohl an den Bond-Grenzflächen zwischen den Wafers als auch in den Schichten der Komponenten auf ein Minimum verringert werden. Eine der Schichten von Komponenten kann insbesondere Bildsensoren umfassen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung spezieller Ausführungsformen der Erfindung, die als nicht einschränkende Beispiele dienen, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ersichtlich, wobei:

[0019] Fig. 1A bis Fig. 1E schematische Ansichten eines Verfahrens zum Herstellen einer mehrschichtigen Struktur gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind;

[0020] Fig. 2 ein Flussdiagramm der Schritte ist, die während des in Fig. 1A bis Fig. 1E dargestellten Verfahrens ausgeführt werden;

[0021] Fig. 3A bis Fig. 3G schematische Ansichten sind, die die Herstellung einer dreidimensionalen Struktur gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigen; und

[0022] Fig. 4 ein Flussdiagramm der Schritte ist, die während der in Fig. 3A bis Fig. 3G dargestellten Herstellung der dreidimensionalen Struktur ausgeführt werden.

Ausführliche Beschreibung der Ausführungsformen der Erfindung

[0023] Die vorliegende Erfindung kann im Allgemeinen beim Trimmen einer mehrschichtigen Struktur eingesetzt werden, die wenigstens zwei Wafer umfasst, die durch Bonden zusammengefügt werden,

und bei der die Oberflächenenergie der Bindung, d. h. die Bindungsenergie, auf 1 J/m^2 oder weniger beschränkt ist, wobei wenigstens einer der zwei Wafer Fasen oder abgerundete Kanten an seinem Rand hat. Derartige mehrschichtige Strukturen entsprechen insbesondere Strukturen, die aus wenigstens zwei Wafern hergestellt werden, die unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten haben oder Mikrokomponenten umfassen und bei denen die Temperatur der Ausheilung zum Stärken der Bindung, die Erhöhung der Bindungsenergie zulässt, begrenzt werden muss. Die Erfindung könnte ebenso gut bei mehrschichtigen Strukturen eingesetzt werden, bei denen die Wafer durch ein anderes Bondverfahren zusammengefügt werden, so beispielsweise anodisches Bonden, durch metallische Bindung oder durch Verkleben, vorausgesetzt die Bindungsenergie bleibt begrenzt.

[0024] Die Wafer sind im Allgemeinen kreisförmig und können verschiedene Durchmesser haben, insbesondere Durchmesser von 100 mm, 150 mm, 200 mm oder 300 mm.

[0025] Es ist möglich, dass bereits Komponenten in einem der Wafer ausgebildet worden sind, der dann auf den anderen Wafer gebondet wird, der als ein Träger dient. Der Begriff "Komponenten" bezieht sich hier auf jedes beliebige Element, das mit Materialien hergestellt wird, die sich von denen des Wafers unterscheiden und die empfindlich für die hohen Temperaturen sind, die üblicherweise eingesetzt werden, um die Bond-Grenzfläche zu stärken. Diese Komponenten entsprechen insbesondere Elementen, die insgesamt oder teilweise eine elektronische Komponente oder eine Vielzahl elektronischer Komponenten bilden, so beispielsweise Schaltkreise oder Kontakte oder auch aktive Schichten.

[0026] Die Erfindung kann insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, bei SOS-Heterostrukturen eingesetzt werden, die ausgebildet werden, indem ein erster Saphir-Wafer bzw. ein Substrat und ein zweiter Wafer bzw. ein zweites Substrat, der/das Silizium umfasst, wie beispielsweise eine SOI-Struktur, zusammengesetzt werden. Heterostrukturen, die eine Siliziumschicht auf einem Saphir-Substrat umfassen, weisen spezielle Vorteile auf. SOS-Strukturen ermöglichen es, Hochfrequenz-Vorrichtungen mit niedrigem Stromverbrauch herzustellen. Der Einsatz von Saphir-Substraten ermöglicht des Weiteren sehr gute Wärmeableitung, die besser ist als die, die beispielsweise beim Einsatz von Quarz-Substraten erzielt wird.

[0027] Die vorliegende Erfindung schlägt vor, nur ein teilweises Trimmen der übertragenen Schicht auszuführen, d. h. ein Trimmen, bei dem die übertragene Schicht Trimmen auf eine Tiefe unterzogen wird, die geringer ist als die Gesamtdicke der Schicht, wobei

die verbleibende Dicke der übertragenen Schicht in dem Trimmen unterzogenen Bereich weniger als $35 \mu\text{m}$ beträgt und vorzugsweise $10 \mu\text{m}$ oder mehr. Die übertragene Schicht entspricht einem der zwei Wafer der Struktur, der nach dem Bonden verdünnt wurde. Das Verdünnen umfasst einen ersten Schleifschritt, in dem der Großteil des Materials entfernt wird, und einen zweiten Schritt des chemischen Ätzens, der einem Schritt des Abschließens des Verdünnens entspricht und insbesondere dazu dient, die Bearbeitungsoberfläche der überführten Schicht zu glätten, die durch das Schleifen entsteht. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das teilweise Trimmen während des Schrittes des Schleifens und des Schrittes des chemischen Ätzens beim Verdünnen durchgeführt, wobei das Trimmen mit einer "groben" Schleifscheibe ausgeführt wird, d. h. einer Schleifscheibe, deren Bearbeitungsfläche bzw. aktiver Teil Kornteilchen mit einem durchschnittlichen Durchmesser von $18 \mu\text{m}$ oder mehr (bzw. 800 mesh oder weniger) umfasst. Die Kornteilchen können insbesondere Diamantteilchen sein. Ein Bezugsbeispiel für eine Schleifscheibe ist ein von Saint-Gobain vertriebenes Erzeugnis, das Diamant-Kornteilchen mit einer durchschnittlichen Größe von $44 \mu\text{m}$ (bzw. 325 mesh) umfasst, das heißt COARSE WHEEL STD – 223599: 1866-11-32B69S 11,034 X 1-1/8 X 9,001 MD 15219669014111620 COARSE #3R7B69 – 1/8.

[0028] Das so ausgeführte teilweise Trimmen ermöglicht, dass der Ring bzw. Abschnitt der übertragenen Schicht, der nach dem teilweisen Trimmen verbleibt, mechanisch geschwächt wird, insbesondere, indem Mikrorisse in letzterem erzeugt werden. Dieser Ring, der dem Rest der übertragenen Schicht entspricht, die Trimmen zu unterziehen ist, wird dann vorzugsweise während des abschließenden Schrittes des chemischen Ätzens beim Verdünnen aufgrund seiner mechanischen Schwäche geätzt, beispielsweise durch Eindringen der Ätzlösung bzw. reaktiver Verbindungen in die Mikrorisse, die bei dem teilweisen Trimmen erzeugt werden.

[0029] Eine Umsetzungsform eines Verfahrens zum Trimmen wird im Folgenden unter Bezugnahme auf **Fig. 1A bis Fig. 1E** sowie **Fig. 2** beschrieben.

[0030] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1A bis Fig. 1E** sowie **Fig. 2** wird ein Verfahren zum Herstellen einer SOS-Heterostruktur aus einem ersten Wafer bzw. einem (oberen) Ursprungssubstrat **110** und einem zweiten Wafer bzw. einer (unteren) Träger-Struktur **120** beschrieben. Der erste Wafer **110** umfasst an seinem Rand eine obere Fase **117a** und eine untere Fase **117b**. Desgleichen umfasst der zweite Wafer **120** an seinem Rand eine obere Fase **127a** und eine untere Fase **127b**. Der erste Wafer **110** hat eine Dicke zwischen ungefähr 600 und $900 \mu\text{m}$.

[0031] Der erste Wafer **110** besteht, wie in **Fig. 1A** gezeigt, aus einer SOI-Struktur, die eine Siliziumschicht **111** auf einem Träger **113**, der ebenfalls aus Silizium besteht, und eine vergrabene Oxidschicht **112** umfasst, die beispielsweise aus SiO_2 besteht und zwischen der Schicht **111** und dem Träger **113** angeordnet ist. Die Außenfläche des ersten Wafers **110** ist des Weiteren zuvor mit einer Schicht **114** aus thermischem Oxid überzogen worden, die beispielsweise durch Oxidation der Oberfläche des Wafers ausgebildet worden ist, um diesen während des folgenden Schrittes des chemischen Ätzens zu schützen. Der erste Wafer **110** kann auch aus einem monolithischen Silizium-Wafer bestehen, der Komponenten enthalten kann oder auch nicht.

[0032] Der zweite Wafer **120** besteht aus einem Saphir-Wafer (**Fig. 1A**).

[0033] Die untere Seite **111a** (hier mit der Oxidschicht **114** überzogen) des ersten Wafers **110** und die obere Seite **120a** des zweiten Wafers **120** werden in engem Kontakt miteinander angeordnet, und Druck wird auf einen der zwei Wafer ausgeübt, um die Ausbreitung einer Bond-Welle (bonding wave) zwischen den in Kontakt befindlichen Flächen auszulösen (Schritt S1, **Fig. 1B**).

[0034] Es ist bekannt, dass das Prinzip des Waferdirektbondens bzw. Direktbondens auf direktem Kontakt zwischen zwei Flächen basiert, d. h. es wird kein spezielles Material (Klebstoff, Wachs, Lot usw.) verwendet. Um einen solchen Vorgang auszuführen, müssen die Bondflächen ausreichend glatt, frei von Teilchen und Verunreinigungen sein, und die Bondflächen müssen ausreichend nahe zueinander angeordnet sein, so dass ein Kontakt hergestellt wird, d. h. üblicherweise ist ein Abstand von weniger als einigen Nanometern erforderlich. In diesem Fall sind die Anziehungskräfte zwischen den zwei Flächen stark genug, damit es zum Direktbonds kommt, d. h. Bonds, das durch die Van-der-Waalsschen Kräfte zwischen den Atomen oder Molekülen der zwei zu bondenden Flächen induziert wird.

[0035] Das so ausgeführte Bonds ist erst dann stabil, wenn eine Ausheilung zum Stärken der Bindung ausgeführt worden ist. Es ist möglich, die Anordnung der zwei Wafer einer Ausheilung zu unterziehen, die Temperatur dieser Ausheilung muss jedoch aufgrund des Unterschieds zwischen den Wärmeausdehnungskoeffizienten der zwei Wafer beschränkt werden. Bei dem hier beschriebenen Beispiel kann die Heilung 180°C über eine Zeit von weniger als ungefähr zehn Stunden nicht übersteigen. Eine derartige Ausheilung ermöglicht die Stabilisierung der Bindung lediglich soweit, dass die Oberflächenenergie der Bindung 700 mJ/m^2 nicht übersteigt.

[0036] Die Herstellung der Heterostruktur wird mit dem Verdünnen des ersten Wafers **110** zum Ausbilden einer übertragenen Schicht fortgesetzt, die einem Abschnitt des ersten Wafers entspricht. Das Verdünnen wird ausgeführt, indem zunächst ein Großteil des Trägers **113** des ersten Wafers **110** abgeschliffen wird (Schritt S2, **Fig. 1C**). Das Schleifen wird ausgeführt, indem die Bearbeitungsfläche einer Schleifscheibe an die freiliegende Seite des ersten Wafers **110** (in **Fig. 1C** nicht gezeigt) gehalten wird. Während des Schleifens wird die Anordnung aus zwei Wafern mit einem Halter (in **Fig. 1C** nicht gezeigt), der auch als Aufspannvorrichtung bezeichnet wird und eine Platte umfasst, die den zweiten Wafer **120** beispielsweise durch Sog oder mittels eines elektrostatischen Systems halten kann, an der Rückseite des zweiten Wafers **120** gehalten. Während des Schleifens kann die Aufspannvorrichtung stationär sein, während die Schleifscheibe gedreht wird. Als Alternative dazu kann sich die Aufspannvorrichtung auch um eine Achse drehen, und die Schleifscheibe kann gedreht werden oder auch nicht.

[0037] Das Schleifen wird im Abstand von $65 \mu\text{m}$ von der Oberfläche **120a** des Saphir-Trägersubstrats unterbrochen.

[0038] In dieser Phase des Verdünnens, d. h. bevor der zweite Verdünnungsschritt chemisch ausgeführt wird, weist der verbleibende Teil **113a** des Trägers **113** des ersten Wafers **110** eine Bearbeitungsoberfläche (**Fig. 1C**) auf.

[0039] Gemäß der Erfindung wird der erste Wafer **110** vor dem zweiten Verdünnungsschritt, d. h. dem chemischen Ätzen, teilweise trimmen unterzogen, d. h. ein ringförmiger Abschnitt des ersten Wafers, der sich am Rand bzw. der Kante desselben befindet und sich über einen Teil der Dicke des ersten Wafers erstreckt, wird entfernt (Schritt S3, **Fig. 1D**).

[0040] Eine minimale Breite l_{d110} von der Kante des ersten Wafers **110** her wird, wie in **Fig. 1D** dargestellt, trimmen unterzogen. Bei Wafern mit einem Durchmesser von 100 mm, 200 mm und 300 mm beträgt die trimmen unterzogene Breite l_{d110} im Allgemeinen zwischen 2 mm und 10 mm, vorzugsweise zwischen 2 mm und 6 mm.

[0041] Trimmen wird mittels mechanischer Wirkung bzw. maschineller Bearbeitung (Kantenschleifen) von der Oberseite des ersten Wafers **110** her ausgeführt. Die mechanische Wirkung kann mit einer Schleifscheibe (Abtragen) oder einem beliebigen anderen Werkzeug ausgeübt werden, das in der Lage ist, das Material der Schicht mechanisch abzutragen.

[0042] Bei dem hier beschriebenen Beispiel wird das Trimmen mittels einer Schleifscheibe **150** ausgeführt, die eine Bearbeitungsfläche bzw. einen aktiven Teil

151 hat, d. h. die Fläche, die Kornteilchen umfasst, die in der Lage sind, das Material des Wafers abzuschleifen und die durch einen ersten Abschnitt **151a** parallel zur Ebene des Wafers sowie einen zweiten Abschnitt **151b** gebildet wird, der der Flanke der Schleifscheibe **150** entspricht. Der Abschnitt **151b** bildet, wie in **Fig. 1D** gezeigt, einen Winkel θ von ungefähr 45° zu dem Abschnitt **151a**, so dass bei dem ersten Wafer eine Flanke **110c** Trimmen unterzogen wird, die ebenfalls einen Winkel θ von ungefähr 45° zu der Ebene des ersten Wafers bildet. Gemäß der Erfindung umfasst die Bearbeitungsfläche **151** der Schleifscheibe **150** Kornteilchen, wie beispielsweise Diamantteilchen, mit einer durchschnittlichen Größe von $18\ \mu\text{m}$ oder mehr (bzw. 800 mesh oder weniger).

[0043] Während des Trimmens wird der erste Wafer **110** auf eine Tiefe Pd_{110} geschliffen, die von einer Bezugsebene her definiert ist, die der Bond-Grenzfläche entspricht (hier die Kontaktebene zwischen der Schicht **114** aus thermischem Oxid und der gebondeten Seite **120a** des zweiten Wafers **120**). Die Tiefe Pd_{110} wird so gewählt, dass an der Kante des ersten Wafers nur ein Teil der Dicke desselben entfernt wird (teilweises Trimmen). Bei dem hier beschriebenen Beispiel wird die Tiefe Pd_{110} beim Trimmen so gewählt, dass an der Kante des ersten Wafers ein ringförmiger Abschnitt bzw. Ring **1110** verringerter Dicke e_{1110} verbleibt. Gemäß der Erfindung beträgt die Dicke e_{1110} des nach dem teilweisen Trimmen ausgebildeten ringförmigen Abschnitts $35\ \mu\text{m}$ oder weniger, da über diese Dicke hinaus das mit einer groben Schleifscheibe, wie sie oben definiert ist, ausgeführte Trimmen bewirkt, dass der ringförmige Abschnitt **1110** mechanisch geschwächt wird, insbesondere indem Risse **1111** in letzterem erzeugt werden (**Fig. 1D**). In bestimmten Fällen kann das so ausgeführte Trimmen zu örtlich begrenztem Abheben des ringförmigen Abschnitts **1110** führen.

[0044] Verdünnen des ersten Wafers **110** wird mit chemischen Ätzen, das auch als Nassätzen bezeichnet wird, des verbleibenden Abschnitts **113a** (Schritt S4, **Fig. 1E**) fortgesetzt, beispielsweise mittels einer Ätzlösung aus TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) oder KOH (Kaliumhydroxid), oder auch mittels Trockenätzen, wie beispielsweise reaktivem Ionenätzen.

[0045] Zusätzlich zum Entfernen des verbleibenden Abschnitts **113a** hat das chemische Ätzen den Effekt, dass der verbleibende ringförmige Abschnitt **1110** entfernt wird. Dieses chemische Entfernen des verbleibenden ringförmigen Abschnitts **1110** wird durch die mechanische Schwächung dieses ringförmigen Abschnitts beim Trimmen erleichtert, und insbesondere durch die Schaffung von Rissen, in die die Ätzlösung oder reaktive Verbindungen (beim reaktiven Ionenätzen) eindringt/eindringen. Der Rest des ersten Wafers **110** wird durch das Ätzen nicht oder nur

kaum geätzt, und zwar einerseits aufgrund des Vorhandenseins der Schicht **114** aus thermischen Oxid sowie der Oxidschicht **112**, die hier als eine Ätzstopp-schicht dient. Andererseits hängt, da bei dem hier beschriebenen Beispiel der Wafer Trimmen so unterzogen werden kann, dass die Flanke des Trimmen unterzogenen Abschnitts einen Winkel von 45° zu der Ebene des Wafers bildet, der Wirkungsgrad des Ätzens von der Kristallebene ab, die sich an den freigelegten Flächen bietet (die Ätzlösung ätzt im Vergleich zu einer (100)-Kristallebene eine (110)-Kristallebene kaum).

[0046] Nach dem Ätzen ist somit eine mehrschichtige SOS-Struktur **130** entstanden, die einen Saphir-Träger, der durch den zweiten Wafer **120** gebildet wird, und eine überführte Schicht **115** umfasst, die wenigstens der Silizium-Schicht **111** des ersten Wafers **110** entspricht, wobei die Oxidschicht **112**, wie erforderlich, beibehalten oder entfernt werden kann, so beispielsweise durch Deoxidation mit HF.

[0047] Ein Verfahren zum Herstellen einer dreidimensionalen Struktur durch Übertragung einer Schicht aus Mikrokomponenten, die in einem ersten Wafer bzw. einen Ausgangs-Struktur **200** ausgebildet ist, auf einen zweiten Wafer bzw. (unteren) Träger-Struktur **300** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird im Folgenden im Zusammenhang mit **Fig. 3A** bis **Fig. 3G** sowie **Fig. 4** beschrieben.

[0048] Die Herstellung der dreidimensionalen Struktur beginnt mit der Ausbildung einer ersten Reihe von Mikrokomponenten **204** auf der Oberfläche des ersten Wafers **200**, dessen Umfangskante eine obere Fase **206a** und eine untere Fase **206b** aufweist (**Fig. 3A**, Schritt S1). Bei dem hier beschriebenen Beispiel ist der erste Wafer **200** eine mehrschichtige SOI-Struktur, d. h. er umfasst eine Silizium-Schicht **201**, die auf einem Substrat **203** angeordnet ist, das ebenfalls aus Silizium besteht, und eine vergrabene Oxidschicht **202** (beispielsweise eine Schicht aus SiO_2), die zwischen der Schicht **201** und dem Substrat **203** vorhanden ist. Der erste Wafer **200** hat eine Dicke zwischen ungefähr 600 und $900\ \mu\text{m}$.

[0049] Die Mikrokomponenten **204** werden durch Fotolithographie mittels einer Maske ausgebildet, die die Bereiche bestimmt, in denen die Strukturen, die den herzustellenden Mikrokomponenten entsprechen, ausgebildet werden.

[0050] Die Außenfläche des ersten Wafers **200** wird dann, wie in **Fig. 3A** gezeigt, mit einer Schicht **205** aus thermischem Oxid überzogen, die beispielsweise durch Oxidation der Oberfläche des Wafers ausgebildet wird, um letzteren während des anschließenden Schrittes des chemischen Ätzens (Schritt S2) zu schützen. Der erste Wafer **200** kann auch aus einem monolithischen Silizium-Wafer bestehen.

[0051] Der zweite Wafer bzw. das Trägersubstrat **300** ist ein Silizium-Wafer, dessen Umfangskante eine obere Fase **306a** und eine untere Fase **306b** aufweist. Die Außenfläche des Wafers **300** wird mit einer Schicht **305** aus thermischen Oxid überzogen (**Fig. 3B**, Schritt S3).

[0052] Die Seite des ersten Wafers **200**, die die Mikrokomponenten **204** umfasst, wird dann über die Schichten **205** und **305** aus thermischen Oxid in engen Kontakt mit einer Seite des zweiten Wafers **300** gebracht, und Druck wird auf einen der zwei Wafer ausgeübt, um die Ausbreitung einer Bond-Welle zwischen den in Kontakt befindlichen Flächen auszulösen (Schritt S4, **Fig. 3C**).

[0053] Adhäsion der zwei Wafer wird bei einer nicht zu hohen Temperatur ausgeführt, um die Komponente und/oder den ersten Wafer nicht zu beschädigen. Das heißt, nachdem die Wafer bei Raumtemperatur in Kontakt gebracht worden sind, kann eine Ausheilung zum Stärken der Bindung ausgeführt werden, jedoch bei einer Temperatur unterhalb 450°C, da oberhalb dieser Temperatur bestimmte Metalle, wie beispielsweise Aluminium oder Kupfer, zu schmelzen beginnen. Eine derartige Ausheilung ermöglicht Stabilisierung der Bindung nur soweit, dass die Oberflächenenergie der Bindung 1 J/m² nicht übersteigt.

[0054] Nach dem Bonden wird, wie in **Fig. 3D** gezeigt, der erste Schritt zum Verdünnen des ersten Wafers **200** ausgeführt, d. h. ein Teil desselben, der oberhalb der Schicht von Mikrokomponenten **204** vorhanden ist und hier der größte Teil des Substrats **203a** ist, wird abgeschliffen (Schritt S5). Das Schleifen wird unter den gleichen Bedingungen wie oben beschrieben ausgeführt.

[0055] Das Schleifen wird in einem Abstand von ungefähr 65 µm von der Oberfläche **300a** des zweiten Wafers **300** her beendet.

[0056] Auf dieser Stufe des Verdünnens, d. h. bevor der zweite Schritt des Verdünnens chemisch ausgeführt wird, weist der verbleibende Teil **203a** des Trägers **203** des ersten Wafers **200** eine Bearbeitungsoberfläche auf (**Fig. 3D**).

[0057] Gemäß der Erfindung wird vor dem zweiten Verdünnungsschritt, d. h. dem chemischen Ätzen, der erste Wafer **200** teilweise trimmen unterzogen, d. h., ein ringförmiger Abschnitt des ersten Wafers, der sich am Rand bzw. an der Kante desselben befindet und sich über einen Teil der Dicke des ersten Wafers erstreckt, wird entfernt (Schritt S6, **Fig. 3E**).

[0058] Bei dem hier beschriebenen Beispiel wird Trimmen mit einer Schleifscheibe **400** ausgeführt, die eine Bearbeitungsfläche bzw. einen aktiven Teil **401** aufweist, d. h. die Fläche, die Kornteilchen umfasst,

die das Material des Wafers abschleifen können, die durch einen ersten Abschnitt **401a** parallel zu der Ebene des Wafers und einen zweiten Abschnitt **401b** gebildet wird, der der Flanke der Schleifscheibe **400** entspricht. Der Abschnitt **401b** ist, wie in **Fig. 3E** gezeigt, hier senkrecht zu dem Abschnitt **401a**, so dass eine Flanke **200c** durch Trimmen an dem ersten Wafer ausgebildet wird, die im Wesentlichen senkrecht zu der Ebene des ersten Wafers ist. Gemäß der Erfindung umfasst die Bearbeitungsfläche **401** der Schleifscheibe **400** Kornteilchen, wie beispielsweise Diamantteilchen, mit einer durchschnittlichen Größe von 18 µm oder mehr (bzw. 800 mesh oder weniger).

[0059] Trimmen wird, wie in **Fig. 3E** dargestellt, über eine minimale Breite l_{d200} von der Kante des ersten Wafers **110** her ausgeführt. Bei Wafern mit einem Durchmesser von 100 mm, 200 mm und 300 mm beträgt die Breite l_{d200} beim Trimmen im Allgemeinen zwischen 2 mm und 10 mm, vorzugsweise zwischen 2 mm und 6 mm. Im Unterschied zu dem oben unter Bezugnahme auf **Fig. 1A** bis **Fig. 1E** beschriebenen Beispiel bildet die Trimmen unterzogene Flanke **200c** des ersten Silizium-Wafers **200** keinen 45°-Winkel zu der Ebene des Wafers, sondern im Wesentlichen einen 90°-Winkel.

[0060] Während des Trimmens wird der erste Wafer **200** Trimmen auf eine Tiefe Pd_{200} , definiert von einer Bezugsebene her, unterzogen, die der Bond-Grenzfläche entspricht (hier die Ebene des Kontaktes zwischen den Schichten **205** und **305** aus thermischem Oxid). Die Tiefe Pd_{200} wird so gewählt, dass an der Kante des Wafers nur ein Teil der Dicke desselben entfernt wird (teilweises Trimmen). Bei dem hier beschriebenen Beispiel wird die Trimm-Tiefe Pd_{200} so gewählt, dass an der Kante des ersten Wafers ein ringförmiger Abschnitt bzw. Ring **210** verringerter Dicke e_{210} zurückbleibt. Gemäß der Erfindung beträgt die Dicke e_{210} des nach dem teilweisen Trimmen ausgebildeten ringförmigen Abschnitts 35 µm oder weniger, da über diese Dicke hinaus das mit einer groben Schleifscheibe, wie sie oben definiert ist, ausgeführte Trimmen bewirkt, dass der ringförmige Abschnitt **210** mechanisch geschwächt wird, insbesondere durch Erzeugung von Rissen in letzterem (**Fig. 3E**). In bestimmten Fällen kann auf diese Weise ausgeführtes Trimmen zu örtlich begrenztem Abheben des ringförmigen Abschnitts **210** führen.

[0061] Wenn das teilweise Trimmen ausgeführt worden ist, wird Verdünnen des ersten Wafers **200** durch chemisches Ätzen des verbleibenden Abschnitts **203a** (Schritt S7, **Fig. 3F**), beispielsweise mittels einer Ätzlösung aus TMAH oder KOH, oder reaktivem Ionenätzen, fortgesetzt.

[0062] Zusätzlich zum Entfernen des verbleibenden Abschnitts **203a** hat das chemische Ätzen den Effekt, dass der verbleibende ringförmige Abschnitt **210** auf-

grund der mechanischen Schwächung dieses ringförmigen Abschnitts beim Trimmen und insbesondere der Erzeugung von Rissen, in die die Ätzlösung eindringt, entfernt wird.

[0063] Wenn die Oxidschicht **202** entfernt worden ist, wird eine zweite Schicht von Mikrokomponenten **214** auf der freiliegenden Fläche der Schicht **201** ausgebildet (Fig. 3G, Schritt S8). Bei dem hier beschriebenen Beispiel werden die Mikrokomponenten **214** auf die vergrabenen Mikrokomponenten **204** ausgerichtet ausgebildet, da eine Fotolithographiemaske verwendet wird, die derjenigen gleicht, die zum Ausbilden der Mikrokomponenten verwendet wurde.

[0064] So wird eine Verbundstruktur **500** gewonnen, die aus dem zweiten Wafer **300** und einer übertragenen Schicht **215** besteht, die dem verbleibenden Teil des ersten Wafers **200** entspricht und die Mikrokomponenten **204** und **214** umfasst.

[0065] Als eine Variante wird die dreidimensionale Struktur mittels einer mehrschichtigen Anordnung ausgebildet, d. h. indem ein oder mehr zusätzliche Wafer oder Substrate auf die Schicht **201** gebondet werden, wobei jeder zusätzliche Wafer auf die direkt angrenzende/n Schicht/en ausgerichtet ist. Ein teilweises Trimmen, das zwischen den zwei Verdünnungsschritten gemäß der Erfindung wie oben beschrieben ausgeführt wird, wird für jeden Wafer durchgeführt, um eine übertragene Schicht auszubilden. Des Weiteren ist es vor jeder Übertragung eines zusätzlichen Wafers möglich, auf der freiliegenden Schicht eine Oxidschicht, beispielsweise eine Schicht aus TEOS, abzuscheiden, um die Montage zu vereinfachen und die Trimmen unterzogenen Bereiche (in denen das Material des darunterliegenden Wafers freiliegt) vor dem folgenden chemischen Ätzen zu schützen.

[0066] Gemäß einer speziellen Ausführungsform kann eine der Schichten Mikrokomponenten insbesondere Bildsensoren umfassen.

[0067] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind Komponenten bereits in dem tragenden zweiten Wafer ausgebildet worden, bevor er mit dem ersten Wafer zusammengesetzt wird, der die übertragene Schicht bildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer mehrschichtigen Struktur (**130**), das umfasst:
Bonden eines ersten Wafers (**110**) auf einen zweiten Wafer (**120a**), wobei wenigstens der erste Wafer eine abgefaste Kante (**117a**, **117b**) hat; und
Verdünnen des ersten Wafers (**110**), um eine übertragene Schicht (**115**) auszubilden, wobei das Verdünnen einen Schritt des Schleifens und einen Schritt

des chemischen Ätzens umfasst, wobei das Verfahren nach dem Schritt des Schleifens und vor dem Schritt des chemischen Ätzens einen Schritt des Trimmens der Kante des ersten Wafers (**110**) umfasst, der unter Verwendung einer Schleifscheibe (**150**) ausgeführt wird, deren Bearbeitungsfläche (**151**) Kornteilchen mit einer durchschnittlichen Größe von 18 µm oder mehr umfasst, wobei der Schritt des Trimmens bis zu einer festgelegten Tiefe (Pd_{110}) in dem ersten Wafer (**110**) ausgeführt wird, um eine Dicke (e_{110}) des ersten Wafers (**110**) von 35 µm oder weniger in dem Trimmen unterzogenen Bereich zu belassen, so dass der Abschnitt der übertragenen Schicht, der nach dem teilweisen Trimmen verbleibt, mechanisch geschwächt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Trimmens über eine Breite (Id_{110}) ausgeführt wird, die wenigstens der Breite gleich ist, über die sich die abgefaste Kante (**117a**, **117b**) erstreckt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Trimmens über eine Breite (Id_{110}) zwischen 2 mm und 8 mm ausgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der erste Wafer (**110**) ein Silizium-Wafer oder eine SOI-Struktur ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei vor dem Schritt des Bondens eine Oxidschicht (**114**) auf der freiliegenden Fläche des ersten Wafers (**110**) ausgebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 und 5, wobei während des Schrittes des Trimmens die Flanke des ersten Wafers (**110**) auf einen Winkel von ungefähr 45° zu der Ebene des Wafers bearbeitet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der erste Wafer (**110**) Komponenten umfasst, wobei Komponenten sich hier auf jedes beliebige Element bezieht, das mit Materialien hergestellt wird, die sich von denen des Wafers unterscheiden und die empfindlich für die hohen Temperaturen sind, die üblicherweise eingesetzt werden, um die Bond-Grenzfläche zu stärken.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der zweite Wafer (**120**) ein Saphir-Wafer ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der zweite Wafer (**120**) ein Silizium-Wafer ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei vor dem Schritt des Bondens eine Oxidschicht auf der freiliegenden Fläche des zweiten Wafers (**120**) ausgebildet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei es vor dem Schritt des Bondens wenigstens einen Schritt des Herstellens einer Schicht aus Komponenten (**204**) an einer Seite des ersten Wafers (**200**) umfasst, wobei die Seite des ersten Wafers die Schicht aus Komponenten umfasst, die auf den zweiten Wafer (**300**) gebondet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei es des Weiteren einen Schritt des Herstellens einer zweiten Schicht aus Mikrokomponenten (**214**) an der Seite des ersten Wafers (**200**) gegenüber der Seite umfasst, die die erste Schicht aus Komponenten (**214**) umfasst.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 und 12, wobei die erste Schicht aus Komponenten (**214**) Bildsensoren umfasst.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

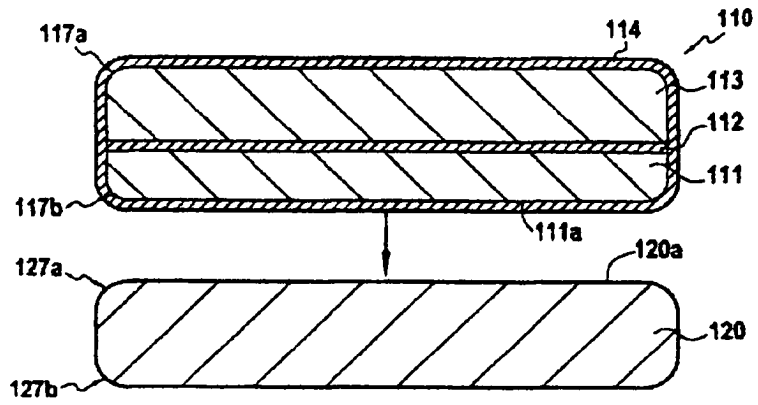


FIG. 1A

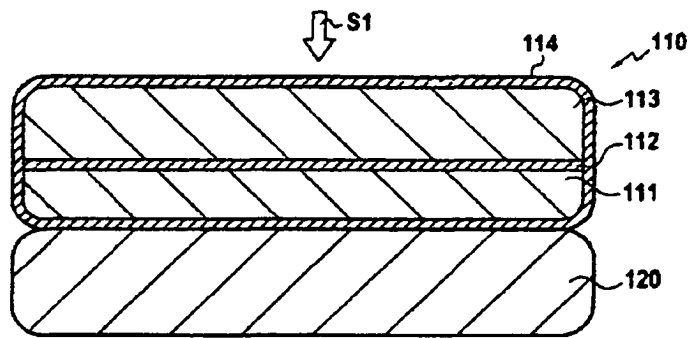


FIG. 1B

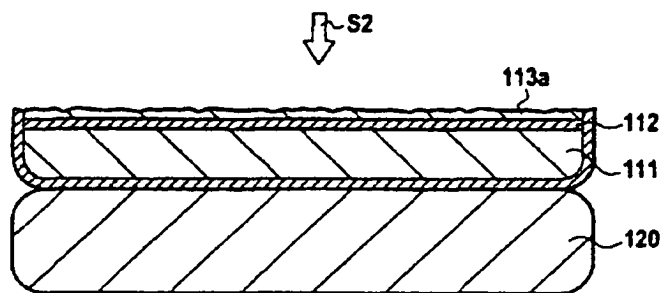
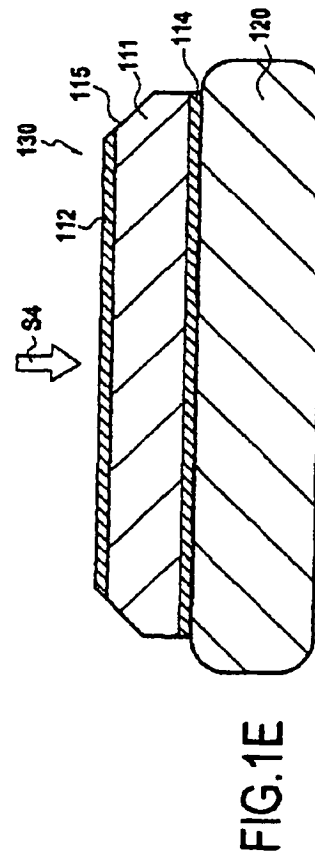
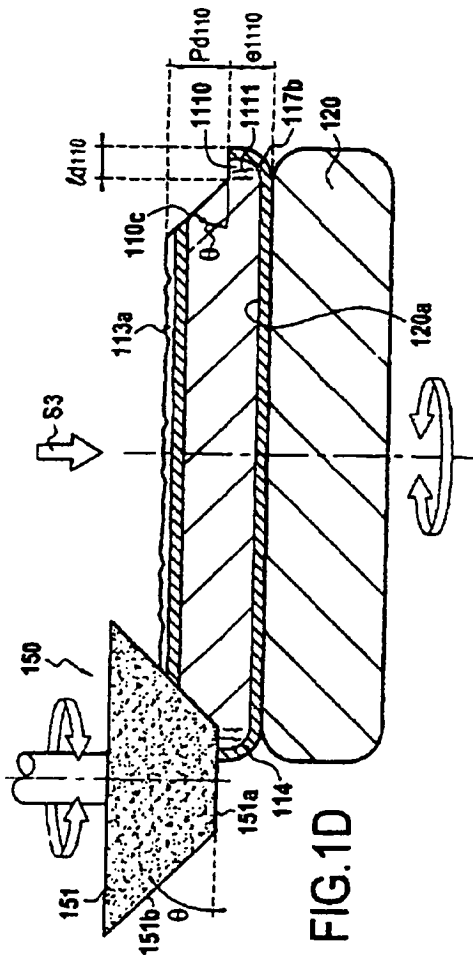


FIG. 1C



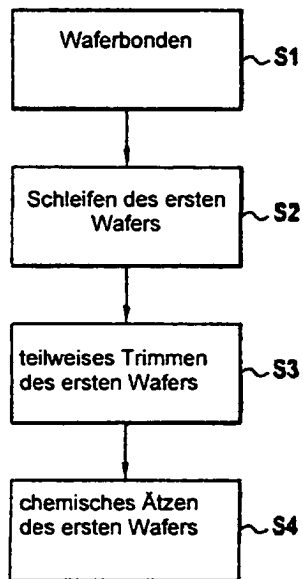


FIG.2

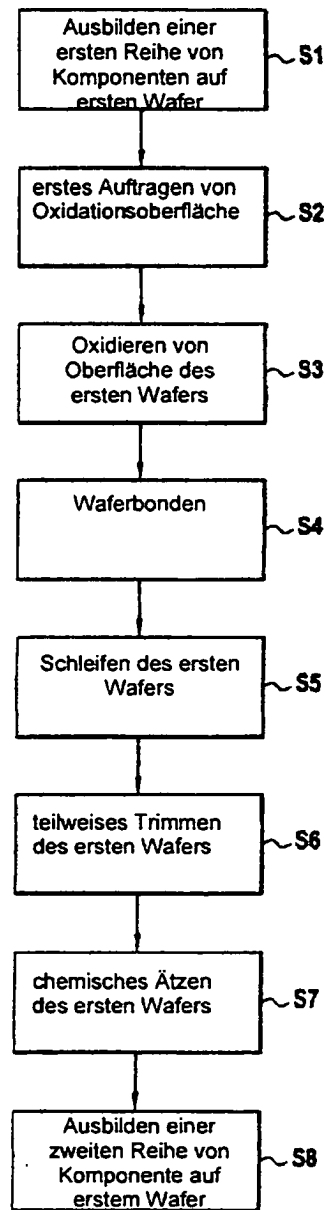


FIG.4

