

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 18/2012
(22) Anmeldetag: 24.08.2010
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.04.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2019

(51) Int. Cl.: **H01L 21/321** (2006.01)
B24B 37/34 (2012.01)
B24B 41/00 (2006.01)

(30) Priorität:
21.06.2010 US 819680 beansprucht.

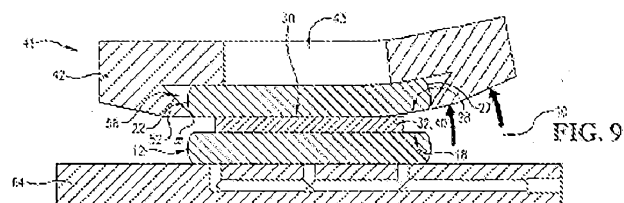
(56) Entgegenhaltungen:
US 2005173064 A1
WO 2009094558 A2
JP H07240355 A

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
BREWER SCIENCE INC.
65401 ROLLA (US)

(74) Vertreter:
Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH
1010 Wien (AT)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ENTFERNUNG EINES REVERSIBEL MONTIERTEN
BAUSTEINWAFERS VON EINEM TRÄGERSUBSTRAT**

(57) Neue Demontageverfahren und -vorrichtungen zum Trennen temporär, permanent oder semipermanent verklebter Substrate und Gegenstände, die aus diesen Verfahren und Vorrichtungen hergestellt werden, werden bereitgestellt. Die Verfahren umfassen das Demontieren eines Bausteinwafers von einem Trägerwafer oder -substrat, die nur an ihren Außenumfängen stark verklebt wurden. Die Kantenklebeverbindungen werden chemisch, mechanisch, akustisch oder thermisch erweicht, aufgelöst oder zerstört, um zu ermöglichen, die Wafer leicht mit sehr geringen Kräften und bei oder in der Nähe von Raumtemperatur in dem passenden Stadium in dem Herstellungsverfahren zu trennen.



Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein neuartige Verfahren zum temporären Verkleben (Bonden) und nachfolgendem Entkleben (Debonden) von Wafern und Vorrichtungen, die nach einer Waferabdünnung und anderen Rückseitenbearbeitung einen Bausteinwafer von einem Trägersubstrat entfernen können.

BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0002] Integrierte Schaltungen, Leistungshalbleiter, Leuchtdioden, photonische Schaltungen, mikroelektromechanische Systeme (MEMS), eingebettete passive Arrays, Verkapselungs-Interposer und eine Menge anderer auf Silizium- und Compound-Halbleitern basierender Mikrobausteine werden gemeinsam in Arrays auf Wafersubstraten hergestellt, deren Durchmesser von 1 bis 12 Zoll reicht. Die Bausteine werden dann in einzelne Bausteine oder Chips getrennt, die verkapselt werden, um eine praktische Verbindung mit der makroskopischen Umgebung zu ermöglichen, beispielsweise durch Anschluss an eine Leiterplatte. Es ist zunehmend populärer geworden, die Bausteinverkapselung auf dem oder um den Chip herum zu konstruieren, wobei sie immer noch Teil des Waferarrays ist. Diese Praxis, die als Verkapselung auf Waferebene bezeichnet wird, verringert die Verkapselungskosten insgesamt und ermöglicht, eine höhere Anschlussdichte zwischen dem Baustein und seiner mikroelektronischen Umgebung zu erzielen als mit herkömmlicheren Verkapselungen, die in der Regel Außendimensionen aufweisen, die um ein Vielfaches größer als der eigentliche Baustein sind.

[0003] Bis vor kurzem waren Anschlusskonzepte im Allgemeinen auf zwei Dimensionen beschränkt, was bedeutete, dass die elektrischen Verbindungen zwischen dem Baustein und der entsprechenden Platte oder Verkapselungsfläche, an die er montiert ist, alle in einer horizontalen oder x-y-Ebene angeordnet wurden. Die Mikroelektronikindustrie hat jetzt erkannt, dass beträchtliche Steigerungen der Anschlussdichte des Bausteins und entsprechende Verringerungen der Signalverzögerungen (infolge einer Verkürzung des Abstands zwischen elektrischen Verbindungspunkten) erzielt werden können, indem Bausteine vertikal gestapelt und angeschlossen werden, d. h. in der z-Richtung. Zwei allgemeine Erfordernisse für die Baustein Stapelung sind: (1) Abdünnung des Bausteins in der Richtung durch den Wafer von der Rückseite und (2) anschließendes Bilden von elektrischen Verbindungen durch den Wafer, die im Allgemeinen als Silizium-Durchkontaktierungen (Through-Silicon Vias) oder "TSV" bezeichnet werden und die auf der Rückseite des Bausteins enden. Was das betrifft, ist die Halbleiterbaustein-Abdünnung nun zu einer Standardpraxis geworden, selbst wenn Bausteine nicht in einer Stapelkonfiguration verkapselt werden, das es die Wärmeableitung erleichtert und ermöglicht, mit kompakten elektronischen Produkten, wie Mobiltelefonen, einen viel kleineren Formfaktor zu erzielen.

[0004] Es besteht zunehmendes Interesse am Abdünnen von Halbleiterbausteinen auf weniger als 100 Mikrometer, um ihre Profile zu verringern, insbesondere wenn sie oder die entsprechenden Verkapselungen, in denen sie sich befinden, gestapelt werden, und um die Bildung von elektrischen Rückseiten-Verbindungen auf den Bausteinen zu vereinfachen. Siliziumwafer, die bei der Massenproduktion von integrierten Schaltungen verwendet werden, weisen in der Regel einen Durchmesser von 200 oder 300 mm auf und haben eine durch den Wafer gehende Dicke von etwa 750 Mikrometer. Ohne Abdünnung wäre es nahezu unmöglich, elektrische Rückseiten-Verbindungen zu bilden, die mit Schaltkreisen auf der Vorderseite verbunden sind, indem die Verbindungen durch den Wafer geführt werden. Hoch effiziente Abdünnungsverfahren für Halbleiterqualität-Silizium- und Compound-Halbleiter, die auf mechanischem Schleifen (Rückschleifen) und Polieren sowie chemischem Ätzen beruhen, sind jetzt im Handel im Gebrauch. Diese Verfahren ermöglichen, die Bausteinwaferdicke in einigen wenigen Minuten auf

weniger als 100 Mikrometer zu verringern, während eine präzise Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Dicke über mehrere Wafer hinweg bewahrt wird.

[0005] Bausteinwafer, die auf weniger als 100 Mikrometer abgedünnt wurden, und insbesondere jene, die auf weniger als 60 Mikrometer abgedünnt wurden, sind äußerst zerbrechlich und müssen über ihre gesamten Dimensionen gestützt werden, um Rissbildung oder Zerschlagen zu verhindern. Verschiedene Wafer-Stäbe und -Spannvorrichtungen wurden zum Transportieren ultradünner Bausteinwafer entwickelt, es besteht jedoch noch immer das Problem, wie die Wafer während der Rückschleif- und TSV-Bildungsverfahren, die Schritte wie chemisch/mechanisches Polieren (CMP), Lithographie, Ätzen, Abscheidung, Tempern und Reinigen beinhalten, zu stützen sind, da diese Schritte den Bausteinwafer hohen thermischen und mechanischen Belastungen aussetzen, während dieser abgedünnt wird oder nach dem Abdünnen. Eine zunehmend populärere Vorgehensweise zur Handhabung ultradünner Wafer beinhaltet das Montieren des Bausteinwafers von voller Dicke mit der Oberseite nach unten auf einem starren Träger mit einem polymeren Klebstoff. Er wird dann abgedünnt und von der Rückseite bearbeitet. Der vollständig bearbeitete Wafer wird dann von dem Träger durch thermische, thermomechanische oder chemische Verfahren entfernt oder entklebt, nachdem die Rückseitenbearbeitung abgeschlossen wurde.

[0006] Zu üblichen Trägermaterialien zählen Silizium (z. B. ein Bausteinwafer-Rohling), Kalknatronglas, Borsilikatglas, Saphir und verschiedene Metalle und Keramiken. Die Träger können quadratisch oder rechteckig sein, sind jedoch häufiger rund und sind so dimensioniert, dass sie dem Bausteinwafer entsprechen, so dass die verklebte Baugruppe in herkömmlichen Bearbeitungswerkzeugen und Kassetten gehandhabt werden kann. Gelegentlich sind die Träger perforiert, um das Entklebungsverfahren (Debonden) zu beschleunigen, wenn eine flüssige Chemikalie verwendet wird, um den polymeren Klebstoff als Mittel zur Trennung aufzulösen oder zu zersetzen.

[0007] Die zum temporären Verkleben (Bonden) der Wafer verwendeten polymeren Klebstoffe werden in der Regel mittels Rotationsbeschichtung oder Sprühbeschichtung aus Lösung oder Laminierung als Trockenfolienband aufgebracht. Durch Rotationsbeschichtung oder Sprühen aufgetragene Klebstoffe werden zunehmend bevorzugt, da sie Beschichtungen mit größerer Dickengleichmäßigkeit bilden, als Bänder bereitstellen können. Eine größere Dickengleichmäßigkeit überträgt sich in eine größere Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Dicke über mehrere Wafer hinweg nach der Abdünnung. Die polymeren Klebstoffe zeigen eine größere Bindefestigkeit zu dem Bausteinwafer und dem Träger.

[0008] Der polymere Klebstoff kann durch Rotationsbeschichtung auf den Bausteinwafer, den Träger oder beide aufgebracht werden, je nach der erforderlichen Dicke und Ebenheit (Flachheit) der Beschichtung. Der beschichtete Wafer wird gebrannt, um das gesamte Beschichtungslösungsmittel von der Schicht des polymeren Klebstoffs zu entfernen. Der beschichtete Wafer und der Träger werden dann zum Verkleben mit einer beheizten mechanischen Presse in Kontakt gebracht. Eine ausreichende Temperatur und ein ausreichender Druck werden angewendet, um zu bewirken, dass der Klebstoff in die Strukturmerkmale des Bausteinwafers fließt und diese ausfüllt und einen engen Kontakt mit allen Bereichen der Oberflächen des Bausteinwafers und des Trägers zu erreichen.

[0009] Das Entkleben eines Bausteinwafers von dem Träger nach der Rückseitenbearbeitung wird in der Regel mittels einem der folgenden Wege durchgeführt:

[0010] (1) Chemisch - der verklebte Waferstapel wird in ein Lösungsmittel oder eine Chemikalie eingetaucht oder damit besprüht, um den polymeren Klebstoff aufzulösen oder zu zersetzen.

[0011] (2) Photochemische Zersetzung - Der verklebte Waferstapel wird durch einen lichtdurchlässigen Träger mit einer Lichtquelle bestrahlt, um die Klebstoffgrenzschicht, die an den Träger angrenzt, photochemisch zu zersetzen. Der Träger kann dann von dem Stapel getrennt werden und der Rest des polymeren Klebstoffs wird von dem Bausteinwafer entfernt, während dieser in einer Spannvorrichtung gehalten wird.

[0012] (3) Thermomechanisch - Der verklebte Waferstapel wird über die Erweichungstemperatur des polymeren Klebstoffs erhitzt und der Bausteinwafer wird dann von dem Träger weg geschoben oder gezogen, während er von einer Spannvorrichtung zum Halten des kompletten Wafers gestützt wird.

[0013] (4) Thermische Zersetzung - Der verklebte Waferstapel wird über die Zersetzungstemperatur des polymeren Klebstoffs erhitzt, was bewirkt, dass dieser verdampft und die Adhäsion zu dem Bausteinwafer und dem Träger verliert.

[0014] Jedes dieser Entklebungsverfahren hat Nachteile, die seine Verwendung in einer Produktionsumgebung stark einschränken. Zum Beispiel ist das chemische Entkleben durch Auflösen des polymeren Klebstoffs ein langsamer Vorgang, da das Lösungsmittel über große Entfernungen durch das viskose Polymermedium diffundieren muss, um die Trennung zu bewirken. Das heißt, das Lösungsmittel muss von der Kante der verklebten Substrate oder von einer Perforation in dem Träger in den lokalen Bereich des Klebstoffs diffundieren. In beiden Fällen ist der zur Lösungsmitteldiffusion und -penetration erforderliche Mindestabstand mindestens 3-5 mm und kann viel mehr betragen, selbst bei Perforationen zum Steigern des Lösungsmittelkontakts mit der Klebeschicht. Behandlungszeiten von mehreren Stunden, selbst bei erhöhten Temperaturen ($> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$), sind gewöhnlich erforderlich, damit das Entkleben stattfindet, was bedeutet, dass der Waferdurchsatz niedrig sein wird.

[0015] Die photochemische Zersetzung ist ebenfalls ein langsamer Vorgang, da das gesamte verklebte Substrat nicht gleichzeitig belichtet werden kann. Stattdessen muss die belichtende Lichtquelle, bei der es sich gewöhnlich um einen Laser mit einem Strahlquerschnitt von nur einigen wenigen Millimetern handelt, jeweils auf einen kleinen Bereich fokussiert werden, um eine ausreichende Energie zu liefern, damit die Zersetzung der Klebeschicht des Klebstoffs stattfindet. Der Strahl tastet dann fortlaufend das gesamte Substrat ab (oder rastert dieses), um die gesamte Oberfläche zu entkleben, was zu langen Entklebungszeiten führt.

[0016] Obgleich eine thermomechanische (TM) Entklebung in der Regel in einigen wenigen Minuten durchgeführt werden kann, weist sie andere Einschränkungen auf, die die Baustein- ausbeute verringern können. An der Rückseite durchgeführte Verfahren für temporär verklebte Bausteinwafer beinhalten oftmals Arbeitstemperaturen von mehr als $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder sogar $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die zur TM-Entklebung verwendeten polymeren Klebstoffe dürfen sich bei oder in der Nähe der Arbeitstemperatur weder zersetzen noch übermäßig erweichen; andernfalls würde die Entklebung vorzeitig stattfinden. Infolgedessen werden die Klebstoffe normalerweise so entwickelt, dass sie bei $20\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ über der Arbeitstemperatur hinreichend erweichen, damit die Entklebung erfolgt. Die zur Entklebung erforderliche hohe Temperatur erlegt dem verklebten Paar infolge der Wärmeausdehnung beträchtliche Belastungen auf. Gleichzeitig erzeugt die hohe mechanische Kraft, die zum Bewegen des Bausteinwafers von dem Träger weg durch eine Gleit-, Hebe- oder Drehbewegung erforderlich ist, eine zusätzliche Belastung, die verursachen kann, dass der Bausteinwafer zerbricht, oder die im mikroskopischen Schaltkreis einzelner Bausteine Schäden hervorruft, was zum Versagen des Bausteins und einer Ausbeuteminderung führt.

[0017] Entklebung durch thermische Zersetzung (TZ) ist auch für ein Zerbrechen der Wafer anfällig. Gase werden produziert, wenn der polymere Klebstoff zersetzt wird, und diese Gase werden zwischen dem Bausteinwafer und dem Träger eingeschlossen, bevor der Großteil des Klebstoffs entfernt wurde. Die Ansammlung eingeschlossener Gase kann bewirken, dass auf dem dünnen Bausteinwafer Blasen und Risse entstehen oder er sogar reißt. Ein weiteres Problem der TZ-Entklebung besteht darin, dass die Polymerzersetzung oftmals von der Bildung hartnäckiger, karbonisierter Reste begleitet wird, die mit üblichen Reinigungsverfahren nicht von dem Baustein entfernt werden können.

[0018] Die Einschränkungen dieser Entklebungsverfahren des Standes der Technik für polymere Klebstoffe haben den Bedarf an neuen Methoden zur Handhabung von mit Trägern gestützten dünnen Wafers entstehen lassen, die einen hohen Waferdurchsatz bereitstellen und die Wahrscheinlichkeiten eines Zerbrechens des Bausteinwafers und einer internen Beschädigung des Bausteins verringern oder eliminieren.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0019] Es wird allgemein eine neue Ringklemme zum Trennen verklebter Substrate beschrieben. Die Ringklemme hat einen ebenen Körper mit einem im Wesentlichen kreisförmigen Profil und einer zentralen Öffnung. Der Körper umfasst eine ringförmige Innenseitenwand; eine ringförmige Außenseitenwand; eine obere Fläche, die sich zwischen der Innenseitenwand und der Außenseitenwand erstreckt; eine Wafereingriffsfläche, die sich von der Innenseitenwand nach außen in im Wesentlichen paralleler Ausrichtung mit der oberen Fläche erstreckt, wobei die Wafereingriffsfläche an einem Punkt in dem Körper endet, der von der Außenseitenwand beabstandet ist; und einen sich nach innen erstreckenden ringförmigen Grat, der sich von dem Punkt nach innen und von der Wafereingriffsfläche weg neigt. Die Wafereingriffsfläche und der ringförmige Grat bilden gemeinsam eine ringförmige Waferaufnahmenut.

[0020] Ein Beispiel zielt außerdem auf die Kombination einer Klemme mit einem ebenen Körper mit einem im Wesentlichen kreisförmigen Profil, die eine ringförmige Waferaufnahmenut umfasst, und eines ebenen Substrats mit einer äußersten Kante, die den Umfang des Substrats definiert, ab, wobei mindestens ein Teil des Umfangs in der Waferaufnahmenut aufgenommen wird.

[0021] Die vorliegende Erfindung stellt außerdem allgemein ein neuartiges Verfahren zum temporären Verkleben (Bonden) bereit. Das Verfahren umfasst das Bereitstellen eines Stapels, der ein erstes Substrat und ein zweites Substrat, das an das erste Substrat geklebt ist, umfasst, und das Trennen des ersten Substrats und des zweiten Substrats unter Anwendung einer Abziehbewegung. Das erste Substrat weist eine Rückfläche und eine Bausteinfläche auf, wobei die Bausteinfläche einen peripheren Bereich und einen zentralen Bereich aufweist. Das zweite Substrat weist eine Trägerfläche, eine Rückseitenfläche und eine äußerste Kante, die den Umfang des zweiten Substrats definiert, auf, wobei die Trägerfläche einen peripheren Bereich und einen zentralen Bereich aufweist. Das erste und das zweite Substrat werden durch Ausüben einer Kraft auf einen Teil des Umfangs des zweiten Substrats getrennt, was bewirkt, dass das zweite Substrat in einem Winkel von dem Stapel weg gebogen wird, wodurch das erste Substrat und das zweite Substrat gemäß dem Verfahren getrennt werden.

[0022] Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem allgemein ein Verfahren zum Bilden einer temporären Wafer-Verklebungsstruktur. Das Verfahren umfasst das Bereitstellen eines ersten Substrats mit einer Vorderfläche und einer Rückfläche; das Bilden einer Verklebungsschicht auf der Vorderfläche des ersten Substrats; das Bereitstellen eines zweiten Substrats mit einer Vorderfläche und einer Rückfläche, wobei die Vorderfläche einen oberflächenmodifizierten Bereich, einen unmodifizierten Bereich und eine optionale Maske, die an den unmodifizierten Bereich angrenzt, aufweist; und das Inkontaktbringen der Vorderfläche des zweiten Substrats mit der Verklebungsschicht auf dem ersten Substrat, um dadurch die temporäre Verklebungsstruktur zu bilden. Vorteilhafterweise umfassen die Verklebungsschicht und der oberflächenmodifizierte Bereich des zweiten Substrats zwischen sich eine Grenzfläche mit geringer Verklebung.

[0023] Es wird außerdem eine scheibenförmige Klemme zum Trennen verklebter Substrate beschrieben. Die Klemme weist einen festen, ebenen Körper mit einem im Wesentlichen kreisförmigen Profil auf. Der Körper umfasst eine ringförmige Außenseitenwand, die den Außendurchmesser des Körpers definiert; eine obere Fläche, die sich über den gesamten Durchmesser zwischen der Außenseitenwand erstreckt; eine Wafereingriffsfläche, die sich von einem Punkt in dem Körper erstreckt, der von der Außenseitenwand beabstandet ist; und einen sich nach innen erstreckenden ringförmigen Grat, der sich von dem Punkt nach innen und von der Wafereingriffsfläche weg neigt. Vorteilhafterweise bilden die Wafereingriffsfläche und der ringförmige Grat gemeinsam eine ringförmige Waferaufnahmenut.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- [0024]** Figur (Fig.) 1 ist eine schematische Schnittansicht eines Waferstapels;
- [0025]** Fig. 2 ist eine schematische Zeichnung, die eine alternative Ausführungsform zum erfindungsgemäßen Verkleben von Substraten zeigt;
- [0026]** Fig. 3 ist eine schematische Zeichnung, die eine andere alternative Ausführungsform zum erfindungsgemäßen Verkleben von Substraten zeigt;
- [0027]** Fig. 4 ist eine schematische Zeichnung, die noch eine andere alternative Ausführungsform zum erfindungsgemäßen Verkleben von Substraten zeigt;
- [0028]** Fig. 5(a) ist eine Draufsicht einer Ringklemme zum Trennen verklebter Substrate gemäß eines Beispiels, das zur Illustration eines Anwendungszwecks dient;
- [0029]** Fig. 5(b) ist eine Draufsicht einer scheibenförmigen Klemme zum Trennen verklebter Substrate gemäß eines Beispiels, das zur Illustration eines Anwendungszwecks dient;
- [0030]** Fig. 6(a) ist eine bruchstückhafte Schnittansicht einer Ringklemmenvorrichtung, die entlang Schnittlinie 6(a) in Fig. 5(a) genommen wurde, zum Trennen verklebter Substrate gemäß eines Beispiels, das zur Illustration eines Anwendungszwecks dient;
- [0031]** Fig. 6(b) ist eine vergrößerte Schnittansicht eines Abschnitts der Ringklemme von Fig. 6(a), die einen Wafer eines verklebten Stapels gemäß eines Beispiels, das zur Illustration eines Anwendungszwecks dient, erfasst;
- [0032]** Fig. 6(c) ist eine bruchstückhafte Schnittansicht einer scheibenförmigen Klemmenvorrichtung, die entlang Schnittlinie 6(c) in Fig. 5(b) genommen wurde, zum Trennen verklebter Substrate gemäß eines Beispiels, das zur Illustration eines Anwendungszwecks dient;
- [0033]** Fig. 7 ist eine schematische Schnittzeichnung einer Ausführungsform der Erfindung, die die Ringklemme und eine Unterdruckspannvorrichtung zur Trennung der verklebten Substrate einsetzt;
- [0034]** Fig. 8 ist eine schematische Schnittzeichnung einer Ausführungsform der Erfindung, die die Ringklemme und eine mit einer Klebefolie bedeckte Spannvorrichtung zur Trennung der verklebten Substrate einsetzt;
- [0035]** Fig. 9 ist eine schematische Schnittzeichnung einer Ausführungsform der Erfindung, die den erfindungsgemäßen Trennvorgang darstellt;
- [0036]** Fig. 10 ist eine schematische Schnittzeichnung einer Ausführungsform der Erfindung, die eine flexible Spannvorrichtung und eine Unterdruckspannvorrichtung zur Trennung der verklebten Substrate einsetzt;
- [0037]** Fig. 11 ist eine schematische Schnittzeichnung einer Ausführungsform der Erfindung, die eine flexible Spannvorrichtung und eine mit einer Klebefolie bedeckte Spannvorrichtung zur Trennung der verklebten Substrate einsetzt;
- [0038]** Fig. 12 ist eine schematische Schnittzeichnung einer Ausführungsform der Erfindung, die eine Klebefolie und eine Unterdruckspannvorrichtung zur Trennung der verklebten Substrate einsetzt; und
- [0039]** Fig. 13 ist eine schematische Schnittzeichnung einer Ausführungsform der Erfindung, die eine Klebefolie und eine mit einer Klebefolie bedeckte Spannvorrichtung zur Trennung der verklebten Substrate einsetzt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0040] Genauer gesagt stellt die vorliegende Erfindung neue Demontageverfahren und -vorrichtungen zum Trennen temporär, permanent oder semipermanent verklebter Substrate, wie in einem Waferstapel, unter Anwendung einer Abziehbewegung bereit. Wie hierin verwendet, beziehen sich alle Verweise auf "abziehen", "abgezogen" oder eine "Abziehbewegung" auf die fortlaufende Ablösung der verklebten Oberfläche des Substrats, das getrennt wird, beginnend mit der äußersten Kante eines Teils des Umfangs des Substrats und fortfahrend quer längs der Substratoberfläche zu der gegenüberliegenden Kante/Seite des Substrats. Wie hierin verwendet, beziehen sich Verweise auf "einen Teil" des Umfangs auf einen Abschnitt des Umfangs, der weniger als der gesamte Umfang (und vorzugsweise weniger als etwa 1/2 oder weniger als etwa 1/4 des Umfangs) ist, und kann mehr als eine Stelle um den Umfang des Substrats herum beinhalten, wenn das Abziehen eingeleitet wird (vorzugsweise 4 oder weniger Stellen, mehr bevorzugt 2 oder weniger Stellen und noch mehr bevorzugt eine Stelle). Im Allgemeinen wird zum Abziehen der Substrate voneinander eine nach oben gerichtete Kraft auf einen Teil des Umfangs des Substrats ausgeübt, die bewirkt, dass das Substrat sich biegt und in einem Winkel von dem Stapel abgelenkt wird, wodurch zunächst das Substrat an diesem Teil der äußersten Kante von dem Stapel getrennt wird, worauf die fortlaufende Trennung des Substrats von dieser anfänglichen Kante zu der gegenüberliegenden Kante des Substrats folgt, bis die gesamte Substratoberfläche von dem Stapel getrennt (d. h. abgezogen) wurde. Verschiedene Verfahren und Vorrichtungen, einschließlich einer neuartigen Ringklemme, werden im Folgenden detailliert beschrieben, um diese Abziehbewegung zu erleichtern, zusammen mit mehreren geeigneten Verfahren zum Bilden der in der Erfindung verwendeten temporär, permanent oder semipermanent verklebten Substrate.

[0041] Fig. 1 stellt eine Ausführungsform eines Stapels 10 von zwei reversibel verklebten Wafern dar. Geeignete Verfahren zum Bilden eines solchen Stapels sind in der US-Patentschrift Nr. 2009/0218560, eingereicht am 23. Januar 2009, offenbart, die durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit in dem Ausmaß, das es mit der vorliegenden Anmeldung nicht unvereinbar ist, hierin aufgenommen ist. Man wird zu schätzen wissen, dass die Reihenfolge des Zusammenfügens oder Aufbringens der Komponenten, um den Waferstapel 10 zu bilden, unterschiedlich sein wird, wie in der US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnr. 2009/0218560 offenbart, und kann in einer beliebigen Reihenfolge durchgeführt werden, die zum Erzielen des Stapels 10, wie in Fig. 1 dargestellt, geeignet ist.

[0042] Die Stapelstruktur 10 enthält ein erstes Substrat 12. In dieser Ausführungsform ist das erste Substrat 12 ein Bausteinwafer. Das heißt, das Substrat 12 weist eine Vorder- oder Bausteinfläche 14, eine Rückfläche 16 und eine äußerste Kante 17 auf, die den Umfang (den Umriss) des Substrats definiert. Obgleich das Substrat 12 eine beliebige Form aufweisen kann, hätte es in der Regel ein kreisförmiges Profil, obwohl Wafer-Frats auch verwendet werden können (kreisförmige Wafer mit einer oder mehreren geraden Kanten auf dem Außenumfang des Wafers). Ungeachtet der Form weist die Vorder- oder Bausteinfläche 14 einen peripheren Bereich 18 und einen zentralen Bereich 20 auf. Der periphere Bereich 18 hat vorzugsweise eine Breite von etwa 0,05 mm bis etwa 10 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,5 mm bis etwa 5 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 1 mm bis etwa 2,5 mm.

[0043] Bevorzugte erste Substrate 12 enthalten Bausteinwafer, deren Bausteinflächen Arrays von Bausteinen umfassen, die aus der Gruppe bestehend aus integrierten Schaltungen, MEMS, Mikrosensoren, Leistungshalbleitern, Leuchtdioden, photonischen Schaltungen, Interposern, eingebetteten passiven Bausteinen und anderen Mikrobausteinen, die auf oder aus Silizium und anderen Halbleitermaterialien, wie Silizium-Germanium, Galliumarsenid und Galliumnitrid, hergestellt sind, ausgewählt sind. Die Oberflächen dieser Bausteine umfassen gewöhnlich Strukturen, die aus einem oder mehreren der folgenden Materialien hergestellt sind: Silizium, Polysilizium, Siliziumdioxid, Silizium(oxy)nitrid, Metalle (z. B. Kupfer, Aluminium, Gold, Wolfram, Tantal), Dielektrika mit niedriger Dielektrizitätskonstante, Polymer-Dielektrika und verschiedene Metallnitride und -silizide. Die Bausteinfläche 13 kann auch erhabene Strukturen beinhalten, wie Lötperlen und Metallstäbe und -säulen.

[0044] Der Stapel 10 enthält außerdem ein zweites Substrat 22. In dieser bestimmten Ausführungsform ist das zweite Substrat 22 ein Trägersubstrat. Das zweite Substrat 22 beinhaltet eine Trägerfläche 24 und eine Rückfläche 26 und eine Außenkante 27 auf, die den Umfang des Substrats 22 definiert. Wie es bei dem ersten Substrat 12 der Fall war, kann das zweite Substrat 22 eine beliebige Form aufweisen, obgleich es in der Regel ein kreisförmiges Profil hätte und/oder mindestens eine Flat aufweisen würde. Des Weiteren wäre das zweite Substrat 22 vorzugsweise so dimensioniert, dass es ungefähr die gleiche Größe wie das erste Substrat 12 hat, so dass die Außenkante 27 des zweiten Substrats 22 längs im Wesentlichen der gleichen Ebene wie die Außenkante 17 des ersten Substrats 12 liegen wird. Ungeachtet der Form weist die Trägerfläche 24 einen peripheren Bereich 28 und einen zentralen Bereich 30 auf. Der periphere Bereich 28 hat vorzugsweise eine Breite von etwa 0,05 mm bis etwa 10 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,5 mm bis etwa 5 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 1 mm bis etwa 2,5 mm.

[0045] Bevorzugte zweite Substrate 22 umfassen ein Material, das aus der Gruppe bestehend aus Silizium, Saphir, Quarz, Metallen (z. B. Aluminium, Kupfer, Stahl) und verschiedenen Gläsern und Keramiken ausgewählt ist. Das Substrat 22 kann auch andere Materialien beinhalten, die auf seiner Fläche 24 abgeschieden sind. Zum Beispiel kann Siliziumnitrid auf einem Siliziumwafer abgeschieden werden, um die Verklebungscharakteristika der Fläche 24 zu verändern.

[0046] In der Zwischenschicht zwischen dem ersten Substrat 12 und dem zweiten Substrat 22 ist eine Schicht 32 aus Füllmaterial, die an die Bausteinfläche 14 bzw. die Trägerfläche 24 angrenzt. Die Dicke der Schicht 32 (an ihrem dicksten Punkt gemessen) wird von der Höhe der Topographie auf dem ersten Substrat 12 abhängen und kann zwischen etwa 5 µm und etwa 150 µm liegen. In einigen Ausführungsformen reicht die bevorzugte Dicke von etwa 5 µm bis etwa 100 µm, mehr bevorzugt von etwa 5 µm bis etwa 50 µm und noch mehr bevorzugt von etwa 10 µm bis etwa 30 µm.

[0047] Beim Bilden des Stapels 10 kann das Füllmaterial mit beliebigen herkömmlichen Mitteln, einschließlich Rotationsbeschichtung, Gießen aus Lösung (z. B. Meniskusbeschichtung, Walzenbeschichtung), Tintenstrahlbeschichtung und Sprühbeschichtung, auf entweder das Substrat 12 oder das Substrat 22 aufgebracht werden. Es ist bevorzugt, dass die Füllschicht 32 so aufgebracht wird, dass sie eine Dicke (an ihrem dicksten Punkt gemessen) von etwa 5 µm bis etwa 100 µm, mehr bevorzugt von etwa 5 µm bis etwa 50 µm und noch mehr bevorzugt von etwa 10 µm bis etwa 30 µm aufweist. Wenn Sie mittels Rotationsbeschichtung aufgebracht wird, wird die materialbildende Füllschicht 32 in der Regel bei Geschwindigkeiten von etwa 100 U/min bis etwa 500 U/min für einen Zeitraum von etwa 15 Sekunden bis etwa 300 Sekunden mittels Rotationsbeschichtung aufgebracht. Die Schicht würde dann in der Nähe der oder über dem Siedepunkt des Lösungsmittels bzw. der Lösungsmittel, das bzw. die in der Füllschicht 32 vorliegt bzw. vorliegen, (z. B. von etwa 80 °C bis etwa 250 °C für einen Zeitraum von etwa 1 Minute bis etwa 15 Minuten gebrannt, um den Lösungsmittelrestgehalt in der Füllschicht 32 auf weniger als etwa 1 Gew.-% zu verringern.

[0048] Die Füllschicht 32 ist in der Regel aus einem Material hergestellt, das Monomere, Oligomere und/oder Polymere umfasst, die in einem Lösungsmittelsystem dispergiert oder gelöst sind. Wenn die Füllschicht 32 mittels Rotationsbeschichtung aufgebracht wird, ist bevorzugt, dass der Feststoffgehalt dieses Materials von etwa 1 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-%, mehr bevorzugt von etwa 5 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-% und noch mehr bevorzugt von etwa 10 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-% beträgt. Zu Beispielen geeigneter Monomere, Oligomere und/oder Polymere zählen jene, die aus der Gruppe bestehend aus cyclischen Olefinpolymeren und -copolymeren und amorphen Fluorpolymeren mit hohem atomarem Fluorgehalt (mehr als etwa 30 Gew.-%), wie fluorierte Siloxanpolymere, fluorierte Ethylen/Propylen-Copolymere, ausgewählt sind, wobei Polymere mit seitenständigen Perfluoralkoxygruppen und Copolymere von Tetrafluorethylen und 2,2-Bistrifluormethyl-4,5-difluor-1,3-dioxol besonders bevorzugt sind. Man wird zu schätzen wissen, dass die Bindefestigkeit dieser Materialien von ihren spezifischen chemischen Strukturen und den Beschichtungs- und Brennbedingungen, die angewendet wer-

den, um sie aufzubringen, abhängen wird.

[0049] Zu Beispielen geeigneter Lösungsmittelsysteme für cyclische Olefinpolymere und -copolymere zählen Lösungsmittel, die aus der Gruppe bestehend aus aliphatischen Lösungsmitteln, wie Hexan, Decan, Dodecan und Dodecen; alkylsubstituierten aromatischen Lösungsmitteln, wie Mesitylen; und Gemischen davon ausgewählt sind. Zu geeigneten Lösungsmitteln für amorphe Fluorpolymere zählen Fluorkohlenstofflösungsmittel, die beispielsweise von der 3M Corporation unter der Bezeichnung FLUORINERT® vertrieben werden.

[0050] In einer anderen Ausführungsform könnte die Füllschicht auch aus einem polymeren Material hergestellt sein, die dispergierte Nanoteilchen enthält. Zu geeigneten Nanoteilchen zählen jene, die aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumoxid, Ceroxid, Titandioxid, Siliziumdioxid, Zirkoniumdioxid, Graphit und Gemischen davon ausgewählt sind.

[0051] Das Material, aus dem die Füllschicht 32 hergestellt wird, sollte bei Temperaturen von etwa 150 °C bis etwa 350 °C und vorzugsweise von etwa 200 °C bis etwa 300 °C stabil bleiben. Darüber hinaus sollte dieses Material unter den chemischen Einwirkungsbedingungen stabil sein, die in den bestimmten an der Rückseite durchgeführten Vorgängen angetroffen werden, denen es ausgesetzt werden wird. Die Füllschicht 32 sollte sich unter diesen Bedingungen nicht zersetzen (d. h. eine Gewichtsabnahme von weniger als etwa 1 %) oder anderweitig seine mechanische Intaktheit verlieren, beispielsweise durch Schmelzen. Die Füllschicht 32 sollte auch keine Ausgasung zeigen, da dies bewirken könnte, dass sich auf den dünnen Bausteinwafer Blasen bilden oder die Wafer sich verformen, insbesondere wenn sie Hochvakuumvorgängen ausgesetzt werden, wie während der Abscheidung von CVD-Dielektrikumsschichten.

[0052] In dieser Ausführungsform bildet die Füllschicht 32 vorzugsweise keine starken Klebeverbindungen, wodurch die Trennung zu einem späteren Zeitpunkt erleichtert wird. Allgemein gesprochen beinhalten wünschenswerte Materialien amorphe polymere Materialien, die: (1) geringe freie Oberflächenenergien aufweisen; (2) nicht klebrig sind, wobei von ihnen bekannt sind, dass sie nicht stark an Glas-, Silizium- und Metalloberflächen kleben (d. h. in der Regel sehr niedrige Konzentrationen von Hydroxyl- oder Carbonsäuregruppen und vorzugsweise keine derartigen Gruppen hätten); (3) aus Lösung gegossen oder zu einem dünnen Film zur Laminierung ausgebildet sein können; (4) unter typischen Verklebungsbedingungen fließen werden, um die Oberflächentopographie des Bausteinwafers zu füllen, wobei eine hohlraumfreie Klebschicht zwischen den Substraten gebildet wird; und (5) unter mechanischen Belastungen, die während der Rückseitenbearbeitung angetroffen werden, nicht reißen, fließen oder sich neu verteilen, selbst wenn die Bearbeitung bei hohen Temperaturen oder unter Hochvakuumbedingungen durchgeführt wird. Wie hierin verwendet, ist geringe freie Oberflächenenergie als ein polymeres Material oder eine polymere Oberfläche definiert, die einen Kontaktwinkel mit dem Wafer von mindestens etwa 90° und eine kritischen Oberflächenspannung von weniger als etwa 40 dyn/cm, vorzugsweise weniger als etwa 30 dyn/cm und mehr bevorzugt von etwa 12 dyn/cm bis etwa 25 dyn/cm zeigt, wie durch Kontaktwinkelmessungen bestimmt.

[0053] Eine geringe Bindefestigkeit bezieht sich auf polymere Materialien oder Oberflächen, die haftabweisend sind oder von einem Substrat mit nur leichtem Handdruck abgezogen werden können, wie er zum Entkleben einer Haftnotiz angewendet werden würde. Folglich wäre alle Materialien mit einer Haftfestigkeit von weniger als etwa 50 psig, vorzugsweise weniger als etwa 35 psig und mehr bevorzugt von etwa 1 psig bis etwa 30 psig, zur Verwendung als Füllschicht 32 wünschenswert. Wie hierin verwendet, wird die Haftfestigkeit mittels ASTM D4541/D7234 bestimmt. Zu Beispielen geeigneter polymerer Materialien, die die obigen Eigenschaften zeigen, zählen einige cyclische Olefinpolymere und -copolymere, die unter den Namen APEL® von Mitsui, TOPAS® von Ticona und ZEONOR® von Zeon vertrieben werden, und lösungsmittellösliche Fluorpolymere, wie CYTOP®-Polymere, die von Asahi Glass vertrieben werden, und TEF-LON®-AF-Polymere, die von DuPont vertrieben werden. Die Bindefestigkeit dieser Materialien wird von den Beschichtungs- und Brennbedingungen, die angewendet werden, um sie aufzubringen, abhängen.

[0054] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, wurde der äußerste Teil der Füllschicht 32 entfernt und grenzt

nur an die zentralen Bereiche 20 und 30 der Bausteinfläche 14 bzw. der Trägerfläche 24 an. Dies kann mit einem beliebigen Mittel erreicht werden, das die Entfernung der gewünschten Menge ohne Beschädigung des ersten Substrats 12 ermöglicht, einschließlich Auflösen des äußersten Teils mit einem Lösungsmittel, von dem bekannt ist, dass es ein gutes Lösungsmittel für das Material ist, aus dem die Füllschicht 32 hergestellt ist. Zu Beispielen solcher Lösungsmittel zählen jene, die aus der Gruppe bestehend aus aliphatischen Lösungsmitteln (z. B. Hexan, Decan, Dodecan und Dodecen), Fluorkohlenstofflösungsmitteln und Gemischen davon ausgewählt sind. Nach der Kantenentfernung weist die Füllschicht 32 eine äußerste Kante 33 auf, die durch einen Abstand "D" von der Ebene beabstandet ist, die von der Außenkante 17 des ersten Substrats 12 definiert wird. "D" ist in der Regel von etwa 0,05 mm bis etwa 10 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,5 mm bis etwa 5 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 1 mm bis etwa 2,5 mm. Der Kontakt mit dem Kantenentfernungslösungsmittel kann für einen ausreichenden Zeitraum beibehalten werden, um die gewünschte Menge der Füllschicht 32 aufzulösen, um den gewünschten Abstand "D" zu erzielen; typische Kontaktzeiten wären jedoch von etwa 5 Sekunden bis etwa 60 Sekunden.

[0055] Der äußerste Teil der Füllschicht 32 kann entfernt werden, bevor oder nachdem die Substrate 12, 22 Fläche-an-Fläche miteinander verklebt werden bzw. wurden. Wenn er vorher entfernt wird, wird der Stapel 10 durch Inkontaktbringen des zweiten Substrats 22 mit der Füllschicht 32 gebildet, wobei ein Hohlraum zwischen dem peripheren Bereich 18 des ersten Substrats 12 und dem peripheren Bereich 28 des zweiten Substrats 22 hinterlassen wird. Dieser Kontakt wird vorzugsweise unter Wärme und Druck durchgeführt, so dass bewirkt wird, dass das Material, aus dem die Füllschicht 32 hergestellt ist, sich im Wesentlichen gleichmäßig längs der Vorderfläche 14 des ersten Substrats 12 als auch längs der Trägerfläche 24 des zweiten Substrats 22 verteilt. Der Druck und die Wärme werden auf Grundlage der chemischen Zusammensetzung der Füllschicht 32 eingestellt und werden so gewählt, dass der Abstand "D" nach dem Verpressen des zweiten Substrats 22 mit dem ersten Substrat 12 sowie vor einem solchen Zusammenpressen im Wesentlichen gleich bleibt. Das heißt, die Füllschicht 32 wird wenig bis keinen Fluss in den Hohlraum erfahren, wo die Schicht entfernt wurde, und der Abstand "D" nach dem Zusammenpressen wird innerhalb von etwa 10 % des Abstands "D" vor dem Zusammenpressen liegen. Typische Temperaturen während dieses Schritts werden von etwa 150 °C bis etwa 375 °C und vorzugsweise von etwa 160 °C bis etwa 350 °C reichen, wobei typische Drücke von etwa 1000 N bis etwa 5000 N und vorzugsweise von etwa 2000 N bis etwa 4000 N reichen. Wenn der äußerste Teil der Füllschicht 32 nach dem Verkleben der Substrate 12, 22 Fläche-an-Fläche entfernt wird, wird der Stapel 10 durch Inkontaktbringen des zweiten Substrats 22 mit der Füllschicht 32 gebildet, unter Wärme und Druck, wie oben beschrieben. Der äußerste Teil der Füllschicht 32 wird dann entfernt, wobei ein Hohlraum zwischen dem peripheren Bereich 18 des ersten Substrats 12 und dem peripheren Bereich 28 des zweiten Substrats 22 hinterlassen wird.

[0056] Alternativ dazu wird die Füllschicht 32 als ein Laminat bereitgestellt, die unter Wärme, Druck und/oder Vakuum an das erste Substrat 12 angehaftet wird, wie für das bestimmte Material erforderlich ist, um sicherzustellen, dass es keine Hohlräume zwischen der Füllschicht 32 und der Vorderfläche 14 gibt. Das Laminat wird vorab in die passende Form (z. B. kreisförmig) geschnitten oder nach dem Aufbringen mechanisch angeglichen, so dass der geeignet bemessene Abstand "D" erschaffen wird, wie oben erörtert.

[0057] Um den Umfang der äußersten Kante 33 der Füllschicht 32 herum, nachdem der äußerste Teil der Füllschicht 32 entfernt wurde, bildet ein Bindematerial eine Kantenklebeverbindung 34 zwischen dem ersten Substrat 12 und dem zweiten Substrat 22, die eine Dicke aufweisen wird, die der oben in Bezug auf die Füllschicht 32 beschriebenen entspricht. Die Kantenklebeverbindung 34 wird auf den Außenumfang des ersten Substrats 12 und des zweiten Substrats 22 begrenzt sein (d. h. grenzt an die peripheren Bereiche 18 und 28 der Bausteinfläche 14 bzw. der Trägerfläche 24 an). In Fällen, in denen das Substrat ein kreisförmiges Profil aufweist, wird die Kantenklebeverbindung 34 ringförmig sein. Folglich liegt in dieser Ausführungsform eine ungleichmäßige Materialverteilung über die Substrate 12, 22 hinweg vor.

[0058] Wie beim Entfernen des äußersten Teils der Füllschicht 32 kann die Kantenklebeverbindung 34 wiederum aufgebracht werden, bevor oder nachdem die Substrate 12, 22 Fläche-an-Fläche miteinander verklebt werden bzw. wurden. Zum Beispiel wenn die Füllschicht 32 sich aus einem Material mit geringer Bindefestigkeit zusammensetzt, wie TEFLON® AF, ist es vorteilhaft, die Kantenklebeverbindung nach dem Aufbringen und dem partiellen Entfernen der Füllschicht 32, jedoch vor dem Inkontaktbringen des zweiten Substrats 22 mit der Füllschicht 32 aufzubringen, um die Substrate zu verkleben. Diese alternative Anordnung ist besonders vorteilhaft, da das beschichtete Substrat 12 unter Bereitstellung des ersten Substrats 12 als einem Trägerwafer hergestellt werden könnte. Dieses Substrat 12 könnte dann einem Endbenutzer bereitgestellt werden, der einen Bausteinwafer mit dem beschichteten Substrat 12 verkleben und den resultierenden Stapel 10 einer Weiterbearbeitung unterziehen würde. Somit würde dem Endbenutzer zur zusätzlichen Dienlichkeit ein klebstoffbereiter Träger zur Verfügung stehen, wodurch Bearbeitungsschritte für den Endbenutzer eliminiert werden. Wenn die Füllschicht 32 und die Kantenklebeverbindung 34 beide vor dem Verkleben der Substrate 12, 22 aufgebracht werden, können die Füllschicht 32 und die Kantenklebeverbindung 34 auf dasselbe Substrat aufgebracht werden, wie oben beschrieben. Alternativ dazu kann die Füllschicht 32 aufgebracht und dann der äußerste Teil von einem Substrat (z. B. dem ersten Substrat 12) entfernt werden, während die Kantenklebeverbindung 34 auf den peripheren Bereich 28 eines anderen Substrats (z. B. des zweiten Substrats 22) aufgebracht werden kann, wie mittels Rotationsbeschichtung. Die Substrate 12, 22 können dann Fläche-an-Fläche verklebt werden. Das Kantenverklebungsmaterial kann mit einer Reihe von Mitteln eingefügt werden. Zum Beispiel wenn es aufgebracht wird, nachdem die Substrate Fläche-an-Fläche verklebt wurden, ist ein geeigneter Mechanismus die Verwendung einer Nadel, Spritze oder eines Spitzenabgabestruments, um das Material in den Hohlraum zwischen dem peripheren Bereich 18 des ersten Substrats 12 und dem peripheren Bereich 28 des zweiten Substrats 22 abzugeben, während die Struktur 10 langsam gedreht wird, bis die peripheren Bereiche mit dem Verklebungsmaterial gefüllt sind, wodurch die Kantenklebeverbindung 34 gebildet wird. Die Kantenklebeverbindung 34 kann auch mittels Kapillarfüllung des Hohlraums 44 oder mittels chemischer Abscheidung aus der Gasphase aufgebracht werden. In einem weiteren Aufbringungsverfahren kann ein flüssiges (zu 100 % Feststoffe oder Lösung) Kantenverklebungsmaterial vor dem Inkontaktbringen der Substrate 12 und 22 auf die Kante des Träger- oder Bausteinwafers unter Verwendung eines Kantenumhüllablenkplattensystems mittels Rotationsbeschichtung aufgebracht werden. Ein solches System wird von Dalvi-Mahotra et al., "Use of silane-based primer on silicon wafers to enhance adhesion of edge-protective coatings during wet etching: Application of the TALON Wrap™ process", Proceedings of SPIE, Bd. 6462, 2007, S. 64620B-1 - 64620B-7, offenbart, das durch Bezugnahme hierin aufgenommen ist. Die Kantenklebeverbindung 34 wird dann dem adäquaten Aushärtungs- oder Härtingsverfahren (z. B. UV-Härtung) unterzogen.

[0059] Die Materialien, aus denen die Kantenklebeverbindung 34 hergestellt wird, sollte eine starke Klebeverbindung mit den Substraten 12 und 22 bilden können. Alle Materialien mit einer Haftfestigkeit von mehr als etwa 50 psig, vorzugsweise von etwa 80 psig bis etwa 250 psig und mehr bevorzugt von etwa 100 psig bis etwa 150 psig wären zur Verwendung als die Kantenklebeverbindung 34 wünschenswert. Darüber hinaus ist die Haftfestigkeit der Kantenklebeverbindung 34 mindestens etwa 0,5 psig, vorzugsweise mindestens etwa 20 psig und mehr bevorzugt von etwa 50 psig bis etwa 250 psig höher als die Haftfestigkeit der Füllschicht 32. Des Weiteren muss das Material, aus dem die Kantenklebeverbindung 34 hergestellt wird, den Anforderungen der Rückseitenbearbeitung hinsichtlich der Wärme- und Chemikalienbeständigkeit genügen. Die Kantenklebeverbindung 34 sollte bei Temperaturen von etwa 150 °C bis etwa 350 °C und vorzugsweise von etwa 200 °C bis etwa 300 °C stabil bleiben. Darüber hinaus sollte dieses Material unter den chemischen Einwirkungsbedingungen stabil sein, die in den bestimmten an der Rückseite durchgeführten Vorgängen angetroffen werden, denen der verklebte Stapel ausgesetzt werden wird. Die Kantenklebeverbindung 34 sollte sich bei den oben beschriebenen Rückseitenbearbeitungstemperaturen nicht zersetzen (d. h. eine Gewichtsabnahme von weniger als etwa 1 %) oder anderweitig seine mechanische Intaktheit verlieren. Diese Materialien sollten auch keine flüchtigen Verbindungen freisetzen, die eine Blasenbildung von dünnen

Bausteinwafern verursachen könnten, insbesondere wenn sie Hochvakuumvorgängen ausgesetzt werden, wie der Abscheidung von CVD-Dielektrikumsschichten.

[0060] Zu bevorzugten Kantenversiegelungs- oder Kantenverklebungsmaterialien zählen kommerzielle Zusammensetzungen zum temporären Verkleben (Bonden) von Wafern, wie die WaferBOND®-Materialien (erhältlich von Brewer Science Inc., Rolla, MO, USA), manche kommerzielle Fotoresistzusammensetzungen, zusammen mit anderen Harzen und Polymeren, die eine hohe Haftfestigkeit an Halbleitermaterialien, Gläsern und Metallen zeigen. Besonders bevorzugt sind: (1) UV-härtbare Harzsysteme mit hohem Feststoffgehalt, wie reaktive Epoxidharze und Acrylharze; (2) verwandte wärmehärtende Harzsysteme, wie Zweikomponenten-Epoxidharz- und -Silikonklebstoffe; (3) thermoplastische Acryl-, Styrol-, Vinylhalogenid- (nicht fluorhaltige) und Vinylesterpolymere und -copolymere, zusammen mit Polyamiden, Polyimiden, Polysulfonen, Polyethersulfonen und Polyurethanen, die aus der Schmelze oder als Lösungsbeschichtungen aufgebracht werden, die nach dem Aufbringen gebrannt werden, um die peripheren Bereiche 18 und 28 zu trocknen und dichter zu machen; und (4) cyclische Olefine, Polyolefinkautschuke (z. B. Polyisobutylen) und Klebrigmacherharze auf Kohlenwasserstoffbasis. Wie es mit den Materialien der Fall war, die zum Bilden der Füllschicht 32 verwendet werden, wird man zu schätzen wissen, dass die Bindefestigkeit von Kantenverklebungsmaterialien auch von ihren spezifischen chemischen Strukturen und den Beschichtungs- und Brennbedingungen, die angewendet werden, um sie aufzubringen, abhängen wird.

[0061] In einer alternativen Ausführungsform könnte nur die Kantenklebeverbindung 34 zwischen dem ersten Substrat 12 und dem zweiten Substrat 22 verwendet werden. Das heißt, anstelle der oben beschriebenen Füllmaterialien könnte die Schicht, die von der Füllschicht 32 in Fig. 1 dargestellt wird, leer sein (d. h. Luft). Somit würde nichts außer Luft an den zentralen Bereich 20 des ersten Substrats 12 und den zentralen Bereich 30 des zweiten Substrats 22 angrenzen.

[0062] Unter Bezugnahme auf Fig. 2 kann in einem anderen Verfahren des Bildens des Stapels 10 eine Oberflächenmodifikation angewendet werden, um die Bindefestigkeitsgrenzfläche zwischen dem Verklebungsmaterial bzw. den Verklebungsmaterialien und dem ersten Substrat 12 oder dem zweiten Substrat 22 zu verändern, anstelle eines Füllmaterials mit geringer Bindefestigkeit in der Zwischenschicht. Unter Bezugnahme auf Fig. 2(a)-(d), wobei identische Teile wie in Fig. 1 nummeriert sind, wird ein Schutzzusammensetzung auf den peripheren Bereich 28 der Trägerfläche 24 des zweiten Substrats 22 aufgebracht, um eine Schicht einer Maske 36 zu bilden, die an den peripheren Bereich 28 angrenzt. Wenn das zweite Substrat 22 ein kreisförmiges Profil aufweist, hat die Maske 36 somit die Form eines Rings. Eine Vielfalt geeigneter Zusammensetzungen kann zum Bilden der Maske 36 verwendet werden. Die Maske 36 sollte gegenüber dem Lösungsmittel, das während der Oberflächenmodifikation und einer anderen anschließenden Bearbeitung genutzt wird, beständig sein, wird jedoch vorzugsweise aus einer Zusammensetzung hergestellt, die leicht von der Trägerfläche 24 entfernt oder aufgelöst werden kann, ohne die Oberflächenbehandlung zu verschlechtern oder das zweite Substrat 22 anderweitig zu beeinträchtigen. Die Maske 36 wird in der Regel aus einem Material hergestellt, das Monomere, Oligomere und/oder Polymere umfasst, die in einem Lösungsmittelsystem dispergiert oder gelöst sind. Zu Beispielen geeigneter Monomere, Oligomere und/oder Polymere zählen jene, die aus der Gruppe bestehend aus Epoxidharzen, Polyamiden, Ethern, Estern, cyclischen Olefinpolymeren und -copolymeren, amorphen Fluorpolymeren und Kombinationen davon ausgewählt sind. Bevorzugte Zusammensetzungen werden aus der Gruppe bestehend aus Kantenverklebungsmaterialien, wie oben beschrieben (z. B. kommerzielle Zusammensetzungen zum temporären Verkleben (Bonden) von Wafern, wie WaferBOND®), Füllmaterialien, wie oben beschrieben, und Fotoresistzusammensetzungen (z. B. SU-8 2002, Microchem, Newton, MA, USA) ausgewählt. Die Maske 36 weist vorzugsweise eine Breite von etwa 0,05 mm bis etwa 10 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,5 mm bis etwa 5 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 1 mm bis etwa 2,5 mm auf. Die Maske weist vorzugsweise eine Dicke von etwa 0,05 µm bis etwa 5 µm, mehr bevorzugt von etwa 0,5 µm bis etwa 2,5 µm und noch mehr bevorzugt von etwa 0,5 µm bis etwa 1 µm auf.

[0063] Wie in Fig. 2(b) gezeigt ist, wird der Bereich auf der Trägerfläche 24 des zweiten Substrats 22, der nicht mit der Maske 36 beschichtet ist, dann chemisch modifiziert, um eine Oberfläche mit geringer Bindung (d. h. eine nicht haftende Oberfläche oder eine Oberfläche, an der ein Füll- oder Verklebungsmaterial nicht stark anhaften kann) zu erhalten. Vorzugsweise ist der zentrale Bereich 30 der Trägerfläche 24 der Bereich, der der Oberflächenmodifikation ausgesetzt wird, um eine Grenzfläche mit geringer Haftfestigkeit bereitzustellen, wenn sie in Kontakt mit dem Verklebungsmaterial gebracht wird. Zu einer geeigneten Oberflächenmodifikation kann eine chemische Behandlung der Substratoberfläche 24 mit einer hydrophoben Lösung, die mit der Substratoberfläche 24 reagieren kann, um dessen freie Oberflächenenergie zu verringern, wie oben beschrieben, zählen. Mehr bevorzugt werden hydrophobe Organosilanlösungen verwendet. Besonders bevorzugte oberflächenmodifizierende Zusammensetzungen 38 werden aus der Gruppe bestehend aus (Fluor)alkylsilan (z. B. Perfluoralkyltrichlorsilan), (Fluor)alkylphosphonat, Isocyanatsilan, Acrylsilan und Kombinationen davon ausgewählt. Die oberflächenmodifizierende Zusammensetzung 38 kann mit einem beliebigen geeigneten Verfahren aufgebracht werden, wie mittels Rotationsbeschichtung bei einer Geschwindigkeit von mindestens etwa 1000 U/min für etwa 100 Sekunden (und vorzugsweise etwa 2000 U/min für etwa 60 Sekunden). Folglich kann die Oberflächenmodifizierende Zusammensetzung 38 mit einem Lösungsmittel, wie FLUORINERT® (3M Corp.), verdünnt werden, bevor sie auf die Substratoberfläche 24 aufgebracht wird. Das zweite Substrat 22 kann dann zum Verdampfen des Lösungsmittels bei etwa 50 °C bis etwa 150 °C für etwa 30 Sekunden bis etwa 5 Minuten (und vorzugsweise bei etwa 100 °C für etwa 1 Minute) gebrannt werden. Das Substrat 22 kann dann mit zusätzlichem Lösungsmittel gespült werden und wiederum gebrannt werden, um das Lösungsmittel zu verdampfen, wie oben beschrieben, um nicht umgesetzte Oberflächenmodifikationslösung 38 zu entfernen und die Oberflächenmodifikationslösung 38 von der Maske 36 abzuspielen, wie in Fig. 2(c) gezeigt ist. Es ist bevorzugt, dass die Maske 36 nicht mit der Oberflächenmodifikationslösung in dieser Ausführungsform reagiert, so dass die Maske 36 durch die Oberflächenmodifikation auch nicht "haftabweisend" gemacht wird. Der Vorteil des Oberflächenmodifikationsansatzes besteht darin, dass die Zwischenschicht für eine beliebige Kombination von Eigenschaften (z. B. Dicke, Löslichkeit, Wärmebeständigkeit) ausgewählt werden kann, abgesehen von der Bereitstellung einer haftabweisenden Grenzfläche oder einer Grenzfläche mit geringer Haftfestigkeit mit dem Substrat, wie oben in Bezug auf Fig. 1 beschrieben. Ein anderer Vorteil besteht darin, dass eine gleichmäßige Verklebungszusammensetzung für die gesamte Zwischenschicht anstelle eines separaten Füllmaterials 32 und einer Kantenklebeverbindung 34 verwendet werden kann.

[0064] Die Oberfläche 14 des ersten Substrats 12 (des Bausteinwafers) wird dann mit einer Verklebungszusammensetzung beschichtet, um eine Verklebungsschicht 40 auf der und über die Oberfläche 14 hinweg zu erzeugen, und das erste Substrat 12 und das behandelte zweite Substrat 22 werden dann Fläche-an-Fläche verklebt, wie in Fig. 2(d) gezeigt ist, wobei das zweite Substrat 22 sich jetzt auf dem Stapel 10 befindet. Dieser Kontakt wird vorzugsweise unter Wärme und Druck durchgeführt, um zu bewirken, dass das Material, aus dem die Verklebungsschicht 40 hergestellt ist, im Wesentlichen gleichmäßig längs der Vorderfläche 14 des ersten Substrats 12 sowie längs der Trägerfläche 24 des zweiten Substrats 22 zu verteilen. Mehr bevorzugt werden die Substrate 12, 22 unter Vakuum und in einer erhitzten, unter Druck stehenden Kammer verklebt (vorzugsweise bei von etwa 100 bis etwa 300 °C für etwa 1 bis 10 Minuten und mehr bevorzugt von etwa 100 bis etwa 200 °C für etwa 2 bis 5 Minuten). In dieser Ausführungsform wird die Maske 36 nicht vor dem Verkleben der zwei Substrate 12, 22 Fläche-an-Fläche entfernt. Folglich ist bevorzugt, dass das zum Bilden der Maske 36 verwendete Schutzmaterial aus dem gleichen Material oder einem ähnlichen oder kompatiblen Material wie die Materialien, aus dem die Verklebungsschicht 40 hergestellt wird, besteht, so dass beim Verkleben der Substrate 12, 22, wie oben beschrieben, die Maske 36 und die Verklebungsmaterialien zusammen verfließen, um eine gleichmäßige Verklebungsschicht 40 zu bilden, wie in Fig. 2(d) gezeigt ist. Die Dicke der Verklebungsschicht 40 wird von der Höhe der Topographie auf dem Bausteinwafer 12 abhängen und kann zwischen etwa 5 µm und etwa 150 µm liegen. In einigen Ausführungsformen reicht die bevorzugte Dicke von etwa 5 µm bis etwa 100 µm, mehr

bevorzugt von etwa 5 µm bis etwa 50 µm und noch mehr bevorzugt von etwa 10 µm bis etwa 30 µm.

[0065] Die Materialien, aus denen die Verklebungsschicht 40 hergestellt wird, sollten mit den Substraten 12 und 22 eine starke Klebeverbindung bilden, außer wenn sie mit der oberflächenmodifizierenden Zusammensetzung 38 behandelt werden. Zu geeigneten Verklebungsmaterialien zählen alle Materialien mit einer Haftfestigkeit von mehr als etwa 50 psig, vorzugsweise von etwa 80 psig bis etwa 250 psig und mehr bevorzugt von etwa 100 psig bis etwa 150 psig wären zur Verwendung als die Kantenklebeverbindung 34 wünschenswert. Des Weiteren muss das Material, aus dem die Verklebungsschicht 40 hergestellt wird, den Anforderungen der Rückseitenbearbeitung hinsichtlich der Wärme- und Chemikalienbeständigkeit genügen. Die Verklebungsschicht 40 sollte bei Temperaturen von etwa 150 °C bis etwa 350 °C und vorzugsweise von etwa 200 °C bis etwa 300 °C stabil bleiben. Darüber hinaus sollte dieses Material unter den chemischen Einwirkungsbedingungen stabil sein, die in den an der Rückseite durchgeführten Vorgängen angetroffen werden, denen der verklebte Stapel ausgesetzt werden wird. Die Verklebungsschicht 40 sollte sich bei den oben beschriebenen Rückseitenbearbeitungstemperaturen nicht zersetzen (d. h. eine Gewichtsabnahme von weniger als etwa 1 %) oder anderweitig seine mechanische Intaktheit verlieren. Diese Materialien sollten auch keine flüchtigen Verbindungen freisetzen, die eine Blasenbildung von dünnen Bausteinwafern verursachen könnten, insbesondere wenn sie Hochvakuumvorgängen ausgesetzt werden, wie der Abscheidung von CVD-Dielektrikumsschichten.

[0066] Zu bevorzugten Verklebungsmaterialien zählen kommerzielle Zusammensetzungen zum temporären Verkleben (Bonden) von Wafern, wie die WaferBOND®-Materialien (erhältlich von Brewer Science Inc., Rolla, MO, USA), manche kommerzielle Fotoresistzusammensetzungen, zusammen mit anderen Harzen und Polymeren, die eine hohe Haftfestigkeit an Halbleitermaterialien, Gläsern und Metallen zeigen. Besonders bevorzugt sind: (1) UV-härtbare Harzsysteme mit hohem Feststoffgehalt, wie reaktive Epoxidharze und Acrylharze; (2) verwandte wärmehärtende Harzsysteme, die bei Erhitzung aushärten oder vernetzen, wie Zweikomponenten-Epoxidharz- und -Silikonklebstoffe, cyclische Olefinpolymere und -copolymere mit thermischen Katalysatorinitiatoren und CYCLOTENE® (Dow Chemical); (3) thermoplastische Acryl-, Styrol-, Vinylhalogenid- (nicht fluorhaltige) und Vinylesterpolymere und -copolymere, zusammen mit Polyamiden, Polyimiden, Polysulfonen, Polyethersulfonen und Polyurethanen, die aus der Schmelze oder als Lösungsbeschichtungen aufgebracht werden, die nach dem Aufbringen zur Trocknung gebrannt werden; und (4) cyclische Olefine, Polyolefinkautschuke (z. B. Polyisobutylene) und Klebrigmacherharze auf Kohlenwasserstoffbasis. Wärmehärtende Materialien erfordern außerdem die Verwendung eines Vernetzungsmittels und gegebenenfalls eines Katalysators in dem System sowie einen Schritt zum Induzieren der Vernetzung, wie hierin ausführlicher beschrieben. Die vorstehenden Materialien sind auch zum Bilden der Maske 36 in dieser Ausführungsform von Nutzen.

[0067] In dem resultierenden Stapel 10 kontaktiert die Verklebungsschicht 40 den modifizierten zentralen Bereich 30 und den unmodifizierten peripheren Bereich 28 auf der Trägerfläche 24. Vorteilhafterweise ist die Verklebungsgrenzfläche zwischen der Verklebungsschicht 40 und dem zentralen Bereich 30 der Trägerfläche 24 schwächer als die Verklebungsgrenzfläche zwischen der Verklebungsschicht 40 und dem peripheren Bereich 28 der Trägerfläche 24. Daher werden in der Verklebungsschicht 40 Bereiche mit hoher Haftfestigkeit "B" und Bereiche mit geringer Haftfestigkeit "b" gebildet. Der Übergang zwischen den Bereichen mit hoher Haftfestigkeit "B" und den Bereichen mit geringer Haftfestigkeit "b" längs der Grenzfläche zwischen der Verklebungsschicht 40 und der Trägerfläche 24 zeigt die anfängliche Stelle an, an der die zwei Substrate 12, 22 beginnen werden, sich während der Trennung voneinander abzuziehen. Man wird zu schätzen wissen, dass die Breite der Maske 36 während der Bearbeitung je nach der gewünschten Größe und Position der Bereiche mit hoher Haftfestigkeit "B" variiert werden kann. Gleichfalls könnte die Maske 36, insbesondere wenn die Maske 36 aus Fotoresistzusammensetzungen oder anderen strukturierbaren Schichten hergestellt wird, auch als eine gleichmäßige Schicht über der Trägerfläche 23 aufgebracht und dann auf eine Reihe von Weisen (wie zum

Bilden eines Gitters, von Linien, Formen usw.) strukturiert und entwickelt werden. Eine anschließende Oberflächenmodifikation würde in der Behandlung einer strukturierten, haftabweisenden Oberfläche resultieren. Dementsprechend können die Stelle und die Art und Weise der Trennung der Substrate 12 und 22 auf die gewünschten Spezifikationen des Benutzers angepasst werden.

[0068] Unter Bezugnahme auf Fig. 3 ist eine andere alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt, wobei identische Teile wie in Fig. 2 nummeriert sind. Wie in dieser Figur dargestellt ist, sind die Substrate 12, 22, die Maske 36 und die Verklebungsschicht 40 aus den gleichen Materialien hergestellt, wie oben unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben, mit Ausnahme davon, dass in Schritt (c) von Fig. 3 die Maske 36 von der Trägerfläche 24 entfernt wird, wodurch der periphere Bereich 28 der Trägerfläche 24 freigelegt wird, der mit der oberflächenmodifizierenden Zusammensetzung 38 unbehandelt bleibt. Die Maske 36 kann durch Lösungsmittel-Auflösungs-, Säuren- oder Basennassentwicklungsverfahren oder Plasmaätzen entfernt werden. Das erste Substrat 12 und das behandelte zweite Substrat 22 werden dann Fläche-an-Fläche mit dem zweiten Substrat verklebt, das sich jetzt in Fig. 3(d) oben befindet. Dieser Kontakt wird vorzugsweise unter Wärme und Druck durchgeführt, so dass bewirkt wird, dass das Material, aus dem die Verklebungsschicht 40 hergestellt ist, sich im Wesentlichen gleichmäßig längs der Vorderfläche 14 des ersten Substrats 12 als auch längs der Trägerfläche 24 des zweiten Substrats 22 verteilt, so dass die Verklebungsschicht 40 den modifizierten zentralen Bereich 30 und den unmodifizierten peripheren Bereich 28 auf der Trägerfläche 24 kontaktiert, wie zuvor beschrieben. Die Maske 36 in dieser Ausführungsform kann auch wie oben beschrieben strukturiert werden, worauf die Oberflächenmodifikation und die Entfernung der Maske 36 folgt, was in der Behandlung einer strukturierten, haftabweisenden Oberfläche resultiert, sobald die Maske 36 entfernt wurde. Da diese Maske 36 entfernt wird, kann die Maske 36 aus einem beliebigen Material hergestellt werden, das zur Maskierung geeignet ist, und muss nicht mit den Materialien kompatibel sein, die zum Bilden der Verklebungsschicht 40 verwendet werden. Gleichfalls kann die Maske 36 mit der Oberflächenmodifikationszusammensetzung 38 reaktiv sein, solange sie noch immer von der Trägerfläche 24 entfernt werden kann, um den unbehandelten peripheren Bereich 28 des zweiten Substrats 22 offen zu legen.

[0069] Fig. 4 stellt eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bildens eines Stapels 10 dar. Eine Verklebungszusammensetzung wird auf die Fläche 24 des zweiten Substrats 22 aufgebracht, um eine Verklebungsschicht 40 zu bilden. Die Verklebungsschicht 40 kann aus beliebigen geeigneten Materialien hergestellt werden, wie zuvor unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben, obgleich wärmehärtende Materialien besonders bevorzugt sind. Die Dicke der Verklebungsschicht 40 wird von der Höhe der Topographie auf dem ersten Substrat 12 abhängen und kann zwischen etwa 5 μm und etwa 150 μm liegen. In einigen Ausführungsformen reicht die bevorzugte Dicke von etwa 5 μm bis etwa 100 μm , mehr bevorzugt von etwa 5 μm bis etwa 50 μm und noch mehr bevorzugt von etwa 10 μm bis etwa 30 μm . Eine Schicht aus Füllmaterial wird auf die Verklebungsschicht 40 aufgebracht, um eine Füllschicht 32 zu bilden, wie in Fig. 2(b) gezeigt ist. Die Füllschicht 32 weist eine Dicke von etwa 0,05 μm bis etwa 5 μm , vorzugsweise von etwa 0,5 μm bis etwa 2,5 μm und mehr bevorzugt von etwa 0,5 μm bis etwa 1 μm auf. In dieser Ausführungsform bildet die Füllschicht 32 keine starken Klebeverbindungen und wird vorzugsweise aus einem Material mit geringer Bindefestigkeit hergestellt, wie oben unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschrieben. Somit zählen zu geeigneten Materialien zum Bilden der Füllschicht 32 in dieser Ausführungsform Zusammensetzungen mit den oben beschriebenen Eigenschaften, einschließlich cyclischer Olefinpolymere und -copolymere, die unter den Namen APEL[®] von Mitsui, TOPAS[®] von Ticona und ZEONOR[®] von Zeon vertrieben werden, und lösungsmittellösliche Fluorpolymere, wie CYTOP[®]-Polymere, die von Asahi Glass vertrieben werden, und TEFLON[®]-AF-Polymere, die von DuPont vertrieben werden. Man wird dennoch zu schätzen wissen, dass die Bindefestigkeit dieser Materialien wird von den Beschichtungs- und Brennbedingungen, die angewendet werden, um sie aufzubringen, abhängen.

[0070] Als Nächstes, wie in Fig. 4(c) gezeigt ist, wird die Füllschicht 32 des äußersten Teils entfernt. Dies kann mit einem beliebigen Mittel erreicht werden, das die Entfernung der ge-

wünschten Menge ohne Beschädigung der Intaktheit der Verklebungsschicht 40 ermöglicht, einschließlich Auflösen des äußersten Teils mit einem Lösungsmittel, von dem bekannt ist, dass es ein gutes Lösungsmittel für das Material ist, aus dem die Füllschicht 32 hergestellt ist. Zu Beispielen solcher Lösungsmittel zählen jene, die aus der Gruppe bestehend aus aliphatischen Lösungsmitteln (z. B. Hexan, Decan, Dodecan und Dodecen), Fluorkohlenstofflösungsmitteln und Gemischen davon ausgewählt sind. Nach der Kantenentfernung weist die Füllschicht 32 eine äußerste Kante 33 auf, die durch einen Abstand "D" von der Ebene beabstandet ist, die von der äußersten Kante 27 des zweiten Substrats 22 definiert wird. "D" ist in der Regel von etwa 0,05 mm bis etwa 10 mm, vorzugsweise von etwa 0,5 mm bis etwa 5 mm und mehr bevorzugt von etwa 1 mm bis etwa 2,5 mm. Der Kontakt mit dem Kantenentfernungslösungsmittel kann für einen ausreichenden Zeitraum beibehalten werden, um die gewünschte Menge der Füllschicht 32 aufzulösen, um den gewünschten Abstand "D" zu erzielen; typische Kontaktzeiten wären jedoch von etwa 5 Sekunden bis etwa 120 Sekunden.

[0071] Unter Bezugnahme auf Fig. 4(d) wird das zweite Substrat 22 Fläche-an-Fläche mit dem ersten Substrat 12 verklebt. Dieser Kontakt wird vorzugsweise unter Wärme und Druck durchgeführt, um zu bewirken, dass das Material, aus dem die Verklebungsschicht 40 hergestellt ist, um die Füllschicht 32 herum und in den Raum, der von dem Kantenentfernungsverfahren hinterlassen wurde, zu verfließen, so dass der periphere Bereich 18 der Vorderfläche 14 des ersten Substrats 12 gleichmäßig kontaktiert wird. Mehr bevorzugt werden die Substrate 12, 22 unter Vakuum und in einer erhitzten, unter Druck stehenden Kammer verklebt (vorzugsweise bei von etwa 100 bis etwa 300 °C für etwa 1 bis 10 Minuten und mehr bevorzugt von etwa 100 bis etwa 200 °C für etwa 2 bis 5 Minuten). In dieser Ausführungsform kann die Verklebungsschicht 40 aus einer Zusammensetzung hergestellt werden, die bei Erhitzung aushärtet oder vernetzt, wie einer Fotoresistzusammensetzung auf Epoxidbasis. Folglich wird der Stapel 10 in einem Gesichtspunkt nach dem Inkontaktbringen des ersten Substrats 12 und des zweiten Substrats 22 unter Wärme und Druck dann Strahlung (d. h. Licht) ausgesetzt, um die Vernetzung (Aushärtung) der Schicht 40 zu initiieren, worauf ein Brennen nach der Belichtung (Post-Exposure Bake, PEB) bei einer Temperatur von etwa 75 °C bis etwa 300 °C, mehr bevorzugt von etwa 100 °C bis etwa 250 °C und mehr bevorzugt von etwa 100 °C bis etwa 175 °C für einen Zeitraum von etwa 15 Sekunden bis etwa 120 Sekunden folgt. Somit werden die Materialien, die zum Bilden der Verklebungsschicht 40 in dieser Ausführungsform verwendet werden, ein Vernetzungsmittel und gegebenenfalls einen Katalysator in dem System umfassen.

[0072] Vorteilhafterweise ist die Verklebungsgrenzfläche zwischen dem zentralen Bereich 20 der Bausteinfläche 14 und der Füllschicht 32 schwächer als die Verklebungsgrenzfläche zwischen der Verklebungsschicht 40 und dem peripheren Bereich 18 der Bausteinfläche 14. Daher werden Bereiche mit hoher Haftfestigkeit "B" und Bereiche mit geringer Haftfestigkeit "b" gebildet. Der Übergang zwischen den Bereichen mit hoher Haftfestigkeit B und den Bereichen mit geringer Haftfestigkeit b längs der Grenzfläche zwischen der Vorderfläche 14 des ersten Substrats 12 und der Verklebungsschicht 40 und der Füllschicht 32 zeigt die anfängliche Stelle an, an der die zwei Substrate 12, 22 beginnen werden, sich während der Trennung voneinander abzuziehen.

[0073] Unter Bezugnahme auf die Stapel, die in Fig. 1, 2(d), 3(d) und 4(d) gebildet wurden, kann das erste Substrat 12 in dem Stapel 10 in diesem Stadium sicher gehandhabt und weiteren Verfahren unterzogen werden, die andernfalls das erste Substrat 12 hätten beschädigen können, ohne mit dem zweiten Substrat 22 verklebt zu werden. Somit kann das erste Substrat 12 der Struktur 10 sicher einer Rückseitenbearbeitung unterzogen werden, wie Rückschleifen, CMP, Ätzen, Abscheidung von Metallen oder Dielektrikumsschichten, Strukturierung (z. B. Fotolithographie durch Ätzen), Passivierung, Tempern und Kombinationen davon, ohne dass eine Trennung der Substrate 12 und 22 erfolgt und ohne Infiltration etwaiger chemischer Substanzen, die während dieser anschließenden Bearbeitungsschritte angetroffen wird, in die zentralen Bereiche 20 und 30 zwischen den Substraten 12 und 22.

[0074] Vorteilhafterweise werden die getrockneten oder ausgehärteten Schichten der Stapelstruktur 10 in dieser und allen Ausführungsformen eine Reihe sehr wünschenswerter Eigen-

schaften besitzen. Zum Beispiel werden die Schichten während Erhitzungs- und/oder Vakuumabscheidungsverfahren geringe Ausgasung zeigen. Das heißt, Brennen bei etwa 150 - 300 °C für bis zu etwa 60 Minuten resultiert in einer Filmdickenveränderung der Füllschicht 32 und der Kantenklebeverbindung 34 von weniger als etwa 5 %, vorzugsweise weniger als etwa 2 % und noch mehr bevorzugt von weniger als etwa 1,0 %. Die getrockneten Schichten können auch auf Temperaturen von bis zu etwa 350 °C, vorzugsweise bis zu etwa 320 °C und mehr bevorzugt bis zu etwa 300 °C erhitzt werden, ohne dass chemische Reaktionen in der Schicht stattfinden. In einigen Ausführungsformen können die Schichten in dem verklebten Stapel auch polaren Lösungsmitteln (z. B. N-Methyl-2-pyrrolidon) bei einer Temperatur von etwa 80 °C für etwa 15 Minuten ohne Reagieren oder Auflösen ausgesetzt werden.

[0075] Die Verklebungsgintegrität der Kantenklebeverbindung 34 oder der Verklebungsschicht 40 kann selbst bei Aussetzung gegenüber einer Säure oder Base bewahrt werden. Das heißt, eine getrocknete Kantenklebeverbindung 34 mit einer Dicke von etwa 15 µm kann in ein saures Medium (z. B. konzentrierte Schwefelsäure) bei Raumtemperatur für etwa 10 Minuten oder in ein alkalisches Medium (z. B. 30-Gew.-%-iges KOH) bei etwa 85 °C für etwa 45 Minuten eingetaucht werden, wobei die Verklebungsgintegrität bewahrt wird. Die Verklebungsgintegrität kann beurteilt werden, indem ein Glasträgersubstrat verwendet und die Kantenklebeverbindung 34 durch das Glasträgersubstrat visuell beobachtet wird, um sie auf Blasen, Hohlräume usw. zu überprüfen.

[0076] Sobald die gewünschte Bearbeitung abgeschlossen wurde, können das erste Substrat 12 und das zweite Substrat 22 einfach getrennt werden. Obgleich die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich (der "B" entspricht) der Verklebungsschicht 40 vor der Trennung der Substrate 12, 22 intakt gehalten werden kann, wird die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich "B" der Verklebungsschicht 40 zunächst chemisch, mechanisch, akustisch oder thermisch erweicht, aufgelöst oder zerstört, um zu ermöglichen, die Wafer leicht mit sehr geringen Kräften bei etwa Raumtemperatur (~23 °C) zu trennen. Zum Beispiel wird die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich der Verklebungsschicht 40 zunächst mithilfe eines Lösungsmittels oder einer anderen Chemikalie aufgelöst. Dies kann durch Eintauchen in das Lösungsmittel oder durch Sprühen eines Strahls des Lösungsmittels auf die Kantenklebeverbindung 34 oder den peripheren Bereich der Verklebungsschicht 40, um diese bzw. diesen aufzulösen, erreicht werden. Die Verwendung thermoplastischer Materialien ist besonders wünschenswert, wenn Auflösung mit einem Lösungsmittel angewendet werden soll, um die Kantenklebeverbindung 34 oder die Verklebungsschicht 40 zu zerstören. Zu Lösungsmitteln, die in der Regel bei diesem Entfernungsvorgang verwendet werden könnten, zählen jene, die aus der Gruppe bestehend aus Ethyllactat, Cyclohexanon, N-Methylpyrrolidon, aliphatischen Lösungsmitteln (z. B. Hexan, Decan, Dodecan und Dodecen) und Gemischen davon ausgewählt sind. Die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich der Verklebungsschicht wird mit dem Lösungsmittel vorzugsweise zumindest zum Teil (etwa 50 %) entfernt und mehr bevorzugt im Wesentlichen (etwa 85 %) entfernt.

[0077] Die Substrate 12 und 22 können auch getrennt werden, indem zunächst die Kontinuität der Kantenklebeverbindung 34 oder des peripheren Bereichs der Verklebungsschicht unter Anwendung von Laserablation, Plasmaätzen, Wasserstrahlspülung oder anderer Hochenergie-techniken, die die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich der Verklebungsschicht 40 effektiv ätzt oder zersetzt, mechanisch unterbrochen oder zerstört wird. Es ist auch zweckdienlich, zunächst die Kantenklebeverbindung 34 oder den peripheren Bereich der Verklebungsschicht 40 mit einem Riss oder Bruch abzutrennen oder die Kantenklebeverbindung 34 oder den peripheren Bereich der Verklebungsschicht 40 mit einem äquivalenten Mittel zu durchsägen oder zu durchschneiden oder zu spalten.

[0078] Ungeachtet dessen, welches der obigen Mittel eingesetzt wird, kann dann eine geringe mechanische Kraft (z. B. Fingerdruck, leichte Hebelanwendung) ausgeübt werden, um die Substrate 12 und 22 vollständig zu trennen. Vorteilhafterweise können das erste Substrat 12 und das zweite Substrat 22 unter Anwendung einer Abziehbewegung getrennt werden, so dass eines der Substrate 12 oder 22 von dem Stapel abgezogen wird. Um das Abziehen zu initiieren,

wird eine Kraft auf einen Teil (z. B. weniger als $1/2$, vorzugsweise weniger als $1/3$, mehr bevorzugt weniger als $1/4$ und noch mehr bevorzugt weniger als $1/10$) des Umfangs des zu trennenden Substrats ausgeübt. Wie oben erörtert, wird die Stelle der anfänglichen Trennung von der Stelle des Übergangs zwischen den Bereichen mit hoher Haftfestigkeit "B" und den Bereichen mit geringer Haftfestigkeit "b" längs der Grenzfläche zwischen der Verklebungsschicht und/oder der Füllschicht und der Substratoberfläche abhängen. Da der anfängliche Teil des Umfangs des Substrats angehoben oder weiter nach oben gedrückt, bewegt sich die Stelle der Biegung des Substrats allmählich entlang der Grenzfläche zwischen der Substratoberfläche und der Verklebungsschicht und/oder der Füllschicht von dem anfänglichen Teil des Umfangs, an dem die Kraft ausgeübt wird, bis schließlich die gesamte Oberfläche des Substrats von dem Stapel getrennt wurde. Um die Trennung zu erleichtern, kann der Stapel gleichzeitig wegbewegt werden (d. h. nach unten abgesenkt werden), während die Kraft auf das zu trennende Substrat ausgeübt wird, vorzugsweise in einer Aufwärtsrichtung. Das Ausmaß der auf den Umfang des Substrats ausgeübten Kraft wird variieren, wird jedoch vorzugsweise zwischen etwa 0,25 Newton bis etwa 100 Newton, mehr bevorzugt von etwa 2 Newton bis etwa 75 Newton und noch mehr bevorzugt von etwa 5 Newton bis etwa 50 Newton liegen, wie am Teil des Umfangs des Substrats gemessen, an dem die Kraft ausgeübt wird.

[0079] In einem beschriebenen Beispiel wird eine ringförmige Klemme 41 in der Form einer gespaltenen Ringklemme zum Trennen der Substrate 12, 22 bereitgestellt. Unter Bezugnahme auf Fig. 5(a) weist die Ringklemme 41 einen ebenen Körper 42 mit einem im Wesentlichen kreisförmigen Profil auf, der den Umfang und eine zentrale Öffnung 43 definiert. Vorzugsweise ist der Ringklemmenkörper 42 einheitlich ausgebildet, mit einem Spalt an einer Stelle, um zwei freie Enden 44a, 44b zu bilden, vorzugsweise in der Form von Schultern. Der Ausdruck "einheitlich ausgebildet", wie hierin verwendet, ist mit dem Ausdruck "einstückig ausgebildet" austauschbar und bedeutet, dass derartige einheitlich ausgebildete Teile "einstückig" sind und nicht in einem separaten Schritt aneinander angebracht werden oder voneinander gelöst werden können, jedoch aus einem einzigen Materialstück ausgebildet sind. Geeignete Materialien für den Ringkörper 42 werden aus der Gruppe bestehend aus Metallen, Keramiken, Polymeren, Verbundstoffen und Kombinationen davon ausgewählt. Die Enden 44a, 44b werden entweder in der offenen Konfiguration voneinander wegbewegt (d. h. auseinandergespreizt) oder in der geschlossenen Konfiguration zueinander hingezogen, um den Wafer, der von dem Stapel 10 getrennt werden soll, zusammendrückend zu erfassen. Das heißt, die freien Enden 44a, 44b sind so eingerichtet, dass sie in naher Beziehung geklemmt werden, so dass der Ring um die Umfangslänge (den Umfang) des Wafers passt. Vorzugsweise werden die Enden 44a, 44b in der geschlossenen Konfiguration zueinander gezwängt, bleiben jedoch unverbunden (d. h. eine Lücke zwischen den Enden bleibt bestehen und der Ring bildet einen unterbrochenen kreisförmigen Körper), obgleich die Enden 44a, 44b verbunden werden können, um eine lückenlose, ununterbrochene Form zu bilden. Im Gebrauch bewirkt das Zusammenziehen oder Auseinanderspreizen der Enden 44a, 44b, dass die zentrale Öffnung 43 verkleinert oder vergrößert wird, um die Klemmaktion des Körpers 42 um den Wafer, der von dem Stapel entfernt werden soll, zu bewirken, und ermöglicht das Unterbringen von Wafer verschiedener Größen, während ein gleichmäßiger Druck über die gesamte Umfangslänge (den gesamten Umfang) des Wafers aufrechterhalten wird, wenn der von dem Ring erfasst wird. In einer anderen Ausführungsform könnte die Ringklemme 41 ein mehrteiliges System sein, wobei jedes Teil einheitlich ausgebildet ist. Die Teile werden zusammengebracht, um den Ring um die Umfangslänge des Wafers zu bilden, der diesen erfasst, wie oben beschrieben. Das mehrteilige System kann von etwa 2 bis etwa 25 Teile, mehr bevorzugt von etwa 2 bis etwa 10 Teile, noch mehr bevorzugt von etwa 2 bis etwa 4 Teile und am meisten bevorzugt etwa 2 Teile umfassen. Vorteilhafterweise muss die Ringklemme 41 ungeachtet der Ausführungsform nicht die gesamten 360° des Umfangs des Substrats erfassen, um den Stapel effektiv zu trennen. Vielmehr ist der Ringklemmenkörper 42 zur Verwendung mit Wafer-Fiats mit einer oder mehreren flachen Kanten geeignet, wie ausführlicher im Folgenden beschrieben.

[0080] Unter Bezugnahme auf Fig. 6(a) weist der Ringklemmenkörper 42 eine ringförmige Innenseitenwand 45, die den Innendurchmesser "d" des Ringkörpers 42 definiert, und eine

ringförmige Außenseitenwand 46, die den Außendurchmesser "D" des Ringkörpers 42 definiert, auf. Der Innendurchmesser "d" reicht von etwa 10 mm bis etwa 400 mm, vorzugsweise von etwa 75 mm bis etwa 350 mm und mehr bevorzugt von etwa 100 mm bis etwa 275 mm. Der Außendurchmesser "D" reicht von etwa 25 mm bis etwa 550 mm, vorzugsweise von etwa 100 mm bis etwa 400 mm und mehr bevorzugt von etwa 250 mm bis etwa 350 mm. Man wird jedoch zu schätzen wissen, dass der Ringkörper 42 praktisch jegliche Größe aufweisen kann, je nach der Größe des zu trennenden Wafers. Die Innenseitenwand 45 und die Außenseitenwand 46 sind im Wesentlichen parallel zueinander. Der Ringkörper 42 weist eine Breite "W", wie von der Innenseitenwand 45 zu der Außenseitenwand 46, von etwa 0,1 bis etwa 50 mm, vorzugsweise von etwa 0,5 bis etwa 25 mm und mehr bevorzugt von etwa 1 bis etwa 12 mm auf. Die Innenseitenwand 45 weist außerdem eine Dicke "t" auf, die von etwa 0,1 bis etwa 15 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,5 bis etwa 10 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 1 bis etwa 5 mm reicht. Die Außenseitenwand 46 weist eine Dicke "T" auf, die von etwa 0,15 bis etwa 16 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,55 bis etwa 11 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 1,5 bis etwa 6 mm reicht. Das t:T-Verhältnis wird vorzugsweise von etwa 1:20 bis etwa 1:1, mehr bevorzugt von etwa 1:10 bis etwa 1:5 und noch mehr bevorzugt etwa 2:3 betragen.

[0081] Der Ringkörper 42 weist außerdem eine obere Fläche 48, die sich zwischen der Innenseitenwand 45 und der Außenseitenwand 46 erstreckt, und eine Wafereingriffsfläche 50, die sich von der Innenseitenwand 45 nach außen in im Wesentlichen paralleler Ausrichtung mit der oberen Fläche 48 erstreckt, auf. Die Wafereingriffsfläche 50 erstreckt sich nicht den gesamten Weg bis zur Außenseitenwand 46, sondern endet an einem Punkt "p", der von der Außenseitenwand 46 in einer Breite "w" beabstandet ist, wie von dem Punkt "p" zu der Außenseitenwand 46 gemessen. Die Breite w reicht von etwa 0,01 bis etwa 45 mm, vorzugsweise von etwa 0,1 bis etwa 20 mm und mehr bevorzugt von etwa 0,5 bis etwa 10 mm. Der Ringkörper 42 weist einen sich nach innen erstreckenden ringförmigen Grat 52 auf, der sich von dem Punkt "p" der Wafereingriffsfläche 50 nach innen und nach unten und von der Ebene, die von der oberen Fläche 48 und der Wafereingriffsfläche 50 definiert, weg neigt, wobei er in einer freien Kante 54 endet. Der Grat 52 weist eine geneigte Schulterfläche 56 auf, die sich zwischen der freien Kante 54 und dem Punkt "p" erstreckt, an dem die Wafereingriffsfläche 50 in dem Ringkörper 42 endet. Folglich bilden die sich nach außen erstreckende Wafereingriffsfläche 50 und der sich nach innen und nach unten erstreckende ringförmige Grat 52 gemeinsam eine ringförmige Waferaufnahmenut 58 in einem spitzen Winkel (θ). Vorzugsweise beträgt der Nutwinkel (θ), wie von der Wafereingriffsfläche zu der Schulterfläche gemessen, von etwa 10° bis etwa 90° , vorzugsweise von etwa 20° bis etwa 75° und mehr bevorzugt von etwa 30° bis etwa 60° . Der ringförmige Grat 52 weist auch eine Unterseitenfläche 60 auf, die sich vorzugsweise parallel zu den Ebenen erstreckt, die von der Wafereingriffsfläche 50 und der oberen Fläche definiert werden. Der Ringkörper 42 weist außerdem eine untere Fläche 62 auf, die sich nach unten und von der Ebene weg neigt, die von der oberen Fläche 48 definiert wird, wobei sie sich von der Außenseitenwand 46 und der Unterseitenfläche 60 des ringförmigen Grats 52 erstreckt.

[0082] Die freie Kante 54 des ringförmigen Grats 52 erstreckt sich vorzugsweise nicht nach innen an der Ebene "P" vorbei, die von der Innenseitenwand 45 definiert wird. Folglich sind der ringförmige Grat 52 und die Nut 58 von der Innenseitenwand 45 nach außen versetzt, so dass, wenn ein Wafer in der Nut 58 aufgenommen wird, die Rückseitenfläche 26 des Wafers von der Wafereingriffsfläche 50 des Ringkörpers 42 erfasst wird und die Außenkante 27 und der periphere Bereich 28 des Wafers von der Schulter 56 und der freien Kante 54 des Grats 52 erfasst werden. Dies ist in Fig. 6(b) unter Verwendung des zweiten Substrats 22 als einem Beispiel gezeigt. Die Ringklemme 42 wird dann in die geschlossene Konfiguration bewegt, wodurch der Wafer 22 in der Nut 58 festgehalten wird. Genauer gesagt wird mindestens ein Teil des Umfangs des Wafers 22 in der Nut 58 aufgenommen. Wenn die Waferkante 27 abgerundet oder abgeschrägt ist, erfassen die Schulter 56 und die freie Kante 54 die abgerundete Ecke des Wafers, die von der Waferkante 27 und dem peripheren Bereich 28 erzeugt wird, mit x gekennzeichnet.

[0083] In einem alternativen Beispiel, das zur Illustration eines Anwendungszwecks dient, wie in

Fig. 5(b) gezeigt, weist der Klemmenkörper 42 keine zentrale Öffnung 43 auf. Vielmehr ist der Hohlraum, der der zentralen Öffnung 43 entspricht, die in den Fig. 5(a) und 6(a) dargestellt ist, massiv und der Klemmenkörper 42 ist scheibenförmig. Dementsprechend, wie in den Fig. 5(b) und 6(c) gezeigt, erstreckt sich die obere Fläche 48 über den gesamten Durchmesser "D" zwischen der Außenseitenwand 46 und die Wafereingriffsfläche 50 erstreckt sich über die ganze Länge zwischen Punkt "p".

[0084] Im Gebrauch, unter Bezugnahme auf Fig. 7, wird der Stapel 10 auf einer Spannvorrichtung 64 angeordnet, die eine adäquate Niederhaltekraft bereitstellen kann, um das erste Substrat 12 während anschließender Schritte zu sichern. Die Spannvorrichtung 64 könnte Vakuumkraft, elektrostatische Kraft, Magnetkraft, mechanische Kraft, physikalische Einspannung oder ein beliebiges anderes geeignetes Mittel anwenden, das eine geeignete Niederhaltekraft bereitstellen würde, während es für das erste Substrat 12 Unterstützung bereitstellt, ohne eine Beschädigung zu verursachen. Der Ringklemmenkörper 42 wird um den Umfang des zweiten Substrats 22 angeordnet, so dass das Substrat 22 in der Waferaufnahmenut 58 aufgenommen wird, wie oben beschrieben. Die freien Enden 44a, 44b des Körpers 42 werden zueinander gezogen, um den Umfang des zweiten Substrats 22 zusammendrückend zu erfassen (nicht gezeigt). Die Ringklemme 41 stellt vorzugsweise gleichmäßigen Druck über den gesamten Umfang des zweiten Substrats 22 bereit, außer in Ausführungsformen, in denen das zweite Substrat 22 ein Wafer-Flat ist. In diesem Fall wird ein Teil der Umfangslänge (d. h. die flache Seite) des Wafers nicht von der Klemme erfasst. Wie oben angemerkt, muss die Ringklemme nicht die gesamten 360° des Umfangs (der Umfangslänge) des Substrats erfassen, um den Stapel 10 effektiv zu trennen. Vielmehr ist es passend, dass die Ringklemme nur etwa 1° des Umfangs des Substrats 22 zur effektiven Trennung erfasst. Genauer gesagt erfasst die Ringklemme vorzugsweise mindestens etwa 25° des Substratumfangs, mehr bevorzugt von etwa 45° bis etwa 90° und noch mehr bevorzugt von etwa 90° bis etwa 180° des Substratumfangs. Wenn ein Wafer-Flat verwendet wird, weist die flache Kante von der anfänglichen Abziehstelle weg, so dass die flache Kante der letzte Teil des Wafers ist, der während des Entklebungsschritts abgelöst wird.

[0085] Es ist wichtig, dass der Ringklemmenkörper 42, wenn er geklemmt ist, nur das zweite Substrat 22 erfasst und keinen Kontakt mit dem ersten Substrat 12 herstellt. Somit ermöglichen das erfinderische Verfahren und die erfinderische Vorrichtung, wenn das erste Substrat 12 ein Bausteinwafer ist, eine effektive Trennung des Stapels 10, ohne jegliche mechanische Kraft oder Belastung auf den Bausteinwafer auszuüben, wodurch das Risiko eines Zerschnebens oder Beschädigens des Bausteins minimiert wird. Wie oben erläutert, wird die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich der Verklebungsschicht 40 vorzugsweise zum Teil oder im Wesentlichen vor der Trennung der Substrate entfernt. Die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich der Verklebungsschicht 40 muss jedoch nicht entfernt werden. Somit kann der Ringklemmenkörper, wenn die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich der Verklebungsschicht 40 vorhanden ist, auch mit der Kantenklebeverbindung 34 oder dem peripheren Bereich der Verklebungsschicht 40 Kontakt herstellen.

[0086] In einer alternativen Ausführungsform, die in Fig. 8 gezeigt ist, wird eine Schicht einer Klebefolie oder eines Klebebands 66 angrenzend an die Spannvorrichtung 64 aufgebracht, um das erste Substrat 12 an der Spannvorrichtung 64 zu sichern. Der Stapel 10 wird dann angrenzend an die Klebefolienschicht 66 angeordnet. Zu geeigneten Materialien für die Klebefolien- oder -bandschicht 66 zählen jene, die eine verhältnismäßig geringe Adhäsion, keine Klebstoffübertragung und die Fähigkeit, ohne Reißen zu dehnen, aufweisen. Vorzugsweise wird die Klebefolienschicht 66 unter Verwendung von Vereinzelungsband gebildet, das in der Regel in der Technik verwendet wird, um Bausteinsubstrate zu Handhabungszwecken während Niedertemperaturarbeitsschritten temporär zu stützen. Hier stellt die Klebefolienschicht 66 zusätzliche Unterstützung für das erste Substrat 12 nach der Trennung bereit, insbesondere wenn das Bausteinsubstrat 12 darauf aufgebaute filigrane Merkmale aufweist oder abgedünnt wurde. Bevorzugte Vereinzelungsbänder werden aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylchlorid, Polyethylen, Polyolefin und Kombinationen davon ausgewählt. Die Klebefolienschicht 66 weist

vorzugsweise eine Dicke von etwa 0,01 bis etwa 3 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,05 bis etwa 1 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 0,07 bis etwa 0,2 mm auf.

[0087] Unter Bezugnahme auf Fig. 9, ungeachtet der Ausführungsform, wird eine Kraft (vorzugsweise aufwärts gerichtet) auf nur einen Teil (z. B. weniger als $1/2$, vorzugsweise weniger als $1/3$, mehr bevorzugt weniger als $1/4$ und noch mehr bevorzugt weniger als $1/10$) des Umfangs des Ringklemmenkörpers 42 während der Trennung ausgeübt, wodurch der entsprechende Teil des Umfangs des zweiten Substrats 22, der von der Kante 27 definiert wird, in einer Richtung weg von dem Bausteinwafer 12 angehoben wird, beginnend beim peripheren Bereich 28 des Substrats 22. Das Ausmaß der auf die Kante des Substrats ausgeübten Kraft wird variieren, wird jedoch vorzugsweise zwischen etwa 0,25 Newton bis etwa 100 Newton, mehr bevorzugt von etwa 2 Newton bis etwa 75 Newton und noch mehr bevorzugt von etwa 5 Newton bis etwa 50 Newton liegen, wie an der Kante des Substrats gemessen. Folglich wird das zweite Substrat 22 von dem Stapel 10 mittels einer Abziehbewegung getrennt, wie zuvor beschrieben. Man wird zu schätzen wissen, dass die Stelle der anfänglichen Trennung, die in Fig. 9 dargestellt ist, nur beispielhaft ist und dass die tatsächliche Stelle der Trennung von den Materialien und Oberflächenbehandlungen (falls zutreffend) abhängen wird, die zum Bilden des Stapels verwendet werden, wie oben beschrieben, einschließlich der Stelle und/oder des Musters der Modifikation der haftabweisenden Oberfläche oder der Verklebungsschichten mit geringer Festigkeit, die in dem Stapel enthalten sind. Wie zuvor erläutert, kann die Stelle des Klebstoffversagens, die die anfängliche Stelle der Trennung bestimmen wird, nach Wunsch von dem Endbenutzer modifiziert werden.

[0088] Des Weiteren ist der Ringkörper 42 vorzugsweise flexibel, so dass, wenn der Teil des Umfangs der Ringklemme 41 angehoben wird, der Körper 42 in dieser Stelle mit der Kraft gebeugt wird und sich biegt, vorzugsweise nach oben. Diese Ablenkung in dem Ringkörper 42 bewirkt, dass der entsprechende Teil des Umfangs des Substrats 22 sich ebenfalls biegt oder in einem Winkel von dem Stapel 10 weg abgelenkt wird. Das heißt, wie in Fig. 9 gezeigt ist, wenn ein Teil des Umfangs des Ringkörpers 42 angehoben wird, der gegenüberliegende Teil des Ringkörpers 42 vorzugsweise im Wesentlichen ortsfest bleibt und nicht als Reaktion darauf, dass der andere Teil angehoben wird, nach unten auf den Stapel 10 drückt. Um die Trennung weiter zu erleichtern, kann die Spannvorrichtung 64, die das erste Substrat 12 sichert, allmählich von dem zweiten Substrat 22 während der Trennung wegbewegt werden und wird vorzugsweise nach unten abgesenkt. Das Absenken der Spannvorrichtung 64 kann gleichzeitig mit dem Ausüben der Kraft auf die Ringklemme 42 vorgenommen werden. Alternativ dazu werden die Kraft auf das zweite Substrat 22 und die resultierende Abziehbewegung durch die Bewegung der Spannvorrichtung 64 von dem zweiten Substrat 22 weg bewirkt, das im Wesentlichen ortsfest gehalten wird, während der Stapel 10 weggezogen wird.

[0089] Vorteilhafterweise und im Unterschied zu Verklebungsverfahren des Standes der Technik muss die Trennung keine starken Klebeverbindungen zwischen der Füllschicht 32, der Kantenklebeverbindung 34 oder der Verklebungsschicht 40 und der gesamten Oberfläche des Substrats 12 oder des Substrats 22 überwinden. Stattdessen ist lediglich erforderlich, die Klebeverbindungen an der Kantenklebeverbindung 34 oder dem peripheren Bereich der Verklebungsschicht 40 in Kontakt mit den peripheren Bereichen 18 und 28 zu lösen, damit eine Trennung stattfindet. Sobald getrennt wurde, kann die Oberfläche des ersten Substrats 12 dann mit geeigneten Lösungsmitteln oder einer beliebigen anderen Nass- oder Trockenätztechnik sauber gespült werden, je nach Bedarf, um die restlichen Materialien der Kantenklebeverbindung 34, der Füllschicht 32 oder der Verklebungsschicht 40, wo zutreffend, zu entfernen.

[0090] In einer anderen Ausführungsform, die in Fig. 10 gezeigt ist, wobei für identische Teile eine identische Nummerierung verwendet wurde, wird die Ringklemme 42 durch eine flexible Spannvorrichtung 68 mit einem Umfang ersetzt. Die flexible Spannvorrichtung kann eine adäquate Zugkraft bereitstellen, um das zweite Substrat 22 während anschließender Schritte zu sichern. Diese flexible Spannvorrichtung 68 könnte Vakuumkraft, elektrostatische Kraft oder ein beliebiges anderes geeignetes Mittel anwenden, das eine geeignete Kraft bereitstellen würde, während es für das zweite Substrat 22 Unterstützung bereitstellt, ohne eine Beschädigung zu

verursachen, während sie ihr noch immer ermöglicht, sich zu biegen, um die Abziehbewegung zu erzeugen. Zu geeigneten Materialien für die flexible Spannvorrichtung 68 zählen jene, die aus der Gruppe bestehend aus Silikonen, Polyimiden, Polyamiden, Olefinen, Fluorpolymeren, Nitrilen, anderen Kautschuken und beliebigen anderen flexiblen Materialien ausgewählt werden. Wie bei der Ringklemmenausführungsform könnte auch eine Klebefolie 66 zum Stützen des ersten Substrats 12 in dem Stapel verwendet werden, wie in Fig. 11 gezeigt ist. In beiden Ausführungsformen wird dann eine Kraft auf einen Teil des Umfangs der flexiblen Spannvorrichtung 68 ausgeübt, wodurch der entsprechende Teil des Umfangs des zweiten Substrats 22 angehoben und er von dem Stapel 10 in einer Abziehbewegung entfernt wird, wie beschrieben. Wiederrum hängt die tatsächliche Stelle der anfänglichen Trennung zwischen Materialien in dem peripheren Bereich 28 und dem zentralen Bereich 30 des Substrats 22 von den verwendeten Materialien und der Stelle der Oberflächenbehandlung (falls zutreffend), der Füllschicht 32, der Kantenklebeverbindung 34 und/oder der Verklebungsschicht 40 ab. Das erste Substrat 12 kann dann mit geeigneten Lösungsmitteln sauber gespült werden, je nach Bedarf, um die restlichen Materialien der Kantenklebeverbindung 34, der Füllschicht 32 oder der Verklebungsschicht 40, wo zutreffend, zu entfernen. Vorteilhafterweise, wenn das erste Substrat 12 ein Bausteinwafer ist, wird keine mechanische Kraft oder Belastung auf den Bausteinwafer in dem erfinderischen Trennungsverfahren ausgeübt, wodurch das Risiko eines Zerbrechens oder Beschädigens des Wafers während der Trennung minimiert wird.

[0091] In noch einer anderen Ausführungsform, die in Fig. 12 gezeigt ist, wird die Ringklemme 42 durch eine Klebefolie 70 ersetzt, die eine adäquate Zugkraft bereitstellen kann, um das zweite Substrat 22 während anschließender Schritte zu sichern. Diese Klebefolie 70 könnte aus einer Reihe von Trägermaterialien und Klebstoffen von hoher Bindefestigkeit bis zu geringer Bindefestigkeit und einer Vielfalt von Stützkräften bestehen, die eine adäquate Haltekraft bereitstellen kann, um die Bindekräfte zu überwinden, die in dem zentralen Bereich 30 und dem peripheren Bereich 28 erzeugt werden, während sie begrenzte Unterstützung für das zweite Substrat 22 bereitstellt, ohne eine Beschädigung zu verursachen, während sie ihr noch immer ermöglicht, sich zu biegen, um die Abziehbewegung zu erzeugen. Zu bevorzugten Materialien für die Klebefolie 70 zählen Polyvinylchlorid, Polyethylen, Polyolefin und Kombinationen davon. Die Klebefolie 70 weist vorzugsweise eine Dicke von etwa 0,01 bis etwa 3 mm, mehr bevorzugt von etwa 0,05 bis etwa 1 mm und noch mehr bevorzugt von etwa 0,07 bis etwa 0,2 mm auf. Wie bei der Ringklemmenausführungsform könnte auch eine Klebefolie 66 zum Stützen des ersten Substrats 12 in dem Stapel verwendet werden, wie in Fig. 13 gezeigt ist. In beiden Ausführungsformen wird eine Kraft auf einen Teil des Umfangs der Klebefolie 70 ausgeübt, um den entsprechenden Teil des Umfangs des zweiten Substrats 22 anzuheben, wodurch er von dem Stapel 10 in einer Abziehbewegung entfernt wird, wie beschrieben. Wiederrum hängt die tatsächliche Stelle der anfänglichen Trennung zwischen Materialien in dem peripheren Bereich 28 und dem zentralen Bereich 30 des Substrats von den verwendeten Materialien und der Stelle der Oberflächenbehandlung (falls zutreffend), der Füllschicht 32, der Kantenklebeverbindung 34 und/oder der Verklebungsschicht 40 ab.

[0092] Während das obige das primäre Verfahren zum Ausüben der vorliegenden Erfindung beschreibt, gibt es mehrere alternative Ausführungsformen der Erfindung. Zum Beispiel beschrieben die obigen Ausführungsformen das erste Substrat 12 als einen Bausteinwafer und das zweite Substrat 22 als ein Trägersubstrat. Es ist auch akzeptabel, dass das erste Substrat 12 das Trägersubstrat ist und das zweite Substrat 22 der Bausteinwafer ist. In diesem Fall wird die Vorderfläche 14 des ersten Substrats 12 nicht eine Bausteinfläche sein, sondern stattdessen eine Trägerfläche sein. Außerdem wird die Oberfläche 24 des zweiten Substrats 22 nicht eine Trägerfläche sein, sondern stattdessen eine Bausteinfläche sein. Anders ausgedrückt, die Füllschicht 32 kann auf den Träger anstatt auf den Bausteinwafer aufgebracht werden oder die Oberflächenbehandlung 38 kann auf dem Bausteinwafer anstatt dem Träger durchgeführt werden, wobei dieselbe Qualität der Stapelstruktur 10 während des anschließenden Verklebungsschritts gebildet wird. Darüber hinaus muss die Kantenklebeverbindung 34 oder der periphere Bereich der Verklebungsschicht 40, obwohl die Ausführungsformen der Fig. 7 - 13 den Stapel 10 mit entfernter Kantenklebeverbindung 34 oder entferntem peripherem Bereich der Verkle-

bungsschicht 40 darstellen, vor dem Durchführen der Trennung der Wafer nicht entfernt werden.

[0093] Des Weiteren ist es anstelle des sequentiellen Aufbringens der Füllschicht 32, der Kantenklebeverbindung 34, der Oberflächenmodifikation 38 und/oder der Verklebungsschicht 40 auf dasselbe Substrat 12 auch zweckmäßig, die Füllschicht 32, die Kantenklebeverbindung 34, die Oberflächenmodifikation 38 und/oder die Verklebungsschicht 40 auf das erste Substrat 12 und die anderen der Füllschicht 32, der Kantenklebeverbindung 34, der Oberflächenmodifikation 38 und/oder der Verklebungsschicht 40 auf das zweite Substrat 22 aufzubringen. Das erste und das zweite Substrat 12, 22 könnten dann Fläche-an-Fläche unter Wärme und/oder Druck zusammengedrückt werden, wie oben beschrieben, um die zwei zu verkleben.

[0094] Schließlich, während in einigen Ausführungsformen bevorzugt ist, dass die Füllschicht 32 keine starken Klebeverbindungen mit der Bausteinfläche 14 oder der Trägerfläche 24 bildet, kann es in anderen Ausführungsformen wünschenswert sein, die Füllschicht 32 so zu formulieren, dass es mit nur einer der Bausteinfläche 14 und der Trägerfläche 24 keine starken Klebeverbindungen bildet. Wie es auch der Fall mit den zuvor erörterten Ausführungsformen der Fall war, könnten die Substrate 12 und 22 umgekehrt werden, so dass das erste Substrat 12 das Trägersubstrat wäre und das zweite Substrat 22 der Bausteinwafer wäre. Wiederum wird die Vorderfläche 14 des ersten Substrats 12 in diesem Fall nicht eine Bausteinfläche sein, sondern wird stattdessen eine Trägerfläche sein. Außerdem wird die Oberfläche 24 des zweiten Substrats 22 nicht eine Trägerfläche sein, sondern wird stattdessen eine Bausteinfläche sein.

[0095] Man wird zu schätzen wissen, dass der Mechanismus zum Härten oder Aushärten dieser Materialien von Durchschnittsfachmännern einfach ausgewählt und angepasst werden kann. Es kann beispielsweise in einigen Ausführungsformen wünschenswert sein, eine nicht aushärtende Zusammensetzung zum leichteren Auflösen in späteren Entfernungsvorgängen zu verwenden. Für jedes dieser Materialien wären thermoplastische oder kautschukartige Zusammensetzungen (in der Regel mit einer massegemittelten Molekülmasse von mindestens etwa 5000 Dalton), harz- oder kolophonharzartigen Zusammensetzungen (in der Regel mit einer massegemittelten Molekülmasse von mindestens etwa 5000 Dalton) und Gemische der vorstehenden geeignet.

[0096] Man wird zu schätzen wissen, dass das obige dazu angewendet werden kann, um eine Reihe integrierter Mikrobausteine herzustellen, einschließlich jener, die aus der Gruppe bestehend aus Halbleiterbausteinen auf Silikonbasis, Bausteinen auf Halbleiterbasis, Arrays eingebetteter passiver Bausteine (z. B. Widerstände, Kondensatoren, Induktoren), MEMS-Bausteine, Mikrosensoren, photonische Schaltungsbausteine, Leuchtdioden, Wärmemanagementbausteine und ebene Verkapselungssubstrate (z. B. Interposer) ausgewählt sind, an denen eines oder mehrere der vorstehenden Bausteine angebracht wurde oder werden wird.

BEISPIELE

[0097] Die folgenden Beispiele legen bevorzugte erfindungsgemäße Verfahren dar. Man wird jedoch verstehen, dass diese Beispiele zur Veranschaulichung bereitgestellt werden und nichts darin als eine Einschränkung des Gesamtumfangs der Erfindung aufgefasst werden sollte.

BEISPIEL 1

TRENNUNG VON KANTENVERKLEBTEN WAFERN MIT MODIFIZIERTER MITTLERER OBERFLÄCHE UNTER VERWENDUNG EINER HANDBETÄTIGTEN ABZIEHVORRICHTUNG MIT ENTFERNUNG VON VERKLEBUNGSMATERIAL VON DER AUßENKANTE

[0098] In diesem Verfahren wird ein Waferstapel gemäß einem Verfahren der Erfindung hergestellt und dann unter Verwendung einer handbetätigten Abziehtrennvorrichtung getrennt. Vor dem Aneinanderkleben der zwei Wafer wird die mittlere Kontaktfläche eines Wafers unter Verwendung einer fluorierten Silanlösung chemisch modifiziert, um ein Klebefestigkeitsdifferenzial über die Waferoberfläche hinweg zu erzeugen. Ein Verklebungsmaterial (WaferBOND® HT10.10,

erhältlich von Brewer Science, Inc., Rolla, MO, USA) wurde auf die Oberfläche eines 200-mm-Siliziumwafers (Wafer 1) an der Außenkante abgegeben, um eine sehr dünne Beschichtung um den peripheren Bereich der Waferoberfläche herum zu bilden, die etwa 2,5 mm breit und ungefähr 0,5 µm dick war. Eine oberflächenmodifizierende Zusammensetzung wurde gebildet, indem ein fluoriertes Silan ((Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahyradecyl)trichlorsilan; Gelest Inc., Morrisville, PA, USA) unter Verwendung von FC-40-Lösungsmittel (Perfluorverbindung mit vorwiegend C₁₂, vertrieben unter dem Namen FLUORINERT[®], bezogen von AMS Materials LLC, Jacksonville, FL, USA) zu einer 1%-igen Lösung verdünnt wurde. Die resultierende Lösung wurde mittels Rotationsbeschichtung auf die Oberfläche von Wafer 1 aufgebracht, worauf ein Brennen auf einer Heizplatte bei 100 °C für 1 Minute folgte. Der Wafer wurde dann mit zusätzlichem FC-40-Lösungsmittel in einem Rotationsbeschichter gespült, um nicht umgesetztes Silan von der mittleren Oberfläche zu entfernen, und bei 100 °C für eine weitere Minute gebrannt. Das Verklebungsmaterial verhinderte, dass die oberflächenmodifizierende Zusammensetzung mit der Kante von Wafer 1 in Kontakt kam, wodurch diese unbehandelt blieb, während der mittlere Abschnitt behandelt wurde. Das Verklebungsmaterial reagiert nicht mit dem Silan, das während des Spülschritts abgewaschen wird, und somit bleibt auch die Oberfläche des Verklebungsmaterials unbehandelt. Das Verklebungsmaterial wurde auf der Kante von Wafer 1 für anschließende Bearbeitungsschritte belassen (d. h. es wurde nicht vor dem Verkleben der Wafer entfernt).

[0099] Als Nächstes wurde die Oberfläche eines anderen 200-mm-Silikonwafers (Wafer 2) mit der gleichen Verklebungszusammensetzung (WaferBOND[®] HT10.10) mittels Rotationsbeschichtung zu einer Schicht mit einer Dicke von etwa 15 µm beschichtet. Wafer 2 wurde dann bei 110 °C für 2 Minuten, gefolgt von 160 °C für weitere 2 Minuten gebrannt. Die beschichteten Wafer wurden dann Fläche-an-Fläche unter Vakuum in einer erhitzten Vakuum- und Druckkammer bei 220 °C und 15 psig für 3 Minuten verklebt, so dass das Verklebungsmaterial auf Wafer 1 und das Verklebungsmaterial auf Wafer 2 zusammen verfloss, um eine Verklebungsschicht zu erzeugen.

[00100] Als Nächstes, um die periphere Kante der Verklebungsschicht zu entfernen, wurden die verklebten Wafer in den Entferner des Verklebungsmaterials (WaferBOND[®] Remover, erhältlich von Brewer Science, Inc., Rolla, MO, USA) für etwa 1 Stunde eingetaucht, um das Verklebungsmaterial von der Außenzone zu entfernen. Der Entfernungsvorgang ist abgeschlossen, sobald der Entfernungsvorgang die fluoridierte Silanbeschichtung in der Mitte von Wafer 1 erreicht. Die Entfernungsdauer wird in Abhängigkeit von der Dicke der Verklebungsschicht variieren und kann empirisch bestimmt werden. Im Allgemeinen gilt, je dicker die Verklebungsschicht, desto schneller die Entfernungsgeschwindigkeit aufgrund des größeren Zwischenraums zwischen den Wafern, der einen größeren Lösungsmittelkontakt ermöglicht. Vorteilhafterweise ist die behandelte mittlere Oberfläche auch hydrophob, so dass das Lösungsmittel die Benetzung durch die Schicht auch effektiv stoppen wird, sobald es die Mitte erreicht. Idealerweise findet eine vollständige Entfernung des Kantenteils der Verklebungsschicht statt; es ist jedoch zur effektiven Trennung der Wafer nur erforderlich, die Schicht seitlich um die Kante der Verklebungsschicht zu spalten (d. h. eine Lücke zu erzeugen). Folglich ist ein gewisser Verklebungsmaterialrest auf der peripheren Kante von Wafer 1 und Wafer 2 akzeptabel.

[00101] Die resultierenden gestapelten Wafer wurden dann unter Verwendung einer Ringklemme (siehe Fig. 5(a)) getrennt, wobei zur handbetätigten Trennung ein Griff an den freien Enden angebracht wurde. Wafer 2 wurde von einer Vakuumspannvorrichtung festgehalten und der Rückhaltering der Ringklemme wurde ringsum um den Umfang des Wafers 1 angeordnet, wobei die Enden des Rings in naher Beziehung geklemmt wurden, um gleichmäßigen Druck um die Kanten des Wafers (d. h. um die gesamte Umfangslänge des Wafers) herum bereitzustellen. Der an die Ringklemme angebrachte Griff wurde dann gekantet, so dass die freie Kante des Griffs nach oben von der Querebene des Stapels weg angehoben wurde, was bewirkte, dass die Ringklemme abgelenkt wurde, wodurch die Kante des Wafers 1 nach oben und von dem Wafer 2 weg in einer Abziehbewegung angehoben wurde. Nach der Trennung war der einzige Rückstand der Verklebungszusammensetzungsbeschichtung auf Wafer 1 auf dem

peripheren Bereich (2,5 mm breite unbehandelte Oberfläche) von Wafer 1. Es gab keine Übertragung von Verklebungsmaterial auf die behandelte mittlere Oberfläche von Wafer 1. Die Verklebungsmaterialbeschichtung blieb auf Wafer 2 in der Mitte, mit Rückstand am peripheren Bereich. Beide Wafer in diesem Beispiel könnten als der Bausteinwafer oder der Trägerwafer betrachtet werden.

BEISPIEL 2

TRENNUNG EINES VERKLEBTEN WAFERSTAPELS UNTER VERWENDUNG EINER HANDBETÄTIGTEN ABZIEHTRENNVORRICHTUNG

[00102] In diesem Verfahren wird ein Waferstapel gemäß einem anderen Verfahren der Erfindung hergestellt und dann unter Verwendung einer handbetätigten Abziehtrennvorrichtung getrennt. Vor dem Aneinanderkleben der zwei Wafer wird die mittlere Kontaktfläche eines Siliziumwafers unter Verwendung einer fluorierten Silanlösung chemisch modifiziert, um ein Klebefestigkeitsdifferenzial über die Waferoberfläche hinweg zu erzeugen. Um die mittlere Oberfläche des Wafers zu modifizieren, wurde die Kante des Wafers zunächst unter Verwendung einer Beschichtung aus einem Fotoresist auf Epoxidbasis (SU-8 2002, Microchem, Newton, MA, USA) maskiert. Die Fotoresistzusammensetzung wurde auf die Außenkantenoberfläche eines 200-mm-Siliziumwafers (Wafer 1) abgegeben, um einen peripheren ringförmigen Abschnitt der Waferoberfläche zu beschichten, der etwa 2,5 mm breit war.

[00103] Als Nächstes wurde ein fluoriertes Silan ((Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahyradecyl)trichlorsilan; Gelest, Morrisville, PA, USA) unter Verwendung von FC-40-Lösungsmittel (Perfluoralkylverbindung mit vorwiegend C₁₂, vertrieben unter dem Namen FLUORINERT®, bezogen von AMS Materials LLC, Jacksonville, FL, USA) zu einer 1%-igen Lösung verdünnt. Die verdünnte Lösung wurde mittels Rotationsbeschichtung auf die Oberfläche von Wafer 1 aufgebracht. Der Wafer wurde auf einer Heizplatte bei 100 °C für 1 Minute gebrannt und dann mit FC-40-Lösungsmittel in einem Rotationsbeschichter gespült, worauf ein Brennen bei 100 °C für eine weitere Minute folgte. Die Maske aus Fotoresist auf Epoxidbasis wurde dann unter Verwendung von Aceton in einem Rotationsbeschichter entfernt, um die unbehandelte Kante des Wafers freizulegen. Somit wurde nur der mittlere Abschnitt des Wafers 1 mit der fluorierten Silanlösung behandelt und "haftabweisend" gemacht, während die Kanten des Wafers eine verklebbare Oberfläche beibehielten.

[00104] Die Oberfläche eines anderen 200-mm-Silikonwafers (Wafer 2) wurde mit einer Verklebungszusammensetzung (WaferBOND® HT10.10) mittels Rotationsbeschichtung beschichtet. Dieser Wafer wurde dann bei 110 °C für 2 Minuten, gefolgt von 160 °C für 2 Minuten gebrannt. Die beschichteten Wafer wurden dann Fläche-an-Fläche unter Vakuum in einer erhitzten Vakuum- und Druckkammer bei 220 °C und 15 psig für 3 Minuten verklebt.

[00105] Als Nächstes wurden die resultierenden gestapelten Wafer dann unter Verwendung einer Ringklemme (siehe Fig. 5 (a)) getrennt, wobei zur handbetätigten Trennung ein Griff an den freien Enden angebracht wurde. In diesem Verfahren wird der periphere Bereich der Verklebungszusammensetzung nicht vor der Trennung entfernt. Wafer 2 wurde von einer Vakuumspannvorrichtung festgehalten und der Rückhaltering der Ringklemme wurde ringsum um den Umfang des Wafers 1 angeordnet, wobei die Enden des Rings zusammengeklammt wurden, um gleichmäßigen Druck um die Kanten des Wafers (d. h. um die gesamte Umfangslänge des Wafers) herum bereitzustellen. Der an die Ringklemme angebrachte Griff wurde dann gekantet, so dass die freie Kante des Griffs nach oben von der Querebene des Stapels weg angehoben wurde, was bewirkte, dass die Ringklemme abgelenkt wurde, wodurch die Kante des Wafers 1 nach oben und von dem Wafer 2 weg in einer Abziehbewegung angehoben wurde. Nach der Trennung übertrug sich nur ein etwa 2,5 mm breiter Ring der Verklebungszusammensetzung auf die Kante des Wafers 1, während der Rest der Verklebungszusammensetzung auf Wafer 2 verblieb. Das heißt, die Verklebungszusammensetzung haftete nur an der Außenkantenoberfläche des Wafers 1 und haftete nicht an der chemisch behandelten mittleren Oberfläche von Wafer 1. Beide Wafer in diesem Beispiel könnten als der Bausteinwafer oder

der Trägerwafer betrachtet werden.

BEISPIEL 3

HANDBETÄTIGTE ABZIEHTRENNVORRICHTUNG, DIE ZUM TRENNEN EINES WAFER-STAPELS MIT MITTLERER KONTAKTFLÄCHE, DIE MIT TRENNMATERIAL BESCHICHTET IST, VERWENDET WIRD

[00106] In diesem Verfahren wird ein Waferstapel gemäß einem anderen Verfahren der Erfindung hergestellt und dann wiederum unter Verwendung einer handbetätigten Abziehtrennvorrichtung getrennt. Vor dem Aneinanderkleben der zwei Wafer wird die mittlere Kontaktfläche eines Wafers mit einem Trennmateriale beschichtet, um ein Klebefestigkeitsdifferenzial über die Grenzfläche der Waferoberfläche und der mittleren Schicht hinweg zu erzeugen. Zunächst wurde ein negativer Fotoresist auf Epoxidbasis (vertrieben unter dem Namen SU-8 2010; bezogen von Microchem) mittels Rotationsbeschichtung auf die gesamte Oberfläche eines 200-mm-Glaswafers (Wafer 1) aufgebracht, worauf ein Brennen bei 110 °C für 2 Minuten folgte, um die Lösungsmittelentfernung zu bewirken. Eine Teflon®-AF-Lösung (Teflon® AF2400 in FC-40; bezogen von DuPont) wurde dann mittels Rotationsbeschichtung über die Fotoresistschicht aufgebracht, um eine haftabweisende Schicht zu erzeugen. Als Nächstes wurde FC-40-Lösungsmittel auf die Oberfläche des Wafers an der Außenkante abgegeben, um einen etwa 1-3 mm breiten Abschnitt der Teflon®-AF-Beschichtung von dem peripheren Bereich der Waferoberfläche zu entfernen, worauf ein Brennen bei 110 °C für 2 Minuten folgte, um das Lösungsmittel zu entfernen.

[00107] Der Wafer wurde dann Fläche-an-Fläche mit einem 200-mm-Siliziumwafer-Rohling (Wafer 2) unter Vakuum in einer erhitzten Vakuum- und Druckkammer bei 120 °C und 10 psig für 3 Minuten verklebt. Während dieses Schritts verfließt die Fotoresistschicht um die Teflon®-Schicht herum, um die Lücken an der Außenkante der Wafer aufzufüllen, an denen die Teflon®-Schicht oben entfernt wurde, wodurch sie mit der peripheren Kante des Wafers 2 verklebt wurde. Die verklebten Wafer wurden dann Breitband-UV-Licht von der Außenseite des Glaswafers ausgesetzt, worauf ein Brennen bei 120 °C für 2 Minuten folgte, um die SU-8-2010-Beschichtung zu vernetzen und auszuhärten.

[00108] Die resultierenden gestapelten Wafer wurden dann unter Verwendung einer Ringklemme (siehe Fig. 5(a)) getrennt, wobei zur handbetätigten Trennung ein Griff an den freien Enden angebracht wurde. Wafer 2 wurde von einer Vakuumspannvorrichtung festgehalten und der Rückhaltering der Ringklemme wurde ringsum um den Umfang des Wafers 1 angeordnet, wobei die Enden des Rings zusammengeklemt wurden, um gleichmäßigen Druck um die Kanten des Wafers (d. h. um die gesamte Umfangslänge des Wafers) herum bereitzustellen. Der an die Ringklemme angebrachte Griff wurde dann angehoben, was bewirkte, dass die Ringklemme abgelenkt wurde, wodurch die Kante des Wafers 1 nach oben und von dem Wafer 2 weg in einer Abziehbewegung angehoben wurde, wie in Beispiel 1 beschrieben. In diesem Verfahren wird der periphere Bereich der Verklebungszusammensetzung nicht vor der Trennung entfernt. Stattdessen wird die Fotoresistschicht an dem anfänglichen Trennungspunkt als natürliche Folge der Ringklemmenablenkbewegung seitlich gespalten, so dass ein Teil des Fotoresistmaterials auf dem Glaswafer (Wafer 1) verblieb, während der Teil der Schicht auf den Siliziumwafer (Wafer 2) in dem unbehandelten Bereich übertragen wurde. Nach der Trennung wies der Wafer 2 nur einen Ring des Materials auf den äußeren 1 - 3 mm auf, während keine Materialübertragung in dem mittleren Bereich des Wafers vorlag, der mit der Teflon®-Trennschicht von Wafer 1 in Kontakt gestanden hatte. Beide Wafer in diesem Beispiel könnten als der Bausteinwafer oder der Trägerwafer betrachtet werden.

BEISPIEL 4

HANDBETÄTIGTE ABZIEHTRENNVORRICHTUNG, DIE ZUM TRENNEN EINES WAFER-STAPELS MIT MITTLERER OBERFLÄCHE, DIE MIT EINEM MATERIAL MIT GERINGER ADHÄSION AN BEIDEN SUBSTRATEN GEFÜLLT IST, VERWENDET WIRD

[00109] In diesem Verfahren wird ein Waferstapel gemäß einem anderen Verfahren der Erfindung hergestellt und dann wiederum unter Verwendung einer handbetätigten Abziehtrennvorrichtung getrennt. Vor dem Aneinanderkleben der zwei Wafer wird die mittlere Kontaktfläche eines Wafers mit einem Trennmaterial beschichtet, um ein Klebefestigkeitsdifferenzial über die Waferoberfläche hinweg zu erzeugen. Die in Beispiel 3 verwendete Teflon®-AF-Lösung wurde mittels Rotationsbeschichtung auf die Oberfläche eines 200-mm-Siliziumwafers (Wafer 1) aufgebracht, um eine Beschichtung mit einer Dicke von etwa 10 µm zu bilden. Als Nächstes wurde FC-40-Lösungsmittel auf die Oberfläche des Wafers an der Außenkante abgegeben, um einen etwa 3-5 mm breiten Abschnitt der Teflon®-AF-Beschichtung von der Waferoberfläche zu entfernen. Der Wafer wurde dann bei 110 °C für 2 Minuten gebrannt. Als Nächstes wurde die Kante des Wafers mit WaferBOND®-HT10.10-Verklebungszusammensetzung mittels Rotationsbeschichtung aufgebracht, wobei das Material nur an der Kante abgegeben wurde, um eine Schicht aus Verklebungsmaterial um den peripheren Bereich der Waferoberfläche herum zu bilden, die etwa 3-5 mm breit und ungefähr 10 µm dick war. Somit bildeten die Teflon®-Beschichtung und das Verklebungsmaterial eine einzige, ungleichmäßige Materialschicht über die Waferoberfläche hinweg. Der Wafer wurde dann Fläche-an-Fläche mit einem 200-mm-Siliziumwafer-Rohling (Wafer 2) unter Vakuum in einer erhitzten Vakuum- und Druckkammer bei 220 °C und 10 psig für 2 Minuten verklebt.

[00110] Die resultierenden gestapelten Wafer wurden dann unter Verwendung einer Ringklemme (siehe Fig. 5(a)) getrennt, wobei zur handbetätigten Trennung ein Griff an den freien Enden angebracht wurde. Wafer 2 wurde von einer Vakuumspannvorrichtung festgehalten und der Rückhaltering der Ringklemme wurde ringsum um den Umfang des Wafers 1 angeordnet, wobei die Enden des Rings zusammengeklemt wurden, um gleichmäßigen Druck um die Kanten des Wafers (d. h. um die gesamte Umfangslänge des Wafers) herum bereitzustellen. Der an die Ringklemme angebrachte Griff wurde dann angehoben, was bewirkte, dass die Ringklemme abgelenkt wurde, wodurch die Kante des Wafers 1 nach oben und von dem Wafer 2 weg in einer Abziehbewegung angehoben wurde, wie in Beispiel 1 beschrieben. In diesem Verfahren wird der periphere Bereich der Verklebungszusammensetzung nicht vor der Trennung entfernt. Nach der Trennung wies der Wafer 2 nur einen Ring des Verklebungsmaterials auf den äußeren 3 - 5 mm auf, während keine Materialübertragung in der Mitte vorlag. Wafer 1 wies einen Ring aus Verklebungsmaterial auf den äußeren 3 - 5 mm auf und die Teflon®-AF-Beschichtung verblieb in der Mitte. Das Verklebungsmaterial war durch seinen Querschnitt gespalten worden und wurde zwischen den zwei Wafern gespalten. Beide Wafer in diesem Beispiel könnten als der Bausteinwafer oder der Trägerwafer betrachtet werden.

Ansprüche

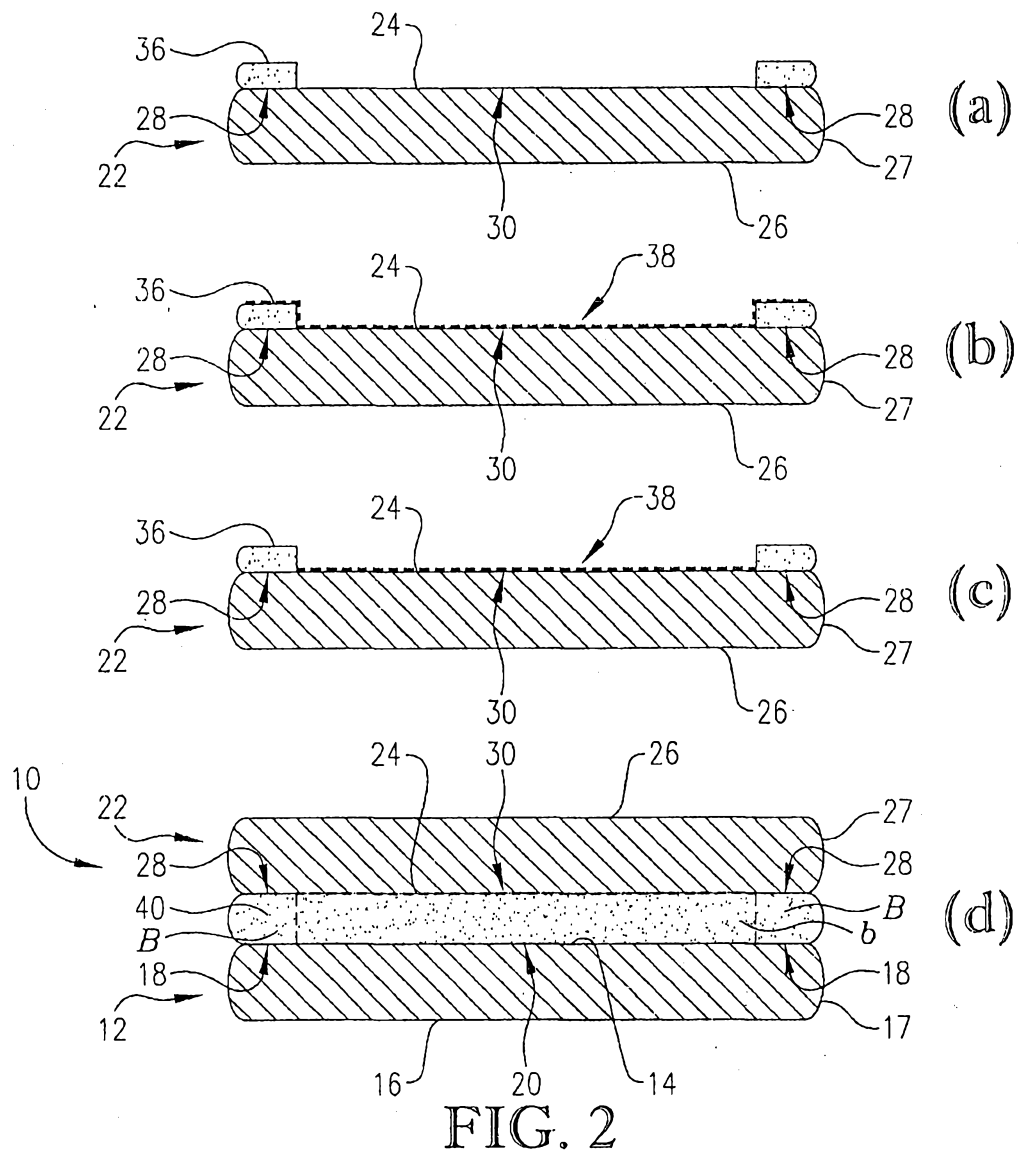
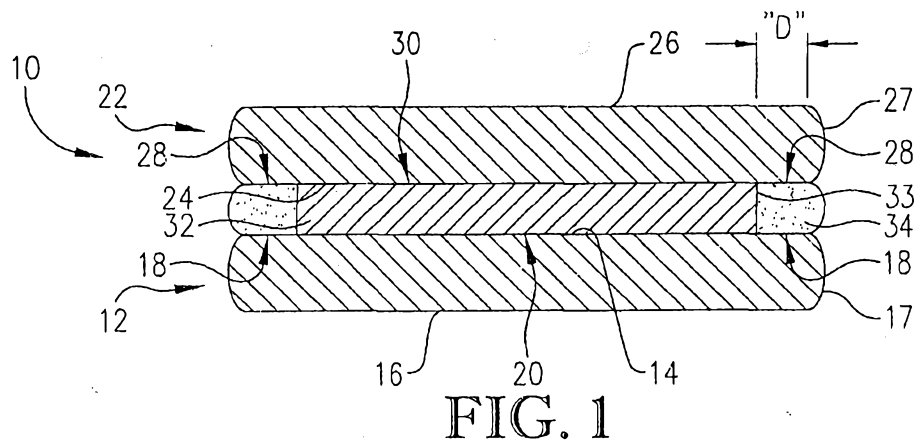
1. Verfahren zum temporären Verkleben (Bonden) und nachfolgendem Entkleben (Debonden), das Folgendes umfasst:
Bereitstellen eines Stapels, der Folgendes umfasst:
ein erstes Substrat mit einer Rückfläche und einer Bausteinfläche, wobei die Bausteinfläche einen peripheren Bereich und einen zentralen Bereich aufweist; ein zweites Substrat, das mit dem ersten Substrat verklebt ist, wobei das zweite Substrat eine Trägerfläche, eine Rückseitenfläche und eine äußerste Kante, die den Umfang des zweiten Substrats definiert, aufweist, wobei die Trägerfläche einen peripheren Bereich und einen zentralen Bereich aufweist; und
eine Zwischenschicht zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat, wobei die Zwischenschicht eine gleichmäßige Verklebungsschicht umfasst; und
Trennen des ersten und des zweiten Substrats unter Anwendung einer Abziehbewegung durch Ausüben einer Kraft auf einen Teil des Umfangs des zweiten Substrats, was bewirkt, dass das zweite Substrat in einem Winkel von dem Stapel weg gebogen wird, wodurch das erste Substrat und das zweite Substrat getrennt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zwischenschicht mit der Bausteinfläche und dem peripheren Bereich der Trägerfläche verklebt wird, wobei die Zwischenschicht und der zentrale Bereich der Trägerfläche eine Grenzfläche mit geringer Bindung dazwischen umfassen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Grenzfläche mit geringer Bindung eine Oberflächenmodifikation des zentralen Bereichs der Trägerfläche umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Grenzfläche mit geringer Bindung eine zweite Schicht zwischen der Zwischenschicht und des zentralen Bereichs der Trägerfläche umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die zweite Schicht aus der Gruppe bestehend aus einer Schicht mit geringer Klebefestigkeit und einer polymeren Schicht ausgewählt ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zwischenschicht ein Füllmaterial, das an die zentralen Bereiche angrenzt, und eine Kantenklebeverbindung, die an die peripheren Bereiche angrenzt, umfasst.
7. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin das mechanische oder chemische Zerstören der Zwischenschicht, die an die peripheren Bereiche angrenzt, umfasst, um mindestens einen Teil der Zwischenschicht vor der Trennung zu entfernen.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Trägerfläche eine strukturierte Oberflächenmodifikation umfasst, wobei die Zwischenschicht mit der Bausteinfläche und mit unmodifizierten Teilen der Trägerfläche verklebt wird, wobei die Zwischenschicht und die oberflächenmodifizierten Teile der Trägerfläche eine Grenzfläche mit geringer Bindung dazwischen umfassen.
9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Bausteinfläche ein Array von Bausteinen umfasst, das aus der Gruppe bestehend aus integrierten Schaltungen; MEMS; Mikrosensoren; Leistungshalbleitern; Leuchtdioden; photonischen Schaltungen; Interposern; eingebetteten passiven Bausteinen und Mikrobausteinen, die auf oder aus Silizium, Silizium-Germanium, Galliumarsenid und Galliumnitrid hergestellt sind, ausgewählt ist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Bausteinfläche mindestens eine Struktur umfasst, die aus der Gruppe bestehend aus: Lötperlen; Metallstäben; Metallsäulen und Strukturen ausgewählt ist, die aus einem Material hergestellt sind, das aus der Gruppe bestehend aus Silizium, Polysilizium, Siliziumdioxid, Silizium(oxy)nitrid, Metall, Dielektrika mit niedriger Dielektrizitätskonstante, Polymer-Dielektrika, Metallnitriden und Metallsiliziden ausgewählt ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das zweite Substrat ein Material umfasst, das aus der Gruppe bestehend aus Silizium, Saphir, Quarz, Metall, Glas und Keramiken ausgewählt ist.
12. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin das Aussetzen des Stapels gegenüber einer Bearbeitung, die aus der Gruppe bestehend aus Rückschleifen, chemisch/mechanischem Polieren, Ätzen, Abscheidung von Metallen oder Dielektrikumsschichten, Strukturierung, Passivierung, Tempern und Kombinationen davon ausgewählt ist, vor dem Trennen des ersten und des zweiten Substrats umfasst.
13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das erste Substrat des Stapels vor dem Trennen der Substrate an einer Spannvorrichtung gesichert wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das erste Substrat mithilfe einer elektrostatischen Kraft, Vakuumkraft, Magnetkraft, mechanischen Kraft, physikalischen Einspannung oder eine Klebefolienschicht zwischen der Spannvorrichtung und dem ersten Substrat an der Spannvorrichtung gesichert wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Spannvorrichtung von dem zweiten Substrat während des Trennens wegbewegt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Trennen unter Verwendung einer flexiblen Spannvorrichtung mit einem Umfang durchgeführt wird, wobei das zweite Substrat an der flexiblen Spannvorrichtung gesichert wird, wobei die Kraft auf nur einen Teil des Umfangs der flexiblen Spannvorrichtung ausgeübt wird, wodurch der entsprechende Teil des Umfangs des zweiten Substrats von dem Stapel weg in einer Abziehbewegung angehoben wird.
17. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Trennen unter Verwendung einer Klebefolie mit einem Randbereich durchgeführt wird, wobei das zweite Substrat an der Klebefolie gesichert wird, wobei die Kraft auf nur einen Teil des Randbereichs der Klebefolie ausgeübt wird, wodurch der entsprechende Teil des Randbereichs des zweiten Substrats von dem Stapel weg in einer Abziehbewegung angehoben wird.
18. Verfahren zum Bilden einer temporären Wafer-Verklebungsstruktur, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Bereitstellen eines ersten Substrats mit einer Vorderfläche und einer Rückfläche;
Bilden einer Verklebungsschicht auf der Vorderfläche des ersten Substrats;
Bereitstellen eines zweiten Substrats mit einer Vorderfläche und einer Rückfläche, wobei die Vorderfläche einen oberflächenmodifizierten Bereich, einen unmodifizierten Bereich und eine optionale Maske, die an den unmodifizierten Bereich angrenzt, aufweist; und
Inkontaktbringen der Vorderfläche des zweiten Substrats mit der Verklebungsschicht auf dem ersten Substrat, um dadurch die temporäre Verklebungsstruktur zu bilden, wobei die Verklebungsschicht und der oberflächenmodifizierte Bereich des zweiten Substrats eine Grenzfläche mit geringer Bindung dazwischen umfassen.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei der oberflächenmodifizierte Bereich ein Muster umfasst.
20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Muster aus der Gruppe bestehend aus Gittern, Linien und Formen ausgewählt ist.
21. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Vorderfläche einen peripheren Bereich und einen zentralen Bereich aufweisen, wobei der zentrale Bereich den oberflächenmodifizierten Bereich umfasst, wobei die Maske an den peripheren Bereich angrenzt.
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der oberflächenmodifizierte Bereich ein Muster umfasst.
23. Verfahren nach Anspruch 21, wobei das Bereitstellen des zweiten Substrats Folgendes umfasst:
Bilden einer Maske auf dem peripheren Bereich;
Abscheiden einer Oberflächenmodifizierenden Zusammensetzung in dem zentralen Be-

reich, um den oberflächenmodifizierten zentralen Bereich zu erhalten; und gegebenenfalls Entfernen der Maske, um dadurch den peripheren Bereich freizulegen.

24. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Maske vorliegt, wobei die Verklebungsschicht mit der Maske verklebt ist.
25. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Inkontaktbringen unter Wärme und Druck durchgeführt wird, wobei die Maske in die Verklebungsschicht verfließt, um eine gleichmäßige Verklebungsschicht zu erzeugen.
26. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Maske nicht vorliegt, wobei die Verklebungsschicht mit dem unmodifizierten Bereich des zweiten Substrats verklebt ist.

Hierzu 11 Blatt Zeichnungen



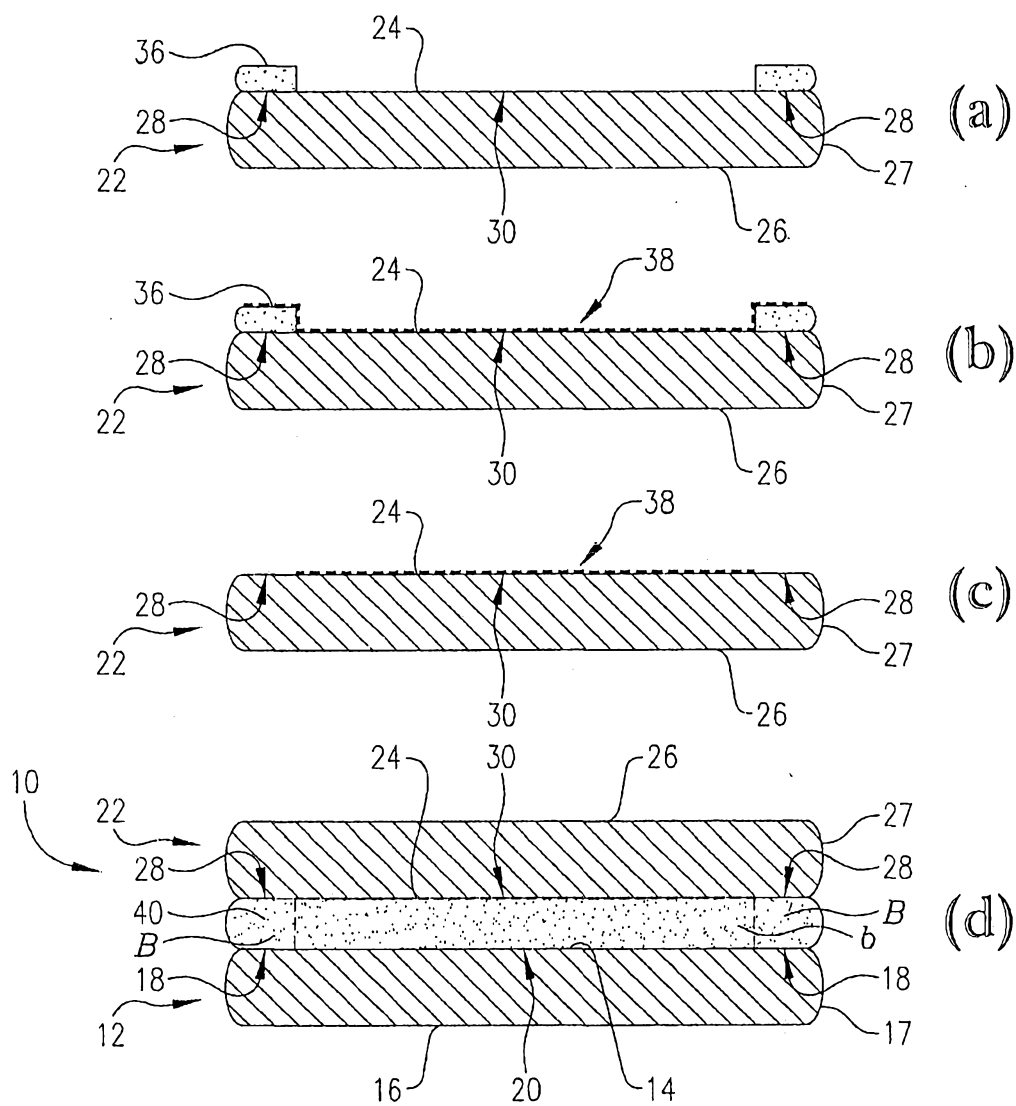


FIG. 3

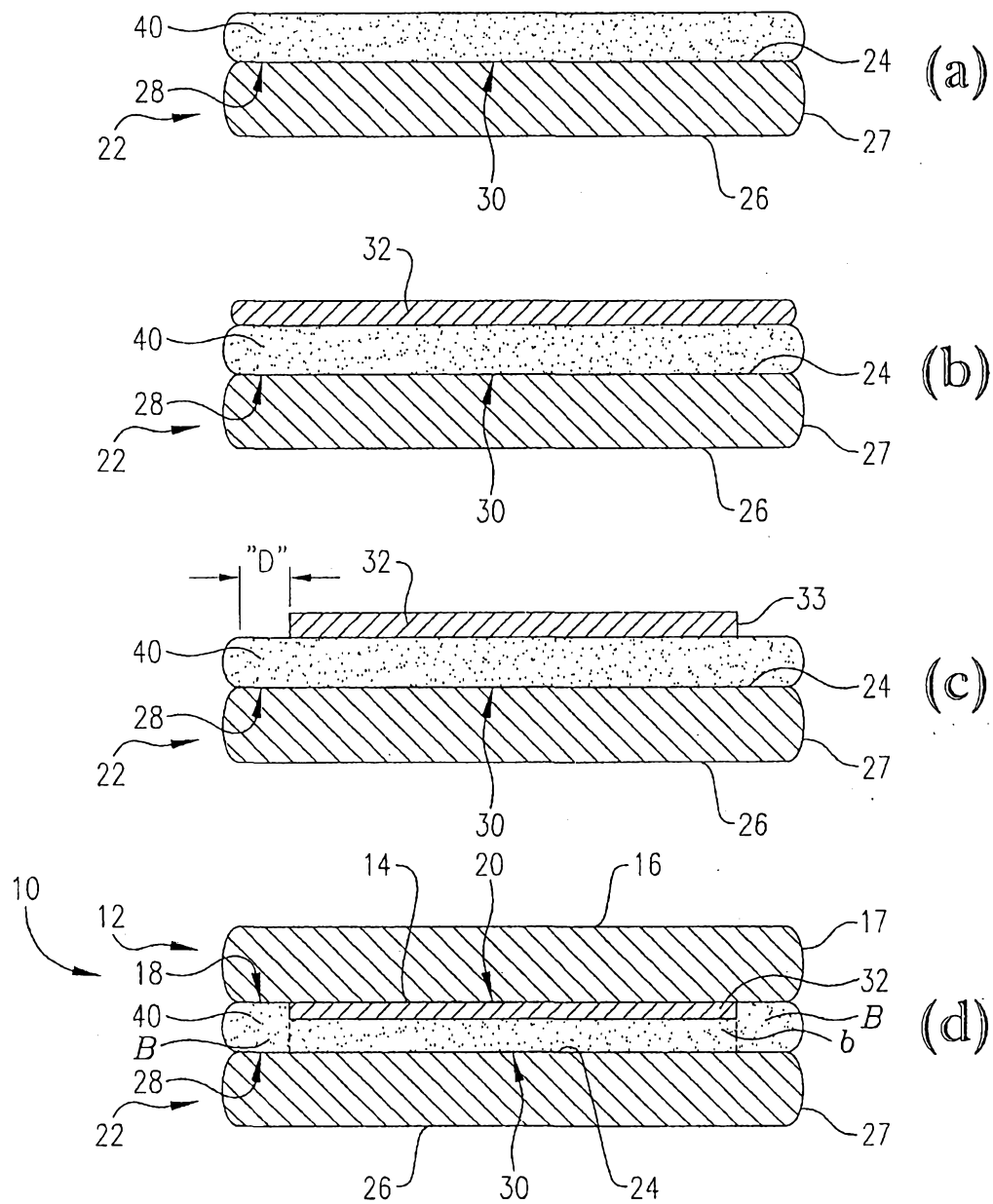


FIG. 4

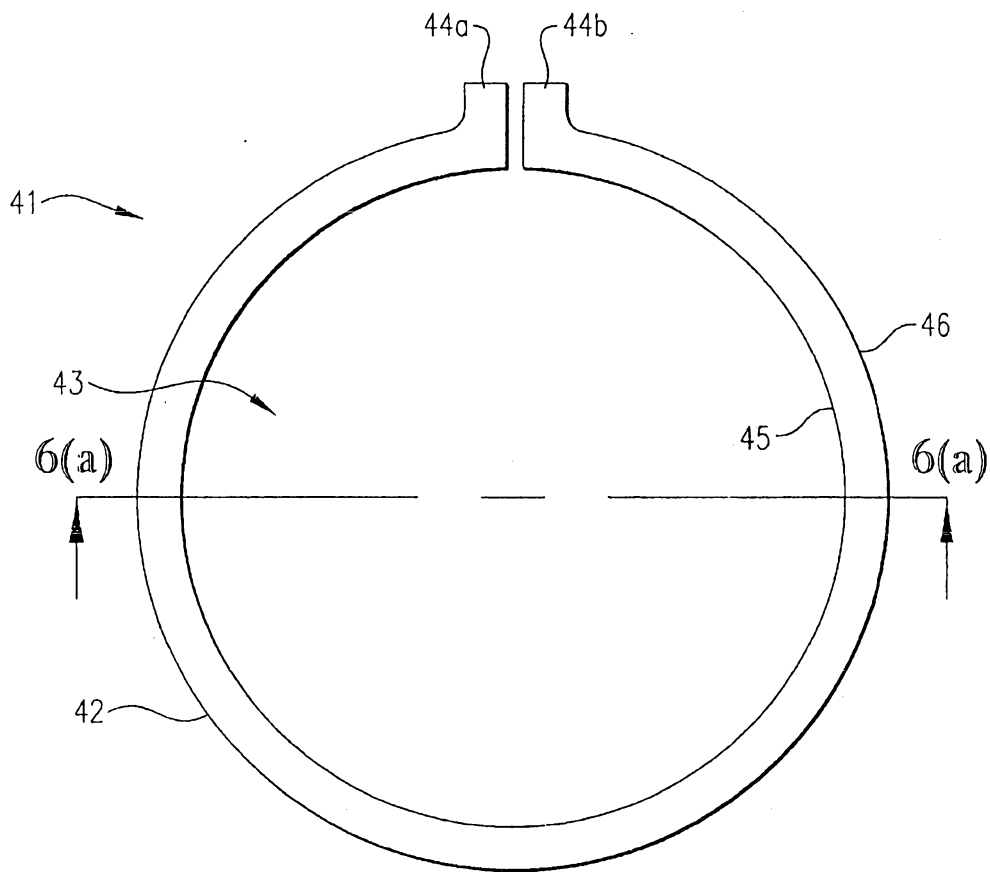


FIG. 5(a)

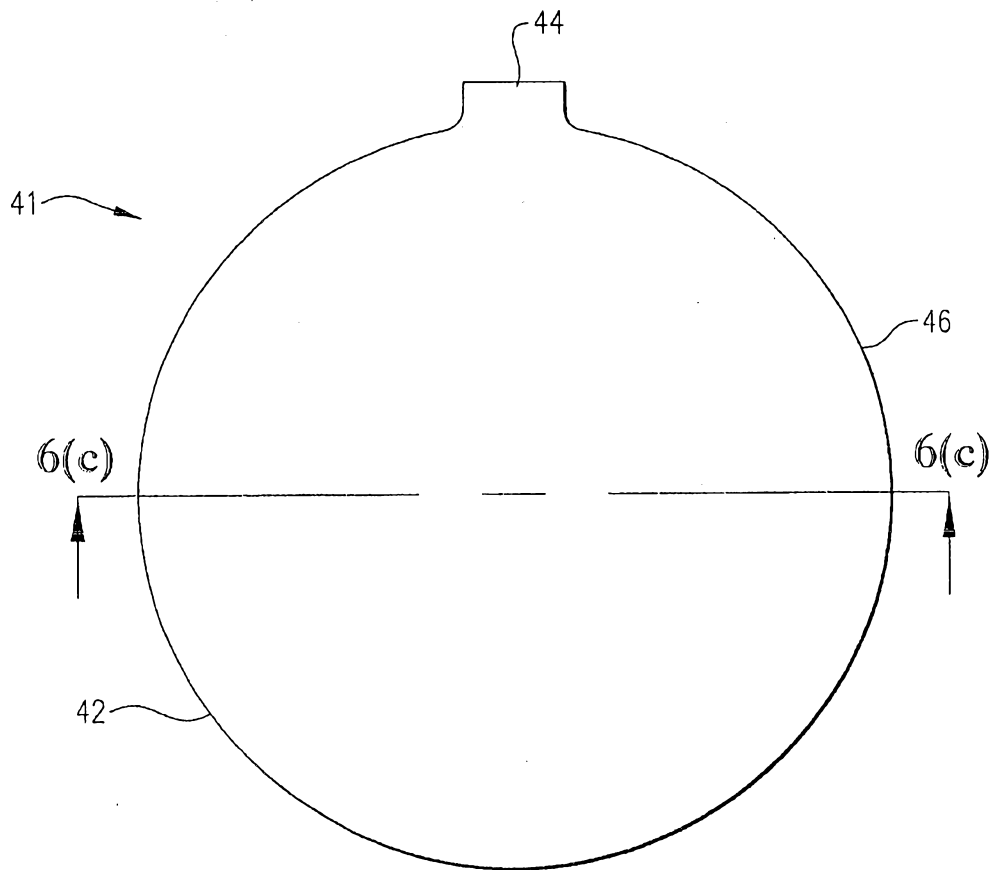


FIG. 5(b)

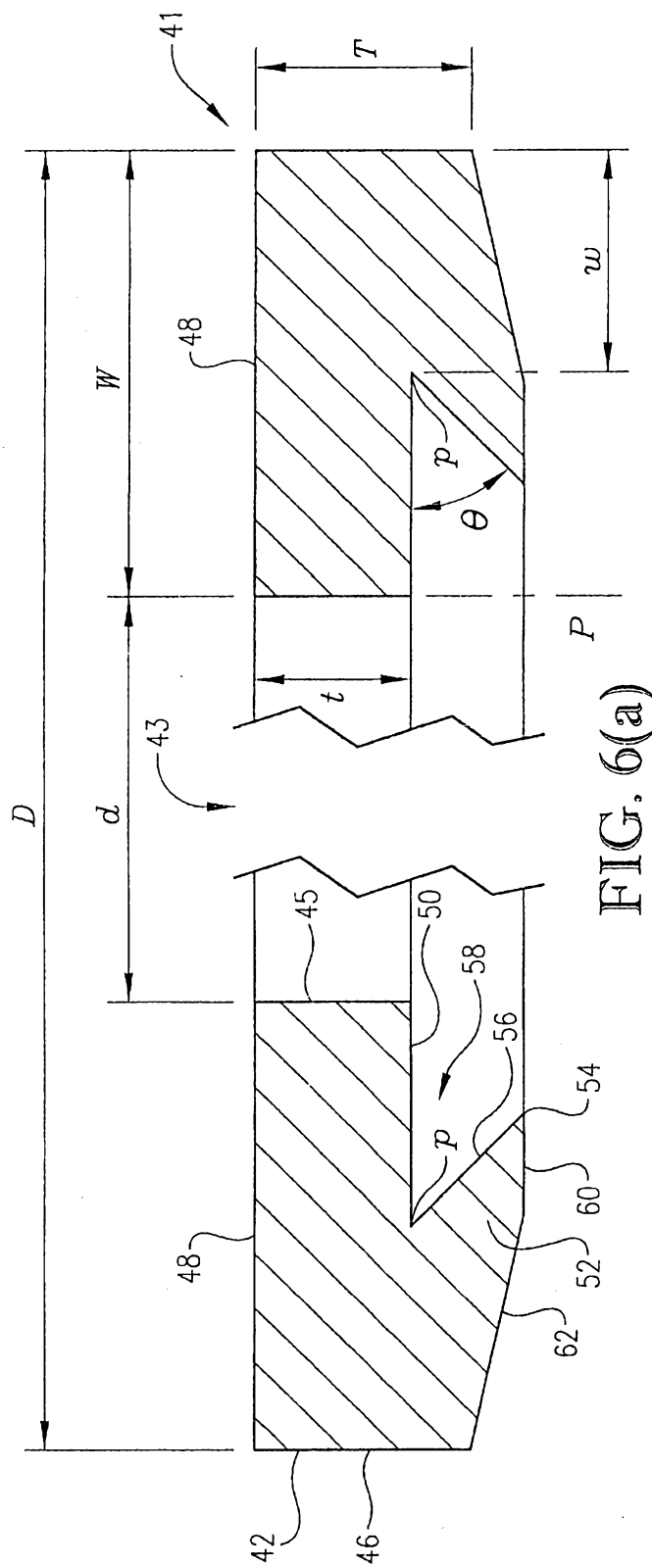


FIG. 6(a)

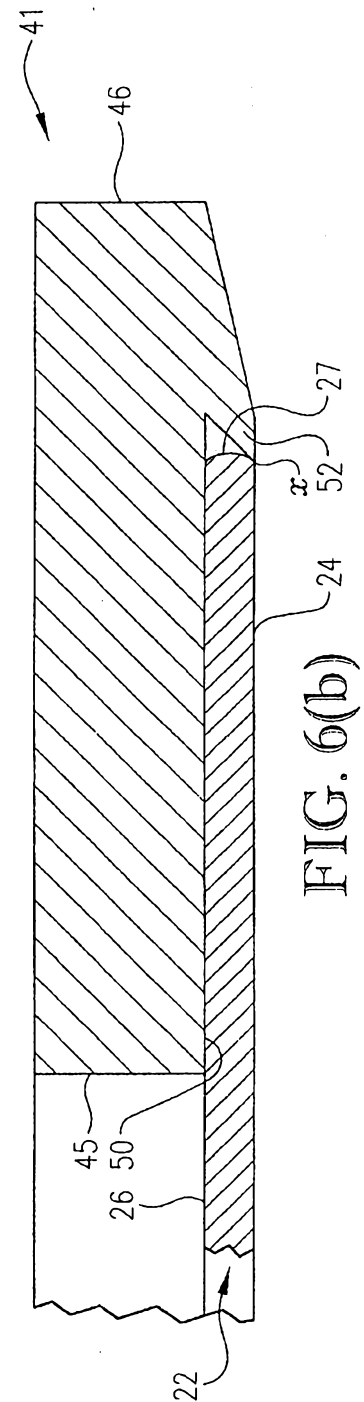
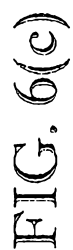
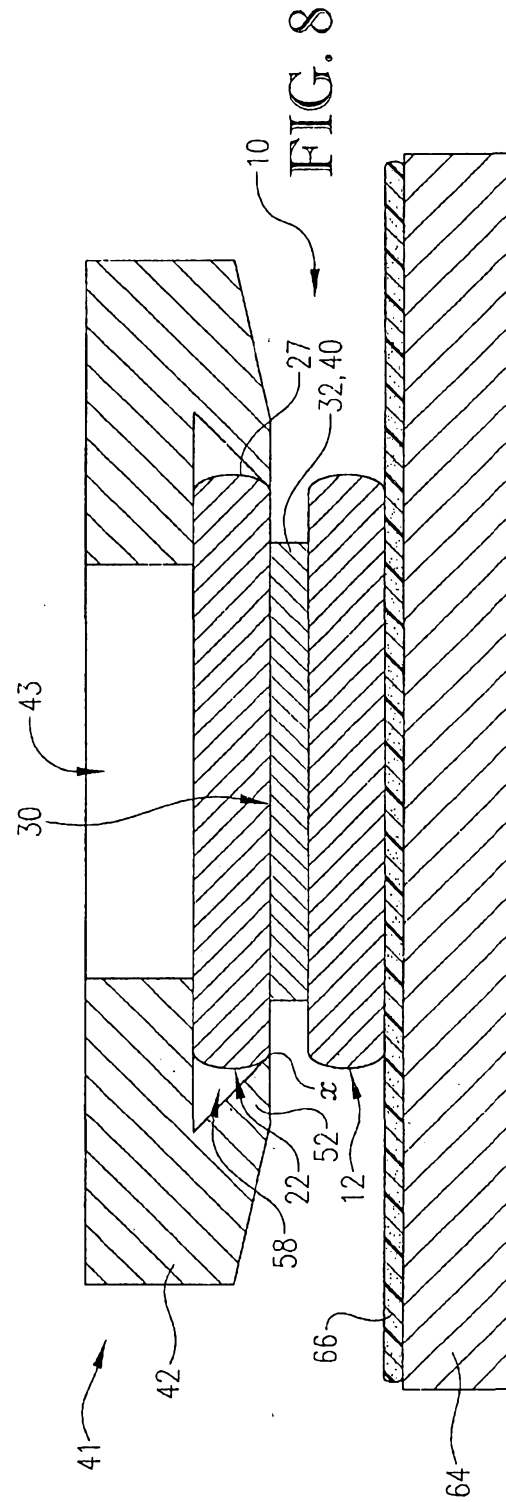
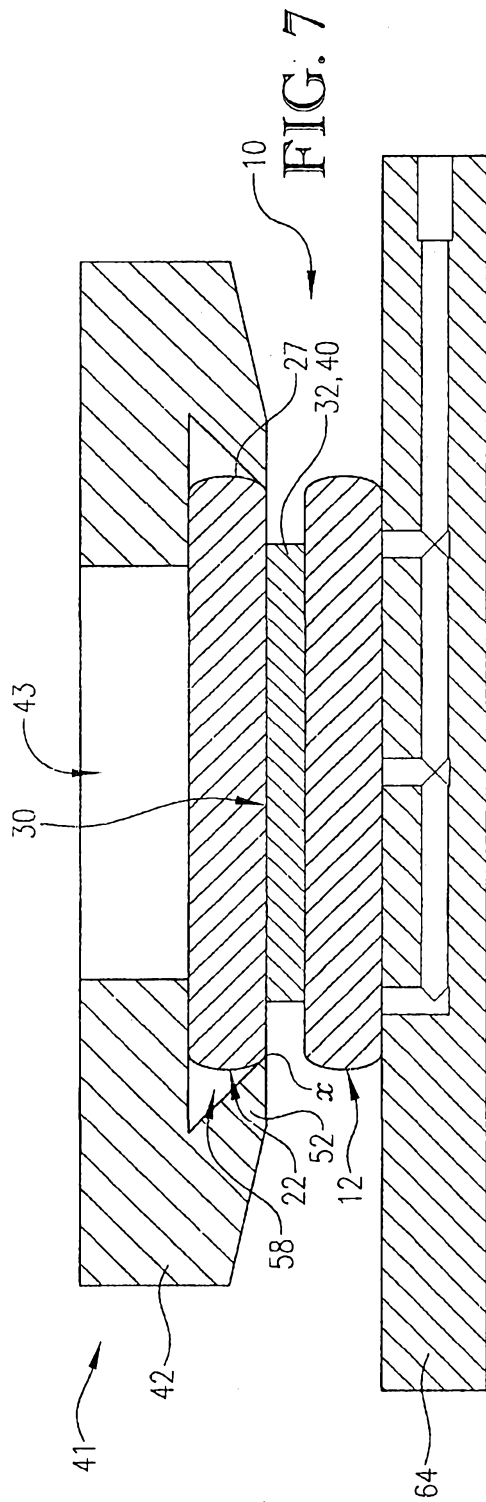
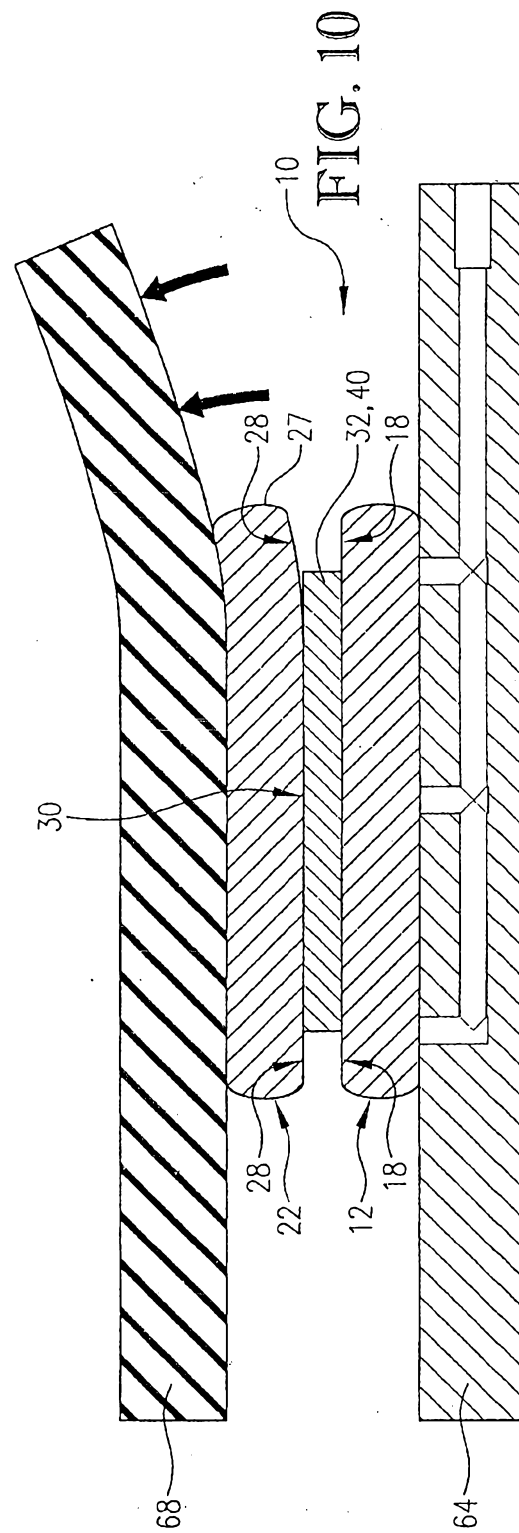
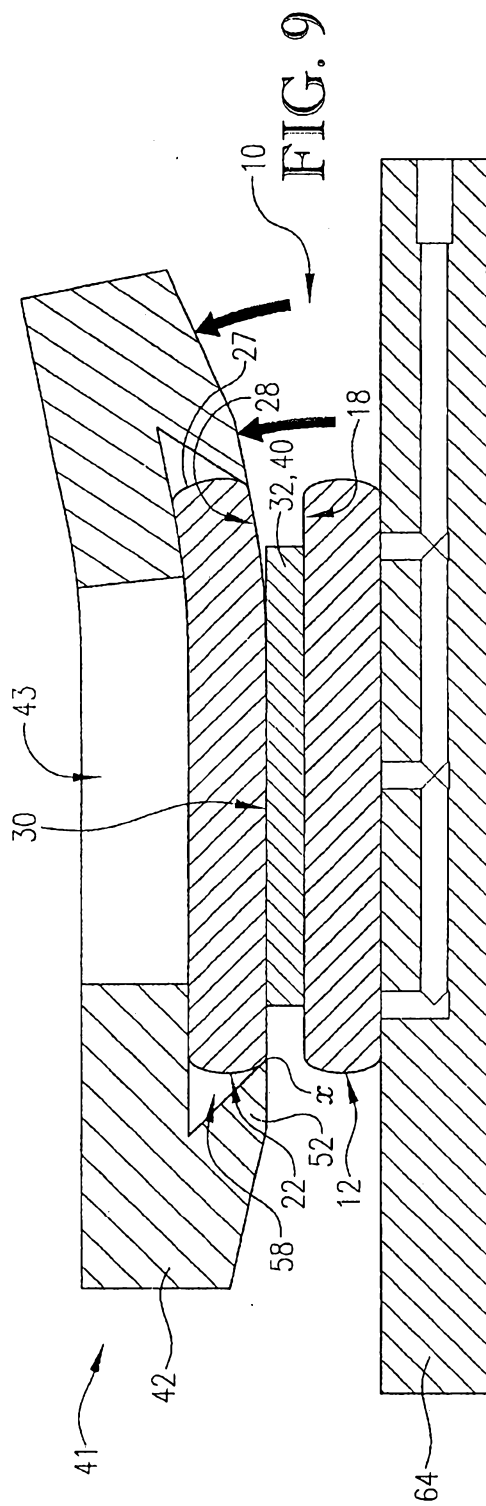
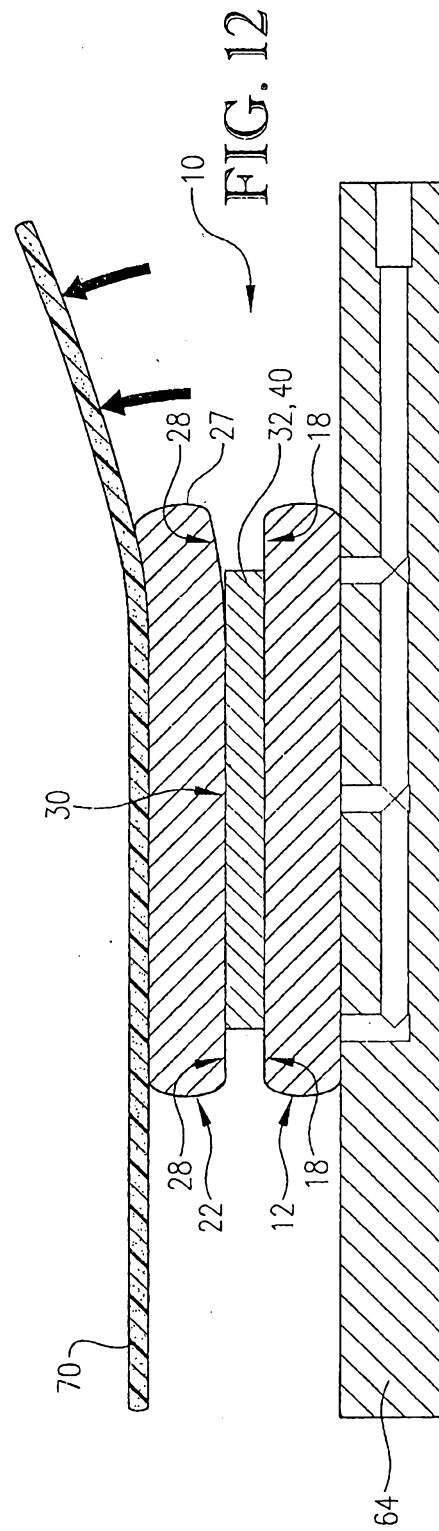
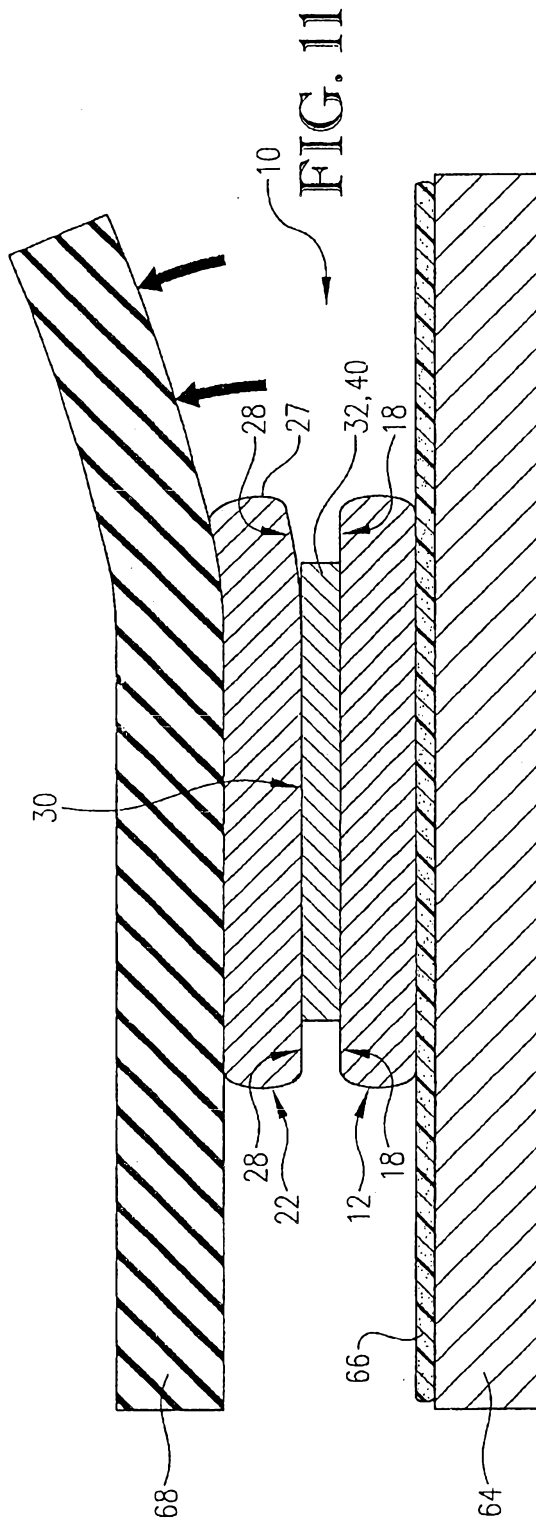


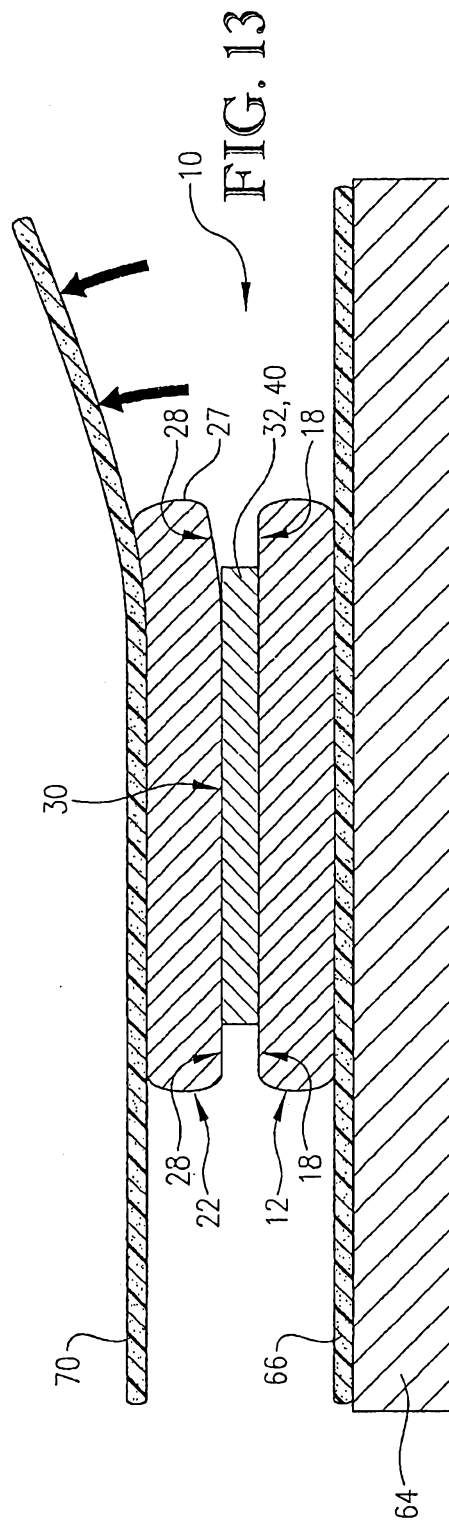
FIG. 6(b)











Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01L 21/321 (2006.01); **B24B 37/34** (2012.01); **B24B 41/00** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01L 21/3212 (2013.01); **B24B 37/345** (2013.01); **B24B 41/005** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01L, B24B

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, Volltext

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **05.04.2016** eingereichten Ansprüchen **1-26** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2005173064 A1 (MIYANARI ATSUSHI) 11. August 2005 (11.08.2005) Figuren 1, 7	9-12, 17
Y	gesamtes Dokument	1-7, 13-15
A	gesamtes Dokument	16, 18-26
X	WO 2009094558 A2 (BREWER SCIENCE) 30. Juli 2009 (30.07.2009) gesamtes Dokument	18, 26
Y	gesamtes Dokument	1-7
A	gesamtes Dokument	8-17, 19-25
Y	JP H07240355 A (SUMITOMO SITIX) 12. September 1995 (12.09.1995) gesamtes Dokument	13-15
A	gesamtes Dokument	16
Datum der Beendigung der Recherche: 20.09.2018		
Seite 1 von 1		Prüfer(in): AUER Erwin

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente:**X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.**Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.**A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.**P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.**E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).**&** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.