Substratverbund, Verfahren und Vorrichtung zum Bonden von Substraten

B e s c h r e i b u n g

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bonden eines ersten Substrats mit einem zweiten Substrat nach Anspruch 1 sowie eine korrespondierende Vorrichtung nach Anspruch 14 und einen, insbesondere nach dem Verfahren und/oder mit der Vorrichtung hergestellten, Substratverbund nach Anspruch 7.

In der Halbleiterindustrie werden Trägerwafer mit mehreren hundert Mikrometern Dicke verwendet, um einen Produktwafer durch unterschiedliche Prozesse zu fixieren. Dabei unterscheidet man grundsätzlich zwischen den sogenannten Permanent- und Temporärbondingverfahren.

Beim Permanentbonden werden Trägerwafer und Produktwafer mit der Absicht miteinander verbondet, sie nicht mehr voneinander zu trennen. Sehr oft handelt es sich in diesem Fall bei den Trägerwafern selbst um Produktwafer, die zu diesem Zeitpunkt noch eine entsprechende Dicke besitzen um als Träger zu fungieren, funktional aber den Produktwafern zuzuordnen sind. Diese Permanentbondingverfahren sind vielfältig, sehr unterschiedlich und materialspezifisch.

Darüber hinaus ist es sehr oft nötig, den Produktwafer ausschließlich für eine gewisse Zeitspanne mit einem Trägerwafer zu verbinden, um weitere Prozessschritte am Produktwafer durchführen zu können. Sehr oft werden die Produktwafer in diesem temporär gebondeten Zustand rückgedünnt und erreichen dadurch Dicken unter 100 µm, meist unter 50 µm, heute bereits um die 20 µm, in naher Zukunft wahrscheinlich noch weniger. Die temporäre Fixierung muss einfach, schnell durchführbar, billig, effizient, reversibel, sowie physikalisch und chemisch stabil sein. Am häufigsten werden die Trägerwafer mit einem Bondingadhäsiv belackt und in einem Bondverfahren zum Produktwafer gebondet. Der so erzeugte temporäre Bond soll hohen Temperaturen und Kräften widerstehen. Das Bondinterface soll vorzugsweise das Eindringen von Flüssigkeiten und/oder Gasen in den Zwischenraum von Träger- und Produktwafer verhindern.

Die am häufigsten verwendete Art des Temporärbondens benutzt eine stoffschlüssige Klebeschicht. Die Klebeschicht kann über die gesamte Fläche des Trägerwafers und/oder des Produktwafers aufgebracht werden. Diese Schicht hat bis zu einem bestimmten Temperaturbereich ausreichende Hafteigenschaften (nicht lösbare Verbindung), um die beiden Substrate ausreichend zu fixieren. Zum Trennen werde die beiden Substrate über diesen Temperaturbereich erhitzt und dadurch verliert der Kleber die Klebeeigenschaften und durch Einbringen von horizontaler und vertikaler Kraft werden diese beiden Wafer, Trägerwafer und Produktwafer, getrennt.

Die Klebeschicht kann auch nur am Rand des Produktwafers und/oder des Trägerwafers aufgebracht werden. Der innere Bereich beinhaltet nicht notwendigerweise eine klebende Schicht. Die Schicht des inneren Bereichs kann beliebige Eigenschaften haben, wird aber meist als Stützmittel in die Zwischenräume der einzelnen Bumps eingebracht. Der Trennvorgang ist ähnlich dem Trennvorgang eines vollflächigen Bonds, allerdings müssen nur die Randzonen entsprechend physikalisch und/oder chemisch behandelt

werden, damit der Temporärbond seine Adhäsion verliert. Damit gehen geringere Temperaturen, geringere Prozesszeiten, geringerer Materialverbrauch an Chemikalien einher.

Es existieren noch unzählige weitere Verfahren, einen temporären Bond wieder aufzulösen, beispielsweise durch spezielle Laser, durch Trägerwafer mit Löchern geringen Durchmessers, durch welche vollflächig ein entsprechendes Lösungsmittel in den Bond eingebracht wird.

Aufgabe der Erfindung ist es eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, um einerseits eine hohe Bondkraft zwischen den Substraten für alle notwendigen Prozessschritte zu bewirken, anderseits nach Prozessierung des Substratverbunds eine zerstörungsfreie Trennung des dünnen Substrats vom Substratverbund zu ermöglichen. Zusätzlich sollen die für diesen Vorgang nötigen Verfahrensschritte kostengünstig und universell für die verschiedensten Substrate/Wafer möglich sein.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Ansprüche 1, 7 und 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Figuren angegebenen Merkmalen. Bei angegebenen Wertebereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und in beliebiger Kombination beanspruchbar sein.

Die Erfindung beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren, mit deren Hilfe ein Trägerwafer temporär und/oder permanent mit einem Produktwafer verbunden werden kann. Des Weiteren wird das Endprodukt, ein Trägerwafer-Produktwafer-Verbund (Substratverbund) beschrieben.

Der Erfindung liegt die Idee zu Grunde, dass auf dem Trägerwafer und/oder dem Produktwafer an mehreren Positionen, vorzugsweise an mindestens drei Positionen, speziell angefertigte Verbindungselemente bestehen, die durch physikalische und/oder chemische Prozesse miteinander verschmolzen und/oder gelöst werden können. Insbesondere wird auf mechanisch bewegliche Teile zur Fixierung verzichtet.

Der Erfindung liegt der weitere Gedanke zugrunde, eine gattungsgemäße Vorrichtung und ein gattungsgemäßes Verfahren derart zu verbessern, dass das temporäre Bonden von zwei oder mehreren Substraten kostengünstig (für alle Prozessanforderungen, auch für hohe Temperaturen und Vakuum) geeignet ist und ohne aufwendige Reinigungskosten des Trägerwafers eine Wiederverwendung in nachfolgenden Prozessen ermöglicht wird. Weiterhin sind Fixiermittel vorgesehen, die eine geeignete Verbindung bei hohen Prozesstemperaturen und eine leichtes Debonden ermöglichen.

Der Erfindung liegt der allgemeine Erfindungsgedanke zugrunde, außerhalb einer wirksamen beziehungsweise gemeinsamen Kontaktfläche zwischen den Substraten eine stoffschlüssige Verbindung herzustellen. Somit wird sowohl auf mechanisch bewegliche Fixierungen als auch auf eine Beaufschlagung der Kontaktfläche zwischen den Substraten selbst verzichtet, wodurch die Reinigung der Kontaktflächen nach Lösen der Verbindung viel einfacher und effizienter ist. Die Substrate stehen zur Weiterverarbeitung oder Wiederverwendung schneller wieder zur Verfügung. Die wirksame oder gemeinsame Kontaktfläche ist die Fläche, wo – abgesehen von etwaigen Beschichtungen – direkter Kontakt zwischen dem ersten und dem zweiten Substrat besteht. Dabei ist es erfindungsgemäß besonders vorteilhaft, wenn die Verbindung flächenmäßig punktuell aufgebracht wird, was auch eine schmale kreisringförmige Aufbringung umfasst.

Unter Substraten werden in der Halbleiterindustrie verwendete Produkt- oder Trägersubstrate verstanden. Das Trägersubstrat dient als Verstärkung des Funktionssubstrates (Produktsubstrat) bei den verschiedenen Bearbeitungsschritten, insbesondere beim Rückdünnen des Funktionssubstrates. Als Substrate kommen insbesondere Wafer, entweder mit Abflachung („flat“) oder Einkerbung („notch“), in Frage.

Als eigenständige Erfindung ist ein Substratverbund (beziehungsweise eine Produktsubstrat-Trägersubstrat-Kombination) vorgesehen, welcher aus einem Trägersubstrat und einem Produktsubstrat besteht, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und/oder dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgerichtet, kontaktiert und miteinander vorfixiert und/oder gebonded worden sind und sich insbesondere dadurch auszeichnen, dass der Durchmesser D2 des ersten Substrats (Trägersubstrat) minimal geringer ist als der Durchmesser D3 des zweiten Substrats (Produktsubstrat). Erfindungsgemäß wird damit sichergestellt, dass das Trägersubstrat während der Prozessierung des Produktsubstrats keinerlei Kontamination, Verschmutzung, ungewollter Behandlung etc. ausgesetzt wird und daher öfter wiederverwendet werden kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die stoffschlüssige Verbindung am ersten Substrat zumindest teilweise, vorzugsweise überwiegend an einer gegenüber der gemeinsamen Kontaktfläche angewinkelten ersten Fixierfläche des ersten Substrats und/oder am zweiten Substrat zumindest teilweise, vorzugsweise überwiegend an einer gegenüber der gemeinsamen Kontaktfläche angewinkelten zweiten Fixierfläche des zweiten Substrats ausgebildet wird. Somit ist eine optimale, platzsparende Kraftübertragung zur Fixierung der Substrate (Produktsubstrat und Trägersubstrat) möglich. Unter angewinkelt werden insbesondere Winkel zwischen 3 Grad und 90 Grad, vorzugsweise zwischen 10 Grad und 90 Grad verstanden. In einigen besonders

vorteilhaften Ausführungsformen ist die erste und/oder zweite Fixierfläche im Wesentlichen orthogonal, insbesondere exakt orthogonal, zur gemeinsamen Kontaktfläche angeordnet.
Soweit dabei die ersten Fixierflächen und/oder die zweiten Fixierflächen rotationssymmetrisch zu einer Rotationsachse des ersten Substrats und/oder zweiten Substrats angeordnet sind, werden die Substrate mit optimaler Kraftverteilung der Bondkraft aneinander fixiert.

Gemäß einem weiteren, vorteilhaften Aspekt der vorliegenden Erfindung werden zur Ausbildung der stoffschlüssigen Verbindung Kleber und/oder, insbesondere metallische, Verbindungselemente verwendet. Die stoffschlüssige Verbindung dient insbesondere zusätzlich zur Abdichtung der gemeinsamen Kontaktfläche gegenüber der Umgebung.

Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass ein erstes Flächenverhältnis zwischen der ersten Fixierfläche und der ersten Kontaktfläche kleiner 1:5, insbesondere kleiner 1:10, noch bevorzugter kleiner 1:20, ist und/oder ein zweites Flächenverhältnis zwischen der zweiten Fixierfläche und der zweiten Kontaktfläche kleiner 1:5, insbesondere kleiner 1:10, vorzugsweise kleiner 1:20, ist. Somit wird ein geringstmöglicher Platz für die Fixierung aufgewendet, so dass mehr Platz für die Ausbildung von Strukturen auf dem Produktwafer bleibt.

Mit Vorteil wird das zweite Substrat, insbesondere vor der Kontaktierung der ersten und zweiten Kontaktflächen, mit einer Zwischenschicht zur Verebnung von auf einer Oberseite des zweiten Substrats vorgesehenen Lötkugeln versehen. Die Zwischenschicht dient zur Aufnahme der Lötkugeln (Bumps), wobei die Zwischenschicht vorzugsweise nicht haftend oder allenfalls gering haftend gegenüber dem ersten Substrat wirkt.

Außerdem ist durch die vorliegende Erfindung eine mehrmalige Verwendung des Trägersubstrats möglich, ohne dieses durch aufwändige und teure Prozesse reinigen zu müssen.

Darüber hinaus ergibt sich die Möglichkeit, die erfindungsgemäße Vorrichtung in einen Bonder einzubauen/zu integrieren.

Soweit vorliegend und/oder in der anschließenden Figurenbeschreibung Vorrichtungsmerkmale offenbart sind, sollen diese auch als Verfahrensmerkmale offenbart gelten und umgekehrt. Das gleiche gilt für den Substratverbund.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Diese zeigen in:

Fig. 1a, 1b und 1c: je eine schematische Aufsicht auf ein erstes Substrat mit verschiedenen Außenkonturen vor einer erfindungsgemäßen Anpassung eines Durchmessers D1 des ersten Substrats,

Fig. 2a eine schematische Querschnittsansicht des Substrats gemäß Fig. 1a,

Fig. 2b eine schematische Querschnittsansicht des Substrats nach einer Anpassung (Verringerung) des Durchmessers D1 ,

Fig. 3a eine schematische Querschnittsansicht des ersten Substrats vor dem Kontaktieren mit einem zweiten Substrat mit erfindungsgemäßen Verbindungselementen in einer ersten Ausführungsform,

Fig. 3b eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Substratverbundes nach Fig. 3a,

Fig. 4a eine schematische Querschnittsansicht des ersten Substrats vor dem Kontaktieren mit dem zweiten Substrat mit erfindungsgemäßen Verbindungselementen in einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 4b eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Substratverbundes nach Fig. 4a,

Fig. 5a eine schematische Querschnittsansicht des ersten Substrats vor dem Kontaktieren mit dem zweiten Substrat mit erfindungsgemäßen Verbindungselementen in einer dritten Ausführungsform,

Fig. 5b eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Substratverbundes nach Fig. 5a,

Fig. 6a eine schematische Querschnittsansicht des ersten Substrats vor dem Kontaktieren mit dem zweiten Substrat mit erfindungsgemäßen Verbindungselementen in einer vierten Ausführungsform,

Fig. 6b eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Substratverbundes nach Fig. 6a,

Fig. 6c eine schematische Aufsicht gemäß Schnittlinie A-A aus Fig. 6g,

Fig. 7a eine schematische Querschnittsansicht des ersten Substrats vor dem Kontaktieren mit einem zweiten Substrat mit

erfindungsgemäßen Verbindungselementen in einer fünften Ausführungsform,

Fig. 7b eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Substratverbundes nach Fig. 7a,

Fig. 8a eine schematische Querschnittsansicht des ersten Substrats vor dem Kontaktieren mit dem zweiten Substrat mit erfindungsgemäßen Verbindungselementen in einer sechsten Ausführungsform,

Fig. 8b eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Substratverbundes nach Fig. 8a,

Fig. 8c eine schematische Aufsicht gemäß Schnittlinie B-B aus Fig. 8g,

Fig. 9a eine schematische Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Oberfläche eines Substrats mit einer eingefrästen, das Substrat umlaufenden Vertiefung,

Fig. 9b eine schematische Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Oberfläche eines Substrats mit einer eingefrästen, das Substrat umlaufenden Vertiefung, in welcher ein Metall abgeschieden wurde,

Fig. 9c eine schematische Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Oberfläche eines Substrats auf welcher ein Metall abgeschieden wurde,

Fig. 10a eine schematische Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum lokalen Löten und Entlöten

Fig. 10b eine schematische Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum lokalen Aufbringen eines Materials

In den Figuren sind Vorteile und Merkmale der Erfindung mit diese jeweils identifizierenden Bezugszeichen gemäß Ausführungsformen der Erfindung gekennzeichnet, wobei Bauteile beziehungsweise Merkmale mit gleicher oder gleichwirkender Funktion mit identischen Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

Für das gattungsgemäße Verfahren wird als erstes Substrat 1 ein Trägerwafer aus jedem beliebigen Material, vorzugsweise aber aus Silizium, verwendet werden. Ein mit dem ersten Substrat 1 zu kontaktierendes zweites Substrat 7 (hier: Produktwafer) und der Trägerwafer bestehen vorzugsweise aus demselben Material. Durch identische oder zumindest ähnliche Materialien sind mechanische und thermische Parameter zwischen Produkt- und Trägerwafer gleich oder zumindest ähnlich.

Das zweite Substrat 7 weist an seiner Oberseite 7o Lötkugeln 15 (bumps) auf, die zur elektrischen Verbindung von Chips dienen. Zur Verebnung und Druckausgleich ist an der Oberseite 7o eine Zwischenschicht 18 als Bestandteil des zweiten Substrats 7 angeordnet, an der die Kontaktierung mit dem ersten Substrat 1 stattfindet. Somit hat das erste Substrat 1 eine erste Kontaktfläche 1k und das zweite Substrat 7 eine zweite Kontaktfläche 18k. Soweit keine Lötkugeln 15 vorgesehen sind, kann das zweite Substrat 7 ohne Zwischenschicht 18 direkt mit dem ersten Substrat 1 kontaktiert werden, wobei dann die Oberseite 7o zur ersten Kontaktfläche wird.

Die Substrate 1, 7 können entweder vollkommen radialsymmetrisch sein oder ein „notch“ 2, ein „flat“ 3 beziehungsweise jede beliebige andere Abweichung von der Radialsymmetrie besitzen (Fig. 1), im Übrigen aber

ebenfalls radialsymmetrisch ausgebildet sein. Die Substrate 1, 7 sind insbesondere formkongruent, vorzugsweise im Wesentlichen radialsymmetrisch (abgesehen von den vorgenannten Merkmalen). Anders beziehungsweise allgemeiner ausgedrückt weisen die Substrate 1, 7 korrespondierende Außenkonturen 1a, 7a auf.

Für das erfindungsgemäße Bondverfahren wird der Trägerwafer (erstes Substrat 1), insbesondere durch Schleif- und/oder Ätzprozesse, mit einem, insbesondere handelsüblichen, Durchmesser D1 (Fig. 2a) auf einen Durchmesser D2 (Fig. 2b) bearbeitet, der gleich oder kleiner (bevorzugt) dem Durchmesser D3 des Produktwafers 7 ist.

Im Idealfall wird dabei am Übergang der Außenkontur 1a zur ersten Kontaktfläche 1k eine eckige Kante (mit im Verhältnis zur gegenüberliegenden oder vor der Verringerung des Durchmessers deutlich kleineren Krümmungsradius, insbesondere im Verhältnis kleiner 1:5) erstellt, sodass ein unterer Abschnitt des ersten Substrats 1 eine zylindrische Außenkontur besitzt (abgesehen von etwaigen Merkmalen gemäß Fig. 1b und 1c).

Ein wesentlicher, insbesondere eigenständiger, Erfindungsaspekt betrifft eine Metalllegierung, mit der einerseits eine Verbindung sowie gegebenenfalls eine Versiegelung der gemeinsamen Kontaktfläche zwischen Trägerwafer und Produktwafer bewirkt werden. Dies kann durch mehrere erfindungsgemäße Ausführungsformen gemäß nachfolgender Beschreibung erfolgen.

In einer ersten Ausführungsform (Fig. 3) wird an der Außenkontur 1a des ersten Substrats 1 ein, insbesondere rotationssymmetrischer, Umfangsabschnitt, metallisiert. Mit Vorzug handelt es sich dabei um eine Metallisierung 11, welche den gesamten Umfang der Außenkontur 1a des

ersten Substrats 1' bedeckt. Dadurch wird mit Vorzug eine vollständige Versiegelung erzeugt, welche auch gas- und/oder flüssigkeitsdicht ist. In einer Spezialausführung können Metallisierungen 11 auch nur an einigen Stellen des Umfangs des Trägerwafers 11 punktuell aufgebracht werden. Dadurch wird keine gas- und oder flüssigkeitsdichte Versiegelung erzeugt. Allerdings kann die spätere Versiegelung stark genug sein, um die beiden Wafer temporär und/oder permanent miteinander zu verbonden. Die Metallisierung 11 ist an einer ersten Fixierfläche 1f an dem ersten Substrat fixiert.

Bevorzugt wird auch das zweite Substrat 7 mit einer Metallisierung 11' versehen, und zwar auf der Oberseite 7o (oder auf der zum ersten Substrat 1 weisenden Seite der Zwischenschicht 18) in einem Ringabschnitt 7r, der außerhalb einer gemeinsamen Kontaktfläche 22 liegt, die zwischen der ersten und zweiten Kontaktfläche 1k, 18k beim Kontaktieren gebildet wird.

Die Metallisierungen 11 des ersten Substrats 1 und die Metallisierungen 11' des zweiten Substrats 7 können aus unterschiedlichen Metallen bestehen. Bevorzugt werden Metalle verwendet, deren Legierungen ein Eutektikum ausbilden. Mit weiterem Vorzug sollte zumindest eine der beiden Metallisierungen aus einem Metall mit möglichst geringem Schmelzpunkt bestehen. Der Schmelzpunkt sollte kleiner als 500°C, mit Vorzug kleiner als 400°C, mit größerem Vorzug kleiner als 300°C, mit größtem Vorzug kleiner als 200°C, mit allergrößtem Vorzug kleiner als 100°C sein. Des Weiteren können die beiden Metallisierungen 11 und 11' aus demselben Metall bestehen. Dieses Metall sollte vorzugsweise einen möglichst niedrigen Schmelzpunkt besitzen. Da auf Grund der Geometrie der Ausführungsform eine Druckbeaufschlagung der metallisierenden Gebiete 11 und 11' nicht oder nur sehr stark eingeschränkt möglich ist, erfolgt die Herstellung der Metallisierung 11'' vorwiegend durch thermische Beanspruchung. Im

Allgemeinen handelt es sich daher vorzugsweise um einen Schweiß- oder Lötprozess.

In Fig. 3b ist die geschmolzene und wieder ausgehärtete Metallisierung 11'' gezeigt, die sich aus den beiden Metallisierungen 11, 11' zusammensetzt (falls vorhanden) und durch das Fließen beim Schmelzen eine andere Form aufweist. Durch die Metallisierung 11'' wird eine stoffschlüssige Verbindung zwischen dem ersten Substrat 1 und dem zweiten Substrat 7 sowie der zum zweiten Substrat 7 gehörenden Zwischenschicht 18 hergestellt.

Die stoffschlüssige Verbindung besteht zum ersten Substrat 1 hin an der Außenkontur 1a an einer Fixierfläche 1f', die gegenüber der gemeinsamen Kontaktfläche 22 etwa orthogonal angewinkelt ist. Somit ist die stoffschlüssige Verbindung außerhalb der gemeinsamen Kontaktfläche 22 angeordnet. Bevorzugt erstreckt sich die Fixierfläche 1f' nur über einen Teil der Außenkontur 1a.

Zum zweiten Substrat 7 hin ist die stoffschlüssige Verbindung einerseits an dem Ringabschnitt 7r vorgesehen und andererseits an einer zweiten Fixierfläche 18f, die durch einen, insbesondere durch die Metallisierung 11' gebildeten, Freiraum 30 der Zwischenschicht 18 gebildet wird. Die Metallisierung 11' ist insbesondere auf sehr einfache Art und Weise durch lithographische Prozesse herstellbar. Die zweite Fixierfläche 18f besteht aus einer den Freiraum 30 begrenzenden Umfangswand. Der Ringabschnitt 7r begrenzt den Freiraum 30 zum zweiten Substrat 7 hin und bildet somit einen Teil der zweiten Fixierfläche.

In einer zweiten, abgesehen von nachfolgenden Ausführungen analog der ersten Ausführungsform gemäß Fig. 3a/3b ausgebildeten Ausführungsform (Fig. 4) wird ein Material 19 verwendet, um die beiden Substrate 1, 7

entlang der Außenkontur 1a (am gesamten Umfang) zu versiegeln. Somit ist die gemeinsame Kontaktfläche 22 vor Verschmutzung/Kontamination geschützt. Bei dem Material 19 kann es sich um jede Art von Klebstoff oder Metall handeln. Die Metallisierungen 11 sorgen, insbesondere zusammen mit einer etwaigen Haftfähigkeit des Materials 19 für die ausreichende Bondkraft zwischen den Substraten 1, 7. Erfindungsgemäß kann auf die Metallisierungen 11, 11' allerdings auch verzichtet werden.

In einer dritten Ausführungsform (Fig. 5) werden die beiden Substrate 1, 7 durch eine in einem Prozessschritt hergestellte, Materialüberlagerung 28 stoffschlüssig verbunden. Die Materialüberlagerung 28 bedeckt einen das erste Substrat 1 vom zweiten Substrat 7 überragenden Ringabschnitt 29 zumindest überwiegend, vorzugsweise fast vollständig. Die Materialüberlagerung 28 wird seitlich am ersten Substrat (1') und über dem zweiten Substrat 7 aufgebracht und nach Aushärtung wird das erste Substrat 1 an dem zweiten Substrat 7 durch die Materialüberlagerung 28 fixiert. Auch diese Fixierungsart wird vorzugsweise eine radialsymmetrische Form haben. Mit Vorzug wird die Materialüberlagerung 28 am Trägerwafer 1' nur seitlich und am Produktwafer 7 nur an der Randfläche aufgebracht. Denkbar wäre auch eine leichte Bedeckung einer Oberseite 1o' des ersten Substrats 1. Die Materialüberlagerung 28 wird durch Aufbringmittel, insbesondere umfassend eine Maske, welche den Zugang des aufzutragenden Materials nur an der gewünschten Stelle erlaubt, aufgebracht. Denkbar wäre auch ein vertikales Eintauchen der beiden Substrate 1, 7 in eine Schmelze und einer Rotation beider Substrate 1, 7 in der Schmelze. Dieses, auf den Ringabschnitt 29 bezogene Tauchverfahren erlaubt die Benetzung des zu schützenden äußeren Ringabschnitts 29. In einer besonderen Ausführungsform handelt es sich bei der Materialüberlagerung 28 um eine Metallisierung, erfindungsgemäß denkbar wären aber auch Klebstoffe, oder keramische Materialien.

In einer vierten Ausführungsform (Fig. 6) werden, insbesondere durch das erste Substrat 1'' durchtretende, Löcher 6 in das erste Substrat 1'' gebohrt und/oder geätzt. Mit Vorzug sind die Löcher 6 an deren Innenumfang 6i mit Metallisierungen 11''' versehen, um eine punktuelle, stoffschlüssige Verbindung zu ermöglichen. Am Produktwafer 7 befinden sich Strukturen 16. Mit Vorzug handelt es sich bei den Strukturen 16 um Bumps. Je nach Ausformung der Löcher 6 sowie der Metallisierungen 11''' und der Größe der Strukturen 16 ist es möglich, während des Schmelzens eine Selbstjustierung an diesen Punkten beim Schmelzen des Lötmetalls und der dabei auftretenden Oberflächenspannungen zu ermöglichen. Bei dieser Art der Fixierung werden die Substrate 1'', 7 vorwiegend an einigen wenigen Stellen durch Materialpenetration in die Löcher 6 direkt miteinander verbunden. Gemäß Fig. 6c handelt es sich bei den ausgehärteten metallisierten Verbindungen 11^{IV} um Fixierungen, wobei insbesondere zwischen den Metallisierungen 11^{IV} zusätzliche Dichtelemente 21 angeordnet sind, welche zur vollständigen Abdichtung der gemeinsamen Kontaktfläche 22 der beiden Substrate 1'', 7 dienen. Bei den Dichtelementen 21 kann es sich vorteilhaft um linear aufgetragene Streifen handeln, vorzugsweise in Form von Metallisierungen, welche während einer thermischen Behandlung ebenfalls miteinander verschweißen. Die Verschweißung erfolgt dabei insbesondere durch Thermokompressionsbonden und/oder eutektisches Bonden.

In einer fünften Ausführungsform (Fig. 7) werden Kavitäten 10 beliebiger Form an der die erste Kontaktfläche 1k umfassende Kontaktseite in das erste Substrat 1''' eingebracht. Mit Vorzug sind die Kavitäten 10, insbesondere punktuell, mit einer Metallisierung 11^{V} versehen. Die Kavitäten 10 zeichnen sich von den Löchern 6 in Fig. 6 dadurch aus, dass sie den Trägerwafer 1''' nicht vollständig durchdringen, dafür insbesondere radialsymmetrisch als geschlossener Ring um den ganzen Wafer reichen können. Erfindungsgemäß denkbar wäre eine Herstellung der Kavitäten 10

durch Ätzen oder durch Fräsen. Vor allem das kristallographische Ätzen von Trägerwafern gewisser kristallographischer Orientierung kann Kavitäten 10 sehr effizient erzeugen. Durch die Radialsymmetrie der Kavitäten 10 wird eine sehr effiziente Abdichtung des Interfaces zwischen beiden Wafern erzeugt.

Zusammen mit der Metallisierung 11' (wie Fig. 4a) wird die Metallisierung 11^{V} geschmolzen und als Metallisierung 11^{VI} ausgehärtet. Letztere sorgt wiederum für die stoffschlüssige Verbindung zwischen den Substraten 1, 7.

In einer sechsten Ausführungsform (Fig. 8) werden kleine Vertiefungen 20 beliebiger Form (insbesondere als radialsymmetrische Ausfräsungen oder Bohrungen) am Rand des ersten Substrats 1^{V} eingebracht. Die Verbindung zwischen dem ersten Substrat 1^{V} und dem zweiten Substrat 7 erfolgt mit entsprechenden Verbindungsmittel, insbesondere Klebern oder Metallisierungen.

Dadurch, dass der Durchmesser D2 des ersten Substrats kleiner/gleich dem Durchmesser D3 des zweiten Substrats 7 ist, wird der Trägerwafer (erstes Substrat 1) bei anschließenden Prozessen, insbesondere Sputterprozessen und Plasmaprozessen durch den Ringabschnitt 29 geschützt. Eine aufwendige und kostenintensive Reinigung des ersten Substrats, insbesondere verursacht durch metallische Kontamination entfällt. Das erste Substrat ist somit für andere/weitere Schritte unmittelbar wieder verwendbar.

Vorteilhaft wird auf die gesamte Fläche des ersten Substrats 1, die mit dem Produktwafer 7 in Kontakt kommt, eine nicht klebende oder nur leicht klebende ablösbare Dichtschicht und/oder Trennschicht aufgetragen. Das mit dieser Dichtschicht ausgestattete erste Substrat 1', 1'', 1''', 1^{IV}, 1^{V} hat

mit Ausnahme des Bereiches der Löt- oder Klebepunkte keinen haftenden, fix klebenden Kontakt mit dem zweiten Substrat 7.

Nach dieser neuen Methode, den Produktwafer 7 mit dem Trägerwafer 1' nur an genau definierten Punkten zu fixieren und diese Fixierung nach Beendigung der Prozesse wieder zu trennen, kann jedes Material, das eine für den oder die Prozesse geeignete Fixierung gewährleistet, verwendet werden. Es können an Stelle von metallischem Lot auch chemische oder biologische Materialien verwendet werden, die durch Einbringung anderer Materialien oder Energie ihre Eigenschaften zur Fixierung ganz oder teilweise verlieren.

Die Art des Lötmetalls richtet sich nach den in den weiteren Prozessen erforderlichen Temperaturen und Anforderungen und wird prozessspezifisch definiert. Da die Lötmetalle je nach Zusammensetzung einen definierten Schmelzpunkt haben, ist eine breite Möglichkeit der Temperaturanpassung gegeben. Die Schmelztemperatur liegt höher als der maximal zu erwartende Temperatureintrag durch die Fertigungsprozesse.

Es können aber auch Lötmetalle verwendet werden, die auch für die Herstellung von Bumps am Produktwafer verwendet werden. Da beim Entlöten nur an den für die Fixierung vorgesehenen Stellen Wärme zugeführt wird, werden die Bumps des Produktwafers nicht zum Schmelzen gebracht.

Es ist auch möglich, anstatt der Metallisierung 11 jedes beliebige andere Material aufzubringen, welches eine Fixierung der Wafer ermöglicht. Dieses Material kann klebende und/oder versiegelnde Wirkung haben. Das Material kann radialsymmetrisch durch einen in der Halbleiterindustrie bekannten Apparat aufgetragen werden.

In sämtlichen Ausführungsformen kann die Temperatur zum Schmelzen des Verbindungsmaterials für das Bonden und/oder Debonden auf jede erdenkliche Art und Weise eingebracht werden. Denkbar wäre insbesondere eine Einbringung über die gesamte Fläche, vorzugsweise durch den Kontakt des Trägerwafers und/oder des Produktwafers mit einer Heizplatte. In einer speziellen und bevorzugten Ausführungsform wird die Wärme durch ein Heizelement 32 nur an jenen Positionen eingebracht, in welchen die entsprechenden Metallisierungen bzw. Fixierungen vorliegen. Die lokale Erwärmung hat den entscheidenden Vorteil, dass nicht der gesamte Wafer thermisch belastet wird und damit eventuelle Strukturen, die bereits auf dem Produktwafer vorliegen, thermisch nicht oder zumindest sehr gering belastet werden.

In dem zum Bonden verwendeten Apparat wird an den Stellen, die diese Kavitäten 10 haben, nach dem Kontaktieren Temperatur eingebracht um das Lötmetall zum Schmelzen zu bringen, damit an diesen Punkten eine Lötung erfolgt. Das Debonden erfolgt in gleicher Weise, durch Erhitzen und anschließenden mechanischen Trennen der Wafer durch Eintragung von Bewegung mittels der Stelleinheiten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Sollte eine der Metallisierungen 11, 11‘, 11‘‘ wieder aufgeschmolzen werden, wird mit Vorzug Schmelzwärme nur in der unmittelbaren Umgebung der Metallisierungen 11, 11‘, 11‘‘ eingebracht.

Fig. 9a-9c zeigen drei mögliche Ausführungsformen, Schmelzwärme örtlich über die Oberfläche 1o des ersten Substrats 1, unabhängig von einer der aufgezeigten Ausführungsformen, einzubringen. Die Einbringung kann demnach für jede der genannten Ausführungsformen angewendet werden und ist hiermit als eigenständige Erfindung offenbart.

In einer ersten Ausführungsform wird mit Vorzug ein sehr schmales Heizelement 32 verwendet, welches die Oberseite 1o des ersten Substrats 1 kontaktiert. Mit Vorzug ist das Heizelement 32 von zwei Kühlelementen 33 umgeben, welche die Ausbreitung der Wärme über das gesamte erste Substrat 1 reduzieren. Mit größerem Vorzug befindet sich gegenüberliegend (beziehungsweise auf der hierzu abgewandten Seite des ersten Substrats 1, 1') zu dem Bereich der Aufbringung der Metallisierungen 11, 11', 11'' im ersten Substrat 1 eine Vertiefung 31, in welche ein Heizelement 32, im vorliegenden Fall ein Heizelement 32 mit keilförmiger Kontur, eingeführt werden kann, um den Wärmetransport zur Metallisierung 1 zu optimieren.

In einer weiteren Ausführungsform wird eine Metallisierung 34 zum Heizen, insbesondere in Verbindung mit dem Heizelement 32, in der Vertiefung 31 abgeschieden. Durch die Metallisierung 34 wird ein hoher Strom geleitet, welcher Joulsche Wärme erzeugt, die wiederum die Umgebung der Metallisierung aufheizt und so erfindungsgemäß zum Schmelzen der in der Umgebung liegenden Metallisierung 34 führt (Funktion des Heizelements 32).

In einer weiteren Ausführungsform wird eine Metallisierung 34', insbesondere in Verbindung mit dem Heizelement 32, bündig an der Oberseite 10 des ersten Substrats 1, 1' abgeschieden, also ohne Vertiefung im ersten Substrat 1, 1'.

Die drei vorgestellten Methoden können auch zum Einbringen der Wärme für das Verlöten (Herstellung der Verbindung) benutzt werden.

In den Figuren 10a, 10b ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung dargestellt, welche aus mindestens einem unteren Probenhalter 35 und einem oberen Probenhalter 36 besteht. Der obere Probenhalter 36 ist so ausgebildet, dass ein erfindungsgemäßes Heizelement 32 den Rand der Substrate 1, 7

erreichen kann und die erfindungsgemäße Einbringung der Wärme für den Verlötprozess und/oder den Entlötprozess zur Verfügung stellt. Zwischen dem oberen und den unteren Probenhalter 35, 36 ist vorzugsweise eine Relativbewegung in alle drei Raumrichtungen möglich. Mit Vorzug können die beiden Probenhalter 35, 36 zueinander um eine Rotationsachse R gedreht werden. Mit noch größerem Vorzug ist auch eine Relativbewegung des erfindungsgemäßen Heizelemnents 32 zwischen den beiden Probenhaltern 35, 36 in alle drei Raumrichtungen möglich. Die Probenhalter 35, 36 sind auch als Kontaktierungmittel zur Kontaktierung der ersten Kontaktfläche 1k des ersten Substrats 1 mit der parallel zur ersten Kontaktfläche 1k ausgerichteten zweiten Kontaktfläche 18k des zweiten Substrats 7 bezeichnet.

Die Probenhalter 35 und 36 sind mit Vorzug Vakuumprobenhalter. Es kann sich aber auch um elektrostatische oder andere Probenhalter handeln, die erfindungsgemäß die beiden Wafer fixieren können.

In einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung wird anstelle eines entsprechenden Heizelementes 32 eine Dispenseinheit 37 verwendet. Die Dispenseinheit kann zur seitlichen Metallisierung, zur Abscheidung von Klebstoffen, zum Aufbringen von Dichtungschemikalien oder zum Aufbringen eines jeden beliebigen Materials verwendet werden. Auf Grund der möglichen Relativverschiebungen und/oder Drehungen der Probenhalter 35, 36 zueinander und/oder der Relativbewegung der Dispenseinheit 37 relativ zu den Probenhaltern 35, 36 ist erfindungsgemäß eine rein ringförmige Auftragung oder eine vollflächige Auftragung eines beliebigen Materials möglich. Beispielsweise wird vor einem Bond- bzw. Lötvorgang am äußersten Rand des Funktionswafers 1 oder des Trägerwafers 7 eine 500µ bis 2000µ breite kreisförmige Schicht aufgebracht um im Randbereich eine Abdichtung, insbesondere für nachfolgende chemische Prozesse herzustellen. Bei Verwendung von geeigneten Ebenheitsschichten kann

dieses Aufbringen einer zusätzlichen Dichtschicht im Randbereich entfallen. Die hinterfüllte Ebenheitsschicht 18 zwischen den Bumps des Funktionswafers müssen in einem Reinigungsschritt entfernt werden. Da zum Unterschied von anderen Verfahren mit Klebeschichten diese Unterstützungsschicht keine oder nur geringste Klebeeigenschaften hat, ist die Reinigung einfacher und kostengünstiger, als bei Klebeverfahren.

Bezugszeichenliste

1, 1‘, 1‘‘, 1‘‘‘, 1^{IV}, 1^{V}	Erstes Substrat (Trägersubstrat)
1a	Erste Außenkontur
1f	Erste Fixierfläche
1k	Erste Kontaktfläche
1o	Oberseite
2	Notch
3	Flat
6	Löcher
6i	Innenumfang
7	Zweites Substrat (Produktsubstrat)
7a	Zweite Außenkontur
7r	Ringabschnitt
7o	Oberseite
10	Kavitäten
11, 11’, 11’’	Metallisierungen
18	Zwischenschicht
18f	Zweite Fixierfläche
18k	Zweite Kontaktfläche
20	Vertiefungen
21	Dichtelementen
22	Gemeinsame Kontaktfläche
28	Materialüberlagerung
29	Ringabschnitt
30	Freiraum

31	Vertiefung
32	Heizelement
33	Kühlelemente
34, 34‘	Metallabscheidung
35	Unterer Probenhalter
36	Oberer Probenhalter
37	Dispenseeinheit
D1, D2, D3, D4	Durchmesser
R	Rotationsachse

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bonden eines ersten Substrats (1) mit einem zweiten Substrat (7) mit folgenden Schritten, insbesondere folgendem Ablauf:
   - Kontaktierung einer ersten Kontaktfläche (1k) des ersten Substrats (1) mit einer parallel zur ersten Kontaktfläche (1k) ausgerichteten zweiten Kontaktfläche (18k) des zweiten Substrats (7), wodurch eine gemeinsame Kontaktfläche (22) gebildet wird,
   - Herstellung einer, insbesondere punktuellen, stoffschlüssigen Verbindung zwischen dem ersten Substrat (1) und dem zweiten Substrat (7) außerhalb der gemeinsamen Kontaktfläche (22).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die stoffschlüssige Verbindung am ersten Substrat (1) zumindest teilweise, vorzugsweise überwiegend an einer gegenüber der gemeinsamen Kontaktfläche (22) angewinkelten ersten Fixierfläche (1f) des ersten Substrats (1) und/oder am zweiten Substrat (7) zumindest teilweise, vorzugsweise überwiegend an einer gegenüber der gemeinsamen Kontaktfläche (22) angewinkelten zweiten Fixierfläche (18f) des zweiten Substrats (7) ausgebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die ersten Fixierflächen (1f) und/oder die zweiten Fixierflächen (18f) rotationssymmetrisch zu einer Rotationsachse des ersten Substrats (1) oder zweiten Substrats (7) angeordnet sind.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zur Ausbildung der stoffschlüssigen Verbindung Kleber (19) und/oder, insbesondere metallische, Verbindungselemente (11) verwendet werden.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein erstes Flächenverhältnis zwischen der ersten Fixierfläche (1f) und der ersten Kontaktfläche (1k) kleiner 1:5, insbesondere kleiner 1:10, vorzugsweise kleiner 1:20, ist und/oder ein zweites Flächenverhältnis zwischen der zweiten Fixierfläche (18f) und der zweiten Kontaktfläche (18k) kleiner 1:5, insbesondere kleiner 1:10, vorzugsweise kleiner 1:20, ist.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das, insbesondere als Produktwafer ausgebildete, zweite Substrat (7), insbesondere vor der Kontaktierung der ersten und zweiten Kontaktflächen (1k, 18k), mit einer Zwischenschicht (18) zur Verebnung von auf einer Oberseite (7o) des zweiten Substrats (7) vorgesehenen Lötkugeln (15) versehen wird.

7. Substratverbund aus einem ersten Substrat (1) und einem zweiten Substrat (7), bei dem eine erste Kontaktfläche (1k) des ersten Substrats (1) mit einer parallel zur ersten Kontaktfläche (1k) ausgerichteten zweiten Kontaktfläche (18k) des zweiten Substrats (7) eine gemeinsame Kontaktfläche (22) bildet, wobei außerhalb der gemeinsamen Kontaktfläche (22) eine, insbesondere punktuelle, stoffschlüssige Verbindung zwischen dem ersten Substrat (1) und dem zweiten Substrat (7) besteht.

8. Substratverbund nach Anspruch 7, bei dem die stoffschlüssige Verbindung am ersten Substrat (1) zumindest teilweise, vorzugsweise überwiegend an einer gegenüber der gemeinsamen Kontaktfläche angewinkelten ersten Fixierfläche (1f) des ersten Substrats (1) und/oder am zweiten Substrat (7) zumindest teilweise, vorzugsweise überwiegend an einer gegenüber der gemeinsamen Kontaktfläche angewinkelten zweiten Fixierfläche (18f) des zweiten Substrats (7) ausgebildet ist.

9. Substratverbund nach Anspruch 7 oder 8, bei dem die ersten Fixierflächen (1f) und/oder die zweiten Fixierflächen (18f) rotationssymmetrisch zu einer Rotationsachse des ersten Substrats (1) oder zweiten Substrats (7) angeordnet sind.

10. Substratverbund nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem die stoffschlüssige Verbindung Kleber und/oder, insbesondere metallische, Verbindungselemente (11) umfasst.

11. Substratverbund nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 10, bei dem ein erstes Flächenverhältnis zwischen der ersten Fixierfläche (1f) und der ersten Kontaktfläche (1k) kleiner 1:5, insbesondere kleiner 1:10, vorzugsweise kleiner 1:20, ist und/oder ein zweites Flächenverhältnis zwischen der zweiten Fixierfläche (18f) und der zweiten Kontaktfläche (18k) kleiner 1:5, insbesondere kleiner 1:10, vorzugsweise kleiner 1:20, ist.

12. Substratverbund nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 11, bei dem das, insbesondere als Produktwafer ausgebildete, zweite Substrat (7) eine Zwischenschicht (18) zur Verebnung von auf einer Oberseite (7o) des zweiten Substrats (7) vorgesehenen Lötkugeln (15) aufweist.

13. Substratverbund nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 12, bei dem eine zweite Außenkontur (7a) des zweiten Substrats (7) beim Kontaktieren eine erste Außenkontur (1a) des ersten Substrats (1), insbesondere äquidistant, überragt.

14. Vorrichtung zum Bonden eines ersten Substrats (1) mit einem zweiten Substrat (7) mit folgenden Merkmalen:
- Kontaktierungsmitteln zur Kontaktierung einer ersten Kontaktfläche (1k) des ersten Substrats (1) mit einer parallel zur ersten Kontaktfläche (1k) ausgerichteten zweiten Kontaktfläche (18k) des zweiten Substrats (7), wodurch eine gemeinsame Kontaktfläche (22) gebildet wird,
- Bondmitteln zur Herstellung einer, insbesondere punktuellen, stoffschlüssigen Verbindung zwischen dem ersten Substrat (1) und dem zweiten Substrat (7) außerhalb der gemeinsamen Kontaktfläche (22).

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, die Aufbringmittel zur Aufbringung von Kleber und/oder, insbesondere metallischen, Verbindungselementen (11) zur Ausbildung der stoffschlüssigen Verbindung aufweist.